

ELÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES DE DIAGNOSTIC PAYSAGER UTILISANT LES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

THÈSE N° 2961 (2005)

PRÉSENTÉE À LA FACULTÉ ENVIRONNEMENT NATUREL, ARCHITECTURAL ET CONSTRUIT

Institut du développement territorial

SECTION DES SCIENCES ET INGÉNIERIE DE L'ENVIRONNEMENT

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

Joël CHÉTELAT

diplômé en géographie de l'Université de Fribourg
de nationalité suisse et originaire de Montsevelier (JU)

acceptée sur proposition du jury:

Prof. F. Golay, Dr F. Kienast, directeurs de thèse
Dr R. Caloz, rapporteur
Prof. J.-J. Chevallier, rapporteur
Prof. T. Joliveau, rapporteur
Prof. R. Schlaepfer, rapporteur

Lausanne, EPFL
2005

REMERCIEMENTS

Ce travail de thèse n'aurait sans doute pas pu se concrétiser sans l'appui et les encouragements que j'ai reçus tout au long de ces quatre années passées à l'EPFL. Je tiens donc à remercier ici toutes celles et tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à créer un environnement favorable à l'aboutissement de ce projet.

Dans l'ordre des choses, mes remerciements vont tout d'abord à Jean Combe qui m'a incité à me lancer dans ce projet de longue haleine et aidé à le mettre en place de manière conjointe entre l'EPFL et le WSL. Il a par la suite continué à manifester son intérêt tout au long de cette recherche et veillé à ce qu'elle se déroule dans de bonnes conditions.

Je tiens ensuite à exprimer toute ma gratitude à mes deux directeurs de thèse, le professeur François Golay et le docteur Felix Kienast, pour avoir accepté de se porter garants de ce projet. Le professeur Golay m'a accueilli dans son laboratoire et m'a accordé sa confiance en me laissant une grande indépendance dans la réalisation de mon travail, tout en se tenant toujours à disposition pour faire avancer ma recherche. Le docteur Kienast a nourri mes réflexions de ses judicieux apports lors de nos fructueuses séances de travail, que ce soit à Lausanne ou à Birmensdorf. Je tiens à adresser les mêmes remerciements à Régis Caloz, dont l'engagement et la disponibilité étaient tout aussi dignes de ceux d'un directeur de thèse.

Ma reconnaissance va également aux experts qui ont accepté d'évaluer ce travail avec une grande rigueur, à savoir les professeurs Jean-Jacques Chevallier, Thierry Joliveau et Rodolphe Schlaepfer. A ceux-ci s'ajoutent les noms du professeur Alexandre Buttler qui assura le rôle de président du jury et de Christophe Barras qui organisa la visio-conférence avec l'Université Laval à Québec lors de la soutenance privée.

Je remercie aussi chaleureusement celles et ceux qui ont contribué directement à l'élaboration de ce doctorat: Elise Ley, avec l'appui de Valérie Miéville-Ott, pour la réalisation des enquêtes et l'analyse des données sociologiques, Abram Pointet et Daniel Gnerre pour les développements informatiques, Gilles Desthieux pour les échanges en matière de diagnostic territorial, Alexandre Tangerini pour ses éclairages dans le domaine économique ainsi que Jean-Bruno Wettstein pour son expérience et sa connaissance approfondie de l'Arc jurassien. Merci encore à Abram Pointet et Walter Rosselli pour avoir pris la peine de relire certains chapitres du manuscrit ainsi qu'à Robbie Robertson pour avoir vérifié la version anglaise du résumé.

Il me reste encore à remercier tout le personnel des deux structures d'accueil que j'ai fréquentées, à savoir le LaSIG (anciennement SIRS) et l'antenne romande du WSL, et plus particulièrement les collègues avec lesquels j'ai partagé le bureau du fond du couloir: Luis Berardo Borda, Stéphane Joost et Marc Riedo. Merci à tous pour ces échanges à la fois professionnels et amicaux.

Mes dernières pensées vont à mes parents, mes frères et ma belle-famille pour leurs encouragements de tous les instants ainsi qu'à ceux qui rendent mon quotidien plus souriant: mon épouse Marjorie et notre fils Solal.

RÉSUMÉ

Bien que la question du paysage ne soit pas récente, sa prise en compte dans la gestion du territoire fait l'objet de préoccupations nouvelles. Les transformations sans précédent du territoire ont fait émerger un réel souci quant à leurs implications au niveau du paysage. L'évolution de ce dernier est encore mal comprise et doit être clarifiée pour parvenir à élaborer des stratégies cohérentes d'aménagement. La politique en la matière est aujourd'hui largement réactive et nécessite des instruments et des méthodes à différentes échelles, qui soient à la fois prospectifs et participatifs.

Les domaines des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), et plus particulièrement des Systèmes d'Information Géographique (SIG), sont actuellement en plein développement et proposent des solutions toujours mieux adaptées pour résoudre les problèmes liés à notre environnement. Ils répondent d'une manière générale au besoin de pouvoir mieux exploiter les différentes sources de données, géographiques ou non, disponibles sur le territoire. Bien que leur utilisation soit encore limitée dans le contexte de l'analyse du paysage, ils possèdent un potentiel énorme qui doit être valorisé.

La présente étude se situe à l'articulation de la recherche paysagère et du développement des SIG. L'apport de ces derniers est évalué en regard de la problématique en jeu et des adaptations à la fois méthodologiques et technologiques sont proposées en retour. L'intégration de la dimension fortement qualitative de l'évaluation paysagère au sein de systèmes fondamentalement quantitatifs est au coeur du questionnement. L'Arc jurassien et plus spécifiquement la région du Marchairuz dans le Haut Jura vaudois constituent les zones d'étude de la recherche.

L'aboutissement de ce travail est la proposition d'une démarche participative de diagnostic multi-échelles du paysage, qui repose sur l'utilisation spécifique de technologies de l'information. Le paysage est envisagé comme la manifestation visible du territoire, perçu et évalué par les collectivités locales. La méthode inclut ainsi différents modes d'appréciation à l'intérieur d'un système d'indicateurs spatialisés. A petite échelle, ce dernier vise à déterminer et à localiser les impacts des transformations territoriales au niveau du paysage et à les confronter aux perceptions et aux croyances du public. A grande échelle, il traduit spatialement les préférences paysagères des acteurs, telles qu'elles sont identifiées à l'intérieur de modèles de représentation sociale. L'évaluation du paysage fait appel à des fonctions enrichies d'analyse de visibilité, qui font intervenir des facteurs de correction des déformations dues à la perspective ainsi que des critères d'analyse de contenu. En définitive, la démarche présente objectivement les résultats de perceptions subjectives et offre une base intéressante pour la négociation.

La pertinence de l'approche est déterminée en termes d'intégration dans les procédures de gestion existantes. Ses apports et ses limites, de même que ceux des TIC, sont par ailleurs décrits et font l'objet de quelques perspectives.

ABSTRACT

Although landscape is not a recent notion, its place in environmental management is now of major concern. Unprecedented land transformations have become a source of worry in terms of impacts on the landscape. The dynamics are still poorly understood and need to be studied in detail to be able to design consistent planning strategies. Today's policy is largely reactive and calls for prospective, as well as participative, methods and tools at different scales.

Information Technologies (IT) and more particularly Geographic Information Systems (GIS) are fast-expanding domains proposing more and more better-suited solutions for problems concerning our environment. They generally provide means to capitalize on the different land data sources, whether they are spatial or not. Though their use is still limited in the context of landscape analysis, they have a huge potential that needs to be developed.

Therefore, the current study is concerned with landscape research as well as GIS development. The contribution of GIS is assessed with respect to landscape management and both methodological and technological adaptations are proposed in return. One of the most important question concerns the integration of the qualitative dimension of landscape evaluation in fundamentally quantitative systems. The Jura mountains and more specifically the Marchairuz region in the higher part of the Jura vaudois constitute the study region.

The main result of the work consists in the proposal of a participative and multiscale landscape assessment method, relying on the specific use of information technologies. Landscape is considered to be the visible part of the land, that the local community perceive and consider. Different forms of appreciation are modelled within a system of spatial indicators. It is used on a small scale to identify and locate landscape impacts coming from land transformations, in order to compare them with public perception. On a larger scale, indicators are used to translate social preferences in space, from the definition of landscape representation models. The assessment method relies on visibility analysis functions, improved with visual correction factors and content analysis operators. Finally, the method proposes an objective way to put together subjective landscape perceptions and thus offers an interesting basis for negotiation.

The relevant approach is defined by examining its integration potential in existing management processes. Additionally, the pros and cons of the method and the tools developed here are described and some final perspectives are drawn.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	1
Problématique.....	1
Contexte actuel	1
Implications au niveau du paysage	3
Optiques d'intervention	5
But de la recherche.....	6
Cadre général	6
Objectifs de la recherche	6
Méthode de recherche	8
Justification du choix du cas d'étude	10
1. Les Technologies de l'Information et de la Communication pour l'analyse du paysage.....	11
Définition et objectifs généraux des SIG	12
Éléments de définition des SIG	12
Le rôle actuel des SIG dans la gestion du territoire	14
Éléments de définition et de typologie des TIC	16
Les TIC dans l'analyse paysagère	18
Apports et limites des TIC	20
Approche envisagée.....	23
Synthèse du chapitre	23
2. Le concept de paysage	25
Emergence du concept de paysage en Occident	25
Origines du concept	26
Développement de la notion	27
Montée du paysage dans la société contemporaine.....	28
Tendances générales d'évolution	28
Intégration du paysage dans la politique suisse	29
Développement des différentes approches d'évaluation du paysage	31
Définition du paradigme de recherche.....	34
Problématique	34
Éléments de définition	35
Fondements du modèle postulé	38
Le système producteur	39
Le système visible.....	39
Le système interprétatif.....	40
Description du modèle proposé	42
Synthèse du chapitre	44
3. Le diagnostic territorial et paysager	45
Éléments de définition	46
La place du diagnostic dans le cycle de décision	46
Les différents types de diagnostics territoriaux	47
Application des principes de diagnostic territorial au diagnostic paysager	48
Démarche générale	51
Approche critique du diagnostic	53
Le rôle de l'Etat dans le processus d'évaluation	53
Les limites du diagnostic	53
Proposition d'une démarche de diagnostic paysager	55

Justification du recours aux SIG	55
Démarche proposée	56
La phase initiale.....	57
Le diagnostic de situation	58
Le diagnostic de détail	59
Synthèse du chapitre	61
4. Présentation du cas d'étude	63
Cadre du diagnostic	63
Nature et objectifs de l'étude	63
Contexte géographique	64
Choix de la zone d'étude.....	65
Déroulement de l'étude	67
Synthèse du chapitre	67
5. Description des perceptions relatives au paysage	69
Fondements de l'approche	70
Méthodologie	71
Aperçu des principales méthodes d'enquête	71
Méthode d'enquête retenue	72
Aperçu des principales méthodes d'échantillonnage	74
Méthode d'échantillonnage retenue	75
Aperçu des principales méthodes d'analyse du discours	76
Méthode d'analyse du discours retenue	76
Résultats de l'analyse.....	77
La délimitation géographique de l'arc jurassien	77
La construction des représentations	79
La perception de la dynamique	80
La responsabilité envers le paysage	82
Commentaire des résultats	83
Evaluation de l'approche.....	85
Synthèse du chapitre	87
6. Analyse de la dynamique territoriale et paysagère à petite échelle ..	89
Fondements de l'approche	90
Sources d'information	93
Aperçu des principaux types de données disponibles	93
Données retenues	95
Méthodologie	96
Aperçu des principaux modes d'agrégation thématique	96
Mode d'agrégation thématique retenu	96
Aperçu des principaux modes d'agrégation spatiale	97
Modes d'agrégation spatiale retenus	100
Agrégation par zones agricoles	100
Agrégation par cellules	101
Aperçu des principales méthodes d'analyse	105
Méthode d'analyse retenue	106
Description de l'évolution du territoire sur le long terme.....	106
Description du territoire actuel.....	106
Evaluation des tendances d'évolution récente	107
Evaluation des transformations territoriales en termes paysagers.....	109
Aperçu des principales méthodes de représentation spatiale de l'évolution	111

Méthode de représentation spatiale retenue	113
Résultats	114
Description de l'évolution du territoire dans une perspective historique	114
Description du territoire actuel	117
Evaluation des tendances d'évolution récente	121
Analyse des processus de relocalisation	123
Effet des variables géographiques sur la distribution des changements territoriaux	124
Analyse de la dynamique territoriale par régions agricoles	126
Analyse de la dynamique territoriale	129
Evaluation des impacts des transformations territoriales sur le paysage	133
Commentaire des résultats	139
Evaluation de l'approche.....	141
Synthèse.....	144
7. Définition de modèles de représentation sociale du paysage.....	147
Fondements de l'approche	148
Methodologie	149
Aperçu des principales méthodes de consultation et d'analyse	149
Méthodes retenues	149
Résultats de l'analyse.....	151
Description des modèles	151
La tendance «conservatrice»	152
La tendance «pragmatique»	153
La tendance «romantique».....	154
Définition de critères d'évaluation du paysage à partir des modèles de représentation sociale	155
La tendance «conservatrice»	155
La tendance «pragmatique»	156
La tendance «romantique».....	157
Commentaire des résultats	158
Justification des résultats	160
Evaluation de l'approche.....	162
Synthèse du chapitre	164
8. Analyse du paysage visible.....	165
Fondements de l'approche	166
Principes et algorithmes de calcul	168
Sources d'information	171
Aperçu des principaux types de données disponibles	171
Données retenues	172
Aperçu des paramètres nécessaires à l'analyse	172
Paramètres retenus	173
Methodologie	176
Aperçu des principales méthodes	176
Méthodes d'analyse retenues	180
Prise en compte de la dimension visuelle.....	180
Facteurs d'analyse de contenu	184
Modélisation des préférences en indicateurs.....	186
Résultats.....	192
Caractérisation des bassins de visibilité	192
Evaluation qualitative des vues paysagères	193

Evaluation de l'approche.....	195
Synthèse.....	198
Conclusions.....	201
Références.....	209
Références bibliographiques.....	210
Textes légaux.....	235
Glossaire des termes principaux.....	237
 Annexes	
I. L'invention du paysage.....	2
II. Guide d'entretien commenté.....	9
III. Modes d'agrégation des données d'occupation du sol.....	11
IV. Matrice des changements territoriaux.....	12
V. Atlas de cartes de la dynamique territoriale 1979-92.....	13
VI. Procédures d'analyse de visibilité.....	23
VII. La 3 ^{ème} dimension dans les SIG.....	26
Les objectifs de la 3D.....	26
Aperçu des outils pour la 3D.....	27
La 3D dans les SIG.....	28
Conclusion.....	30
VIII. Modélisation de la dynamique pastorale.....	32
Problématique de départ.....	32
Besoin de modèles d'utilisation du pâturage.....	34
Description des mécanismes de pâture.....	34
Milieu physique.....	35
Milieu biotique.....	36
Aspects physiologiques et éthologiques.....	37
Stratégies de gestion.....	38
Survол des techniques de modélisation de la distribution du bétail.....	40
Modèles non-contraints.....	41
Modèles centre-périphérie.....	41
Modèles dynamiques.....	42
Conclusion.....	44
 Curriculum Vitae	

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Articulation de la démarche de diagnostic paysager	8
Figure 2: Cadre méthodologique de recherche	9
Figure 3: Le paysage à l'interface des pôles environnementaux, économiques et culturels	36
Figure 4: Champs d'approche du paysage	39
Figure 5: La pyramide optique comme mode de construction des images	40
Figure 6: Approche systémique du paysage	43
Figure 7: Phases du cycle de décision	46
Figure 8: Démarche générale de diagnostic paysager	56
Figure 9: Les ensembles morphologiques et les pôles urbains de l'Arc jurassien	65
Figure 10: Délimitation de l'Arc jurassien suisse et de la zone d'étude à l'intérieur du Parc Jurassien Vaudois (PJV)	66
Figure 11: Illustration du procédé de structuration des discours des enquêteurs, à travers un exemple	77
Figure 12: Représentation schématique de l'Arc jurassien, basée sur l'identification des cartes mentales des acteurs au travers de leur discours	78
Figure 13: Démarche d'analyse de la dynamique paysagère	90
Figure 14: Approche systémique de la dynamique territoriale	91
Figure 15: Délimitation des zones agricoles selon le cadastre de la production agricole	101
Figure 16: Approches statique et dynamique pour l'analyse et la cartographie d'une information complexe	102
Figure 17: Relation entre la taille de la fenêtre et la diversité thématique dans une approche par fenêtres glissantes	103
Figure 18: Exemple de processus de convolution avec un taux de recouvrement de 50%	103
Figure 19: Comparaison de différents types d'agrégation	104
Figure 20: Exemple de collection de cartes pour une zone située dans le district de Nyon	112
Figure 21: Exemple de cartographie mixte de l'évolution du territoire	113
Figure 22: Répartition de l'utilisation du sol par régions agricoles	118
Figure 23: Multifonctionnalité territoriale en 1979, en fonction de la richesse de l'occupation du sol (nombre de classes différentes) ...	120
Figure 24: Répartition des classes d'occupation du sol en 1979, en fonction de valeur de l'indice de dominance de Shannon	120
Figure 25: Richesse et homogénéité du territoire en 1979, en fonction de la valeur de l'indice de diversité de Shannon	121
Figure 26: Bilan des changements intervenus dans l'utilisation du sol de 1979 à 1992 dans l'Arc jurassien	122
Figure 27: Histogramme des gains et pertes de surfaces par classe d'utilisation du sol de 1979 à 1992 dans l'Arc jurassien	123
Figure 28: Répartition des transformations des groupes d'arbres sur SAU en fonction de l'altitude	125
Figure 29: Diagrammes de flux [ha] représentant la dynamique territoriale en zones de montagne	127
Figure 30: Diagramme de flux [ha] représentant la dynamique territoriale en zone des collines	128

Figure 31: Diagramme de flux [ha] représentant la dynamique territoriale en zone d'estivage	128
Figure 32: Diagrammes de flux [ha] représentant la dynamique territoriale en zones de plaine	129
Figure 33: Représentation des changements territoriaux dominants entre 1979 et 1992	130
Figure 34: Intensité des transformations du territoire entre 1979 et 1992, en fonction du nombre de changements survenus dans l'occupation du sol	132
Figure 35: Modification de la diversité territoriale entre 1979 et 1992, en fonction de l'évolution de la valeur de l'indice de diversité de Shannon	133
Figure 36: Tendances d'évolution du paysage entre 1979 et 1992	135
Figure 37: Evolution de l'ouverture du paysage entre 1979 et 1992	136
Figure 38: Evolution de la variabilité du paysage entre 1979 et 1992	136
Figure 39: Evolution de la naturalité du paysage entre 1979 et 1992	137
Figure 40: Evolution de la clarté du paysage entre 1979 et 1992	137
Figure 41: Illustration du procédé de regroupement des représentations du paysage au niveau des classèmes	150
Figure 42: Démarche d'identification de critères pour l'évaluation du paysage	151
Figure 43: Exemple de classification des sols en fonction de leur aptitude dans le Jura vaudois	156
Figure 44: Correspondance des modèles de représentation du paysage avec les différents types de valeurs économiques	161
Figure 45: Schéma de l'algorithme de visibilité basé sur le processus pixel-à-pixel	169
Figure 46: Schéma de l'algorithme de visibilité basé sur l'histogramme des pentes	170
Figure 47: Imbrication de différents modèles numériques d'altitude en fonction de la distance dans un approche multi-résolution	171
Figure 48: Exemple de modèle laser de surface et de terrain	171
Figure 49: Paramètres déterminant les conditions de visibilité	173
Figure 50: Délimitation des alpages et localisation des points de vue pour l'analyse paysagère	174
Figure 51: Paysages vus depuis les différents points d'observation	175
Figure 52: Exemples de visibilité non réciproque	177
Figure 53: Résultats d'analyses de ligne de vue	178
Figure 54: Typologie des résultats d'analyse de bassins de visibilité	179
Figure 55: Représentation de l'Arc jurassien sous la forme de grille de 2x2km et vue 3D en fil de fer	180
Figure 56: Caractérisation de la visibilité en fonction de la distance	181
Figure 57: Caractérisation de la visibilité en fonction de la pente	182
Figure 58: Caractérisation de la visibilité en fonction de l'orientation	183
Figure 59: Interface de la fonction de visibilité avancée (viewshed+)	185
Figure 60: Détermination des bassins de visibilité d'après les quatre points d'observation	193
Figure 61: Vue schématique des principales classes d'occupation du sol	197

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Synthèse des principales approches d'évaluation du paysage	34
Tableau 2: Description de l'échantillon des personnes interrogées en fonction de leur formation et de leur activité professionnelle	75
Tableau 3: Valeurs moyennes et écarts-types ⁴ des classes d'occupation du sol évaluées pour chaque critère d'analyse	110
Tableau 4: Paramètres de chaque point d'observation pour l'analyse de visibilité	176
Tableau 5: Description des types de pâturages en fonction de leur système de pâture et de leurs unités écologiques	187
Tableau 6: Classification du territoire en fonction de sa productivité herbagère	187
Tableau 7: Catégories de pâturages en fonction du taux de boisement selon la méthode Patubois	188
Tableau 8: Valeurs des classes d'appréciation du paysage pour la tendance conservatrice	189
Tableau 9: Valeurs des classes d'appréciation du paysage pour la tendance pragmatique	190
Tableau 10: Surfaces planimétriques et perceptuelles des bassins de visibilité	192
Tableau 11: Résultats des préférences paysagères des différents groupes sociaux pour les quatre points de vue	193

INTRODUCTION

Afin de comprendre ce qui motive la présente recherche, il est important de détailler un peu le contexte politique, économique et social actuel. On observe une redéfinition des rapports de l'homme à son territoire, qui découle en particulier de la séparation des fonctions dans l'espace. Les implications au niveau du paysage se traduisent par un éclatement de la relation qui le lie à la société. En effet, celui-ci apparaît plus comme la conséquence des transformations territoriales que comme un réel projet de développement. La prise de conscience récente de cette situation fait que les interventions pour valoriser le paysage sont le plus souvent de type réactif.

Avec l'émergence d'un nouveau souci paysager, des méthodes et des instruments adaptés à la problématique sont nécessaires dans une optique de prise en compte globale des enjeux, dans le prolongement des idées du développement durable. Ceux-ci doivent en effet être pensés pour intégrer la dimension subjective de l'appréciation paysagère et s'insérer dans un processus de concertation. La recherche s'articule ainsi autour d'une réflexion théorique portant sur la thématique paysagère et sur le développement méthodologique d'une approche de diagnostic.

PROBLÉMATIQUE

CONTEXTE ACTUEL

Les mutations structurelles apparues dans notre société ces dernières décennies ont eu pour effet une **redistribution des activités dans l'espace** et par suite, une **modification accélérée des paysages**. L'évolution du contexte économique et social a ainsi redéfini le rapport de l'homme à son territoire, de même que sa relation au paysage.

La **globalisation des marchés**, avec pour corollaires l'augmentation de la disponibilité des ressources ainsi que la libéralisation des prix, a amené une **modification des modes de gestion des activités traditionnelles** (ADAEV, 1998; ARJ, 2000). Une réforme de la politique agricole a été engagée en vue d'améliorer la compétitivité de l'agriculture suisse sur les marchés internationaux. Elle consiste à substituer les subventions liées aux produits en faveur de prestations écologiques, tout en baissant les coûts de production. De plus, la révision de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT) a ouvert la zone agricole à la production hors-sol ainsi qu'à d'autres types d'activités tertiaires (ACJ, 1999). Cette perspective favorise une agriculture tournée vers la productivité aux dépens de formes d'exploitation plus extensives, dont la viabilité dépend de leurs capacités de valorisation. Le milieu de la foresterie se trouve également face à des questions économiques cruciales. Les conditions difficiles du marché, de même que la fragilité des structures de gestion, amènent une diminution de l'entretien des massifs. Face à la concurrence des pays nordiques et de l'Europe de l'Est, la production de bois suisse peine à être rentable. Les recettes ne permettent pas de financer l'ensemble des travaux forestiers (*ibid.*) et partout en Suisse, l'accroissement annuel est supérieur à l'exploitation. Avec le vieillissement des forêts, les fonctions protectrices, naturelles et récréatives ne sont plus garanties.

La **ségrégation spatiale** entre l'habitat, le lieu de travail et les activités de loisirs (OFEFP, 1998b) a contribué à **redéfinir les modes de vie de la société contemporaine**. Avec l'augmentation de la population, la demande en surface urbanisée n'a fait que s'accroître (OFS, 2002). Outre le phénomène d'étalement urbain (Choay, 1979), un éparpillement des constructions est également observé. La dispersion des habitations, conjointement avec la délocalisation des entreprises à la recherche d'un cadre de travail confortable flattant leur image de marque (Ambroise *et al.*, 2000), augmente la durée des déplacements entre le domicile et le lieu de travail. L'accroissement de la mobilité spatiale est favorisé par la réduction du temps de travail et l'augmentation des salaires. Cette nouvelle disponibilité en temps libre et en argent ainsi que les modifications de l'échelle de valeurs de la société ont favorisé le développement des loisirs. L'individualisme, le souci envers la santé, le goût pour l'aventure (OFEFP, 1998b), mais aussi la sensibilisation envers l'environnement ont exacerbé le désir de nature (Price, 1978). Cette aspiration pour la campagne s'explique par une désaffection des formes de tourisme balnéaire et hivernal de masse (Ambroise *et al.*, 2000). Les activités de loisirs en plein air, dépendant très étroitement de la qualité du cadre où elles prennent place, se sont considérablement multipliées et diversifiées ces dernières années. Les congés de courte durée ont contribué à la multiplication des résidences secondaires et au tourisme de proximité, contrairement aux vacances annuelles qui encouragent des voyages dans des régions plus lointaines (Neuray, 1982). Cet intérêt pour la nature et les paysages n'est pas prêt de décliner, même en période de récession (Price, 1978).

A la suite de ces bouleversements, le territoire s'est instrumentalisé. Les choix d'aménagement participent d'une approche ségrégationniste, qui

prône la **séparation des fonctions dans l'utilisation du sol** (van Mansvelt et van der Lubbe, 1999). L'espace est fonctionnalisé selon son aptitude à répondre à un besoin particulier (Luginbühl, *in*: Marcel, 1989). Ces processus de zoning dans une optique de rentabilisation des pratiques au sens de la Charte d'Athènes ne donnent pas toujours de résultats satisfaisants, que ce soit en termes fonctionnels ou culturels (Neuray, 1982). Ils sont ressentis par certains comme une déshumanisation, une perte de l'identité territoriale (Rougerie et Beroutchachvili, 1991). La mobilité donne lieu à de nouvelles formes d'errances qui amènent une rupture du rapport avec la terre (Harrison, 1992). Comme le dit Michel Corajoud (1982), la libération progressive des contingences territoriales entraîne une perte de la territorialité. Le sens du lieu s'efface avec la disparition des points d'ancrage spatiaux et disparaît par manque de signifiante (Chenet-Faugeras, 1990). La société actuelle, fondée sur le principe de dislocation, remet en question les bases de l'habitat et de l'éthique territoriale (Harrison, 1992).

IMPLICATIONS AU NIVEAU DU PAYSAGE

Les conditions actuelles entraînent des modifications profondes dans les modes d'utilisation du sol, dont la conjonction se traduit par des effets considérables au niveau du paysage. Le processus de sélection spatiale des pratiques a des conséquences différentes dans le Moyen-Pays et en montagne.

En plaine, un des principaux phénomènes est l'**artificialisation du milieu**. L'espace rural est soumis à la pression de l'urbanisation. L'aménagement de nouvelles zones de constructions et d'infrastructures se fait le plus souvent à la place de terres agricoles. Depuis 1950, 150'000 ha de surfaces vouées à l'agriculture ont disparu en Suisse (OFEFP, 1998b). L'éclatement des structures urbaines, en particulier le mitage dû à l'éparpillement des bâtiments résidentiels, menace l'existence des paysages ruraux ouverts (Neuray, 1982). Si le nombre de domaines agricoles va encore diminuer, l'exploitation va par contre en s'intensifiant dans les régions de plaine. La mécanisation, la lutte chimique contre les parasites et le recours à la fumure ont pour effet d'uniformiser les terres et de faire disparaître les éléments paysagers typiques, tels que les arbres isolés ou les haies (OFEFP, 1998b).

En région de montagne, la politique actuelle de rationalisation de l'agriculture implique l'**abandon des domaines les moins rentables** où, ni une spécialisation de la production, ni une exploitation à titre secondaire ne sont possibles. Les terres sont soumises à des contraintes fortes, dues aux conditions altitudinales et climatiques ainsi qu'à la configuration du terrain, qui ne permettent souvent pas à la mécanisation de s'imposer (Luginbühl, *in*: Marcel, 1989). Les zones délaissées sont envahies par la friche et les broussailles, avant de retourner à la forêt. En même temps que le paysage se referme, apparaissent des problèmes d'ordre environnemental, économique et social (Neuray, 1982). Selon les régions, l'arrêt de l'exploitation des alpages favorise l'érosion, les avalanches et les incendies (Luginbühl, 1991). Bien que passant par un optimum, la biodiversité des surfaces abandonnées diminue à terme. Par ailleurs, la cessation d'activité

représente une perte économique sensible, dans la mesure où l'élevage de montagne, de toute façon plus rentable que l'exploitation forestière, permet d'améliorer le rendement global de l'exploitant de plaine (Neuray, 1982). Socialement, l'extension de la forêt isole les populations et diminue considérablement l'intérêt touristique, stimulé par la succession des passages ouverts et de sous-bois (*ibid.*). Luginbühl (*in*: Marcel, 1989) relève, en observant la fermeture des clairières et le déplacement des lisières vers les fonds de vallées, que l'accroissement de la surface forestière en France est sans précédent depuis la période ayant précédé les grands défrichements. Dans l'imaginaire occidental, la forêt trace la limite symbolique de la civilisation (Harrison, 1992) et l'abandon de l'agriculture marque ainsi la fin du paysage humanisé (Neuray, 1982).

Luginbühl (*in*: Marcel, 1989) a anticipé les **formes que prendrait le paysage agricole des années 2000** en distinguant les images d'une agriculture technologique et spécialisée dans les zones propices de plaine, celles des reliques d'une exploitation extensive dans les régions peu contraignantes de montagne et finalement celles liées à la production forestière et à des pratiques proches de la nature dans les secteurs ne représentant pas d'enjeux économiques importants. Ces nouveaux paysages se constituent de manière presque spontanée: bien que d'origine anthropique, les changements qui modifient leur aspect ne relèvent pas d'un projet paysager réfléchi (Clément, 1993), mais de l'exercice de pratiques territoriales dont on ne mesure pas bien la portée sur le paysage. Le monde agricole représente seulement 4% de la population totale du pays, mais gère 40% du territoire. Ainsi, l'agriculture joue un rôle primordial dans le modelage des paysages, en particulier en région de montagne, et paradoxalement, cela est d'autant plus apparent avec la diminution de son emprise sur le sol. L'empreinte de l'exploitation agricole sur nos paysages était tellement admise qu'on ne la remarquait plus et c'est justement la remise en question de sa pérennité qui fait ressortir sa capacité à entretenir le territoire (Neuray, 1982; Luginbühl, 1991).

Le paysage d'aujourd'hui résulte de l'**effacement de la relation qui lie l'individu avec son cadre de vie et d'expériences**. Il est issu d'une mise en valeur contrastée du territoire, dont l'évolution dépasse, au moins en partie, la maîtrise de l'homme. Traditionnellement, les relations de savoir-faire et de savoir-vivre avec un espace déterminaient des règles de comportement tacites, dont la société actuelle se départit de plus en plus (Gorgeu et Jenkins, 1995). Plutôt que de s'inscrire dans le contexte local, les modèles d'interventions territoriaux sont dictés par des normes et des intérêts externes qu'il est difficile d'orienter (*ibid.*). La juxtaposition d'objets indépendants sans souci de cohérence ainsi que l'uniformisation des surfaces créent un espace de discontinuité, dont les formes paysagères, qui semblent échapper au contrôle social (Donadieu, *in*: Berque, 1994), sont dépouillées de toute signification identitaire. Pour signifier la disparition de paysages spécifiques nés de l'action de groupes sociaux particuliers au profit d'unités monospécifiques, Bertrand (1978) parlait déjà de paysages éclatés.

OPTIQUES D'INTERVENTION

Bien que le paysage soit principalement soumis à l'effet indirect des pratiques territoriales, son évolution peut également être le produit de stratégies délibérées ou définies en réaction à l'ordre des choses. D'une manière générale, il peut être pris en compte de deux manières contradictoires (Nakamura *et al.*, 1993), dont les modèles de référence diffèrent.

Dans le contexte actuel de dynamique forte des formes du territoire, une **optique d'immobilisme** s'est mise en place en réaction aux atteintes observées sur le paysage. La gestion de ce dernier est envisagée sous l'angle de la protection de ses caractéristiques dignes d'intérêt et de la réparation de sites détériorés. La paralysie des paysages ainsi que l'inclination nostalgique à retrouver des modèles disparus traduisent un malaise de la société, tourmentée par l'idée de voir ses repères visuels disparaître (Donadieu, *in*: Berque, 1994). Bien que justifiée du point de vue de la préservation des espèces vivantes et de la biodiversité, cette approche conservacionniste, influencée par les modes de pensée de l'écologie, favorise l'émergence de motifs néanmoins artificiels, sous le couvert de l'authentique, du traditionnel et du régional (Racine, *in*: Dagognet *et al.*, 1982; Eco, 1985; Luginbühl, *in*: Marcel, 1989; Crettaz, 1997). Par ailleurs se pose le problème de la référence identitaire préconisée et de sa justification temporelle (Chételat, 1997). En même temps qu'il traduit un manque d'imagination et d'originalité, le refuge dans des motifs picturaux et littéraires désuets (Donadieu, *in*: Berque, 1994), traités selon une esthétique postmoderne, mène à la constitution d'un genre paysager composite qui privilégie l'apparence sur le contenu (Luginbühl, *in*: Marcel, 1989).

La seconde optique aborde le paysage en termes de **pensée créatrice** et donc de projet. De même que la gestion du territoire répond à des questionnements et des objectifs spécifiques de développement, celle du paysage doit être envisagée de la même manière. Plutôt que de contraindre l'évolution de la société, cette approche, de sensibilité architecturale, préconise la recherche d'un mode d'insertion et de cohabitation des formes spatiales dans le paysage. Ce souci d'intégration vise la constitution d'un paysage en mouvement, «éphémère et fluide, caractéristique de l'ère médiatisée» (Nakamura *et al.*, 1993). Cette approche connaît plusieurs limites, dont la première est sans doute l'inconséquence de réalisations qui se restreignent à des intentions décoratives (Donadieu, *in*: Berque, 1994). La seconde réside dans la résistance naturelle de l'être humain au changement (Luginbühl, 1991), particulièrement dans les civilisations européennes, marquées par la mémoire d'un important passé culturel et l'idée traditionnelle de l'espace vu comme éternel (Nakamura *et al.*, 1993).

Ainsi, les **pratiques d'aménagement du paysage hésitent entre conservation et développement** (Donadieu, *in*: Berque, 1994). Paradoxalement, dans notre société de rationalisation, le regard descriptif, attaché à l'existence et à la valeur des éléments spatiaux, prime sur l'approche orientée sur leur structure et leur organisation. Que ce soit en

milieu urbain ou, plus encore, à la campagne, le paysage est souvent vu dans une perspective traditionnelle qui privilégie le monument à défaut du site et des traces de la vie quotidienne (Cueco, 1982). La construction d'imitations de paysages classiques témoigne des bouleversements territoriaux actuels (Nakamura *et al.*, 1993). Cette fuite face à la réalité traduit l'angoisse de perdre, avec l'artificialisation croissante du territoire, la séparation entre l'espace civilisé et le milieu sauvage, cette frontière d'extériorité qui donne son fondement à l'«habiter» (Harrison, 1992).

BUT DE LA RECHERCHE

CADRE GÉNÉRAL

On observe aujourd'hui une **tendance à la redécouverte du paysage dans les politiques de développement et d'aménagement** (Gorgeu et Jenkins, 1995). En approuvant la conception «Paysage suisse» (OFEFP, 1998a), le Conseil Fédéral a ainsi manifesté le besoin de maintenir et d'entretenir des paysages multifonctionnels variés et de renforcer les partenariats entre ceux qui les utilisent et ceux qui les protègent. La question paysagère s'est démocratisée sous la pression de l'opinion publique, à tel point qu'elle est devenue l'affaire de tous. Cette prise de conscience répond à un enjeu collectif, qui vise à intégrer le paysage dans un projet social et à valoriser son potentiel.

L'**approche de type intégrationniste** qui a cours aujourd'hui (van Mansvelt et van der Lubbe, 1999) prône la multi-fonctionnalité et l'insertion dans le contexte à la fois spatial et social. Plutôt que de favoriser une utilisation spécialisée du sol, amenant, à force de rationalisation des pratiques, une uniformisation des paysages, l'idée est ici de faire cohabiter les fonctions dans le territoire, dans le souci de satisfaire des objectifs multiples. Pour cela, les conditions de site sont fondamentales pour définir les usages les mieux adaptés à l'espace et aux groupes sociaux (Bennett *et al.*, *in*: Turner, 1990). Cette forme de régionalisme critique (Bourassa, 1991) repose très fortement sur l'engagement collectif des populations dans le débat social autour du paysage (Donadieu, *in*: Berque, 1994). La recherche et la formulation d'un projet qui prenne en considération les préoccupations de chacun permet de développer des logiques d'aménagement mieux réfléchies (Gorgeu et Jenkins, 1995). L'intégration des différents groupes d'intérêt dans l'élaboration de stratégies paysagères favorise une meilleure acceptation publique de celles-ci, évitant ainsi les actions prétextes sans réel fondement culturel (Donadieu, *in*: Berque, 1994).

OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

Bien que faisant l'objet d'enjeux importants, la dimension paysagère n'est pas évidente à prendre en compte de manière concrète dans les pratiques de gestion et d'aménagement de l'espace. Face à des intérêts immédiatement chiffrables, une importance moindre a jusqu'à présent été attribuée aux considérations d'ordre paysager. Les approches d'évaluation existantes étant

la plupart du temps très implicites, il existe un réel besoin de méthodes et d'instruments pour mieux prendre en compte le paysage.

La présente recherche a pour but de proposer une **démarche formalisée d'évaluation du paysage qui repose sur l'utilisation de systèmes d'information géographique**. Comme une approche globale intégrant à différentes échelles l'ensemble des enjeux politiques, économiques, culturels, esthétiques, éthiques et environnementaux n'est raisonnablement pas envisageable, la solution préconisée procède de la volonté de rapprocher les préoccupations sociales de la réalité spatiale, dans une perspective de gestion participative du paysage. Plus précisément, elle s'articule autour de deux objectifs spécifiques:

1. Le premier objectif consiste à **décrire et analyser le paysage à petite échelle en partant de l'information disponible sur le territoire**. Pouvoir identifier ce qui fait le paysage d'une région, ses forces, ses faiblesses ainsi que le sens de son évolution est primordial, en particulier pour mettre en place des programmes de développement régional ou des chartes paysagères. Une réflexion méthodologique dans ce sens s'avère donc indispensable pour permettre de confronter l'état actuel du paysage aux perceptions des acteurs et à ce qui est considéré comme son évolution souhaitable, afin de pouvoir orienter judicieusement les choix d'aménagement. Dans la présente approche, le paysage est analysé via l'utilisation du sol, à l'aide d'indices et de critères spécifiques.
2. Le second objectif vise à **évaluer le paysage visible à grande échelle en fonction des représentations qu'en ont les acteurs**. Une des principales difficultés pour parvenir à une gestion intégrée réside dans l'identification des représentations sociales du paysage et leur signification concrète. Si les mécanismes de perception et d'appréciation sont de mieux en mieux connus et que les préférences des acteurs commencent à être évaluées de façon plus claire, le problème subsiste de retranscrire leurs points de vue de manière explicite dans des cas appliqués. L'idée retenue est d'analyser les représentations du paysage chez les acteurs et de les traduire en modèles d'évaluation, basés sur des indicateurs spatialisés.

La première approche est ainsi orientée sur le territoire à petite échelle, alors que la seconde l'est sur les acteurs à grande échelle. Ce **choix d'échelles** se justifie par le fait qu'à l'échelon (supra-)régional correspond généralement une dimension stratégique, comparé à l'échelon local, qui est plus opérationnel et possède par ailleurs une charge identitaire forte.

La présente recherche est de nature exploratoire. A travers la double approche préconisée, à petite, puis à grande échelle, elle vise à donner une vue d'ensemble des différents éléments en jeu dans le diagnostic du paysage (Figure 1). La démarche de diagnostic paysager proposée dans ce travail repose sur **l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC)**, en particulier des **systèmes d'information géographique (SIG)**. Ceux-ci offrent un cadre adapté, à la fois pour modéliser la réalité spatiale, en tant que support social et économique des collectivités, et pour intégrer les préoccupations des acteurs. Les

potentialités de structuration, de visualisation et d'analyse de l'information que les SIG présentent, associées à celles des outils de représentation et de simulation, en font des instruments efficaces de communication et d'aide à la gestion, qui permettent d'orienter en toute connaissance de cause les interventions sur le territoire et le paysage.

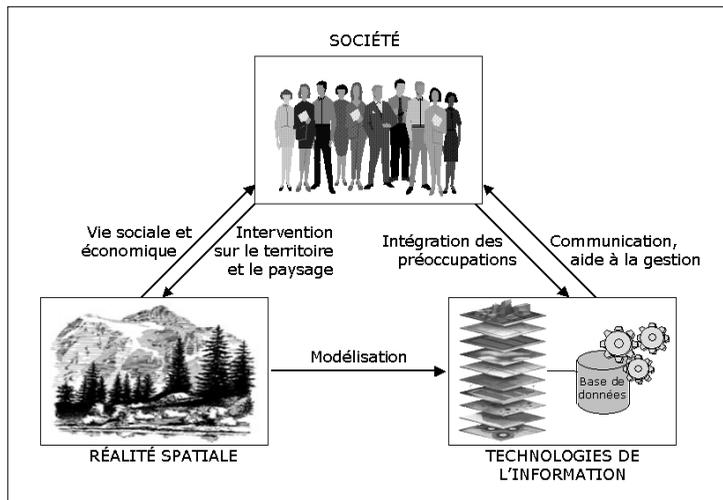


Figure 1: Articulation de la démarche de diagnostic paysager.

Ce projet vise à faire avancer conjointement les connaissances théoriques en matière de paysage et de SIG ainsi que leurs applications dans le contexte du diagnostic. En termes de résultats, ce travail apporte les éclairages suivants:

- évaluation des SIG et des technologies de l'information dans le domaine du paysage et proposition d'une approche (chapitre 1);
- clarification du concept de paysage et formalisation d'un modèle d'analyse (chapitre 2);
- proposition d'une démarche théorique de diagnostic paysager (chapitre 3);
- application de la démarche à l'analyse du cas de l'Arc jurassien (chapitres 4 à 8);
- évaluation de la démarche et perspectives (chapitre 9).

MÉTHODE DE RECHERCHE

La méthode de recherche adoptée dans le présent travail comporte deux grandes phases: le **développement théorique** de la démarche de diagnostic et son **application à une étude de cas** (Figure 2). Située tout en amont de la recherche, la construction d'un cadre théorique, fondée sur une revue littéraire extensive, amène des éléments de définition des concepts centraux de la recherche (*i.e.* les technologies de l'information et le paysage) et détermine pour chacun d'eux les principaux éclairages existants. Des choix à la fois conceptuels et méthodologiques sont ensuite opérés sur

cette base pour permettre de formaliser une démarche de diagnostic paysager. Cette dernière est ensuite appliquée au cas de l'Arc jurassien, pour lequel la concrétisation et la validité de l'approche sont discutées. Comme la généralisation de la démarche ne peut être démontrée dans le contexte empirique de cette recherche, elle est évaluée du point de vue de sa réplicabilité. Par voie de rétroaction, cette étape amène en guise de conclusion des commentaires sur les choix méthodologiques effectués et la formalisation de la démarche initiale.

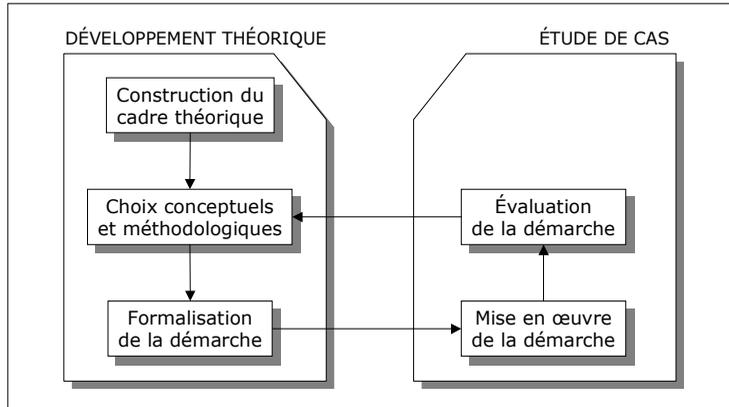


Figure 2: Cadre méthodologique de recherche.

Comme l'idée de départ est de proposer une démarche de diagnostic paysager qui repose sur l'utilisation des technologies de l'information, le **chapitre 1** présente ces dernières et définit dans quelle optique elles sont envisagées dans ce travail. Une typologie des approches ainsi qu'un aperçu des différents niveaux d'utilisation des SIG sont proposés sur la base d'une analyse de la littérature. Ce tour d'horizon permet de dresser le constat selon lequel l'usage qui est fait des SIG dans les pratiques de gestion territoriale est encore basique. Il ressort cependant, à partir de l'inventaire des technologies de l'information et de la communication, que ces outils présentent un réel potentiel pour l'aide à la décision. Les principaux types d'application dans le domaine du paysage sont décrits pour aboutir à la définition de l'approche technologique postulée dans cette recherche.

Le **chapitre 2** aborde le concept de paysage. Il est présenté par l'intermédiaire d'une approche rétrospective, des origines à nos jours, basée sur une recherche monographique, qui fait ressortir toute la complexité de la notion. Celle-ci vient éclairer la manière dont le paysage a évolué dans les politiques territoriales du monde occidental et plus particulièrement en Suisse. Par ailleurs, elle permet, dans une perspective épistémologique, de mieux comprendre les grandes tendances de l'évaluation du paysage et de situer leur ancrage théorique. La proposition d'une définition du paysage et la formulation d'un modèle systémique permettent finalement de positionner la présente recherche par rapport aux approches préexistantes.

Vu le peu de références existantes en matière de diagnostic paysager, ce dernier est envisagé à travers le diagnostic territorial (**chapitre 3**). La typologie présentée amène les bases du questionnement et des objectifs généraux de tout diagnostic et a pour but de faire ressortir les difficultés liées à sa mise en oeuvre. Les problèmes liés à l'accès aux données et à leur traitement, ainsi que les questions d'échelle, justifient ainsi le recours aux technologies de l'information dans les processus de diagnostic. La démarche d'évaluation paysagère présentée au terme de ce chapitre est ainsi centrée sur l'intégration des acteurs concernés et des données pertinentes dans une perspective multiscale.

La démarche de diagnostic est illustrée par son application au cas de l'Arc jurassien. Le **chapitre 4** décrit brièvement le contexte et le cadre de l'étude. Une analyse de contenu du discours des gestionnaires du territoire, recueillis dans le cadre d'une série d'entretiens, permet de caractériser les acteurs et de leurs perceptions du paysage (**chapitre 5**). Parallèlement, le paysage est caractérisé à petite échelle sur la base d'une analyse de l'utilisation du sol et de sa dynamique (**chapitre 6**). La démarche est évaluée à ce stade de l'étude et les premières conclusions sont tirées.

La réalisation du diagnostic à grande échelle passe par la traduction des perceptions des acteurs identifiées dans le chapitre 5 en modèles sociaux de représentation du paysage, pour chacun desquels des critères d'appréciation sont formulés (**chapitre 7**). Les indicateurs spatiaux développés à partir de ces derniers sont présentés et mis en oeuvre dans le cadre des analyses de visibilité du **chapitre 8**. Une évaluation de l'approche est proposée en conclusion.

Le **chapitre 9** clôture ce rapport en synthétisant les principaux apports de la recherche et en proposant quelques perspectives.

JUSTIFICATION DU CHOIX DU CAS D'ÉTUDE

L'Arc jurassien a été choisi comme cas d'étude pour appliquer la démarche de diagnostic paysager développée dans cette recherche. Ce territoire se caractérise par un milieu semi-naturel diversifié, mais fragile, ainsi que des activités primaires et secondaires traditionnelles en pleine mutation. Cette conjonction particulière d'éléments en fait un paysage anthropogène caractéristique actuellement en transition. Cette région définit ainsi un thème privilégié de recherche au sein du WSL, particulièrement de son antenne romande.

L'Arc jurassien constitue dès lors une zone de développement méthodologique, basée sur des analyses géographiques à différentes échelles. L'approche factuelle à petite échelle prend la chaîne dans son ensemble, alors que l'approche sensible à grande échelle se concentre sur une succession de trois pâturages proches du Marchairuz, dans le Haut-Jura vaudois. Ce dernier choix s'est imposé car l'auteur de ces lignes avait une connaissance préalable du site et des données disponibles, provenant de son expérience dans le développement du SIG du Parc Jurassien Vaudois (Chételat, 1998).

1

LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION POUR L'ANALYSE DU PAYSAGE

Sous l'effet de l'accélération des rythmes économiques et sociaux et de la redistribution des activités territoriales (Thériault, 1996), le monde contemporain a vu la demande en terrains et en ressources augmenter (Burrough et McDonnell, 1998). La multiplication des enjeux rend les processus de décision de plus en plus complexes (Thériault, 1996) et l'esprit humain se retrouve confronté à ses propres limites (Zachary, 1988). Face à la masse d'informations à traiter, il devient difficile d'organiser les contenus, de les mettre en cohérence et de les analyser de manière fiable.

Laurini et Thompson (1992) estiment qu'environ 80% des décisions possèdent une composante spatiale, que ce soit à l'échelon national ou local. En effet, la gestion du territoire nécessite de comprendre les éléments et les structures, à la fois spatiales et temporelles, qui le définissent ainsi que les processus qui déterminent leur existence (Burrough et McDonnell, 1998). Mais répondre à des questions de portée géographique requiert à la fois des sources de données et des moyens de les traiter (Longley *et al.*, 1999; Bishop, 2000). La disponibilité en informations sur l'environnement naturel et culturel s'est considérablement accrue ces dernières années, témoignant d'un souci croissant pour la gestion du territoire (Maguire *et al.*, 1991; Burrough et McDonnell, 1998). Les systèmes d'information géographique (SIG) sont ainsi apparus comme un moyen efficace d'intégrer et de mettre en relation différentes sources de données par le biais de la référence spatiale (Maguire *et al.*, 1991).

L'objectif de ce chapitre est de donner une vue d'ensemble des technologies de l'information et de la communication (TIC) et de préciser comment elles sont envisagées dans la présente recherche. En préambule, un tour d'horizon des principales approches SIG et de leurs rôles dans les pratiques territoriales donne quelques éléments de définition. En complément, les TIC sont présentées dans le cadre général de la gestion du territoire, puis plus particulièrement dans celui de l'analyse du paysage. Un bilan de leurs apports et limites est proposé et vient justifier l'optique retenue dans ce travail.

DÉFINITION ET OBJECTIFS GÉNÉRAUX DES SIG

ÉLÉMENTS DE DÉFINITION DES SIG

Traditionnellement, les SIG sont présentés comme «**un ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et de données à référence spatiale utilisés pour saisir, conserver, transformer, analyser, modéliser, simuler et cartographier les phénomènes et les processus distribués dans l'espace géographique**» (Thériault, 1996). Ils doivent beaucoup à un ensemble de disciplines auxquelles ils empruntent. On peut distinguer les domaines plutôt théoriques comme la géographie, l'informatique, la statistique, la géométrie, l'intelligence artificielle, la sémiologie, les sciences cognitives, la linguistique ou la psychologie (Laurini et Thompson, 1992; Fischer *et al.*, 1996) et les domaines appliqués comme la cartographie, la CAO/DAO, la photogrammétrie, la télédétection, les bases de données ou l'ingénierie (Maguire *et al.*, 1991; Laurini et Thompson, 1992; Korte, 1997; Burrough et McDonnell, 1998).

Maguire *et al.* (1991), repris par Burrough et McDonnell (1998), ont fait une typologie des SIG, qui met en lumière différentes approches, témoignant de la sensibilité des auteurs:

- Les SIG considérés comme **boîtes-à-outils**: cette approche est principalement orientée sur les aspects technologiques et les fonctions d'analyse offertes par le système. D'une manière générale, les SIG sont vus comme une technologie informatique permettant de répondre à des questions géographiques (Maguire *et al.*, 1991; Longley *et al.*, 1999). Pour les cartographes et les aménagistes, ils sont un outil capable d'effectuer des opérations sur des données géographiques, qu'il serait irréalisable ou trop coûteux de faire à la main (Longley *et al.*, 2001). Plus précisément, ils consistent en un ensemble puissant d'outils permettant de traiter des données spatiales dans un but particulier (Burrough, 1986; Dangermond, 1992; Mullon et Boursier, 1992; Obermeyer et Pinto, 1994; Korte, 1997; Curry, 1998).
- Les SIG considérés comme **bases de données**: un accent particulier est mis ici sur la spécificité de la structuration de données spatiales. Les SIG sont vus comme un cas particulier de système d'information, dans lequel la localisation géographique est une caractéristique importante de l'analyse (Aronoff, 1991). La particularité de la base de données réside

dans sa capacité à modéliser des objets, des activités et des phénomènes distribués dans l'espace et qui partagent des relations topologiques (Dueker, 1979, cité dans Maguire *et al.*, 1991). La plupart des informations sont en effet spatialement indexées à l'intérieur de la base de données et font l'objet de procédures spécifiques (requêtes et analyses) en réponse à des questionnements d'ordre spatial (Smith *et al.*, 1987, cités dans Burrough et McDonnell, 1998; Fischer *et al.*, 1996).

- Les SIG considérés en termes d'**éléments organisationnels**: cette approche insiste sur l'intégration des SIG dans les institutions, et leur rôle comme outil d'aide à la décision (Pornon, 1993). Ils s'insèrent dans un environnement de résolution de problèmes (Cowen, 1988, cité dans Maguire *et al.*, 1991) et dépendent d'une structure organisationnelle, d'une certaine expertise ainsi que d'un support financier continu dans le temps (Carter, 1989, cité dans Burrough et McDonnell, 1998). Plus que la somme des fonctions disponibles dans le système, c'est leur utilité pour les professionnels dans leur activité de gestion qui compte (Ozemoy *et al.*, 1981, cités dans Maguire *et al.*, 1991; Cowen *et al.*, 1991, cités dans Thériault, 1996).

Ces différentes approches ne sont pas exclusives, mais définissent au contraire de manière complémentaire les principaux constituants des SIG (Dickinson *et al.*, 1988, cités dans Thériault, 1996; Maguire *et al.*, 1991). Ces derniers sont donc un **ensemble intégré de composantes (i) technologiques**, relevant de l'environnement matériel et logiciel, de l'architecture du système ainsi que du développement de fonctions d'analyse; **(ii) informatives**, dépendant d'une base de données à la fois géographiques et attributaires; et **(iii) infrastructurelles**, impliquant du personnel et des compétences (*liveware*) qui opèrent dans un contexte institutionnel.

D'autres classifications ont été proposées, comme par exemple celle qui catégorise les SIG en fonction des **différents types d'applications** auxquelles ils répondent (Maguire *et al.*, 1991). La multitude des thématiques, que ce soit dans le domaine de l'aménagement urbain et régional, du génie civil, de l'archéologie, de la foresterie ou de l'architecture du paysage, vient en effet nourrir la réflexion fondamentale portant sur les SIG (Laurini et Thompson, 1992; Longley *et al.*, 2001). Dans cette perspective fonctionnelle, les distinctions se font au niveau de l'étendue spatiale et de l'échelle d'approche, de la nature des tâches à effectuer, du genre d'organisation et du niveau de décision en jeu (Nyerges, *in*: Goodchild *et al.*, 1993). Mullon et Boursier (1992) ont identifié trois grands groupes de SIG en fonction des applications. Le premier porte sur des espaces restreints, pour lesquels une connaissance fine et un suivi sont nécessaires. Celle-ci implique l'acquisition et le stockage de données à **grande échelle** (inférieure au 1:10'000), dont l'importance des coûts se justifie par la fréquence des traitements. Ce type d'applications concerne les services techniques des collectivités locales, tels que ceux qui sont responsables de la gestion du cadastre, des réseaux ou du mobilier urbain. Le second groupe se rapporte à des activités plus ponctuelles à **moyenne échelle** (jusqu'au 1:100'000),

pour lesquelles des analyses spécifiques sont indispensables. Il s'agit des études d'ingénierie routière, de sécurité civile ou de gestion des ressources naturelles. Finalement, le troisième type d'applications se limite à des jeux de données existants à **petite échelle** et à des traitements simples, tels que ceux utilisés dans la cartographie thématique de données démographiques, politiques, socio-économiques ou commerciales (géomarketing). Mullon et Boursier (1992) relèvent par ailleurs le cas particulier de l'utilisation des SIG dans certains domaines, qui intègrent des échelles très diverses et mettent l'accent sur les possibilités d'analyse spatiale et de simulation plutôt que sur les aspects de gestion de données géoréférencées. Les études d'impacts sur l'environnement et d'aménagement régional ou national, les observatoires du territoire ainsi que les projets de recherche académiques (modélisation environnementale et écosystémique) entrent dans cette catégorie.

LE RÔLE ACTUEL DES SIG DANS LA GESTION DU TERRITOIRE

Les SIG remplissent de nombreuses fonctions à différents niveaux. L'utilisation qu'en font les gestionnaires va de l'emploi simple de la base de données comme mémoire du territoire à la réalisation d'analyses plus sophistiquées, sur lesquelles les acteurs peuvent s'appuyer pour prendre leurs décisions. Globalement, on peut résumer le rôle des SIG en trois points interdépendants (Maguire *et al.*, 1991; Nyerges, *in*: Goodchild *et al.*, 1993).

Le premier rôle correspond à la **fonction d'archivage** de données dans une structure informatisée, plus ou moins centralisée. Le SIG correspond à un système de transactions permettant de réaliser des opérations simples, mais fréquentes, de gestion des données (Maguire *et al.*, 1991). Il possède la capacité d'organiser des grands volumes d'informations de manière systématique à l'intérieur d'une base de données (Aronoff, 1991; Dangermond, 1992; Nyerges, *in*: Goodchild *et al.*, 1993) et a pour but d'assurer la complétude et la fraîcheur des informations utiles au management territorial (Golay et Riedo, 2001). Dans un grand nombre d'applications, en particulier dans la gestion des réseaux urbains et des ressources naturelles, les SIG sont donc principalement utilisés comme un moyen de stockage, d'inventaire et de mise à jour de l'information territoriale (Pornon, 1993; Obermeyer et Pinto, 1994; Longley *et al.*, 2001).

Parallèlement à leur fonction d'archivage, les SIG sont souvent vus comme un **moyen de production de cartes**. Si cette vision grand public (Longley *et al.*, 2001), véhiculée par les services de topographie et de cartographie (Maguire *et al.*, 1991; Nyerges, *in*: Goodchild *et al.*, 1993), est réductrice, il ne faut cependant pas nier l'importance de la représentation de données (Nyerges, *in*: Goodchild *et al.*, 1993). Elle joue en effet un rôle important de synthèse dans la compréhension des phénomènes spatiaux et peut s'avérer un outil de sensibilisation très performant. En amont du processus de conception du système, l'étape de modélisation du territoire consiste également en un instrument de communication précieux. Elle permet en effet de constituer un langage commun à tous les acteurs et de donner une vision partagée du monde. La définition d'un modèle de données cohérent

facilite ainsi l'identification des problèmes et le dialogue entre les différents partenaires. Cette phase est préalable à l'exploitation et à l'analyse de données.

Le troisième rôle attribué aux SIG est celui d'**outil d'analyse et d'aide à la décision**. Par rapport aux logiciels de CAO/DAO, les SIG permettent en effet de gérer des données attributaires ainsi que les relations spatiales et sont, de ce fait, mieux adaptés à l'analyse de données géographiques (Obermeyer et Pinto, 1994; Korte, 1997). Des opérations telles que la sélection, la transformation, le tri, l'agrégation ou le croisement de données (Golay et Riedo, 2001), initiées dans les travaux fondateurs de McHarg (1969), consistent à transformer des données brutes en informations spatiales utiles pour aider les décideurs dans leurs tâches (Maguire *et al.*, 1991; Longley *et al.*, 2001). Afin d'analyser les impacts des politiques territoriales et d'orienter les stratégies de développement, les SIG doivent aider à générer des scénarios et à prévoir des potentiels d'évolution (Fischer *et al.*, 1996). Le traitement des données géographiques doit ainsi permettre de dégager les traits dominants de l'organisation du territoire, de construire des modèles de simulation (Thériault, 1996) et d'intégrer des méthodes multicritères (Golay et Riedo, 2001) dans une perspective de management. Au nombre des travaux dans ce domaine, mentionnons les systèmes d'aide à la décision à référence spatiale plutôt orientés sur les aspects méthodologiques (Denshan, *in*: Maguire *et al.*, 1991; Chevallier, 1994; Joerin, 1998) et les outils de *Spatial On-Line Analytical Processing*, plutôt axé sur l'architecture de systèmes informatiques portables et participatifs (Gonzales, 1999; Rivest *et al.*, 2001; Bédard *et al.*, 2003).

L'utilisation qui est faite des SIG dans la pratique dépend de la perception de l'utilisateur ainsi que des objectifs visés par l'application (Maguire *et al.*, 1991). Les SIG sont tout à la fois des mémoires du territoire, des moyens de cartographie, des boîtes à outils, des ressources, des technologies, mais aussi des cadres de pensée (Laurini et Thompson, 1992). Après la période de développement et d'innovation des années 1960-70, l'époque de commercialisation des solutions géoinformatiques des années 1980-90, les SIG sont aujourd'hui dans une phase de mise en exploitation (Longley *et al.*, 2001). La plupart des applications territoriales sont en développement et consistent principalement en des outils d'archivage et de cartographie. Les données sont encore en cours d'acquisition et l'analyse se résume généralement à quelques fonctions assez simples (Roche et Hodel, 2004). Selon la typologie de Crain et MacDonald (1984, cités dans Maguire *et al.*, 1991), **les SIG se situent actuellement entre la phase d'inventaire de données et celle d'analyse; le potentiel d'aide à la décision reste encore sous-exploité** (Joliveau, 2003). Ceci est dû d'une part au fait que les fonctionnalités d'analyse ne se sont pas développées au même rythme que le hardware et le software (Aangeenbrug, 1991; Thériault, 1996) et que les produits proposés sur le marché ne répondaient que partiellement aux besoins d'aide à la décision (Mullon et Boursier, 1992). D'autre part, la méconnaissance des capacités d'analyse et l'absence de méthodologie adaptée à la gestion du territoire rendaient les SIG difficilement aptes à

représenter les pratiques de tous les jours (Curry, 1998; Roche et Hodel, 2004).

ÉLÉMENTS DE DÉFINITION ET DE TYPOLOGIE DES TIC

Si certaines applications SIG se limitent à constituer des entrepôts de données ou à reproduire les activités traditionnellement assumées par la cartographie (Chevallier, 1994), il existe un potentiel technologique qui va au-delà de l'automatisation des tâches traditionnelles (Longley *et al.*, 2001; Golay et Riedo, 2001). A la croisée de l'informatique, des télécommunications et de l'audiovisuel, les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) offrent des voies prometteuses pour l'aide à la décision. Elles sont définies comme **un ensemble de moyens techniques utilisés pour traiter, modifier et échanger de l'information et plus spécifiquement des données numérisées**. Elles intègrent les technologies de différents domaines spécialisés comme ceux de la géomatique ou du multimedia (Joliveau, 1994) et tirent parti de l'accès aux réseaux, en particulier internet, pour rechercher, accéder, publier ainsi que disséminer de l'information et communiquer et collaborer entre utilisateurs (Orland *et al.*, 2001).

Zachary (1988), repris par Golay et Riedo (2001), a décrit les **difficultés qui interviennent dans les processus de décision** et les apports que les TIC peuvent apporter en réponse aux besoins des gestionnaires. Dans la première phase de la démarche, un soin particulier doit être mis dans la définition du problème et la description du contexte organisationnel. Dans la mesure où les décisions sont structurées par le désir de réaliser des objectifs, il est important de comprendre comment le décideur perçoit la situation par rapport à sa manifestation dans la réalité et d'aboutir à une hiérarchisation des objectifs à atteindre. Pour cela, les outils de modélisation sont d'une grande aide pour appréhender un problème et décomposer les éléments qui le constituent.

La phase d'analyse de la situation et d'évaluation révèle des contraintes plus nombreuses, aussi bien dans la gestion de l'information, dans l'exécution d'opérations que dans la recherche prospective. Elles peuvent être résumées de la manière suivante (Zachary, 1988; Edwards, 2000):

- Pour traiter l'information, l'esprit fait appel à la mémoire de travail, qui mobilise à la fois des souvenirs à court et à long terme. La mémoire est sélective et est structurée de telle sorte que les informations récentes sont privilégiées. Bien que toute relative, la capacité de stockage et d'accès à l'information est par ailleurs un facteur limitant. **Vus ces problèmes de disponibilité de la connaissance et de mise en cohérence des contenus**, la prise de décision est donc basée sur une information non-exhaustive.
- Le raisonnement, fonctionnant de façon séquentielle, est ralenti avec l'augmentation du nombre et de la complexité des informations à traiter. Le cerveau a une **capacité limitée à effectuer des opérations**

cognitives (comparaison, combinaison, déduction) et plus encore numériques. Il comporte de plus des risques d'erreur.

- Si l'esprit humain permet d'imaginer des scénarios globaux d'évolution, il est beaucoup plus difficile d'évaluer concrètement leurs effets potentiels sur le territoire à différents stades. Le décideur est confronté à des **problèmes de représentation et de projection** de l'information dans l'espace et dans le temps.

Pour pallier à ces limitations, Zachary (*ibid.*) a identifié plusieurs catégories d'outils qui permettent d'orienter et d'appuyer les décisions des gestionnaires.

- Les **techniques de contrôle de l'information**, telles que les bases de données, donnent la possibilité d'organiser différentes sources de données complexes et volumineuses sur la base de relations et d'associations. Elles offrent ainsi un moyen d'accéder à tout moment à toute l'information nécessaire dans une situation particulière. Parallèlement, les bases de connaissances, fondées en particulier sur les principes de l'intelligence artificielle telles que les règles d'inférence (Coulson *et al.*, 1991), permettent de structurer le savoir et de développer une compréhension du territoire par phénomènes plutôt qu'une simple description des éléments qui le constituent (Golay et Riedo, 2001).
- Les **méthodes d'analyse et de raisonnement** sont destinées à faire ressortir et à expliquer des processus spatiaux. Les techniques de l'analyse spatiale et de l'intelligence artificielle permettent de cerner le fonctionnement du système territorial en cherchant à définir ses caractéristiques et à les mettre en relation pour établir des liens de causalité, tels que des relations de proximité, de dispersion ou de connectivité (Collet, 1992).
- Les **modèles de processus**, comme les automates cellulaires ou les systèmes multi-agents par exemple, visent, grâce à la définition de règles de fonctionnement, à simuler la dynamique des phénomènes en jeu dans le but d'évaluer des scénarios d'évolution (Coquillard et Hill, 1997).
- Les **modèles de choix** consistent à évaluer, au regard d'une série de critères, les résultats obtenus par différentes variantes, et à les comparer aux objectifs fixés (Chevallier, 1994). Schärli (1985) distingue les méthodes multicritères sans compensation de celles par agrégation. Si les premières sont basées sur le principe de l'élimination, les secondes fonctionnent sur la comparaison. L'agrégation est complète lorsque chaque variante est évaluée par une valeur unique de synthèse, partielle lorsque les variantes sont comparées deux à deux pour chaque critère ou locale lorsque les variantes sont traitées de manière itérative par lots successifs (Joerin, 1998).
- Les **méthodes de consolidation** sont utilisées pour déterminer l'incertitude de la modélisation des phénomènes territoriaux et valider les

résultats de l'analyse. Golay et Riedo (2001) citent comme outils classiques de validation les statistiques bayésiennes ainsi que l'analyse exploratoire. L'ingénierie interactive constitue un autre mode d'interaction, qui permet de tester les réponses du système vis-à-vis d'un objectif donné (Golay *et al.*, 2000).

- Les **outils d'aide à la représentation** permettent de visualiser le contexte spatial et les phénomènes en jeu, que l'esprit a du mal à se figurer. Toute une gamme de solutions, allant des outils de cartographie classique aux logiciels de réalité virtuelle, offrant la possibilité de modéliser le territoire en 3D et de naviguer de manière interactive à l'intérieur de scènes, est offerte actuellement pour épauler les décideurs dans leurs tâches (Riedo *et al.*, 2002a).

Ce panorama ne serait pas complet sans faire référence au rôle d'**internet**, auquel les TIC sont très souvent réduites. Dans le cas particulier du management territorial, l'exploitation du réseau a une double utilité, en termes de communication, mais aussi de participation. Premièrement, la mise en réseau des services liés à la gestion du territoire, mais aussi des informations à l'intérieur d'entrepôts de données, permet de faciliter les échanges entre les services et ainsi optimiser ainsi leurs tâches (Létourneau *et al.*, 1997; Miller et Han, 2001). Deuxièmement, dans le contexte de la gouvernance, internet permet d'informer le public par la mise en consultation de documents en ligne et de recueillir les prises de position des acteurs concernés lors de procédures de mise à l'enquête par exemple (Berta et Pagano, 2001).

Le choix des technologies à préconiser dans le processus décisionnel est une étape cruciale (Zachary, 1988). Elle consiste à déterminer les méthodes et techniques spécifiques qui répondent le mieux aux besoins d'aide à la décision, compte tenu des objectifs de gestion d'une part, et de l'expertise des acteurs d'autre part. L'information territoriale, construite sur la base de données représentant des faits géographiques bruts, fait l'objet d'analyses et de projections, dont les résultats viennent soutenir le raisonnement, renforcer la connaissance de la situation et des enjeux, et finalement amener à prendre les décisions les plus sages possibles (Longley *et al.*, 2001). Les choix méthodologiques et technologiques effectués définissent ainsi grandement le niveau d'excellence qui peut être atteint dans la prise de décision.

LES TIC DANS L'ANALYSE PAYSAGÈRE

Il existe de nombreuses manières d'aborder la question paysagère. Le potentiel des NTIC est exploité de façon varié selon les approches envisagées. En passant en revue les différentes fonctionnalités mobilisées en fonction des besoins de l'analyse du paysage, il est possible d'identifier trois grands groupes d'applications.

Le premier groupe d'applications consiste en l'**analyse des structures spatiales**, comme base d'explication de processus environnementaux. Le

paysage n'est pas considéré ici comme l'objet central d'investigation, mais comme le contexte géographique d'étude. Il est une façon commode de parler globalement du territoire (Joliveau, 1994). Son étude repose sur l'utilisation de fonctions d'analyse spatiale et thématique, en particulier les opérateurs de distance (proximité, accessibilité, connectivité, gravité, etc.) et de contexte (agencement spatial, texture, diversité, voisinage, etc.) (Eastman, 1993; 2001). La géomorphologie, la pédologie et la géologie utilisent beaucoup les techniques de reconnaissance des formes du relief pour caractériser les unités du paysage, expliquer leur genèse et évaluer le potentiel des ressources disponibles (Gessler *et al.*, 1996; Walsh *et al.*, 1998; Thwaites et Slater, 2000; Park *et al.*, 2001; Leverington *et al.*, 2002). Le domaine de la gestion des risques recourt également aux fonctionnalités de l'analyse spatiale, en particulier pour modéliser l'érosion, les émissions atmosphériques, les tempêtes ou encore les feux de forêts et prévoir leurs impacts sur le paysage (Navas et Machín, 1997; Feijtel *et al.*, 1998; Pleshikov *et al.*, 1998; Jaiswal *et al.*, 2002). Finalement, la biogéographie et l'écologie reposent largement sur les calculs de métrique du paysage (McGarigal et Marks, 1995; Elkie *et al.*, 1999), que ce soit pour localiser la distribution d'unités écologiques, déterminer des zones d'habitats potentiels, évaluer la compatibilité de pratiques territoriales avec le contexte environnemental ou encore évaluer la fragmentation du milieu (Forman et Godron, 1986; Turner et Gardner, 1991; Haines-Young *et al.*, 1993; Johnston, 1993).

Le deuxième type d'applications liées au paysage où les NTIC jouent un rôle important concerne **l'étude des changements spatiaux**. L'évolution du paysage est envisagée à travers l'analyse de la dynamique territoriale. Les transformations sont évaluées sur la base de la couverture ou de l'occupation du sol (Lee *et al.*, 1999; Eurostat, 2000; Haines-Young *et al.*, 2003). Les analyses reposent généralement sur des outils statistiques par lesquels il est possible de comparer différents états du territoire deux à deux ainsi que sur des techniques de cartographie permettant de représenter les modifications et de les localiser dans l'espace. En plus de décrire les changements survenus, un des objectifs est de pouvoir les expliquer par des facteurs physiques, tels que l'altitude, la pente, l'orientation, l'ensoleillement, le type de sol, l'accessibilité ou l'enclavement, ainsi que par des facteurs de gestion, liés aux règlements d'utilisation du sol et aux modes d'exploitation (Joliveau, 2003). Les outils de l'analyse spatiale sont encore une fois précieux.

La dernière catégorie d'applications qui fait intervenir les technologies de l'information concerne la **dimension visible du paysage**. Initié lors de la conférence américaine «*Our National Landscape*» (Elsner et Smardon, 1980), l'intérêt pour la gestion des ressources visuelles s'est considérablement accru (Bishop, 2000), à tel point que la prise en compte de la dimension sensible du paysage constitue désormais un chapitre obligé des études d'aménagement et d'environnement (Joliveau, 1994). L'évaluation des impacts de la dynamique territoriale, qu'elle soit d'origine naturelle ou anthropique, fait intervenir différents outils d'analyse et de représentation. Au nombre des opérateurs contextuels d'analyse spatiale figurent les indices de visibilité. La possibilité de quantifier la surface visible à partir de tout point

de l'espace apporte un moyen objectif de mesurer à quel degré un changement dans le paysage est ou serait perceptible par un observateur (Miller, 1995). En complément, les techniques de visualisation en 3D permettent de prendre visuellement la mesure des changements dans le paysage (Wherrett, 1996; Chevallier et Daudelin, 1996; Taylhardat, 1996).

Ces différentes approches du paysage sont largement indépendantes les unes des autres. Plutôt que de favoriser le rapprochement des disciplines, les TIC ont plutôt **renforcé la singularité** de chacune d'entre elles, en leur fournissant des outils de développement ayant pour effet de légitimer leur existence. Cependant, en même temps que le potentiel de ces technologies est exploré et mieux compris, se développent des approches du paysage qui intègrent à la fois les outils d'analyse de la composition et de l'organisation du milieu, de la dynamique territoriale, de l'intervisibilité ainsi que des moyens de représentation de l'état du paysage et de projections, sous la forme de cartes et d'images de synthèse.

Parmi les **approches intégratrices du paysage**, l'école de Besançon a été pionnière. Elle a axé ses recherches sur une approche d'influence biogéographique, basée sur l'étude de la physionomie du paysage et l'identification objective de géotypes, à laquelle s'est ajoutée l'évaluation de la sensibilité visuelle de ses éléments constitutifs selon un plan de vision horizontal, où les images fonctionnent comme interfaces entre les objets physiques et les observateurs (Rougerie et Beroutchachvili, 1991). Les travaux réalisés ont permis de nourrir la réflexion systémique dans le domaine du paysage, de formaliser quelques règles dans l'analyse et la visualisation de celui-ci et consécutivement de mettre en valeur l'apport des méthodes quantitatives, des SIG, des modèles de simulation et des outils de réalité virtuelle (Wieber, 1985; Brossard *et al.*, 1993; 1994; 1997; Joly et Brossard, 1998). Une approche assez similaire, utilisant les outils d'analyse statistique, de modélisation, de simulation et de visualisation dans une perspective d'aide à la gestion, a été développée aux Etats-Unis (Gimblett, 1989; Gimblett *et al.*, 2001). Ces recherches portent sur la description des conditions environnementales et des pratiques territoriales ainsi que sur l'évaluation des impacts de ces dernières sur le paysage. Parmi les approches classiques de découpage du territoire en unités paysagères homogènes, les méthodes traditionnelles basées sur des critères implicites sont encore préférées à celles qui ont recours aux technologies de l'information. Cependant, quelques expériences allant dans ce sens ont été menées, utilisant les SIG comme outil d'aide à l'analyse, pour structurer les données et réaliser, par des techniques de classification et de segmentation, des zonages s'appuyant aussi bien sur des facteurs naturels que socio-économiques (Joliveau *et al.*, 1994; Joliveau et Michelin, 1998; Joliveau, 2003).

APPORTS ET LIMITES DES TIC

Dès la fin des années 1980, l'impact des technologies de l'information, et en particulier des SIG et de la télédétection, sur l'évaluation des ressources spatiales et l'aide en matière de planification territoriale était déjà pressenti

(Gimblett, 1989; Turner et Gardner, 1991). Le développement de nouveaux moyens pour stocker, gérer, manipuler et représenter l'information spatiale (Bishop, 2000) a permis de faciliter et d'améliorer la compréhension des enjeux spatiaux, et par là-même, la pertinence des décisions en matière d'aménagement.

Dans un contexte de résolution de problèmes liés au territoire, la recherche de solutions doit se fonder sur des bases de connaissances qui intègrent à la fois des données quantitatives et qualitatives ainsi que des règles d'action basées sur l'expérience. En plus de pouvoir prendre en compte toutes sortes de données et de les organiser dans une structure de gestion adaptée, les TIC permettent également de **valoriser des savoirs et des représentations provenant de diverses disciplines**. Elles disposent d'une part de potentialités intéressantes et flexibles pour l'évaluation territoriale et paysagère. En effet, la puissance et la rapidité des fonctionnalités disponibles pour manipuler l'information permettent de travailler sur des espaces plus grands (Joliveau et Michelin, 1998) et à des échelles plus variées que les approches traditionnelles, tout en augmentant la qualité et l'efficacité des analyses (Gimblett, 1989). Les relations à l'intérieur et entre les unités spatiales peuvent plus facilement être mises en évidence (Coulson *et al.*, 1991) et les scénarios d'évolution mieux modélisés et testés (Turner et Gardner, 1991). Grâce à la vitesse d'exécution des opérations, les simulations peuvent être réitérées (Joliveau et Michelin, 1998) afin de comparer les résultats de différentes variantes. Les techniques de visualisation viennent appuyer ou compléter les résultats des analyses (Gimblett, 1989), par l'immédiateté du message manifeste qu'elles véhiculent. D'autre part, le recours à des compétences variées et la combinaison de ces différentes heuristiques permet d'aborder des problèmes complexes, pour lesquels l'algorithmique seule n'offre pas de réponse (Coulson *et al.*, 1991). Les représentations des acteurs peuvent être prises en compte de différentes manières, que ce soit à l'aide de méthodes multi-objectifs ou multi-critères d'aide à la décision ou par l'intermédiaire de techniques d'intelligence artificielle. Celles-ci permettent d'aboutir à un meilleur contrôle des stratégies de résolution de problèmes en décomposant ceux-ci, en les analysant sur des critères explicites et en intégrant l'expertise et les comportements des acteurs dans le processus de recherche de solution.

La principale limite des technologies de l'information pour l'analyse du paysage réside dans leur **mise en oeuvre**, avant même l'exploitation de leurs ressources. Dans le domaine des études et des aménagements paysagers, ce sont généralement uniquement les projets très coûteux qui font appel aux SIG (Joliveau, 2003). Dans le contexte de la gestion territoriale par contre, les expériences intégrant de tels systèmes se multiplient, à l'image des parcs naturels régionaux, aussi bien en Suisse qu'en France. Outre les moyens et les compétences spécifiques indispensables qui ne sont pas toujours disponibles ou mobilisables pour la mise en place de telles solutions, un autre problème se situe au niveau de la **disponibilité des données**. Si les informations de base sont en principe faciles à obtenir, les données particulières à une gestion plus élaborée du

paysage ne sont pas toujours existantes (*ibid.*). Il est donc parfois nécessaire de les acquérir sur le terrain, sous la forme par exemple d'inventaires des constructions ou de cartographies des sols et de la végétation. Ensuite se pose la question de la **traduction de l'espace en un modèle de données cohérent**. A la suite d'Aangeenbrug (1991), Thériault (1996) signale les limites des formalismes utilisés pour décrire une réalité géographique complexe et se demande par exemple comment il est possible de modéliser la valeur esthétique du paysage. L'espace est en effet interprété et catégorisé sous la forme d'objets, conceptualisés de manière statique alors qu'ils sont sujets à des altérations imperceptibles (Curry, 1998). Le principe de discrétisation de l'espace et du temps qui sous-tend les processus de modélisation comporte en effet le risque de contraindre notre perception du monde.

Les TIC sont par ailleurs encore limitées par l'utilisation qui en est faite dans la pratique, mais aussi par la **portée des fonctionnalités** qu'elles proposent. Le manque d'intégration des technologies de l'information dans les processus de gestion et d'analyse du paysage découle d'une méconnaissance du potentiel existant plus que de l'insuffisance des fonctions proposées. Des efforts sont malgré tout nécessaires pour développer à la fois des méthodologies et des traitements avancés (Aangeenbrug, 1991), aussi bien dans les domaines de l'analyse et de la simulation que de la visualisation de données spatiales (Mullon et Boursier, 1992). Fondamentale dans l'étude du paysage (Townshend, 1991), la troisième dimension est difficile à appréhender avec des modèles et des algorithmes simples et se résume habituellement à un attribut altitudinal décrivant un espace bidimensionnel (Raper et Kelk, 1991). De fait, les SIG ont encore des capacités limitées à intégrer les caractéristiques géographiques et sémantiques des données 3D, à les analyser et à les représenter (Zlatanova *et al.*, 2002).

Les **modes traditionnels de représentation de l'espace**, sous la forme de cartes, de tableaux et de graphiques, sont mal adaptés à l'étude du paysage et s'avèrent souvent difficiles à comprendre par les acteurs non spécialistes (Joliveau, 1994). Dans ce contexte, le recours aux techniques de réalité virtuelle est particulièrement souhaitable. Cependant, bien qu'elles soient en plein essor et que les résultats soient de plus en plus convaincants, leurs impacts sur les processus de gestion sont encore mal connus. En effet, en tant que modèles de la réalité, les images virtuelles offrent une représentation partielle du paysage, idéale et biaisée (Joliveau, 2003). L'interprétation qui en découle court le risque d'être plus émotionnelle que réflexive (Bécholey *et al.*, 1998; Golay et Riedo, 2001). Un réel effort doit par conséquent être consacré à la modélisation des scènes en 3D, en particulier concernant les éléments à représenter, le niveau de réalisme voulu, le choix des points de vue, le cadrage, etc. (Riedo *et al.*, 2002a). De plus, les outils avancés de visualisation, généralement issus du monde du graphisme et de l'animation, sont en général mal intégrés aux SIG, limitant ainsi les possibilités d'interrogations et d'analyses interactives en 3D.

APPROCHE ENVISAGÉE

Comme chez Roche et Hodel (2004), les TIC sont envisagées dans ce travail comme le **moyen d'explicitier les relations entre les acteurs et leur territoire**. Pour Bailly *et al.* (1980) «notre paysage est formé par les relations en deux et trois dimensions (surface et volume) entre les individus et l'environnement (vécu et non vécu), relations caractérisées par des propriétés géométriques, topologiques, projectives, temporelles et symboliques». Les technologies de l'information présentent ainsi, de par leurs capacités de modélisation et d'analyse, une plateforme adaptée pour décrire ces relations.

Fondamentalement, cette étude a pour objectif la recherche de solutions permettant de **faire le pont entre les dimensions objectives et subjectives du paysage** dans la réalisation de diagnostics. Si la plupart des approches considèrent ce dernier en privilégiant sa manifestation physique, le présent travail vise à réconcilier les aspects factuels et interpersonnels dans l'appréciation du paysage. Elle va chercher à reconnaître en même temps les formes paysagères qui ont une résonance auprès des individus et les représentations sociales qui ont une portée spatiale. C'est donc à la fois l'espace et la société qui doivent être modélisés, sous la forme d'informations quantitatives et qualitatives.

Si dans bien des cas, la modélisation de l'espace se réduit à délimiter des objets dans le plan, l'étude du paysage implique nécessairement la **prise en compte de la troisième dimension**. Cette recherche a donc comme ambition de développer des moyens de mieux intégrer cette dimension dans l'analyse, que ce soit de manière implicite, à l'aide d'indicateurs permettant de traduire l'existence paysagère des éléments territoriaux, ou plus explicite, sous la forme d'opérateurs géométriques de visibilité dans un espace non-euclidien.

A l'instar de tout phénomène spatial, le paysage peut être étudié à différentes échelles. Le choix de l'échelle dépend des objectifs de départ et la pertinence de l'analyse est fonction des informations et des opérateurs utilisés. Un des soucis de cette recherche est donc d'**évaluer le paysage à différents échelons** en fonction de l'optique du diagnostic, en se basant sur les meilleures données disponibles et en utilisant les fonctions les mieux adaptées au contexte.

Dans l'impossibilité d'aborder toutes les facettes des technologies de l'information, cette étude met l'accent sur la modélisation et l'analyse de données objectives et subjectives à différentes échelles. L'approche choisie se veut donc **intégratrice, spécifique et multiscalaire**.

SYNTHÈSE DU CHAPITRE

Les systèmes d'information géographique ont été décrits en termes de composantes technologiques, informatives et infrastructurelles, puis en fonction des principaux types d'applications auxquels ils répondent. L'évaluation de leur rôle dans la gestion territoriale révèle qu'une utilisation

relativement limitée de leurs fonctions est faite dans la pratique. Ils sont en effet employés le plus souvent de manière traditionnelle, dans un objectif de gestion de l'information et de cartographie.

Pourtant, en regard des difficultés auxquelles les décideurs sont confrontés dans la gestion toujours plus complexe du territoire, le recours aux technologies de l'information apparaît nécessaire pour les assister dans leurs tâches. Une typologie présente les différentes catégories d'outils existants pour archiver, analyser et représenter les données géographiques.

Une revue des approches d'analyse du paysage reposant sur l'utilisation des technologies de l'information met en évidence les différents types de fonctionnalités mis en oeuvre. A côté des optiques très sectorielles d'évaluation du paysage ressortent des efforts d'intégration des dimensions objectives et subjectives.

La description des apports et des limites des technologies de l'information fait ressortir leur capacité globale à valoriser des savoirs variés dans une structure de gestion adaptée, en même temps que certaines difficultés dans leur mise en oeuvre et leur exploitation dans le contexte paysager. Ce que cherche à mettre en valeur le présent travail est une approche spécifique et multiscalair du paysage, basée sur une relation espace-société explicite et des fonctions d'analyse qui intègrent la troisième dimension.

2

LE CONCEPT DE PAYSAGE

L'évaluation du paysage est une tâche complexe qui doit reposer sur une solide base théorique. Il est ainsi indispensable dans la présente recherche de définir ce qu'on entend par paysage et de lever certaines ambiguïtés inhérentes au concept, afin de pouvoir ensuite proposer une approche cohérente, servant de fondement au développement méthodologique d'un diagnostic.

Dans la mesure où l'histoire du paysage ne peut se comprendre que comme un chapitre de l'histoire des sociétés (Conan, *in*: Berque, 1994), un regard rétrospectif éclaire ainsi les conditions d'apparition et d'évolution du paysage dans le monde occidental. La manière dont il s'est développé témoigne de la manifestation de changements sociaux et culturels, d'ordre moral ou technique, relayés dans le monde de l'art. L'évolution de sa prise en compte dans les stratégies de gestion, de manière générale ainsi que dans le contexte suisse, depuis le début du XX^{ème} siècle, témoigne d'un recadrage du concept. Un survol des principales approches d'évaluation du paysage met en lumière, à côté des visions sectorielles existantes, l'avènement d'un mode de pensée intégrateur. Le paradigme de la présente recherche s'inscrit dans cette logique pluridisciplinaire et sert de fondement au modèle théorique présenté en fin de chapitre.

EMERGENCE DU CONCEPT DE PAYSAGE EN OCCIDENT

Un regard rétrospectif sur l'apparition de la notion de paysage dans le monde occidental met en évidence l'importance du creuset artistique et des enjeux

sociaux desquels elle a émergé. Longtemps approprié par une élite, le paysage a vu sa signification évoluer avec le développement des approches scientifiques et des préoccupations modernes de la société. La polysémie du terme fait aujourd'hui encore l'objet de larges débats.

ORIGINES DU CONCEPT

Il est important de noter que le paysage n'a pas toujours existé (Berque, 1994; Roger, 1997), mais qu'il est le **fruit d'une construction sociale**. Comme le relève Berque (1991), «penser que toute société possède une conscience paysagère, c'est simplement prêter à d'autres cultures notre propre sensibilité». Le concept de paysage émane de l'émergence de représentations artistiques (Conan, *in*: Berque, 1991) et relève d'une approche esthétique, au contraire de la notion d'environnement, justiciable, vu son origine écologique, d'un traitement scientifique (Roger, *in*: Berque, 1994). L'existence de représentations artistiques du paysage est d'ailleurs l'une des conditions pour qu'une société soit considérée comme paysagère au sens de Berque (1994). La constitution du regard paysager découle de la recherche en peinture, en poésie, en musique, etc., et de l'émulation constante entre ces moyens d'expression pour figurer l'espace (Conan, 1991). Ritter (1997) désigne la naissance du sentiment esthétique paysager par l'annexion de la nature par l'homme et sa sublimation par l'art. Cette nouvelle approche marque la fin de la conception aristotélicienne du monde, qui conçoit la nature comme totalité (*ibid.*). L'apparition du paysage dans la peinture est issue de l'union d'une culture nouvelle de la perception et de formes de représentation en mutation, l'une alimentant l'autre (Gombrich, 1966). L'élaboration du regard profane implique un processus de distanciation et le développement de représentations spatialisantes, traduisant un phénomène d'artialisation de la nature (Augoyard, 1991). En prenant du recul, l'observateur, qui passe hors-champ, établit une relation d'altérité avec ce qui lui est donné à voir. L'introduction de la perspective dans un espace newtonien introduit une nouvelle forme de conception de l'espace, lequel ne se réduit plus à la somme d'éléments individuels, mais à une unité de vision. Avec la création du rituel d'appréciation de l'espace et la codification de ses lois, l'histoire nous révèle que la notion de paysage a d'abord servi à qualifier des manières de voir plutôt que des manières de faire (Béguin, 1995). Ainsi, ce sont les artistes, suivis des géographes, qui ont donné au concept son sens premier, et non pas les agriculteurs, les forestiers ou les constructeurs (*ibid.*).

Le paysage est la **manifestation d'enjeux de pouvoir**. L'institution d'un espace en paysage peut être assimilée à une appropriation symbolique de celui-ci par les classes dominantes (Luginbühl, 1991). Pour Ritter (1997), la jouissance esthétique du paysage a pour préalable la liberté de l'individu et sa domination sur la nature. Ainsi, ce processus d'appropriation, initié par les élites artistiques, poursuivi par la bourgeoisie et prolongé par la population urbaine contemporaine, amène à penser que le paysage est une invention de citoyen (Roger, 1997). En plus du détachement nécessaire par rapport à l'environnement naturel pour apprécier le paysage, le monde urbain se caractérise de plus par un bagage culturel élevé. Le développement du

tourisme et celui, concomitant, de l'idée de nation (Conan, *in*: Berque, 1991; Nakamura *et al.*, 1993), constituant, à travers la reconnaissance de lieux constituant l'identité collective, la forme moderne d'accaparement du paysage. Pour Luginbühl (1991), cette forme d'appropriation participe d'un double processus de décomposition-recomposition du paysage, basé sur la construction d'images conformes aux canons esthétiques en vigueur.

Pour une description plus détaillée de la naissance et de l'évolution de l'idée de paysage, le lecteur se reportera à l'*Annexe I*.

DÉVELOPPEMENT DE LA NOTION

L'histoire est marquée par une **succession d'approches et de conceptions différentes** du paysage, marquant des allers-retours entre la réalité et le symbolique. A côté de la lourde influence de la religion et de la prédication morale dans la caractérisation de la relation de l'homme avec la nature (Conan, 1991), il faut relever la dialectique entre le sensible et le physique, entre le sujet et l'objet, expliquant une partie de la polysémie du concept de paysage. Le point de vue paysager et le point de vue scientifique sur la nature se sont constitués presque simultanément avec la modernité (Panofsky, 1991). En même temps que se sont développées l'appréciation subjective et la singularité de l'expérience, s'est renforcé le désir, déjà esquissé auparavant, d'établir une alliance avec la nature dans un esprit de symbiose (Roger, 1997), amenant une ambiguïté, quant au sens du terme paysage. Ces deux approches ont évolué parallèlement jusqu'au début du XX^{ème} siècle, où, par un processus de simplification, l'approche objective s'est peu à peu imposée aux dépens de l'approche sensible (Morin, 1977). Avec la disparition du paysage de l'avant-garde artistique, la société s'est retrouvée en quelque sorte privée d'une des sources principales d'élaboration des modèles culturels permettant d'appréhender l'espace (Roger, 1997). Les motifs spatiaux, et plus encore les rituels d'appréciation, jusque là largement influencés par la peinture, ont dérivé vers des références artificielles comme l'exotisme, le rusticisme ou le pastiche (Berque, 1991; Luginbühl, 1991).

La **popularisation du souci envers le paysage**, issue d'une sensibilisation collective envers les menaces et les impacts pesant sur l'environnement à la suite des révolutions contemporaines, a permis de redéfinir les axes de la prise en compte du paysage. Un certain nombre de repères sociaux et spatiaux a en effet été perturbé en conséquence à la mondialisation. En réaction à l'uniformisation plus ou moins généralisée du milieu et des pratiques territoriales, des valeurs comme l'identité, la diversité et l'intégrité ont pris de l'importance et ont été recherchées dans le paysage. Avec le développement du concept de durabilité et des approches holistiques, les limites de l'étude du paysage ont été étendues au-delà des critères écologiques et de productivité, pour intégrer également la dimension sensible et éthique. Cependant, malgré les efforts actuels préconisant, aussi bien au niveau stratégique qu'opérationnel, une démarche pluridisciplinaire, les différents domaines impliqués dans l'analyse gardent très fortement leur indépendance. Ainsi, certaines approches écologiques traditionnelles, bien

que passablement datées, ont toujours cours aujourd'hui lorsqu'est abordée la problématique du paysage (Lowenthal, *in*: Turner, 1990).

Le terme de paysage a émergé du domaine de l'art, a évolué avec la pensée scientifique, s'est confondu dans la pratique avec les notions de milieu et de territoire, pour enfin tendre vers une réconciliation des points de vue. Pour Berque (1991), la transition s'est conclue avec la relativisation d'une part des lois de l'espace newtonien avec l'apparition de la géométrie non-euclidienne, de la théorie d'Einstein et de la mécanique quantique, et d'autre part de la philosophie cartésienne avec le développement de la sociologie, de la phénoménologie et de la psychanalyse. Il est ainsi apparu que dissocier le factuel du sensible dans l'analyse paysagère était une erreur à réparer.

MONTÉE DU PAYSAGE DANS LA SOCIÉTÉ CONTEMPORAINE

Le paysage a gagné en importance dans les processus de gestion du territoire. Cette évolution s'explique par une meilleure reconnaissance juridique du concept, laquelle a favorisé à la fois son intégration dans les procédures d'aménagement et l'instauration d'instruments spécifiques de planification et de management (Ribard, 1998; Joliveau, 2003). Cependant, la logique et le rationalisme du droit ont eu bien des difficultés pour s'accommoder d'une notion aussi subjective et protéiforme (Ribard, 1998). La question du paysage, longtemps ignorée des lois, puis reléguée derrière d'autres enjeux environnementaux ou économiques (Smardon, cité dans Cutler, 1980; McCloskey, 1980), a fait l'objet d'une politique d'abord orientée sur la protection de sites, avant de devenir en soi un enjeu de développement durable.

TENDANCES GÉNÉRALES D'ÉVOLUTION

En Europe comme aux Etats-Unis, la politique du paysage a d'abord privilégié une **approche patrimoniale et conservatrice** (Smardon, 1980; Luginbühl, *in*: Marcel, 1989; Donadieu, *in*: Berque, 1994; Roger, 1997). La prise en compte du paysage, issue du droit concernant le patrimoine architectural, s'est développée dans le sens d'une différenciation de l'espace, basée sur l'identification de sites remarquables ou d'intérêt public (Rouso, 1995; Ribard, 1998). Ces zones, soumises à des réglementations strictes, ont dès lors bénéficié d'une protection élevée, interdisant leur transformation par la construction de bâtiments ou d'équipements, ainsi que par la modification du milieu naturel (Luginbühl, *in*: Marcel, 1989). Dans cette optique, les espaces n'étant ni classés ni même inscrits, n'ont de fait aucune valeur paysagère devant la loi et peuvent en théorie faire l'objet de n'importe quelle intervention (Neuray, 1982). Cette vision élitiste du paysage, élaborée sous l'influence des milieux artistiques et scientifiques, a comme effet pervers un zonage de l'espace, qui établit une hiérarchie entre des paysages-monuments, sanctuaires, et des paysages ordinaires, voués au développement (Rouso, 1995; Veuve, 1998). Cette approche, reposant sur une définition imprécise du concept de paysage et sur une doctrine fondée sur l'idée de pollution visuelle (Smardon, 1980; Roger, 1997), s'est révélée insuffisante, si ce n'est erronée.

En conséquence de la généralisation des transformations territoriales et de l'extension du champ d'application du droit de l'urbanisme dédié à l'espace quotidien (Rouso, 1995), la **gestion du paysage a évolué vers une forme plus large et plus ouverte**. De plus en plus, toute partie de l'espace est envisagée comme un paysage, considéré dans sa continuité temporelle et spatiale (Ribard, 1998). Cela amène à penser les transformations du paysage en termes d'évolution plutôt que de rupture et à se soucier de sa mise en valeur et de sa cohérence, plutôt que de se limiter à sa conservation et à sa protection. Une meilleure connaissance des processus qui modifient le paysage ainsi que des conditions de site permet de développer une autre manière d'aménager et de gérer l'espace, inscrite dans une perspective identitaire (Royal, citée dans Roger, 1997). En France, la préoccupation paysagère, pour laquelle des principes et des normes d'aménagement sont peu à peu définis, est de mieux en mieux intégrée dans les instruments de planification, tels que les plans d'occupation du sol ou les programmes d'aménagement foncier (Rouso, 1995). Son importance se manifeste par ailleurs dans la réalisation d'outils spécifiques comme les plans, les contrats et les labels de paysage (Ribard, 1998) ainsi que les chartes paysagères.

INTÉGRATION DU PAYSAGE DANS LA POLITIQUE SUISSE

L'évolution de la place du paysage dans la politique suisse suit la tendance générale décrite ci-dessus. L'idée de **protection des sites** est apparue à la fin du XIX^{ème} siècle, en réaction à l'industrialisation grandissante et à la perte des valeurs traditionnelles. Les premières manifestations de ce souci sont la fondation en 1905 de la société «Patrimoine suisse» («*Schweizer Heimatschutz*»), vouée à la conservation de l'héritage architectural et au suivi de l'évolution de l'environnement construit, ainsi que la création en 1914 du Parc national d'Engadine, qui fera l'objet d'une loi spéciale en 1980. D'un point de vue légal, l'idée de sauvegarde du paysage fait indirectement son apparition en 1912 dans le Code civil, lequel mentionne le droit de la Confédération, des cantons et des communes d'apporter des restrictions à la propriété foncière par des mesures destinées à la conservation et la protection des sites (CC, art. 702). La Constitution inclut en 1962 un article portant sur la protection de la nature et du patrimoine (Cst., art. 78), faisant mention du paysage et de son aspect visuel (Lange, 1994). En 1966 est votée la Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN), qui stipule le maintien intact de l'aspect caractéristique des paysages ainsi que le renforcement des tâches de protection et d'information. Dans la continuité de la LPN et de son ordonnance ont été mis en place différents inventaires fédéraux en vue de protéger des objets particuliers: celui des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale en 1977 (IFP), celui des sites construits à protéger en Suisse en 1981 (ISOS) et celui sur les voies de communication historiques (IVS, en cours d'élaboration). Ces inventaires ont une valeur indicative et ne sont contraignants que pour la Confédération dans l'exercice de ses tâches (OFS, 2002). Les marais et les sites marécageux ainsi que les zones alluviales ont par la suite fait l'objet d'inventaires beaucoup plus restrictifs.

L'adoption de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT) en 1979 a ouvert la voie à une **meilleure intégration du paysage dans la politique territoriale**. La LAT reconnaît le paysage comme étant une des bases naturelles de la vie, qu'il faut protéger (OFAT et OFF, 1984). En plus de rappeler les aspects de sauvegarde, elle a de plus fixé comme objectifs de veiller à limiter l'extension du bâti, à intégrer les aménagements dans le paysage et à garantir ses fonctions et son accessibilité, en particulier pour le délaçement (LAT, art. 3). A la suite de la loi sur la protection de l'environnement de 1983 (LPE), l'ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement de 1988 (OEIE) a renforcé la place du paysage dans les procédures d'évaluation de projets d'installations, en lui consacrant tout un volet (OFEFP, 1991; Hertig, 1999). Afin de soutenir les initiatives visant à la préservation, l'entretien et l'aménagement des paysages ruraux et des milieux naturels, la Confédération a créé en 1991 le Fonds suisse pour le paysage (FSP). Celui-ci encourage des actions orientées aussi bien sur les fonctions écologiques que les valeurs culturelles et historiques du paysage (OFS, 2002).

Une nouvelle phase d'observation systématique des transformations du paysage a été initiée dans les années 1990, pour servir à l'**élaboration de stratégies et de mesures pour une gestion intégrée du paysage**. Les études regroupées sous l'enseigne «Le paysage sous pression» (OFAT et OFEFP, 1991; 1994; ODT et OFEFP, 2001) ainsi que le «Rapport sur les grandes lignes de l'organisation du territoire suisse» (OFAT, 1996) ont dressé le bilan de l'état du paysage. Sur cette base, la Convention «Paysage suisse» (CPS) a énoncé les principes de base du développement durable du paysage ainsi que les objectifs généraux et sectoriels de gestion en la matière (OFEFP, 1998a; 1998b), qui sont en train d'être précisés dans le projet «Paysage 2020», définissant les lignes directrices de l'OFEFP (Stremlow *et al.*, 2003). La mise en oeuvre des objectifs paysagers dans la planification et la conception de projets a été précisée dans un manuel d'«Esthétique du paysage» (Gremminger *et al.*, 2001), accompagné d'un guide pratique servant à l'appréciation du paysage sur le terrain (à paraître). Différents exemples de mise en pratique de la CPS ont été compilés dans un document de synthèse (OFEFP, 2002). Le Programme national de recherche «Paysages et habitats de l'arc alpin» (PNR 48) contribue également à élaborer les bases importantes pour la réalisation des buts de la CPS (FNS, 2000; FNS, 2003). Parallèlement s'est développée l'idée de conception d'évolution du paysage (CEP), dans un esprit proche de celui des chartes paysagères françaises. Cet outil propose de déterminer de manière participative l'évolution souhaitée d'un paysage donné, sous la forme de recommandations quant à l'utilisation et à la mise en valeur du territoire (SRVA, 2002). Actuellement, une discussion est en cours sur les grands espaces protégés, suite à la révision partielle de la LPN, qui vise l'instauration de nouvelles catégories de parcs (parcs naturels et paysagers), moins contraignantes que le Parc national suisse et résultant d'initiatives régionales.

Dans un cadre plus large, la Suisse a signé différents **accords internationaux** en rapport avec le paysage. La plupart d'entre eux concerne

la protection de milieux naturels, à l'image de la Convention de Ramsar sur les zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats pour les oiseaux d'eau (1976), la Convention de Berne sur la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (1982), la Stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère (1995) ou encore la Convention alpine (1999). La reconnaissance du Parc national en tant que réserve de biosphère en 1979, ainsi que l'inscription des premiers objets suisses au patrimoine mondial de l'UNESCO en 1983 contribuent à renforcer l'objectif de préservation du paysage, en y apportant toutefois quelques éléments de gestion intégrée. L'examen des performances environnementales suisses (OCDE, 1998), qui met en garde contre les pressions continues des activités économiques sur les ressources naturelles et le paysage, prône une action préventive et recommande une planification réfléchie de l'espace. Mais c'est véritablement en 2000, avec la signature de la Convention européenne du paysage (Hitier, 1998; Conseil de l'Europe, 2000), que la Suisse entre dans un processus global de prise en compte du paysage au niveau européen. Celle-ci apporte une clarification importante du concept de paysage et lui donne une reconnaissance juridique. Elle définit par ailleurs une politique qui insiste sur l'intégration du paysage, non seulement dans les procédures d'aménagement du territoire et d'urbanisme, mais aussi dans le débat culturel, et privilégie la participation des populations et des autorités locales à sa mise en oeuvre (Chételat, 2000a).

La portée légale du paysage s'est donc passablement étendue en quelques décennies. On assiste actuellement à une **nouvelle répartition des tâches entre la Confédération, les cantons et les communes**. Le rôle de l'Etat s'est considérablement renforcé, celui-ci devenant en quelque sorte, par sa fonction de réglementation et de contrôle, le garant de l'équilibre paysager (Rouso, 1995). Dans un souci d'efficacité, les politiques en faveur du paysage doivent être adaptées à l'échelle géographique. Celles-ci doivent être définies par un jeu de sensibilisation et de négociation entre les pouvoirs infra-étatiques et les populations concernées (Gorgeu et Jenkins, 1995). La valorisation des connaissances et des compétences des collectivités locales pour la mise en place de mesures concrètes de protection et de gestion des espaces (Rouso, 1995) est la garantie d'une politique cohérente et socialement admise.

DÉVELOPPEMENT DES DIFFÉRENTES APPROCHES D'ÉVALUATION DU PAYSAGE

La science moderne du paysage a émergé il y a environ un siècle et est passée par différentes phases d'évolution. Sans entrer dans les détails de la chronologie, on peut schématiquement identifier deux grands courants d'idées, l'un prenant l'espace comme point de départ et l'autre l'individu (Rimbert, 1973). Si les français, les allemands et les russes ont d'abord privilégié une approche morphologique, à l'inverse des anglo-saxons plus axés sur la dimension humaine (Pitte, 1994), l'analyse du paysage a toujours été l'objet de **tensions entre le pôle objectif et le pôle subjectif**. La question à l'origine de cette dialectique était de savoir si la connaissance scientifique du milieu était préalable à l'appréciation esthétique du paysage

(Appleton, 1975). A la suite de ce débat se sont développées des démarches tentant d'intégrer les aspects de forme et de fond dans un cadre plus global de gestion. Un bref aperçu des principales approches est présenté ici. Le lecteur se reportera à l'ouvrage de Rougerie et Beroutchachvili (1991) pour un panorama plus exhaustif des différentes méthodes d'analyse du paysage ainsi qu'à la thèse de Hunziker (2000) pour une revue littéraire des travaux de recherche en matière d'esthétique du paysage.

D'influence naturaliste, l'étude paysagère a d'abord privilégié la **description du milieu** pour déboucher sur une conception systémique plus large. La *Landschaftskunde* allemande (Girardin et Weinstoerffer, 1999) constitue un point de départ dans l'appréhension du paysage en proposant une base scientifique pour l'étude de la répartition spatiale des structures naturelles observées. Cette approche débouche sur la mise en place de typologies et de modes généraux d'organisation des associations végétales. D'autres démarches de type physionomiste, inspirées de la notion hiérarchique de géosystème (Bertrand, 1972, cité dans Neuray, 1982), sont apparues pour répondre plus précisément à des objectifs de développement et d'aménagement. Ainsi, le *Land System* australien propose l'établissement d'une classification des possibilités d'exploitation entre les milieux étudiés en termes de ressources, de potentialités, de vulnérabilité ou encore d'accessibilité. Dans une optique plus fondamentale, la géographie soviétique, issue de la *Landschaftsovedenie* (Rougerie et Beroutchachvili, 1991), a posé les premières bases conceptuelles de l'organisation du paysage permettant d'élaborer des méthodes concrètes pour sa gestion. De son côté, la *Kulturlandschaft*, issue des principes de la *Gestalttheorie*, qui reconnaît une valeur intrinsèque aux éléments du milieu, tente de caractériser la qualité du paysage de manière objective. Fondée sur le postulat d'isomorphisme entre les composantes formelles de l'environnement et les processus neurologiques, cette méthode pêche par manque de fondements théoriques (Bourassa, 1991). Elle sera néanmoins à l'origine de l'écologie du paysage (Forman et Godron, 1986; Turner et Gardner, 1991), qui fait ressortir des assemblages paysagers les fonctions écologiques qui leur sont liées. Toutes ces recherches d'essence morphologique ont amené une meilleure compréhension du milieu, mais ont négligé la composante affective du paysage en le réduisant à sa dimension matérielle. En effet, en dépit des croyances selon lesquelles la garantie du respect des conditions environnementales assure un paysage de qualité, les critères écologiques ne permettent pas de remplir toutes les exigences paysagères, en particulier visuelles (Craik et Zube, 1976; Neuray, 1982; Preece, 1991). Afin d'éviter des ambiguïtés de langage, le terme d'«écocomplexe» devrait ainsi être préféré à celui de «paysage», lorsqu'il s'agit de désigner une mosaïque de systèmes écologiques, sans référence explicite aux aspects d'appréciation par l'homme (Roger, 1997).

C'est dans la première moitié du XX^{ème} siècle que se développeront, de manière antagoniste, les **approches liées à la perception et à l'interprétation du paysage**. Les démarches d'appréciation du paysage, considéré à la fois comme spectacle visuel et siège d'expériences sensibles, hésitent entre les recherches d'ordre cognitif, émotionnel ou mélangeant les

deux (Appleton, 1975). D'une part, les modèles esthétiques formels reposent sur la définition d'indicateurs visuels considérés comme représentatifs de la qualité paysagère. Les démarches de ce type, que ce soit par exemple l'analyse de vues (in situ, clichés, dessins, etc.) ou la sitologie (Fischesser, 1993), analysent les rapports visuels d'ordre géométrique et chromatique, qui se fondent sur des principes apparentés à ceux des arts plastiques et de l'architecture, tels que la variété ou l'unité. D'autre part, les modèles de préférences du public, qu'ils soient psychologiques (Lynch, 1960; Lowenthal, 1967) ou phénoménologiques (Tuan, 1974; Zube *et al.*, 1975; Kaplan et Kaplan, 1989), essaient, dans une optique inverse, de mettre en rapport les émotions exprimées lors d'enquêtes ou d'entretiens avec les stimuli visuels du paysage (Appleton, 1975). Il apparaît que l'évocation de sentiments antagonistes (sécurité/peur, joie/tristesse, détente/stress, etc...) dépend de la complexité, du degré de mystère, de l'intelligibilité ou encore de la cohérence de la scène. L'exploitation de ce genre d'appréciations est cependant limitée. Le déterminisme esthétique des premières approches occulte la dimension socio-économique du processus d'évaluation. De même, le parti pris psychologique des secondes ne permet pas d'établir de relations spatialement explicites avec les éléments de la scène (Wherrett, 1996). La conjonction de ces approches distinctes a donné lieu à des modèles psychophysiques (modèle de Shafer, *Scenic Beauty Estimation Model*), tentant de déterminer des fonctions de régression mathématique entre les aspects formels du paysage et les perceptions du public. Leur principal problème réside dans la définition de variables explicatives réellement indépendantes, sans lesquelles la pertinence des résultats peut largement être remise en question. En cherchant à évaluer le paysage de manière absolue, l'ensemble de ces méthodes descriptives court le risque de dégager un consensus peu représentatif de la diversité culturelle.

A côté des recherches toujours plus poussées portant d'une part sur les mécanismes écologiques et d'autre part sur les fonctionnements psychiques (Berque, 1991) est apparu le **souci d'unifier les considérations morphologiques et socio-culturelles** en une même approche du paysage. La géographie paysagère contemporaine, empruntant les termes de dénotation et connotation à la linguistique, propose un modèle d'analyse transitif portant à la fois sur l'espace-support matériel et la détection de signifiants culturels et symboliques qui lui sont liés, pour des zones écologiques et sociales homogènes. L'adoption d'un point de vue régional fait ressortir l'importance du contexte dans l'évaluation, en prenant en compte non seulement les conditions climatiques et topographiques, mais aussi les enjeux politiques, le développement économique ou encore la culture et les identités locales. Bien que faisant l'objet d'approches dissociées, les études relatives à l'organisation spatiale et celles portant sur les logiques sociales doivent montrer à leur articulation les signes de leur concordance dans une perspective moderne d'analyse intégrée du paysage (Roger, 1997).

Le *Tableau 1* revient de façon synthétique sur les différentes catégories d'évaluation du paysage et leurs principales caractéristiques.

	Approche morphologique	Approche perceptuelle	Approche sociale	Approche intégrée
Point de départ	Espace	Individu	Individu	Espace et individu
Orientation	Physionomiste	Cognitive	Emotionnelle	Transitive
Objet d'étude	Composition et structures spatiales, géosystèmes	Rapports visuels, esthétique formelle et architecturale	Représentations et préférences des individus	Rapports entre l'espace-support et les signes sociaux
Exemples	Landschaftskunde, Land system, Landschaftsvedenie, Landscape ecology,	Analyse de vues, Sitologie	Modèles psychologiques et phénoménologiques	Modèles psychophysiques, Géo. paysagère, Régionalisme critique
Limites	Dimension matérielle, Référence implicite à l'homme	Approche expert, Déterminisme esthétique	Parti pris psychologique, référence implicite à l'espace	Choix de variables explicatives réellement indépendante

Tableau 1: Synthèse des principales approches d'évaluation du paysage.

DÉFINITION DU PARADIGME DE RECHERCHE

PROBLÉMATIQUE

Le paysage est une notion molle qui souffre d'ambiguïtés sémantiques et d'un manque de conceptualisation satisfaisante. L'absence de définition claire du terme est due à des abus de langage, aussi bien dans l'usage courant que spécialisé. Paradoxalement, alors que le paysage a pris d'une part un sens exagérément extensif, assimilé au cadre spatial de processus divers (Wieber, 1985), il a d'autre part été utilisé de manière très restrictive par certains experts, qu'ils soient du domaine de l'écologie ou de la psychologie de la perception (Brunet, 1974). Le problème est que le paysage relève effectivement d'un espace concret en même temps que de représentations mentales. Cette polysémie amène une grande complexité et crée des équivoques, à la base de la carence conceptuelle qui caractérise le domaine (Roger, 1997). L'écartèlement entre les dimensions factuelles, sensibles et morales du paysage explique une partie des difficultés qui existent pour éclaircir le concept (Berque, 1991). Par ailleurs, le phénomène urbain, ainsi que la montée de l'image dans la société contemporaine sont également considérés comme des éléments perturbateurs de notre rapport au paysage (Corajoud, 1982). En tant que concept abstrait, quasi-fictionnel pour reprendre Cueco (1982), le paysage mérite une réflexion permettant de poser les éléments utiles à la présente recherche.

ÉLÉMENTS DE DÉFINITION

Un petit aperçu des significations du mot «paysage» dans quelques langues européennes révèle les différentes acceptions du terme. En français, le concept actuel, témoignant d'un fort ancrage culturel, s'inscrit dans une perspective de développement durable et possède de multiples connotations, qu'il est important d'explicitier ici dans un souci de clarification.

La *richesse sémantique* du terme «paysage» varie *selon les langues*. Selon les résultats d'une analyse lexicométrique portant sur le sens du mot français jusqu'au XIX^{ème} siècle (Tourneux, 1985), le paysage exprimait en premier lieu une portion d'espace vu, puis un tableau et ensuite un genre pictural. Aujourd'hui, sa signification s'est étendue à d'autres définitions, d'ordre typologique (ex. un paysage urbain, montagnard, etc.) et abstrait (ex. un paysage politique, audio-visuel, etc.). En allemand, le terme «*Landschaft*» recouvre, en plus des notions de panorama et de représentation picturale, celle de région au sens physique ou politique (Preece, 1991), comme dans l'exemple du canton de Bâle-campagne (*Kanton Basel-Landschaft*) (Werlen, in: Droz et Miéville-Ott, à paraître). Sous l'impulsion des sciences naturelles, la notion s'est fortement objectivée au cours du XX^{ème} siècle dans la plupart des langues européennes. Dans le langage russe est ainsi apparue une distinction entre le substantif «*Landschaft*», faisant référence au concept scientifique de géosystème (Rougerie et Beroutchachvili, 1991), et celui de «paysage», renvoyant à la dimension artistique et symbolique (Frolova, 2000). De même, les anglo-saxons préfèrent le terme «*scenery*» à celui de «*landscape*» pour faire allusion à l'apparence visuelle d'un espace (Craik et Zube, 1976); en flamand, dans un souci de clarté, le terme générique est précédé d'une épithète dans l'expression «*visueel landschap*» (De Veer et Burrough, 1978). Actuellement, les plus proches équivalents de l'acception moderne du «paysage» français portent explicitement l'empreinte culturelle, que ce soit en allemand («*Kulturlandschaft*») ou en anglais («*cultural landscape*»).

Face à la pléthore de définitions qui sont apparues pour essayer de remédier au besoin évident de clarification du concept, l'**approche proposée par la Convention européenne du paysage** apparaît comme une des plus satisfaisantes. Fondée sur l'idée de développement durable comme énoncé à la Conférence de Rio en 1992, elle considère le paysage à l'interface de différentes préoccupations. Les conditions du milieu ainsi que la nature des relations entre les êtres vivants dans une perspective globale d'écologie humaine représentent des intérêts majeurs au niveau de la biosphère. Les enjeux qu'il faut intégrer au niveau de la société se décomposent quant à eux en deux hémisphères: d'une part, le pôle économique s'intéresse aux processus découlant de pratiques qui trouvent leur manifestation dans le territoire ainsi qu'aux procédures sociales nées de ces activités; d'autre part, le pôle culturel met l'accent sur les cadres de pensée, et en particulier sur l'élaboration et la signification des codes esthétiques et éthiques (*Figure 3*). Ces trois dimensions, environnementales, économiques et culturelles, en constante interaction, sont indissociables dans la définition d'une approche moderne du paysage.

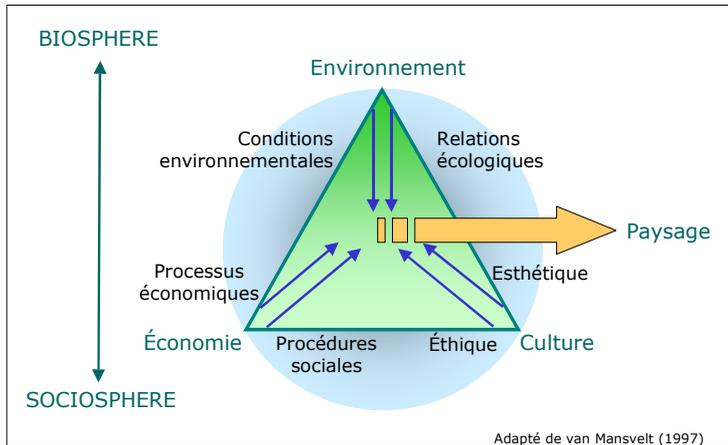


Figure 3: Le paysage à l'interface des pôles environnementaux, économiques et culturels.

La Convention européenne reconnaît ainsi au paysage un rôle prépondérant dans l'équilibre entre le patrimoine naturel et culturel. Dans son article premier, elle définit le paysage comme toute «**partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations**» (Conseil de l'Europe, 2000). Cette brève définition a le mérite de suggérer un certain nombre d'aspects caractéristiques, qu'il est possible de détailler comme suit:

- Le paysage est un **concept d'universalité**. Potentiellement tout espace peut faire paysage, quels que soient son caractère (naturel, rural, urbain, péri-urbain ou zone tampon) ou son statut (ordinaire ou remarquable) (Gorgeu et Jenkins, 1995; Conseil de l'Europe, 2000). Cette vision s'oppose à la seule prise en compte de sites consacrés (Neuray, 1982) et reconnaît à tout espace une signification (Lewis, *in*: Meinig, 1979), qui lui donne le droit d'être considéré comme paysage et géré comme tel.
- Le paysage est un **bien public** (Normandin, *in*: Cailliez *et al.*, 1994), dont chacun peut faire l'expérience et pour lequel chacun est redevable en tant que dépositaire (Conan, *in*: Berque, 1994; Gorgeu et Jenkins, 1995). De même que son accessibilité visuelle et physique ne se limite pas à une élite (Craik et Zube, 1976), sa gestion n'est pas l'affaire de spécialistes seuls, mais procède de la responsabilité de chacun (Ambroise *et al.*, 2000; Conseil de l'Europe, 2000). La population n'est plus considérée comme un agent passif, subissant les effets des évolutions techniques et économiques, mais comme des acteurs qui expriment des demandes, participent à la formulation d'objectifs de management et à la réalisation de projets de société. Le paysage est ainsi une oeuvre sensible traduisant

non seulement les perceptions de ses créateurs, mais aussi de ses utilisateurs et visiteurs (Frémont, 1974).

- Le paysage est le fruit d'une **perception englobante** dans un plan horizontal. Il est la traduction d'une expérience réalisée sur le terrain, dans laquelle l'observateur est immergé dans un espace concret. Aussi riches puissent-elles être, les sources d'information telles que les cartes ou les photographies aériennes, lesquelles offrent une vision orthogonale de la surface terrestre, ne représentent donc pas le paysage (Rougerie et Beroutchachvili, 1991). Ce type de données doit être interprété pour prendre un sens paysager.
- Le paysage est un **expérience relative**. La façon dont le paysage est appréhendé est fonction de l'observateur ainsi que de la référence spatiale et temporelle (Ambroise *et al.*, 2000). Devant l'abondance et l'obscurité des signes du paysage (Lewis, *in*: Meinig, 1979), l'observateur est amené à faire un choix pour ne retenir que les indices les plus pertinents selon son champ d'approche (Brunet, 1974). Chacun perçoit un spectacle différent selon sa propre sensibilité, son état d'esprit personnel, mais aussi son appartenance culturelle (Ambroise *et al.*, 2000). Par ailleurs, la localisation de l'observateur dans l'espace détermine grandement la nature de la scène. Celle-ci se présente dans un continuum de plans de vision qui s'échelonnent dans l'espace, qui révèlent certaines zones et en masquent d'autres. En fonction de l'éloignement, les éléments du paysage apparaissent isolément, en groupes ou fondus dans l'ensemble (Brunet, 1974). De plus, l'aspect général du paysage est conditionné par les circonstances de l'expérience, c'est-à-dire l'instant de la journée et de l'année auquel elle a lieu, et les implications atmosphériques et climatiques qui en découlent. Le paysage exprime ainsi dans l'espace un moment de la structure sociale (Chabason, *in*: Marcel, 1989), le rapport d'identité d'un individu à une culture (Pinchemel, 1992, cité dans Hertig, 1999).
- Le paysage est un **phénomène global**, qui exprime l'interaction entre les besoins de l'homme et les ressources du milieu (Price, 1978). En tant que produit culturel d'une combinaison territoriale (Frémont, 1974), il représente un capital à la fois environnemental, économique et social (Conseil de l'Europe, 2000; Ambroise *et al.*, 2000). Les caractéristiques naturelles, la forme des activités territoriales ainsi que les conditions du cadre de vie participent, à travers le paysage, à la constitution et au renforcement de l'identité régionale. Les signes contenus dans le paysage ne renvoient toutefois que partiellement à la réalité socio-spatiale. Toute empreinte de la société dans l'espace n'est pas forcément apparente dans le paysage; les traces qui sont visibles offrent un reflet incomplet et déformé des pratiques (Brunet, 1974).
- Le paysage est à **l'interface de l'objet et du sujet**, du matériel et du sensible. Sa prise en compte va au-delà de l'affrontement classique entre les doctrines naturalistes et culturalistes (Bertrand, 1978) et implique une réflexion pluridisciplinaire. Sous peine de catastrophes écologiques ou de crises morales, nous ne pouvons privilégier aucun des deux pôles (Berque, 1990; 1991).
- Le paysage est une **entité en mouvement**. Il se transforme constamment sous l'effet de dynamiques naturelles et de mutations sociales et économiques. Il est considéré par de nombreux auteurs comme un

palimpseste, couvert de multiples traces des organisations passées de l'espace (Brunet, 1974; Conan, 1991; Lassus, *in*: Berque, 1994; Roger, 1997; Corboz, 2001). La lecture de cette information donne une interprétation diachronique des sociétés qui l'ont générée (Chabason, *in*: Marcel, 1989). Cette mémoire des lieux donne à l'espace sa «concrétude» (Castro, *in*: Marcel, 1989), c'est-à-dire sa particularité contextuelle (Lewis, *in*: Meinig, 1979). Les principes d'action du paysage reposent sur une gestion dynamique, prospective et en même temps respectueuse de l'héritage (Conseil de l'Europe, 2000).

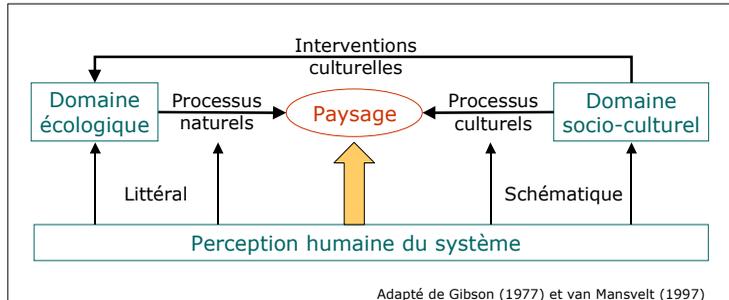
L'ensemble des points soulevés ci-dessus témoigne de la complexité du concept de «paysage» et des différentes caractéristiques à prendre en compte pour formaliser un paradigme cohérent. Ainsi, le développement d'un modèle paysager implique de pouvoir traduire les différentes préoccupations sociales en jeu (bien public, expérience relative) en regard d'un contexte spatial donné (phénomène global) dans une perspective pluridisciplinaire (interface objet-sujet) et dynamique (entité en mouvement). Par définition réductrice, l'approche proposée cherche à faire ressortir ce qui est théoriquement invariant dans l'appréhension du paysage, au-delà de la spécificité de chaque expérience concrète d'appréciation sur le terrain.

FONDEMENTS DU MODÈLE POSTULÉ

Comme le propose Bertrand (1978), le paysage est un polysystème, qui regroupe différents systèmes complexes et individualisés, d'ordre naturel, social, économique, culturel, etc. Les approches inspirées de la théorie générale des systèmes appréhendent traditionnellement le paysage selon un modèle unifié, intégrant une vision fonctionnelle et perceptuelle (Merchant, *in*: Turner, 1990). Le paysage, situé à l'**intersection des champs écologique et socio-culturel**, est le fruit des processus propres à chaque domaine. L'environnement est par ailleurs modifié par les interventions humaines. Selon que l'intérêt est plutôt placé sur le fonctionnement du milieu ou sur celui de la société, l'optique choisie, nommée respectivement littérale ou schématique, n'éclaire qu'une partie restreinte du complexe paysager. La prise en compte globale de ce dernier implique l'adoption d'une position médiane, nécessitant l'élaboration d'une approche spécifique, qui ne se résume pas à l'intégration de la somme des acquis des deux domaines, écologique et social (*Figure 4*).

Remarquant qu'il manquait un lien entre les aspects factuels du territoire et les représentations sociales, Wieber (1985) a proposé d'introduire une **dimension visible comme interface de médiation**. Ainsi, la composition et la configuration des objets déterminent la formation d'images; l'interprétation de celles-ci peut amener à les modifier, que ce soit inconsciemment dans les pratiques quotidiennes ou intentionnellement par la réalisation de projets d'aménagement (*ibid.*). Le paysage, considéré comme un reflet au deuxième degré (Brunet, 1974), est donc un processus tripolaire (Bertrand, 1978), qui implique l'existence d'un système

producteur, d'un système visible et d'un système interprétatif, tels que décrits ci-dessous..



Adapté de Gibson (1977) et van Mansvelt (1997)

Figure 4: Champs d'approche du paysage.

Le système producteur

A la base du paysage se trouve le système producteur, qui **définit les conditions d'existence, les interrelations et les processus d'évolution des éléments du territoire**. Ceux-ci s'insèrent dans une réalité concrète et objective, indépendante de tout observateur (Brunet, 1974; Bertrand, 1978). Il se décompose en deux sous-systèmes, abiotique et biotique. Le premier détermine les caractéristiques du milieu, tel que le climat ou la topographie, qui définissent les conditions de vie de la flore et de la faune. Ces dernières peuvent en retour modifier les propriétés abiotiques. Leur composition et leur structure révèlent l'influence de l'homme, en tant qu'agent du système biotique, dans l'occupation de l'espace. Ainsi, chaque région a ses propres spécificités en termes de combinaison d'objets spatiaux (Frémont, 1974). Pour prolonger ce qu'écrivait Roger (1997) à propos du pays, le système producteur constitue le degré zéro du paysage.

A ce niveau-là, **les technologies de l'information sont fréquemment utilisées** pour caractériser la composition et la structure des éléments du paysage. Les objets spatiaux de même que les procédures d'analyse s'insèrent dans un cadre de référence bidimensionnel explicite.

Le système visible

Le paysage visible est le **lieu abstrait où les objets spatiaux du système producteur sont traduits en signes visuels, perceptibles pour un observateur potentiel** (Wieber, 1985). La référence cartographique traditionnelle est ici remplacée par le plan de vision horizontal qui introduit la profondeur de champ. Les objets sont considérés en tant qu'éléments d'images, définis par des lignes, des formes, des couleurs, des textures, qui donnent un habillage aux volumes (*ibid.*). Comme les mécanismes qui donnent naissance et modifient les choses sont invisibles, le paysage se limite à cerner leur apparence (Bertrand, 1978). Il apparaît à ce stade comme un réservoir de signifiants neutres, auxquels un sens doit encore être attribué.

Cette information est filtrée par les **mécanismes physiologiques de la perception humaine**. Nos yeux constituent des images en traitant la lumière réfléchie ou émise par les objets. La construction de ces images repose sur les principes de la pyramide optique définie par Alberti et du balayage du regard (Larcher et Gelgon, 2000). Schématiquement, la perception est limitée par un cadre visuel qui correspond à la base d'une pyramide, dont l'oeil est le sommet (*Figure 5*). Horizontalement, le champ de vision binoculaire est de 150° (équivalent à un grand angle en photographie) et s'étend à 190° en vision périphérique. Verticalement, il correspond environ à un angle de 60° vers le haut et de 70° vers le bas. L'oeil balaye la scène à l'intérieur du cadre ainsi défini dans les différents plans et hiérarchise les éléments en fonction de leur nature, leurs contours, leurs dimensions ou leurs interrelations.

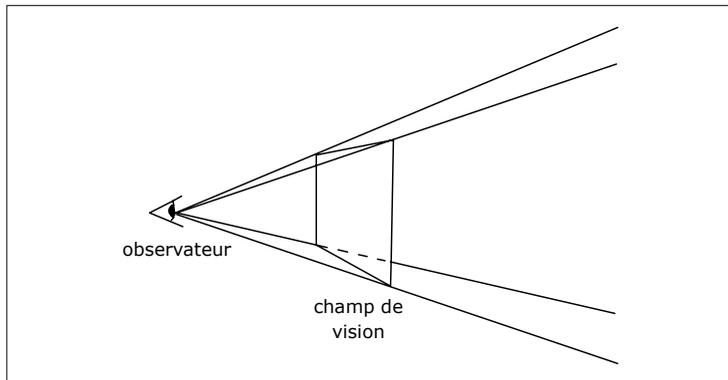


Figure 5: La pyramide optique comme mode de construction des images.

Les éléments du territoire ont ainsi une existence tridimensionnelle, dont la prise en compte ne peut se satisfaire de la référence cartographique. La plupart des **SIG offrent ainsi des fonctionnalités de base** pour l'analyse de la visibilité. Une approche passant par la médiation de l'image permet de se détacher du niveau purement territorial pour se rapprocher de celui du paysage. Cependant, les fonctions disponibles sont généralement limitées à des opérateurs simples qui ne permettent pas explicitement de caractériser le contenu du paysage visible (voir *chapitre 8*). Les critères de discrimination varient en fonction des systèmes d'interprétation, il est nécessaire de faire le lien entre la dimension visible et les représentations sociales des individus (Gibson, 1977; 1986).

Le système interprétatif

Pour devenir paysage, les éléments de l'espace doivent avoir une présence au-delà de leur surface (Corajoud, 1982), ce qui se traduit par **l'intervention d'un observateur**. Dans un premier temps, la question ne porte pas tant sur la qualité du paysage que sur sa reconnaissance par l'individu (Sansot, 1982). Le paysage ne se résume pas à une collection d'objets organisés dans l'espace, mais implique que celle-ci soit contemplée

par un spectateur qui éprouve des sentiments à son égard (Ritter, 1997). Elle est vécue et ressentie de façon différente selon les usagers qui, participant d'un système historico-culturel et socio-économique particulier (Bertrand, 1978), opèrent des choix et lui attribuent des connotations (Brunet, 1974). Face à l'infinité de scènes potentielles de paysage (Corajoud, 1982), notre capacité de discernement nous permet de ne relever que les plus marquants (Arnheim, 1976; Collot, 1986). Pour reprendre le modèle classique de la cybernétique, cette sélection s'opère par l'intermédiaire de filtres entre l'émetteur et le récepteur (Brunet, 1974), qui complètent les données lacunaires du message et l'interprètent (Arnheim, 1976; Collot, 1986; Kaplan et Kaplan, 1989). Ainsi, la perception de l'espace visible est influencée par des traits biologiques, des représentations culturelles et des spécificités psychologiques (Bertrand, 1978; Neuray, 1982; Wieber, 1985; Bourassa, 1991; Berque, 1991).

Une part de la construction des représentations du paysage est **d'ordre instinctif**. Au nombre des critères d'appréciation du paysage figurent ceux liés à la satisfaction de fonctions de base chez l'homme. En effet, la capacité à se nourrir, à se déplacer et à se protéger est fonction de la perception de la richesse et de la configuration du milieu (Rockwell, *in*: Meyer et Turner, 1994). Ainsi, les sociétés primitives privilégiaient les endroits à la fois pratiques et sûrs, fournissant des ressources pour vivre, des refuges permettant de se mettre à l'abri des dangers, ainsi que des points d'observation offrant une certaine maîtrise de l'environnement (Appleton, 1975; Kaplan, 1975; Neuray, 1982; Bell, 1996; Breman, *in*: Mottet, 2002). De même, les expériences primitives remontant aux stades précoces de l'enfance constituent une forme d'enracinement de la sensibilité paysagère (Sansot, 1982). Cette vision converge vers celle d'un paysage archétypique dont la présence de certains éléments constitutifs tels que l'eau, la verdure ou la terre, satisfont les facultés sensorielles de l'homme (Nakamura *et al.*, 1993). Sans toutefois avoir la même importance aujourd'hui (Appleton, 1975), on peut admettre que cette perspective fonctionnaliste de survie s'est au moins en partie perpétuée dans les esprits contemporains (Preece, 1991).

Les critères biophysiques de perception de l'espace ne suffisent pas à expliquer la nature des représentations paysagères (*ibid.*). Celles-ci sont largement influencées par des **aspects sociologiques** et psychologiques (Neuray, 1982). Au centre des interactions entre l'homme et son environnement, la culture apparaît en effet comme un agent fondamental qui joue sur la façon d'apprécier et de modeler l'espace (Bertrand, 1978; Rockwell, *in*: Meyer et Turner, 1994; Hirsch et O'Hanlon, 1995). Ainsi, les préférences paysagères d'un individu dépendent, au moins en partie, de son appartenance sociale et des logiques d'acteurs qui en découlent. Les membres d'un même groupe sont réunis autour de codes culturels, constitués de valeurs et de normes sociales (Rockwell, *in*: Meyer et Turner, 1994) et matérialisés au travers de rituels (Conan, *in*: Berque, 1994). Les schèmes culturels interprétatifs fonctionnent comme des critères de reconnaissance identitaire (*ibid.*) et influencent à la fois les représentations, les attitudes et les comportements sociaux vis-à-vis du paysage. La manière dont ce dernier est apprécié traduit symboliquement les idéaux collectifs du

groupe (Berque, 1994). L'identification, réelle ou symbolique, avec des éléments signifiants du paysage agit comme une condition indispensable à la valorisation de celui-ci (Zube et Pitt, 1981; Lyons, 1983). Associés à une certaine idée du monde et de la société, ils contribuent de ce fait fortement à nourrir l'inconscient collectif (Collot, 1986).

Pour terminer, la **dimension psychologique**, plus difficile à saisir, amène, par le biais d'expériences vécues et de souvenirs personnels, des nuances dans l'appréciation (Beck, *in*: Lowenthal, 1967; Appleton, 1975; Neuray, 1982). La perception fonctionne sur le principe des associations d'idées, entre le présent et le passé (Larcher et Gelgon, 2000), entre un paysage pratiqué et un paysage remémoré (Droz et Miéville, à paraître). Nous postulons ici que l'appréciation individuelle du paysage repose à la fois sur des images liées, résultant d'expériences perceptives passées, et sur des images libres, fantasmées et despatialisées. Les constructions mentales de l'observateur relèvent de différentes approches, qu'elles soient éthiques, esthétiques ou encore scientifiques (Conan, *in*: Berque, 1994). Il est très difficile de distinguer ce qui est d'ordre purement psychologique de ce qui ressort de représentations collectives et il est sage de penser que ces fonctionnements, ainsi que les comportements plus instinctifs, sont interdépendants.

Le système interprétatif est analysé et explicité par le biais des méthodes de sciences sociales. Une fois l'information de base acquise auprès des acteurs concernés via des entretiens ou des ateliers par exemple (voir *chapitre 7*), la difficulté réside dans la **modélisation des préférences en indicateurs spatiaux pertinents** et utilisables par les SIG dans une perspective de diagnostic. L'établissement de ce type de relations qualitatives entre les acteurs et le territoire à l'aide des technologies de l'information en est encore à un stade d'exploration.

DESCRIPTION DU MODÈLE PROPOSÉ

En résumé, le paysage est une construction mentale (Brunet, 1974), qui repose sur un double processus d'élaboration visuelle à partir d'un donné objectif et d'interprétation des signes contenus dans la scène (Appleyard, 1979; Bourassa, 1991). Il peut être modélisé comme un **métasystème, composé de plusieurs compartiments en interaction**. Le pôle objectif se caractérise par les relations entre les éléments abiotiques et biotiques du système producteur. La nature et l'organisation de ceux-ci définissent des éléments d'image à l'intérieur du système visible. Ils prennent forme en fonction de règles physiologiques de fonctionnement de la vue. Cette manifestation visuelle d'une réalité physique devient message grâce à la signification que lui attribue le système interprétatif. Ce dernier, situé au pôle subjectif, est l'expression de règles biologiques, de schèmes culturels et d'expériences personnelles s'influencant réciproquement. Les représentations ainsi définies modèlent les attitudes et les décisions des individus. Les comportements qui en résultent, constituent une forme de rétroaction sur les structures spatiales, dont les effets se traduisent dans une certaine mesure au niveau visuel. Dans le cas particulier d'aménagements

paysagers, l'intervention est directement dirigée sur le système visible. A terme, les comportements tendent également à modifier le système interprétatif. Il existe donc une interaction étroite entre le niveau cognitif et le niveau conatif (Figure 6). Ainsi, les représentations sociales du paysage jouent un rôle fondamental dans l'édification de l'identité culturelle dans la mesure où elles permettent d'appréhender le paysage et servent en même temps à le définir dans sa manifestation concrète (Chabason, *in*: Marcel, 1989).

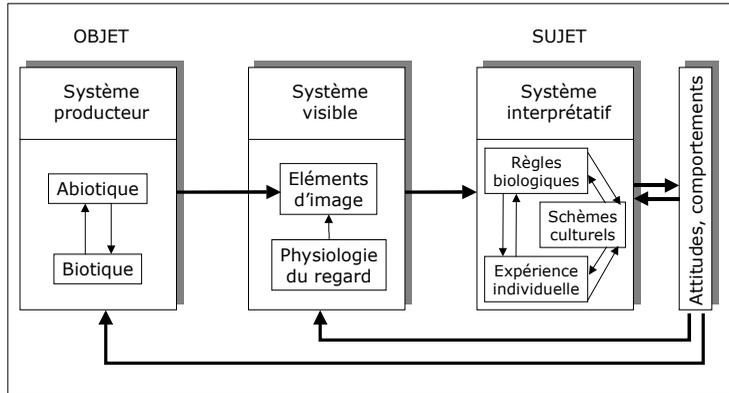


Figure 6: Approche systémique du paysage.

Bien qu'elle puisse paraître un peu artificielle, cette décomposition du paysage en modèle, influencé en particulier par les travaux fondateurs de Brunet (1974) et Wieber (1985), permet cependant de **faire ressortir les différents niveaux du système et les liens qu'ils entretiennent**. En utilisant quelques notions empruntées à la linguistique, on peut parler du paysage, en tant qu'objet d'étude, comme *réfèrent*. Le système visible, constitué d'éléments d'images neutres décrivant la réalité, est un ensemble de *signifiants*. Chacun d'entre eux peut prendre de nombreuses significations, en fonction de leur insertion dans le contexte et de l'observateur. Par conséquent, le système interprétatif contient les *signifiés*, qui donnent leur sens aux représentations. Cependant, l'adéquation entre le signifiant et le signifié est loin d'être parfaite. Même lorsque le paysage est pensé dans une logique créatrice de planification (Gorgeu et Jenkins, 1995), les signes délibérés qui le constituent ne renseignent que de manière partielle sur l'intention du projet qui les a fait naître. Quand bien même le paysage est composé de signes, ils ne sont toutefois pas organisés pour communiquer un message au même titre que le langage (Brunet, 1974; Neuray, 1982). Le danger de l'analyse est de vouloir leur faire dire plus qu'ils ne signifient (Bertrand, 1978; Wieber, 1985). Ils n'ont pas de sens pour eux-mêmes, mais au travers de la grille de lecture, plus ou moins élaborée, de l'observateur. L'analyse consiste à restituer les représentations qui ont joué dans la constitution du paysage et continuent à influencer à la fois les formes concrètes ainsi que la perception qu'en ont les groupes sociaux (Chabason, *in*: Marcel, 1989). Dès lors, le lien entre le signifiant et le signifié, entre la

forme et le fond, bien que particulièrement difficile à établir, est fondamental dans la compréhension du paysage. Cette relation paysagère qui unit l'espace et l'homme, que Berque (1990; 1994) appelle la médiance, permet de dépasser la séparation traditionnelle entre objet et sujet. Elle est définie comme trajective, c'est-à-dire qu'elle réalise la conjugaison spatio-temporelle des facteurs objectifs et subjectifs intervenant dans l'élaboration du paysage (*ibid.*).

Comme il est mentionné dans la Convention européenne du paysage (Conseil de l'Europe, 2000), ce dernier est traditionnellement envisagé selon une approche sectorielle et abordé dans une perspective protectionniste. Afin d'éviter une position dogmatique en adhérant à une conception particulière, qu'elle soit naturaliste ou culturaliste, l'approche postulée ici implique une **intégration des points de vue, qui passe par l'idée de médiation entre le territoire et les acteurs**. Le paysage consiste en une réalité matérielle, perçue physiquement par les sens et déformée par différents types de filtres. La dimension visible du paysage constitue une interface pertinente, dans la mesure où le cadre est délimité par le regard et non pas de manière arbitraire.

SYNTHÈSE DU CHAPITRE

Une approche historique révèle que le concept de paysage est une construction sociale qui trouve son origine dans les milieux artistiques et a longtemps été le fait d'une élite. Au fil de son évolution, son sens s'est considérablement élargi pour faire apparaître une dichotomie entre sa dimension sensible et sa dimension physique. La redécouverte récente du concept, liée à la prise de conscience collective des menaces pesant sur l'environnement, a amené à repenser le paysage en termes plus globaux.

La manière dont le paysage a évolué, aussi bien au niveau politique que scientifique, renforce encore ce constat. Traditionnellement, le paysage était envisagé sous l'angle patrimonial et sa gestion consistait en la protection et la conservation de l'existant. La prise en compte du paysage, de plus en plus vu comme une entité sociale et dynamique, a progressé vers des stratégies prônant une gestion intégrée et participative, de l'échelon international à l'échelon local. De même, les approches d'évaluation du paysage sont en train de passer de visions sectorielles, axées sur la description du milieu, l'esthétique formelle des vues ou l'interprétation des préférences des acteurs, vers des formes pluridisciplinaires.

Dans cette perspective d'intégration, la dernière partie de ce chapitre présente comment les différentes dimensions du paysage s'articulent pour proposer un paradigme de recherche cohérent. Dans un souci de clarification de la notion, les éléments-clefs qui la caractérisent sont explicités pour aboutir à la proposition d'un modèle théorique. Celui-ci se divise en trois sous-systèmes (producteur, visible et interprétatif), dont le but est de faire le lien entre les aspects factuels et sensibles.

3

LE DIAGNOSTIC TERRITORIAL ET PAYSAGER

La notion de diagnostic, appliquée au territoire ou au paysage, est relativement mal définie, bien qu'elle soit largement utilisée, en particulier en milieu urbain et dans le domaine du développement durable. Que ce soit dans l'étude du positionnement des villes et des agglomérations, dans la valorisation du patrimoine naturel, culturel et historique, dans l'amélioration de la qualité et de la diversité de l'habitat ou encore dans les problèmes de transports, le diagnostic est souvent un passage obligé (CERTU, 2003). Cependant, sa réalisation soulève généralement bien des problèmes.

Comme les références bibliographique en matière de diagnostic paysager sont très peu nombreuses, le diagnostic territorial, vu dans le contexte plus large de l'aide à la décision, est pris comme point de départ pour proposer une démarche particulière à l'évaluation du paysage. Afin de bien comprendre sa signification, il est tout d'abord replacé dans le processus décisionnel, par l'intermédiaire de deux approches, celle de Simon (1960) et celle de Steinitz (1990). Une typologie des diagnostics territoriaux permet ensuite de définir ses différents rôles dans la gestion de l'espace et de préciser les principes qui le régissent. Ces derniers sont discutés et adaptés dans une perspective de diagnostic paysager. Une brève description de l'articulation générale et des limites principales des démarches de diagnostic territorial vient justifier le recours aux technologies de l'information pour accompagner ce genre de processus. Sur cette base, une démarche spécifique de diagnostic paysager est finalement proposée.

ÉLÉMENTS DE DÉFINITION

LA PLACE DU DIAGNOSTIC DANS LE CYCLE DE DÉCISION

Le diagnostic territorial, parfois également appelé l'évaluation des territoires (Rolland-May, 2000), apparaît comme une composante déterminante des processus de décision dans le domaine de la gestion et de la planification du territoire (Roche et Hodel, 2004). Deux modèles classiques d'aide à la décision, l'un général, l'autre spécifique au paysage, sont proposées pour replacer le diagnostic dans ce contexte plus large.

Au sens de Simon (1960), le **processus de décision** se décompose en trois phases (Figure 7). La première (*intelligence*) correspond à la reconnaissance d'une suite d'événements qui amène une inadéquation entre un état souhaité et une réalité perçue. La prise de conscience de la perturbation, délibérée ou non, du système, appelle des solutions. Celles-ci reposent sur la possibilité d'explicitier les problèmes soupçonnés être la cause des transformations observées et sur la définition d'objectifs d'intervention pertinents. L'analyse de la situation permet, dans une deuxième phase (*design*), de développer des critères d'appréciation et d'élaborer des variantes susceptibles de remédier à la situation. Dans la dernière phase (*choice*), les différents scénarios sont évalués et le meilleur d'entre eux est retenu comme solution. S'il n'est pas satisfaisant, de nouveaux scénarios sont générés et au besoin les objectifs sont révisés.

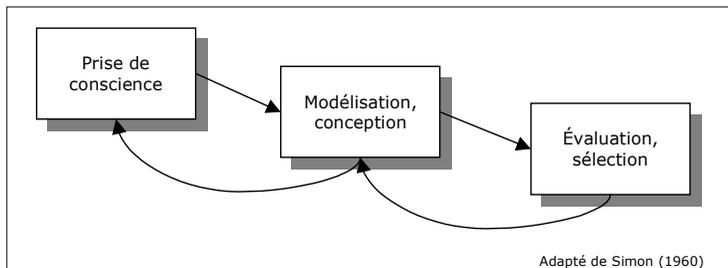


Figure 7: Phases du cycle de décision.

Dans le même ordre d'idées, Steinitz (1990; 1993) a proposé un **modèle de raisonnement sur le paysage** basé sur un processus d'évaluation en six phases. La première porte sur la description de l'état du paysage et la deuxième sur les relations entre ses éléments constitutifs. Ces deux approches de contenu et de structure ont pour but de caractériser de manière objective la composition et le fonctionnement du paysage. La troisième phase introduit une part de jugement via l'évaluation des performances du système, en regard de critères spécifiques (biodiversité, esthétique, satisfaction des usagers, etc.). Ces trois premières phases contribuent à ce qu'on peut appeler un diagnostic d'état, à partir duquel des solutions peuvent être étudiées. La quatrième phase consiste à proposer des possibilités d'actions localisées dans l'espace, dont les effets sont évalués dans la cinquième phase. La comparaison des solutions proposées permet en

dernier lieu de décider s'il faut intervenir et selon quelles modalités. Des retours aux phases précédentes peuvent être nécessaires pour aboutir à une décision efficace.

Au sens strict, la démarche de diagnostic se limite à un constat (la prise de conscience chez Simon et ce qu'on a appelé le diagnostic d'état chez Steinitz). C'est dans cette optique de fondement de l'aide à la décision que le diagnostic est envisagé dans la présente recherche, quand bien même sa portée s'étend en général au-delà d'un simple état des lieux, comme le montre la typologie qui suit.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE DIAGNOSTICS TERRITORIAUX

Le diagnostic territorial peut être caractérisé comme un processus d'apprentissage du fonctionnement de systèmes complexes, qui nécessite l'acquisition de connaissances sur les rapports entre un territoire et une collectivité, à la fois en termes d'atouts, de problèmes et de potentiels (Roche et Hodel, 2004). Il offre ainsi une base de réflexion à la gestion et au développement régional (ARPE, 2002). Quel que soit sa portée, il se traduit toujours par une évaluation à visée opérationnelle.

Selon le CERTU (2003), il existe trois types majeurs de diagnostic territorial. Le premier, assimilé aux analyses de sensibilité ou de potentialité (Joliveau et Etlicher, 1998), répond à un objectif d'**observation critique et de coordination**. La gestion du territoire, et par extension celle du paysage, nécessite de bien connaître le contexte et les règles qui déterminent son fonctionnement (Mermet, 1992). Ainsi, l'appréciation de la performance globale d'un système territorial passe par l'analyse de points clefs, tels que ses atouts, ses savoir-faire, ses risques, ses tensions, ses liaisons et ses dynamiques, en comparaison avec d'autres espaces de référence (Eckert, 1996). Dans le même ordre d'idées, le diagnostic de paysage cherche à expliquer comment celui-ci s'est constitué et comment il a évolué, à identifier ses éléments identitaires, ses qualités et ses points faibles, ainsi qu'à déterminer la place de ses différents utilisateurs et la manière dont ils le perçoivent (Ambroise *et al.*, 2000). Qu'il prenne la forme d'un état des lieux ponctuel, d'un observatoire ou d'un système de surveillance permanent, le diagnostic de potentialités a pour but de dresser un bilan général et objectif de la situation, permettant d'évaluer les impacts locaux des politiques territoriales (Craik et Zube, 1976; Béhar, 1999), de juger de la pertinence des opinions concernant la dynamique, de relever les images fausses et de démystifier les croyances populaires (Eckert, 1996; Garin-Ferraz, 2002). En partant du principe qu'il est plus facile pour les acteurs de s'entendre sur les problèmes à traiter que sur les réponses à donner, le diagnostic constitue une base privilégiée de rencontre et de discussion (CERTU, 2003). Il est ensuite possible, à partir d'une compréhension commune de la situation, de définir des stratégies partagées de développement et de recadrer les objectifs de gestion (ARPE, 2002; CERTU, 2003). Les agendas 21 illustrent bien les débats géoprospectifs auxquels les diagnostics territoriaux peuvent mener (Garin-Ferraz, 2002).

Le deuxième type de diagnostic territorial participe d'une **démarche de projet**, que ce soit dans une optique réactive ou créative. Dans le premier cas de figure, le **diagnostic ex post** a pour objectif d'**explicitier un problème manifeste pour une partie des acteurs**, mais dont la réalisation dans l'espace et les conséquences sur la société sont mal connues (Joliveau, 1994). La déprise agricole est un exemple de phénomène préoccupant, dont la manifestation concrète et les effets sur le territoire sont nuancés et méritent par conséquent une attention soutenue. Steinitz (1993) distingue deux formes majeures d'évolution du paysage, l'une due à la modification «normale» du paysage et l'autre résultant d'interventions concrètes dans le paysage. En permettant de déterminer localement l'ampleur du problème et d'identifier les zones sensibles nécessitant des mesures, le diagnostic fournit au décideur un état des lieux qui l'aide à préparer son action sur le territoire (Mermet, 1992; ARPE, 2002; Garin-Ferraz, 2002). Le second cas de figure, à savoir le **diagnostic ex ante**, vise à **évaluer la faisabilité d'un projet planifié et à vérifier son ancrage dans la réalité locale** (AmUrba, 2003). Les problèmes inhérents à de nouveaux aménagements sont anticipés et le projet est réévalué dans la phase de diagnostic, jusqu'à ce que la variante optimale soit définie. Au sens de l'ordonnance sur les études d'impacts sur l'environnement, le paysage constitue d'ailleurs un volet en soi de l'évaluation territoriale. Les différentes unités doivent être caractérisées en fonction de leurs qualités respectives et de leur compatibilité avec les enjeux de développement (Hertig, 1999). Dans les deux cas, le diagnostic de projet opère ainsi un aller-retour entre la volonté d'agir dans le territoire et la prise en compte des spécificités locales (CERTU, 2003), permettant d'arbitrer les conflits en connaissance de cause (Gorgeu et Jenkins, 1995).

Le dernier type de diagnostic territorial ne cherche pas tant à faire un bilan de situation ni à résoudre un problème particulier, que de **regrouper plusieurs collectivités autour de l'identification de préoccupations communes**. Ce genre d'évaluation à visée institutionnelle a pour objectif de cimenter une identité territoriale autour d'une prise de conscience et de faire émerger une entité intercommunale de pilotage ou de gestion (CERTU, 2003). Les chartes paysagères constituent un bon exemple de mobilisation des acteurs autour d'un souci collectif. Le diagnostic doit permettre de comprendre comment le territoire fonctionne, comment il se transforme et selon quelles modalités (Eckert, 1996), pour arriver ensuite à déterminer le potentiel paysager, c'est-à-dire à distinguer les types d'activités qui constituent une menace, de ceux qui s'intègrent dans le développement et valorisent la région (Gorgeu et Jenkins, 1995).

APPLICATION DES PRINCIPES DE DIAGNOSTIC TERRITORIAL AU DIAGNOSTIC PAYSAGER

La réalisation d'un diagnostic territorial se base sur différents principes pour évaluer de façon pertinente la performance du système étudié, c'est-à-dire sa faculté d'adaptation ou de résistance aux contraintes auxquelles il est soumis (Eckert, 1996). Six postulats sont présentés ici de manière générale

et leur signification est explicitée dans le cas particulier du diagnostic paysager.

Le diagnostic territorial doit être mené dans un ***souci d'anticipation, en réponse à un besoin clairement exprimé***. L'absence ou l'indétermination des objectifs de recherche ainsi que les glissements de finalités au cours de l'évaluation, amènent une inadéquation entre les fins et les moyens et remettent en question les résultats du diagnostic lui-même (CERTU, 2003). Ce dernier doit être basé sur une conscience claire de la nature de la demande (Eckert, 1996). Il doit être le fruit d'une volonté stratégique qui s'inscrit dans une démarche de développement durable (Garin-Ferraz, 2002), orientée par les spécificités du contexte local (ARPE, 2002). Que le diagnostic porte sur le territoire ou sur le paysage, il doit reposer sur un besoin clair, formulé par les acteurs concernés, pour lequel des critères et des moyens d'évaluation adaptés doivent être mis en oeuvre.

L'***ancrage spatial du diagnostic*** territorial est fondamental: l'analyse du fonctionnement économique et social du territoire nécessite une mise en situation systématique de l'espace, institué en objet d'étude (Eckert, 1996). La pratique du diagnostic ne peut pas se résumer à un travail descriptif de monographie (ARPE, 2002). Le territoire ne peut être réduit à un catalogue de faits et de chiffres (AmUrba, 2003), élaboré «en chambre» (Rouxel et Rist, 2000). Les approches généralistes considèrent le territoire de façon monolithique, quand bien même ce sont les disparités locales qui font du sens. Le diagnostic de paysage s'inscrit probablement de manière encore plus significative dans la réalité spatiale. La spécificité de l'approche réside dans le fait que le paysage a surtout une existence dans le plan oblique de vision. L'évaluation doit ainsi intégrer, en plus du paradigme cartographique traditionnel, le cadre de référence tridimensionnel.

La manière d'étudier le fonctionnement des territoires s'inscrit dans une ***optique multiscalaire***. A côté d'une approche horizontale, qui consiste à comparer, à une échelle donnée, la zone d'étude aux sites voisins, l'analyse doit par ailleurs faire ressortir des interdépendances et des connexités à plusieurs échelles (Béhar, 1999). Ainsi, l'évaluation, considérée comme une notion trans-échelle (Eckert, 1996), est une forme de médiation entre les niveaux (Béhar, 1999). La capacité de multiplier les analyses à diverses échelles pertinentes, au-delà des découpages administratifs classiques (CERTU, 2003), permet de garantir une certaine intégration territoriale et d'en tirer un parti stratégique (Béhar, 1999). Des situations globalement similaires peuvent ainsi se révéler d'une grande diversité lorsqu'on les approche à différentes échelles (Garin-Ferraz, 2002). Le diagnostic de paysage n'échappe pas à cette règle. L'identification des grands traits du paysage se fait en premier lieu à l'échelon de la région, duquel va dépendre le diagnostic de site (Ambroise *et al.*, 2000). Cela permet de re-situer la zone d'étude dans son environnement et de relever ses spécificités ainsi que les similitudes par rapport aux espaces voisins (Gorgeu et Jenkins, 1995). Une analyse de détail permet ensuite de différencier ses entités constitutives et d'en préciser les enjeux locaux.

Le diagnostic doit **mesurer l'activité territoriale**, reflétant ainsi le rôle de l'espace et la mobilisation de moyens et de personnes pour l'exploiter (Eckert, 1996). Il vise à définir comment le territoire est utilisé et structuré et comment il se transforme. L'évaluation de l'utilisation du sol, comme produit d'une activité sociale, est une façon d'identifier conjointement les pratiques et les groupes d'acteurs qui agissent sur les structures et le fonctionnement du territoire (*ibid.*). Les modifications observées sont l'effet de décisions à plusieurs niveaux interdépendants. Dans la pyramide de décision de Davis et Olson (1985, cités dans Golay, 1992), le niveau stratégique est l'échelon décisionnel supérieur, qui oriente les actions en aval. Fondé sur un nombre restreint d'informations à petite échelle et portant sur le long terme (Golay, 1992; Golay et Riedo, 2001), il définit les axes principaux de développement. A un échelon intermédiaire dit tactique, les stratégies territoriales sont traduites en normes valables pour des sous-ensembles du territoire considéré. Au pied de la pyramide, le niveau opérationnel détermine finalement les décisions «de tous les jours», prises sur la base d'une connaissance approfondie de la situation, qui mobilise un nombre élevé d'informations de détail (*ibid.*). Les pressions exercées au niveau opérationnel peuvent amener à modifier en retour les échelons supérieurs, c'est-à-dire les réglementations, voire même les stratégies territoriales. Le diagnostic territorial doit permettre, grâce à des analyses multi-échelle, d'identifier les manifestations des différents niveaux de décisions et de reconnaître les leviers de changement (Eckert, 1996). La compréhension des logiques territoriales découle de la caractérisation des points faibles et forts du système ainsi que des moyens de transformation. Pour reprendre le modèle de Steinitz (1990), le diagnostic du paysage repose sur la caractérisation de sa composition, de sa structure et de la manière dont il évolue, avant de faire l'objet d'un jugement. Le lien très fort qui existe entre les pratiques territoriales des acteurs et leur manifestation dans le paysage doit être mis en évidence.

Plus que de décrire simplement la distribution et le fonctionnement des activités spatiales, le diagnostic territorial doit tenter d'**expliquer les raisons de telles répartitions et d'identifier quels en sont les bénéficiaires**. La valeur du territoire détermine ce à quoi il est approprié (Eckert, 1996), sa compatibilité avec les pratiques territoriales. Par ailleurs, il a également une dimension prospective, comprise comme la projection spatiale des évolutions économiques, technologiques, culturelles et sociales (Genre-Grandpierre, 2003), qui doit permettre de préparer, d'annoncer et à terme de vérifier la pertinence des actions dans le territoire (Rouxel et Rist, 2000). Se prononcer sur le devenir du territoire, sur sa capacité à se maintenir, à se transformer, voire à se détruire (Eckert, 1996), nécessite de se focaliser sur ses tensions ou contraintes (Genre-Grandpierre, 2003), plutôt que sur les forces d'une dynamique, dont la continuation est incertaine. Le diagnostic paysager implique de comprendre les raisons de l'existence de motifs particuliers en les reliant aux pratiques territoriales. Cependant, plutôt que d'analyser la compatibilité des activités avec les conditions territoriales, il repose sur l'analyse de la légitimité du paysage auprès des acteurs. Dans une optique prospective, l'évaluation doit par

conséquent intégrer l'évolution des stratégies et des pratiques territoriales ainsi que les souhaits et les attentes des populations.

L'évaluation est une activité hybride, à la fois projet de connaissance et d'appréciation (Eckert, 1996), qui repose sur une **double approche quantitative et qualitative**. A côté d'une approche factuelle du territoire, le diagnostic implique une évaluation et une mise en perspective des résultats (AmUrba, 2003) qui, bien que forcément subjectives, doivent reposer sur une base transparente et explicite. La prise en compte du qualitatif passe par la mise en évidence d'enjeux, de finalités et de ressources pour le développement territorial (Rouxel et Rist, 2000). En définitive, la pertinence du diagnostic dépend de la manière dont le système d'évaluation articule la connaissance et le jugement d'une situation donnée. Le paysage étant un produit social, son évaluation implique de fait l'intégration des perceptions des acteurs concernés. Ces dernières doivent être formalisées, structurées et mises en relation selon une méthode rigoureuse avec les éléments spatiaux pertinents qui composent le paysage, pour parvenir à un diagnostic significatif.

DÉMARCHE GÉNÉRALE

Chaque situation est unique et amène à redéfinir à chaque fois la manière d'aborder le diagnostic. Chaque professionnel a sa «façon de faire», qu'il adapte en fonction des particularités du territoire qu'il étudie (Gorgeu et Jenkins, 1995). Ainsi, le diagnostic se définit plus par l'objectif d'évaluation que par les techniques d'analyse à mobiliser (Eckert, 1996). Si le bagage méthodologique est très ouvert (ibid.), on peut cependant relever des points communs dans la plupart des démarches, des invariables dans les approches (Bosshard, 2000).

Tout diagnostic débute par la définition des **objectifs de connaissance** (Eckert, 1996). Le cadre particulier dans lequel il s'inscrit a son importance: en effet, s'il s'insère dans un processus de gestion de conflits territoriaux, de suivi de l'évolution d'une région, d'aménagement spatial ou de planification à plus long terme, les motivations qui le justifient diffèrent. Dans la mesure où les préoccupations liées au paysage surgissent le plus souvent d'une situation d'occultation de l'existant (Appleton, 1975; Cuelco, 1982), l'identification de problèmes est généralement à la base d'une démarche de diagnostic. Conjointement à la délimitation du périmètre d'étude, les aspects à observer sont définis dans la toute première phase de recherche. La formulation d'hypothèses de travail permet de nourrir la réflexion et de guider la démarche d'analyse.

Une fois le cadre de travail fixé, il s'agit de rassembler tous les éléments d'information sur le territoire concerné (AmUrba, 2003). L'étape d'**inventaire des données** consiste en la recherche, la synthèse et la collecte des informations pertinentes (Eckert, 1996), aussi bien basées sur des critères objectifs que subjectifs. L'analyse de l'existant repose d'une part sur la disponibilité de données objectives, d'échelles variables (ARPE, 2002), pour permettre une évaluation aussi complète que possible du territoire. On

peut distinguer les données construites sur des critères internes au territoire, renseignant sur le fonctionnement propre du site étudié, de celles consistant en la comparaison de ses caractéristiques avec celles d'autres entités spatiales (Eckert, 1996). D'autre part, une analyse plus qualitative a pour objectif de recueillir la perception des acteurs sur leur territoire, ainsi que sur le sens de son évolution. Dans le cas de questionnaires, de consultations, d'entretiens, de groupes de travail ou d'ateliers, les informations sont récoltées directement auprès des acteurs et illustrent, pour chacune des thématiques envisagées, leurs valeurs et leurs préoccupations, sur la base desquelles il est possible de formuler des enjeux de développement (ARPE, 2002; Garin-Ferraz, 2002; CERTU, 2003). Mermet (1992) propose d'identifier les institutions, règlements et procédures pertinents dans la gestion du territoire et les logiques qui guident les choix des acteurs. Par ailleurs, la recherche documentaire, en particulier de références littéraires et picturales concernant un site particulier, peut être un heureux complément informatif, qui reflète, de manière indirecte, les images et les perceptions sociales attachées à un paysage et une région, à une époque donnée (Gorgeu et Jenkins, 1995; Eckert, 1996).

Une fois le contexte défini et les données acquises, vient la première phase d'analyse et de synthèse. L'analyse du territoire en termes d'atouts, de faiblesses, d'opportunités et de menaces permet de dresser un **constat de la situation actuelle et d'évaluer les voies possibles d'évolution** (ARPE, 2002; AmUrba, 2003). Il s'agit de distinguer notamment ce qui relève de la dynamique naturelle de l'environnement des actions humaines qui affectent le milieu (Mermet, 1992). La synthèse des observations doit amener à identifier les points forts et les problèmes et à les localiser dans l'espace (Gorgeu et Jenkins, 1995; AmUrba, 2003). Les résultats doivent permettre de vérifier ou d'infirmer, de manière itérative, les hypothèses de travail et de développer un modèle territorial (Eckert, 1996). Grâce aux analyses croisées et à la compréhension des projets d'acteurs, il doit être possible de clarifier les enjeux du développement territorial (ARPE, 2002), de dégager les valeurs fortes que la politique territoriale ou paysagère devra privilégier comme éléments identitaires de la région et de faire ressortir les problèmes qui devront être traités (Gorgeu et Jenkins, 1995). La réflexion doit porter non seulement sur les moyens techniques à mettre en oeuvre pour améliorer la situation mais aussi sur les leviers institutionnels en jeu (Mermet, 1992). L'attention doit ainsi être portée sur la relation entre les politiques et les pratiques territoriales d'une part, et entre les pratiques et les logiques d'acteurs d'autre part.

La dernière phase de diagnostic, plus ou moins développée selon les cas, consiste à **porter les résultats de l'analyse à la connaissance du public** (ARPE, 2002) et à les valoriser dans la réalisation d'initiatives locales de développement (AmUrba, 2003). L'analyse du jeu des affectations et des vocations territoriales doit permettre de définir des règles d'occupation de l'espace qui aident à déterminer les activités à favoriser, à développer et à réglementer (Gorgeu et Jenkins, 1995). Sur la base de ces enseignements, le diagnostic doit servir de cadre pour construire une réflexion prospective (CERTU, 2003) et définir des stratégies et des priorités dans une démarche

collective (ARPE, 2002). Il doit faciliter la mise en place de programmes d'interventions, la négociation de contrats territoriaux ou toute autre forme de partenariat impliquant les acteurs locaux (AmUrba, 2003).

Pour conclure, reprenons Eckert (1996) qui affirme que l'évaluation territoriale est plus un projet qu'une méthode particulière. Toute technique d'étude qui permet d'amener des éléments de réponse aux objectifs de départ est valable (*ibid.*). L'important est que le diagnostic corresponde à une analyse du territoire qui soit à la fois globale (en opposition à sectorielle) et collective (en opposition à individuelle experte), et qui s'inscrive à la suite de préoccupations locales (ARPE, 2002).

APPROCHE CRITIQUE DU DIAGNOSTIC

LE RÔLE DE L'ÉTAT DANS LE PROCESSUS D'ÉVALUATION

Un débat a lieu aujourd'hui sur la valeur et l'utilité du diagnostic en fonction de l'organe qui l'a produit. La réalisation d'une évaluation territoriale peut se faire **de manière interne** à une administration ou faire l'objet d'une commande ou d'un **appel d'offres** (CERTU, 2003). Il apparaît légitime que l'Etat accomplisse lui-même un travail de diagnostic, pour apprécier les impacts de ses propres politiques et répondre à des besoins spécifiques de développement (Craik et Zube, 1976; Béhar, 1999). Il s'agit pour lui d'une manière d'afficher sa vision du territoire et d'assumer sa responsabilité auprès de la société. Dans une vision instrumentaliste du rôle de l'Etat, la collectivité, récupérant les résultats du diagnostic, peut exprimer des demandes d'aide financière au service de la concrétisation de projets locaux (*ibid.*).

Cependant, la réalisation d'un diagnostic par l'Etat amène plusieurs **critiques**. Tout d'abord, un tel exercice peut être vu comme une forme de concurrence vis-à-vis des bureaux de conseil et d'aménagement (CERTU, 2003). Ensuite, il comporte le risque de souffrir d'une certaine partialité, spontanée ou non. Si l'objectivité absolue n'existe pas, les conclusions de l'évaluation territoriale peuvent être dirigées pour servir d'outil de management interne des services de l'Etat et légitimer leur existence (*ibid.*). Ainsi, le recours à un bureau externe pour territorialiser l'action de l'Etat (*ibid.*) dans le cadre d'un diagnostic s'avère une solution moins orientée pour améliorer la cohérence et l'efficacité des structures de gestion. L'analyse croisée des politiques sectorielles et des modes d'intervention se veut neutre. Toutefois, une telle évaluation mobilise des connaissances dont dispose l'administration. Aussi, la réalisation d'un diagnostic implique, en plus d'un objectif de départ clair, une collaboration entre les services de l'Etat et le(s) bureau(x) chargé(s) de l'expertise, qui détermineront conjointement de la validité des résultats.

LES LIMITES DU DIAGNOSTIC

Chaque étude de diagnostic doit faire l'objet d'une analyse critique, qui donne à évaluer la représentativité des résultats. L'expert ne possède en

effet jamais tous les éléments nécessaires à une bonne compréhension du fonctionnement du territoire (Mermet, 1992). Son objectif est cependant d'arriver à une connaissance satisfaisante de l'objet d'étude, en admettant avoir une vision forcément lacunaire de sa structure et de ses processus d'évolution (Eckert, 1996). D'une manière générale, l'analyse peut être limitée par trois facteurs principaux.

L'**accès aux données** est un point crucial dans la réalisation de diagnostics. D'une part, certains types d'informations, en particulier dans le domaine économique et social, n'existent pas forcément et sont difficiles à acquérir. D'autre part, les données disponibles, provenant de différentes sources d'informations, sont généralement d'une grande hétérogénéité, aussi bien thématique et spatiale que temporelle. Il est donc nécessaire au cours de la phase d'inventaire de procéder à un tri, en fonction de leur utilité par rapport aux objectifs de recherche et de leur complémentarité, et de les organiser de manière à favoriser la réflexion (Mermet, 1992). Le diagnostic n'implique pas un recensement exhaustif des éléments du territoire ou du paysage, mais plutôt de mettre en évidence les caractéristiques, les points forts et les facteurs de déséquilibre (Gorgeu et Jenkins, 1995). Selon la richesse ou la pauvreté de l'information collectée, le risque existe que le diagnostic se résume à une suite d'analyses sectorielles (Eckert, 1996). Dans le domaine du développement durable par exemple, l'angle environnemental a souvent été avantagé, aux dépens des aspects sociaux, économiques et de gouvernance (Rouxel et Rist, 2000). Béhar (1999) note que les analyses sont généralement marquées par une logique d'aménagement et que les approches économiques et géopolitiques sont insuffisantes. Afin qu'elles soient mieux intégrées, l'acquisition de données complémentaires, sous la forme de questionnaires ou d'enquêtes qualitatives, s'avère un moyen adapté, en particulier pour mieux prendre en compte le cadre organisationnel et les jeux d'acteurs dans le territoire (CERTU, 2003).

La validité du diagnostic territorial est dépendante de la **variété des échelles de perception prises en considération**. Comme il a été dit plus haut, l'évaluation spatiale est multiscalaire et nécessite de prendre du recul par rapport au contexte local. Cependant, le choix des niveaux d'analyse relève -au moins en partie- de la nature des données à disposition. Notons que grâce aux techniques d'agrégation, il est toutefois possible d'analyser des phénomènes à une échelle inférieure, pour laquelle les données sont manquantes. Mais plus encore que les questions liées à la disponibilité des données, les relations sémantiques entre les échelles sont problématiques. En effet, un phénomène perçu comme important à une échelle donnée ne l'est pas forcément à une autre. Malgré les relations de continuité qui lient les différents niveaux, chacun d'entre eux a ses spécificités. Du fait que le territoire ne puisse se réduire à un modèle de causalité (Eckert, 1996), la mise en relation des interprétations à différentes échelles n'est pas toujours aisée.

Une autre limite du diagnostic repose dans son **opérationnalité**. Pour Eckert (1996), les conclusions de l'évaluation territoriale sont données à lire, jamais à être suivies directement d'une action concrète. Elles doivent renseigner le

décideur sur l'état du territoire et le guider dans ses choix, sans lui imposer de marche à suivre. Le diagnostic doit se présenter comme une plate-forme d'intégration des différents enjeux, aussi bien économiques, environnementaux, sociaux et culturels, du développement (ARPE, 2002). Afin de permettre de structurer l'action de l'Etat (CERTU, 2003), il doit appréhender de façon rationnelle le contexte local, en expliquant et en nuanciant les avantages et les inconvénients de la région, trop souvent considérés comme donnés, quitte à remettre en question les vocations traditionnelles du territoire. Les recommandations doivent mettre l'accent sur les efforts à consentir plutôt que sur des interventions dirigées. Le diagnostic doit se limiter à mettre en lumière la situation d'un territoire et faire ressortir des préoccupations, en particulier celles trop souvent ignorées dans les approches traditionnelles, comme celles liées à l'équité sociale, à la subsidiarité et à la gouvernance (ARPE, 2002).

PROPOSITION D'UNE DÉMARCHE DE DIAGNOSTIC PAYSAGER

JUSTIFICATION DU RECOURS AUX SIG

Sur la base des principes qui définissent le diagnostic paysager et en réponse aux limites évoquées précédemment, le recours aux systèmes d'information géographique apparaît pertinent pour la réalisation d'évaluations qui nécessitent un ancrage spatial fort.

Le diagnostic territorial et paysager nécessite la **mobilisation d'informations**, en particulier géographiques, et de **moyens pour les traiter** (Steinitz, 1993; Roche et Hodel, 2004). Les technologies de l'information offrent toute une série d'outils qui permettent d'organiser, d'analyser, d'évaluer et de représenter les connaissances acquises au cours du processus de diagnostic (voir *chapitre 1*). Les SIG sont déjà couramment utilisés pour décrire les composantes et les structures spatiales et analyser leur fonctionnement. Dans une perspective plus évoluée d'évaluation qualitative, les technologies de l'information présentent de plus des moyens de plus en plus performants pour mettre en relation l'information sur le territoire avec les représentations des acteurs. Tout un pan des géosciences s'intéresse à la dimension cognitive des systèmes d'aide à la décision, aussi bien en termes d'intégration des savoirs et des conceptions spatiales des acteurs dans les modèles d'analyse, qu'en termes d'interaction entre les acteurs et les données géographiques, via les possibilités de traitement et de représentation de l'information (Mark *et al.*, 1999; Edwards, 2000; Golay *et al.*, 2000; Jankowski et Nyerges, 2001; Golledge, 2003; CSTB, 2003).

L'insertion du diagnostic dans le processus plus large de la prise de décision territoriale, caractérisé par différentes phases d'itération, plaide pour l'utilisation d'un **cadre de travail souple et évolutif**. De par la multiplicité des opérateurs et des modes de représentation qu'ils proposent à différentes échelles, les systèmes d'information géographique, appuyés par l'ensemble des technologies de l'information, se présentent comme des outils flexibles pour soutenir des démarches d'évaluation. De plus, comme ils reposent sur la constitution d'une base de données dans laquelle sont stockées de manière

structurée toutes les informations pertinentes, elles constituent une plateforme qui peut aussi bien être utilisée pour générer des scénarios et les évaluer dans une phase ultérieure de modélisation et choix de variantes.

DÉMARCHE PROPOSÉE

La présente démarche de diagnostic paysager s'articule autour de deux phases centrales d'analyse, construites autour d'une problématique et d'une réalité spatiale détaillée dans une phase initiale. Chacune de ses deux articulations, à savoir le diagnostic de situation à l'échelon régional et le

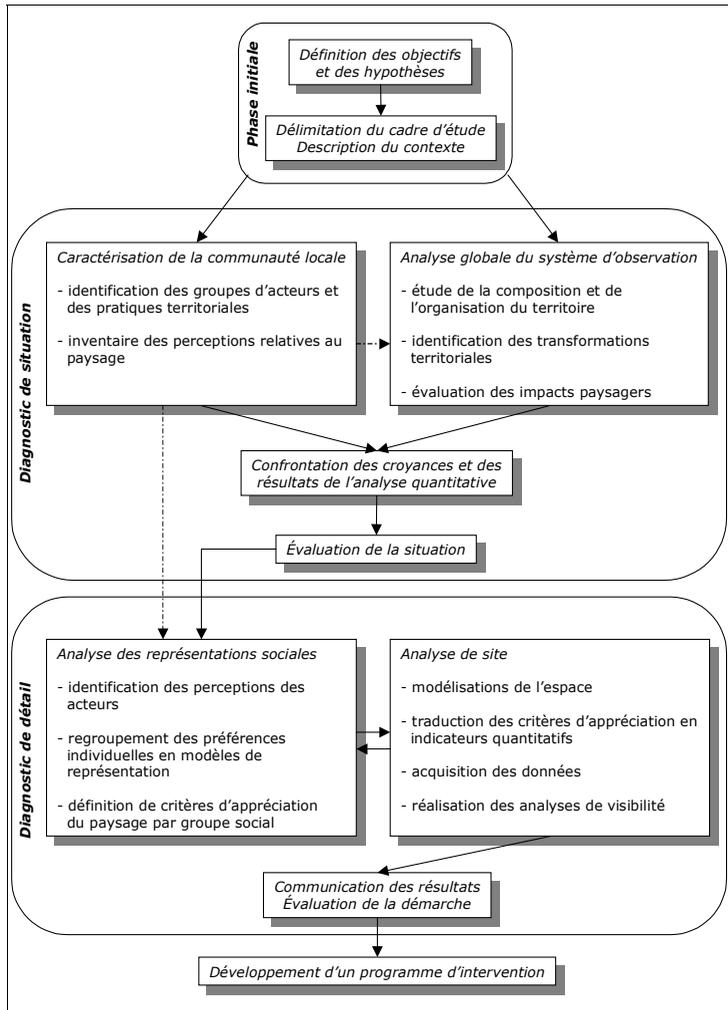


Figure 8: Démarche générale de diagnostic paysager.

diagnostic de détail à l'échelon local, comporte deux volets en lien direct. L'un est centré sur la caractérisation des acteurs, de leurs pratiques et de leurs perceptions et l'autre sur l'analyse des formes spatiales. Chaque phase de diagnostic fait l'objet d'une présentation et d'une évaluation des résultats auprès des acteurs, qui permettent de valider la démarche, avant de s'engager dans la recherche et la mise en oeuvre de stratégies de gestion (Figure 8).

Les paragraphes qui suivent présentent les différentes phases de la démarche dans une perspective générale de diagnostic paysager, en insistant sur les invariants de l'approche et en laissant les aspects spécifiques de méthode de côté. Ces derniers sont traités en détail dans l'application concrète de la démarche au cas particulier de l'Arc jurassien (*chapitres 4 à 8*).

La phase initiale

La phase initiale est fondamentale car elle conditionne toute la suite du travail d'analyse. Les **buts du diagnostic** doivent être clairement définis en fonction du cadre particulier dans lequel il s'insère (suivi de situation, résolution de conflits, projet d'aménagement, etc.) et donc des intentions poursuivies. La nature de la demande doit permettre de déterminer ce qui doit être évalué, où et pourquoi, avant même de réfléchir aux moyens employés. La problématique doit expliciter comment le changement de situation est perçu -qu'il soit effectif (diagnostic *ex post*) ou à venir (diagnostic *ex ante*)-, quels en sont les effets sur le paysage et les causes probables. A partir de ces premières observations et pour bien mener l'analyse dans le sens défini au départ, il est judicieux de poser des hypothèses de travail qui serviront à recadrer les résultats du diagnostic et relativiser les impressions initiales.

Au stade de démarrage du diagnostic, le **cadre de l'étude** doit bien être fixé en fonction des spécificités du contexte. Il s'agit en particulier de délimiter le périmètre d'investigation à différentes échelles. A petite échelle, la dimension du territoire d'analyse doit correspondre grossièrement à celle d'une région ou d'une supra-région qui forme une unité morphologique, économique, sociale ou autre. Elle doit permettre de situer le système dans son environnement et d'évaluer la particularité de la situation par rapport à celle des espaces voisins. Au niveau de l'analyse de détail, il est judicieux de définir une échelle à la fois cohérente et opérationnelle du point de vue paysager. Elle doit faire sens pour la société et concorder à l'échelle de perception des valeurs qu'elle attribue à son territoire (Luginbühl, 2002). Par ailleurs, elle doit correspondre à des espaces qui, bien qu'ils puissent être relativement étendus, restent gérables à un niveau d'intervention efficace par une communauté locale. A une telle échelle, l'appropriation de la démarche ou du projet est ainsi facilitée (Gorgeu et Jenkins, 1995). D'ordinaire, le choix des échelles est logiquement déterminé par les parties prenantes du projet. Celui-ci doit cependant clairement être explicité et accepté par les partenaires.

Le diagnostic de situation

La première phase d'analyse, dite diagnostic de situation, comporte deux volets qui peuvent être menés en parallèle: la **caractérisation de la communauté locale** et l'analyse de la dynamique territoriale à petite échelle. Le premier volet vise à déterminer comment le territoire est organisé et plus particulièrement quels sont les personnes et les moyens impliqués dans son fonctionnement. Les groupes d'acteurs concernés, en regard des diverses pratiques territoriales, non seulement économiques mais aussi sociales de la région, doivent être identifiés pour permettre de dessiner les grandes lignes de l'organisation de la société dans le territoire et de relever les principaux leviers de transformation du paysage. Une étape de consultation auprès des acteurs doit ensuite être menée dans le but de recueillir les perceptions des acteurs sur le paysage concerné, c'est-à-dire les valeurs, les préférences et les attentes qui lui sont liées. Les opinions exprimées doivent contribuer à répondre au questionnement de départ. Aussi bien dans le design du processus participatif que dans la récolte de l'information elle-même, il faut par conséquent toujours garder à l'esprit les objectifs du diagnostic et orchestrer la consultation en conséquence. A côté des témoignages oraux, il ne faut pas négliger les sources d'informations documentaires, sous quelque forme que ce soit (écrite, visuelle, sonore, multimedia), qui peuvent être des compléments utiles à la compréhension de la conception, passée et présente, du paysage.

Le second volet, qui constitue le pan objectif du diagnostic de situation, correspond à une **analyse contextuelle du système dans son environnement**. Il a pour but de caractériser le paysage d'une région donnée en regard de son entourage, et de déterminer, sur la base d'analyses spatiales, la portée géographique et l'ampleur des problèmes envisagés. L'évaluation doit contribuer à comprendre les logiques territoriales qui expliquent l'ordonnement des activités dans l'espace et leurs transformations dans le temps. L'approche factuelle proposée ici prend comme point de départ l'analyse du territoire pour déboucher sur une évaluation du paysage. L'espace, décrit par des données de l'utilisation du sol, est découpé en unités d'observation, dont la nature et la permanence sont étudiées. Dans un premier temps, la composition et l'agencement des éléments spatiaux doivent être décrits. Ensuite, les mutations territoriales survenues doivent être identifiées sur la base de séries de données temporelles. Finalement, cette dynamique doit être traduite en termes d'impacts paysagers. Il s'agit de déterminer si les transformations identifiées ont pour effet d'appauvrir ou d'enrichir la composition du paysage en éléments et de diversifier ou d'uniformiser ses structures. Les modifications du paysage sont vues par l'intermédiaire d'indicateurs spatiaux, construits sur la base des avis des acteurs ou selon des listes de critères reconnus dans la littérature (diversité, particularité, ouverture, naturalité, etc.). Ils apportent une évaluation différente et précieuse des motifs paysagers en termes de sensibilité et de vulnérabilité au changement. Ils fournissent ainsi un moyen de caractériser de manière générale les points forts et les points faibles du paysage et de les localiser dans l'espace.

Le diagnostic de situation doit déboucher sur la confrontation des perceptions des acteurs sur ce qu'ils croient savoir du paysage et de son évolution avec les résultats de l'analyse quantitative. Cette **étape d'objectivation** doit permettre d'aboutir dans la mesure du possible à un éclairage neutre et équilibré du contexte territorial et de la dynamique paysagère. Cela implique d'une part de relever les appréciations correctes de la situation et de leur donner un fondement. D'autre part, celles-ci doivent être nuancées en faisant tomber les mythes et les croyances répandues dans la société et en faisant émerger les problèmes qui n'étaient jusque là pas connus. A l'issue de ce travail, il doit ainsi être possible de vérifier ou d'infirmer les hypothèses de départ. Les conclusions du diagnostic doivent être communiquées et discutées avec les groupes concernés. Cette étape est très importante pour valoriser les résultats du diagnostic et favoriser l'adhésion des acteurs à la démarche.

A ce stade du processus de diagnostic, il doit être possible de tirer des conclusions générales sur le paysage:

- Le paysage n'est pas menacé, la perception des acteurs était incertaine ou biaisée. Aucune mesure n'est requise.
- Le paysage n'est pas menacé, mais toutes les attentes des acteurs ne sont pas satisfaites. Des améliorations sont donc souhaitées à terme.
- Le paysage subit des changements, mais pas ceux identifiés par les acteurs. Ils doivent par conséquent être réévalués et, le cas échéant, des mesures doivent être prises.
- Le paysage subit des changements qui correspondent aux perceptions des acteurs. Une intervention est nécessaire.
- Le paysage subit des changements sans commune mesure avec ceux pressentis par les acteurs. La situation est considérée comme alarmante et des stratégies doivent être développées au plus vite.

Dans un contexte opérationnel réel de gestion, ces options très schématiques doivent bien entendu être détaillées et étayées de manière à faire ressortir précisément les enjeux à la fois sociaux et spatiaux.

A l'exception du premier scénario qui met fin à la procédure, tous les autres requièrent une solution et nécessitent dès lors un complément d'analyse sous la forme d'un diagnostic de détail. Celui-ci peut être dressé directement à la suite du premier ou ultérieurement, selon la nécessité.

Le diagnostic de détail

Comme la phase de diagnostic de situation, celle de diagnostic de détail comprend deux volets. Ceux-ci ne doivent pas être menés de façon indépendante, mais venir s'appuyer l'un l'autre. Le premier volet correspond à l'**analyse des représentations sociales du paysage**. Le but est de parvenir à synthétiser la multiplicité des représentations paysagères des acteurs sous la forme de modèles et de définir des critères d'appréciation pour chacun d'eux. Les *idéaux* auxquels les individus sont rattachés définissent à la fois une *morale de groupe* et une *morale d'aménagement* (Conan, *in*: Berque, 1994), qu'il faut tenter d'explicitier ici. La diversité

d'opinions et de besoins exprimés par les individus rend compte des différentes sensibilités au paysage, relevant de critères esthétiques, cognitifs, physiologiques, économiques ou autres. Pour mettre de l'ordre dans cette complexité, les préférences individuelles doivent être regroupées dans des modèles de représentation, qui schématisent les enjeux paysagers. La construction de ceux-ci peut se baser, partiellement ou en totalité, sur l'inventaire des perceptions provenant de la consultation réalisée pour caractériser la communauté locale lors du diagnostic de situation. A partir de la typologie des représentations sociales, différents modes d'appréciation du paysage peuvent être déterminés. Le système d'observation qui en découle, définit comment sont modélisés les manières dont l'espace est perçu et les critères d'appréciation de celui-ci en paysage.

L'**analyse de site** à proprement parler constitue le second volet du diagnostic de détail. Elle nécessite, dans le prolongement du système d'observation défini, de modéliser l'espace en fonction des différentes représentations sociales du paysage. Sur cette base, les critères d'appréciation doivent être traduits en indicateurs quantitatifs, qui déterminent le système de préférences. Pour augmenter son niveau d'adéquation avec la réalité, cette phase de modélisation des processus cognitifs nécessite d'être comprise et approuvée par les évaluateurs du groupe de travail. L'information nécessaire pour procéder aux analyses paysagères doit ensuite être rassemblée. Si les données définies dans l'inventaire des besoins ne sont pas disponibles et qu'elles ne peuvent être ni dérivées, ni acquises sur le terrain, le système de préférences doit être revu pour garantir la meilleure adéquation possible entre les modèles de traitements et de données. La définition du nombre de points de vue pour lesquels le paysage doit être évalué est un compromis entre la variété paysagère, l'étendue de la zone d'étude et la durée des calculs envisagés. Pour chacun d'eux, une analyse qualitative de visibilité basée sur le système de préférence établi doit être réalisée. Les résultats du diagnostic reposent ainsi sur la comparaison des valeurs des évaluations réalisées pour chacune des vues.

La dernière étape du diagnostic consiste à **présenter les résultats aux acteurs** dans la perspective de dessiner des axes de développement concerté. La recherche de solutions passe par la compréhension réciproque des visions et des enjeux de chacun. Pour reprendre Luginbühl (2002), concevoir un projet collectif, reconnu par tous, nécessite d'accepter les différences et d'entendre l'autre dans ce qu'il a de particulier ou de commun. Le diagnostic doit ainsi éclairer les préférences de chacun et faire admettre leur légitimité aux autres. Dans cette optique, il est possible de convaincre les acteurs que les différents objectifs poursuivis ne sont pas forcément incompatibles, mais qu'au contraire, il existe des solutions pour les mettre en cohérence (Grosjean, 1986). Le diagnostic doit ainsi susciter le débat et esquisser les pistes d'un consensus autour d'un programme d'intervention.

SYNTHÈSE DU CHAPITRE

Pour bien situer le diagnostic dans le contexte plus large de la gestion spatiale, deux approches classiques d'aide à la décision sont présentées. Elles lui attribuent une valeur de fondement du processus décisionnel, basée sur l'explicitation d'une situation problématique. Une brève typologie des principales catégories de diagnostics fait ressortir les différents rôles qu'ils peuvent tenir dans la gestion du territoire. Ceux-ci peuvent s'inscrire dans une optique d'observation critique dans le cadre de suivi de situations, dans une perspective d'intervention, que ce soit en réaction à un problème que l'on cherche à caractériser (diagnostic *ex post*) ou en prévision d'une action dont on cherche à évaluer les effets a priori (diagnostic *ex ante*), ou encore dans un objectif identitaire de mobilisation des acteurs autour d'un engagement collectif.

Ces différents types de diagnostics territoriaux relèvent des mêmes principes généraux, qui font l'objet d'une description et d'une transposition dans le domaine du paysage. Il apparaît que le diagnostic paysager doit répondre à un objectif clair dont l'ancrage spatial est fort. Il doit être abordé à plusieurs échelles, d'une part dans un souci de contextualisation du système étudié dans son environnement, et d'autre part dans un but de différenciation interne. Le paysage fait l'objet d'une analyse à la fois statique et dynamique de ses éléments constitutifs et structurants, mais aussi d'un jugement de l'existence des motifs spatiaux en regard des pratiques territoriales et de la légitimité sociale de ceux-ci. Ces remarques amènent à relever de façon très générale les invariants dans les démarches de diagnostics territoriaux.

Une revue des principaux facteurs qui limitent la portée des diagnostics spatiaux fait ressortir les problèmes liés à l'accès aux données, à leur valorisation et à l'intégration de plusieurs échelles dans l'analyse. Il ressort que l'opérationnalité du diagnostic dépend ainsi grandement de la nature et de la qualité des résultats obtenus. Ces observations plaident pour l'utilisation des technologies de l'information, en particulier des SIG, qui permettent de mobiliser et d'intégrer des informations très hétérogènes, aussi bien thématiquement que spatialement, ainsi que des moyens évolués de les traiter, à l'intérieur d'une structure flexible et évolutive qui peut être utilisée pour soutenir l'ensemble du processus décisionnel.

En définitive, une démarche générale de diagnostic paysager, reposant en partie sur l'utilisation des technologies de l'information, est proposée en conclusion de ce chapitre. Une phase initiale précise les buts et le cadre d'étude du diagnostic. L'analyse proprement dite se décompose en deux phases. La première, appelée diagnostic de situation, a pour objectif de caractériser à la fois la collectivité, le territoire et le paysage à l'échelle régionale, et de rapprocher les problèmes perçus par les acteurs de ceux qui ont une existence réelle, pour aboutir à un état des lieux objectif. Si un examen plus approfondi de la situation est nécessaire, ce premier constat peut être complété par un diagnostic de détail. Cette seconde phase d'analyse consiste à évaluer, sur la base du regroupement des représentations sociales du paysage en modèles d'appréciation, le paysage

visible en fonction d'indicateurs spatiaux déterminant un système de préférences. Cette démarche est appliquée au cas d'étude de l'Arc jurassien dans la deuxième partie de ce rapport.

4

PRÉSENTATION DU CAS D'ÉTUDE

Le présent chapitre précise, en préambule à l'illustration de la démarche de diagnostic paysager, les conditions d'étude et le déroulement de celle-ci dans la suite du travail. Le cadre et les objectifs, à la fois d'analyse et de recherche, dans lesquels s'inscrit l'exemple choisi sont présentés en introduction pour bien définir la visée de l'application. Sur la base de la description du contexte géographique, le choix de la zone d'étude est fait et argumenté. L'articulation de l'analyse du cas d'étude est finalement précisée.

CADRE DU DIAGNOSTIC

NATURE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Quand bien même l'exemple choisi pour illustrer la démarche de diagnostic paysager ne répond pas à une demande effective d'évaluation émanant d'une collectivité, il traduit cependant une **problématique réelle de gestion** du territoire et du paysage et intègre les préoccupations concrètes des acteurs consultés. En effet, la région d'étude choisie, à savoir l'Arc jurassien, est généralement vue comme une entité géographique soumise à des mutations structurelles importantes, qui ont pour effet de redistribuer les activités territoriales, en particulier agricoles, dans l'espace. Bien que les conséquences de ces transformations sur le paysage soient assez bien connues de manière générale, il manque une connaissance plus localisée des changements paysagers et de leur appréciation par les acteurs locaux.

En regard des différents types de diagnostics présentés dans le *chapitre 3*, cette étude de cas correspond ainsi à une démarche d'observation critique, dont le but est de **mieux comprendre l'état de la situation** en reliant les modes de production de l'espace avec la construction de schèmes de représentations sociales du paysage. Bien qu'elle puisse être considérée comme un peu artificielle dans son fondement, cette analyse régionale s'efforce de faire ressortir des résultats pertinents de diagnostic.

Au niveau méthodologique, cette étude de cas vise à appuyer la démarche proposée par son application à une région-test. Elle cherche à **illustrer et à formaliser les différentes phases du diagnostic** dans un contexte concret, qui implique l'utilisation de données réelles ainsi que la participation des acteurs. Ce cadre de travail permet de développer des méthodes, des indicateurs et des fonctionnalités d'analyse spécifiques aux besoins de l'étude, qui s'insèrent dans la démarche d'évaluation postulée et mettent en évidence les capacités des technologies de l'information dans le domaine du diagnostic paysager.

CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

L'Arc jurassien est marqué par une topographie accidentée et une certaine diversité de milieux (Blant, 2001). En termes sociaux et économiques, il dépend largement de la distribution des voies de communication et des centres urbains qui le bordent (Fallet et Schuler, 1996).

La chaîne du Jura prend la forme d'un croissant de quelques 14'000 kilomètres carrés dont les deux tiers sont sur territoire français, le reste étant suisse. Il s'étire sur une longueur d'environ 350 kilomètres pour une largeur maximale de 75 kilomètres entre Neuchâtel et Besançon. Ce massif calcaire est délimité à l'Est par un escarpement assez abrupt qui le sépare du Moyen-Pays suisse. A l'Ouest, il a sa frontière avec la vallée de la Saône et, plus au Sud, avec celle du Rhône. Parmi les **différents milieux de la chaîne**, les pelouses maigres, les vignobles et les boisés des piémonts ainsi que les plaines alluviales des avant-monts caractérisent les contreforts du Jura. Bordé au Nord par la vallée du Rhin qui le sépare de la Forêt Noire, ce dernier se rétrécit en direction de Schaffhouse. Cette zone septentrionale de l'Arc, principalement située dans un Jura tabulaire structuré en paliers, est dédiée aux prairies, vergers, cultures et forêts. L'intérieur du massif est formé, en particulier dans sa partie française, de deux plateaux successifs dont l'altitude moyenne est respectivement d'environ 500 et 700 mètres. Ces replats sont exploités en pâturages boisés (ou prés-bois) et en prairies marécageuses. Des paysages plus sauvages de gorges et de reculées illustrent par ailleurs l'effet des processus karstiques. Finalement, le Jura central se compose d'une part de hautes vallées glaciaires où le paysage agricole est marqué par la présence de tourbières et d'autre part, d'une Haute Chaîne caractérisée par une utilisation mixte du territoire, sylvicole et pastorale. Les zones de crêtes, culminant entre 1500 et 1700 mètres, présentent différentes configurations de pâturages subalpins.

Du point de vue fonctionnel, l'Arc jurassien a une structure spatiale assez caractéristique des massifs montagneux (Fallet et Schuler, 1996). Il se définit assez clairement comme une **entité rurale de moyenne montagne, animée par les secteurs agro-forestiers et industriels**. Si la chaîne ne possède aucun grand centre et si son réseau interne de voies de communication est relativement limité, elle est entourée de pôles urbains situés sur des axes importants, dont elle est largement dépendante. Sa proximité d'un bassin de population d'environ 3 millions d'habitants (Blant, 2001) ainsi que ses caractéristiques paysagères en font ainsi une zone de déassement en développement (Figure 9).

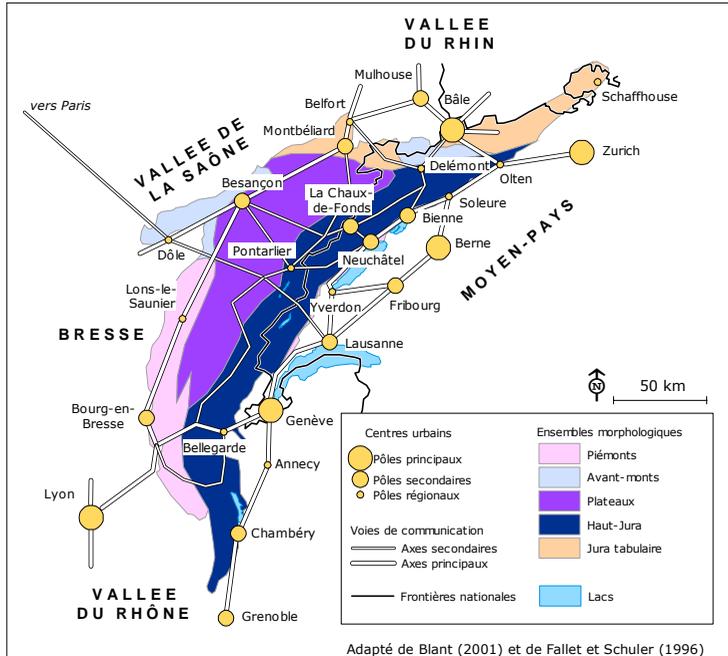


Figure 9: Les ensembles morphologiques et les pôles urbains de l'Arc jurassien.

CHOIX DE LA ZONE D'ÉTUDE

Dans le cadre de cette recherche, l'étendue considérée dans le diagnostic à petite échelle correspond à la **partie suisse de l'Arc jurassien**, telle que délimitée par l'OFS dans la partition du territoire en grandes régions géomorphologiques. Ce choix a été fait pour des raisons à la fois pratiques d'accès aux données et de cohérence de l'analyse du point de vue des structures territoriales de gestion.

La région choisie pour le diagnostic de détail se situe dans le Haut-Jura vaudois, au Sud-Ouest du **col du Marchairuz** (Figure 10). Située entre 1280 et 1440 mètres d'altitude, cette zone de moyenne montagne est

utilisée depuis plusieurs siècles pour l'élevage et la foresterie. A côté de l'héritage de ces activités traditionnelles se sont développées plus récemment diverses formes de tourisme d'été et d'hiver. La richesse écologique, tant du point de vue floristique que faunistique, ainsi que la typicité des paysages sont également des traits caractéristiques de la région. L'objectif de gestion, tel que défendu par le Parc Jurassien Vaudois, est de pouvoir conjuguer les différents enjeux territoriaux dans une approche concertée.

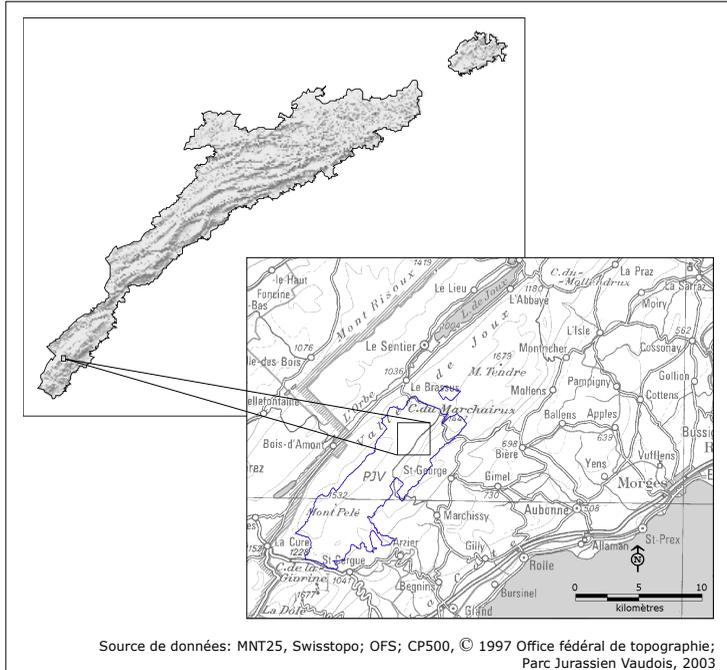


Figure 10: Délimitation de l'Arc jurassien suisse et de la zone détudée à l'intérieur du Parc Jurassien Vaudois (PJV).

La raison principale qui explique le choix de ce site est **l'évolution des structures de gestion**, dont les effets se répercutent sur le milieu naturel et le paysage. La croissance de la forêt dans les zones de pâture abandonnées ou, à l'inverse, l'intensification de l'exploitation agricole dans les endroits les plus favorables, la diminution de l'entretien des massifs boisés, le développement des activités de loisirs et son corollaire, l'augmentation de la fréquentation des visiteurs, modifient en profondeur l'environnement et le paysage. Dans ce contexte, l'évaluation du paysage en fonction de différents filtres perceptifs est un moyen de mieux comprendre les problèmes et d'aider à guider les stratégies de gestion. Accessoirement, le choix du site d'étude s'est fait pour des raisons de commodité, en particulier de connaissance du territoire et de disponibilité des données.

DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

La présente étude de cas **se concentre sur les deux phases d'analyse** de la démarche de diagnostic proposée, à savoir le diagnostic de situation et le diagnostic de détail. Etant donné que cette application ne répond pas en soi à un objectif d'évaluation formalisé dans un cadre opérationnel, les phases initiale et finale ont été laissées de côté pour porter notre attention sur le coeur de la démarche. Dans le cas précis qui nous concerne, la définition du problème et du contexte faite dans les paragraphes précédents est considérée comme suffisante.

Chacune des étapes d'analyse, à savoir la caractérisation de la communauté locale (*chapitre 5*), l'analyse du système d'observation (*chapitre 6*), l'analyse des représentations sociales (*chapitre 7*) et l'analyse de site (*chapitre 8*), s'articule en quatre parties successives. La première fixe le **cadre de réflexion** et donne un éclaircissement des concepts centraux utilisés dans le développement méthodologique de la démarche est donné. La deuxième passe en revue les principales **méthodes** envisageables et argumente les choix opérés. Cette partie décrit également les données utilisées et les fonctionnalités développées spécifiquement. La troisième partie, de nature plus thématique, présente les **résultats** de l'analyse et les discute. La dernière partie commente l'approche et évalue sa **validité**, du point de vue de sa marge d'incertitude et de l'évaluation des moyens à mettre en oeuvre.

SYNTHÈSE DU CHAPITRE

Bien que n'émanant pas d'une demande explicite de la part d'une collectivité, le cas d'étude envisagé répond à une problématique réelle de gestion. En effet, la remise en question des activités territoriales traditionnelles, due aux bouleversements politiques et économiques actuels, modifie en profondeur le paysage. De fait, l'exercice de diagnostic proposé est considéré dans une perspective d'observation critique d'une situation en transformation, puisqu'il n'appelle pas forcément de processus d'intervention sur le territoire. L'objectif de cette étude de cas est, au-delà des résultats de l'évaluation paysagère, d'illustrer et de formaliser les différentes phases de la démarche développée dans le *chapitre 3*.

Une présentation générale des milieux et de la structure de l'Arc jurassien permet de définir le contexte géographique dans lequel le diagnostic prend place. La zone d'étude choisie en raison de l'évolution des structures de gestion se situe dans le Haut-Jura vaudois, dans les pâturages boisés situés au Sud du col du Marchairuz. A plus petite échelle, l'ensemble de la chaîne jurassienne suisse détermine le périmètre d'observation pour le diagnostic de situation.

L'application de la démarche de diagnostic est focalisée sur les deux phases principales d'analyse. Pour chacune des étapes (correspondant à un chapitre de ce rapport), la même logique de pensée est adoptée. Elle s'articule autour de la discussion des concepts centraux qui définissent le fondement de l'approche et autour d'un tour d'horizon des méthodes d'analyse identifiées dans la littérature, à partir duquel des choix méthodologiques sont effectués

pour la réalisation du diagnostic. Les résultats obtenus sont discutés et la validité de la démarche est finalement évaluée.

5

DESCRIPTION DES PERCEPTIONS RELATIVES AU PAYSAGE

L'étude du discours des acteurs en regard des pratiques territoriales révèle les différentes dimensions que comporte le paysage. La prise en compte de leurs perceptions s'avère nécessaire dans une perspective participative et intégrée de diagnostic du paysage. L'objectif de ce chapitre est d'illustrer concrètement le volet qui consiste à caractériser les descriptions, les appréciations, les préoccupations et les attentes d'une communauté à l'égard de son paysage, dans une démarche de diagnostic de situation (voir *chapitre 3*). Un volet plus «objectif» d'analyse du paysage, et plus particulièrement de ses transformations, doit venir en complément de cette approche (voir *chapitre 6*).

Sur la base des règles d'organisation de l'espace et des significations que les acteurs lui associent se dessine une logique sociale qui sert de fondement au développement méthodologique envisagé dans ce chapitre. La compréhension des mécanismes de représentation du paysage implique l'utilisation de méthodes d'acquisition d'informations issues des sciences sociales. Un aperçu des différents dispositifs d'enquête couramment utilisés permet d'aboutir à la solution choisie en fonction des objectifs poursuivis dans le présent cas d'étude. Une description et un commentaire des résultats obtenus sont ensuite présentés et la sensibilité de la démarche est finalement discutée dans une perspective de validation.

FONDEMENTS DE L'APPROCHE

L'organisation de l'espace est sous-tendue par une **logique sociale**, définie par le jeu d'influences qui structure les différents groupes à l'intérieur d'un territoire donné. Ceux-ci sont caractérisés par des modes de perception particuliers, qui influencent leurs comportements et leurs pratiques. Comme le soulignent plusieurs auteurs (Luginbühl, 1991; Rougerie et Beroutchachvili, 1991), les représentations contemporaines du paysage témoignent de différentes sensibilités qui, bien que n'étant pas forcément paysagères, ont toutes une signification légitime.

La variété des optiques, de la plus simple à la plus fouillée, illustre les **significations multiples et ambiguës** associées au paysage, ainsi que les différentes manières de l'aborder. L'attitude réactive de poursuite du statu quo, illustrant par le non-engagement une préférence collective tacite (Willis et Garrod, 1992; Hunziker, 1995), est une perspective qui conduit à l'immobilisation du paysage. L'objectif de gestion durable du paysage implique ainsi une négociation de sens et de rôles. L'implication responsable et volontaire des partenaires dans la gestion du paysage est nécessaire et passe par une «promotion symbolique» (Debroux, *in*: Voisenat, 1995), une reconnaissance sociale de la fonction paysagère. Cette démarche implique l'adoption d'une distance critique et d'un point de vue spécifique sur le paysage (Lenclud, 1995). La recherche d'un arbitrage entre les points de vue doit permettre de positionner les groupes sociaux vis-à-vis de stratégies paysagères de gestion acceptables pour tous.

Comme l'interprétation directe des signes du paysage est une perspective de recherche insatisfaisante (Bertrand, 1978), une analyse portant sur les formes d'appréciation de celui-ci par les acteurs est plus judicieuse. En effet, le paysage étant un produit social qui n'a d'existence qu'à travers la perception qu'en a un individu (voir *chapitre 2*), seule une **approche sociologique** semble dès lors appropriée. Pour transposer dans le domaine du paysage une expression célèbre sur la ville, le paysage ne me dit rien, mais je dis quelque chose sur le paysage (Brunet, 1974).

Toute la difficulté de la tâche réside dans l'**acquisition et le traitement d'informations** qui renseignent de manière pertinente sur les représentations sociales du paysage. Les méthodes d'investigation ethnologique permettent de reconstituer les schémas de pensée des individus (Chiffelle *et al.*, 1998; Michelin, 2000), en analysant leurs discours, leurs attitudes et leurs comportements. L'important est de parvenir à une information appropriée qui permette de répondre au questionnement de départ (Flowerdew et Martin, 1997).

Par ailleurs, il est difficile de séparer ce qui relève de l'acquisition stricte de données de ce qui est de l'**interprétation** (Olivier de Sardan, 1999). Le processus de consultation est marqué d'une certaine subjectivité, dont le chercheur doit être conscient, à défaut de pouvoir l'évacuer totalement. Aussi, un des principaux travers à éviter est de projeter des théories ou des idées préconçues dans l'analyse des résultats (*ibid.*). Le risque est d'aboutir, par le biais de simplifications et de raccourcis conceptuels, à des sur-

interprétations. Plutôt que de partir de scénarios préconstruits qui peuvent orienter l'analyse, il est souvent préférable de faire ressortir empiriquement une certaine diversité, en dégagant les éléments d'information significatifs en regard du problème étudié.

MÉTHODOLOGIE

APERÇU DES PRINCIPALES MÉTHODES D'ENQUÊTE

Selon qu'on se situe dans un cadre d'observation du paysage dans une perspective d'amélioration de la gestion courante, dans celui de l'évaluation de dommages ou d'atteintes portées au paysage dans une perspective de réparation ou plutôt dans celui de réalisation de projets dans une perspective d'aménagement, le sens de la consultation n'est pas le même. De même, selon la nature quantitative ou qualitative de l'information recherchée, le niveau de détail souhaité ou encore le degré d'implication voulu par les acteurs, les moyens pour collecter les avis des individus sont variables. Le choix d'avoir recours à des questionnaires plutôt que de réaliser des entretiens ou de monter des ateliers ou des groupes de travail se fait de cas en cas.

Parmi les différentes méthodes d'enquête, on peut globalement distinguer les **formes consultatives** des **formes participatives**. Les premières consistent à recueillir, sous la forme de questionnaires ou d'entretiens, les avis des acteurs sur un problème particulier, alors que les secondes impliquent une immersion du chercheur dans le milieu social, que ce soit par l'intermédiaire d'observations participatives, d'ateliers ou de groupes de discussion, afin de comprendre les codes sociaux, d'analyser les logiques de comportement et, le cas échéant, d'arbitrer les points de vue dans une situation de recherche de consensus.

Dans les formes classiques de consultation, les questionnaires et les entretiens répondent à des logiques différentes. Le but des **questionnaires** est d'identifier les points communs dans les réponses obtenues et de faire ressortir ce qui est généralisable. Ils reposent sur une population statistique représentative des avis de la société, qui est définie par une stratégie d'échantillonnage mathématique. Les questionnaires sont conçus sous la forme d'interrogations standardisées, dont le traitement statistique garantit la répliquabilité des résultats. Cependant, du fait de la nature fermée des questions voulue par le dispositif de recherche, la portée de l'analyse se limite souvent à des résultats un peu superficiels (Parfitt, in: Flowerdew et Martin, 1997).

Les **entretiens** ont pour but de favoriser la diversité des opinions qui, au-delà de leur représentativité, ont une valeur en soi (Flowerdew et Martin, 1997). Vu l'investissement en temps nécessaire pour réaliser des entretiens, cette méthode ne repose pas sur un échantillonnage statistique, mais sur une part illustrative de la population, pour une thématique et une zone d'étude données. Orienté sur les individus, l'entretien cherche à relever la singularité des significations et des expériences exprimées sous la forme

d'un dialogue ouvert. Cette approche garantit une grande richesse d'informations, dont certains aspects n'avaient peut-être même pas été envisagés initialement par le chercheur (Valentine, in: Flowerdew et Martin, 1997). Cependant, la nature conversationnelle des entretiens implique qu'ils ne peuvent être répliqués; cela dit d'autres campagnes d'enquêtes permettent de les corroborer (*ibid.*).

Les formes de consultation qui demande un engagement plus grand, que ce soit de la part du chercheur dans l'observation participative ou de la part des acteurs concernés dans des ateliers de travail, s'effectuent sur le plus long terme. Dans l'**observation participative**, le chercheur cherche à s'imprégner des modes de fonctionnement d'une société en vivant et en interagissant *in situ* avec ses membres pendant une longue durée (Olivier de Sardan, 1999). A la manière de la recherche traditionnelle en ethnographie, il reporte ses observations dans des carnets de notes, dont le contenu foisonnant servira ultérieurement de base à son analyse. La présence et la participation du chercheur dans le contexte social ont des implications d'ordre à la fois éthique, pratique et personnel (Flowerdew et Martin, 1997), selon que la relation qui s'installe avec les membres de la société se définisse par un rapport de confiance, de force, d'indifférence ou autre.

L'**atelier de travail** n'est pas à proprement parler une méthode d'enquête, mais plutôt un dispositif collectif de réflexion et de négociation. Cependant, il est mentionné ici en tant que moyen d'acquisition d'informations auprès d'individus actifs dans un contexte particulier. Il est le plus souvent utilisé pour identifier des problèmes dans une situation donnée et légitimer l'existence de différents points de vue, avant d'imaginer des solutions dans une perspective de recherche de consensus. Ce genre de procédure s'inscrit dans un cadre opérationnel et nécessite un engagement important de la part des acteurs.

Chaque type de méthode a ses avantages et ses inconvénients qu'il faut bien évaluer en fonction de la problématique. Idéalement, Olivier de Sardan (1999) préconise l'usage de «procédés de triangulation» qui permettent, par l'usage conjoint de techniques complémentaires, d'aboutir à une description à la fois valide et multiple du sujet d'étude.

MÉTHODE D'ENQUÊTE RETENUE

Le but de notre enquête était de mieux comprendre les représentations sociales du paysage chez des gestionnaires du territoire jurassien, en mettant plus particulièrement l'accent sur les thématiques suivantes:

- L'analyse de l'étendue spatiale et sociale de l'Arc jurassien: cette phase a consisté à évaluer le **degré d'identification** des interlocuteurs avec la zone d'étude, en fonction de la manière dont ils délimitent son périmètre, et à relever les différents niveaux de reconnaissance du paysage jurassien.
- Les **facteurs de définition et de caractérisation du paysage jurassien**: l'objectif était de proposer une première clef de lecture en

identifiant, parmi les éléments constitutifs du Jura, ceux qui étaient significatifs pour les enquêtés, à différentes échelles.

- La construction du jugement de valeur sur le paysage: en interrogeant les interlocuteurs sur les **qualités et les faiblesses de leur paysage** (Zube *et al.*, 1989), l'idée était de pouvoir déterminer différentes valeurs associées à l'appréciation du paysage et de décrypter les symboliques associées pour comprendre leur légitimité.
- L'évaluation de la conscience et de la sensibilité des acteurs face à la **dynamique paysagère**: en demandant aux enquêtés de décrire les changements qu'ils observaient dans le paysage et les raisons de cette évolution (Lynch, 1982), le but était d'évaluer leurs connaissances des transformations et la manière dont ils les jugent, définissant ainsi les enjeux de la gestion du paysage.
- **L'engagement et la responsabilité des acteurs** envers le paysage: cette thématique cherchait à mesurer, en complément au point précédent, l'intérêt et la faculté des enquêtés à prendre en compte le paysage dans la pratique de leurs activités (Eckert, 1996) et à évaluer les moyens de contrôle (Sell et Zube, 1986) et d'intervention dont ils disposaient pour une gestion durable de celui-ci.

Comme notre intérêt central était d'identifier les éléments qualitatifs qui interviennent dans la construction des représentations du paysage jurassien chez les acteurs, nous avons opté pour la méthode de l'entretien. En effet, celle-ci est souvent privilégiée (O'Leary et McCormack, 1998; Guyon *et al.*, 2004), car elle permet d'obtenir des informations plus riches sur les sentiments et les attitudes des individus que ne le permettent les questionnaires (Flowerdew et Martin, 1997) et nécessite des moyens moins lourds que les formes plus participatives d'enquête. Nous avons plus précisément choisi l'**entretien de type semi-directif** (Blanchet et Gotman, 1992) qui, plutôt que de suivre une structure rigide définie par un enchaînement de questions prédéfinies, prend une forme plus conversationnelle, orientée par une série de thèmes à aborder. Cette méthode, très couramment utilisée dans les sciences sociales, a l'avantage de tenter de faire oublier à l'interlocuteur le cadre un peu artificiel de l'enquête, en s'affranchissant le plus possible des codes qui lui sont liés, et à aboutir à une certaine profondeur dans leur discours.

Un guide composé d'exemples de formulation des questions centrales de l'enquête (voir *Annexe II*), a été établi pour accompagner le **déroulement des entretiens**. Celles-ci ont été formulées pour couvrir chacun des thèmes à aborder selon un ordre logique, cependant assez flexible pour être modifié selon la tournure de l'entretien. Si l'interlocuteur abordait de lui-même une problématique particulière qui fournissait des réponses à nos interrogations, les questions qui s'y référaient dans le guide d'entretien étaient laissées de côté. Le cas échéant, des éclaircissements étaient demandés. Le choix a délibérément été fait de ne pas utiliser de support photographique dans notre enquête, alors que cette technique est couramment employée dans l'analyse paysagère (Daniel et Schroeder, 1980; Lynch et Gimblett, 1992; Coeterier, 1996). La raison principale est que nous voulions déterminer sur quels

éléments les personnes interrogées se basaient pour construire leur perception du paysage, sans leur imposer d'office une approche visuelle.

Une **phase de test** a été effectuée au début de l'enquête. Les trois ou quatre premiers entretiens nous ont amenés à adapter légèrement le guide, en supprimant par exemple certaines questions redondantes. Le discours des interlocuteurs a été soigneusement reporté sous forme de notes durant l'entrevue, de manière à retranscrire le plus fidèlement possible les expressions employées. La durée moyenne d'une entrevue a été de 115 minutes.

APERÇU DES PRINCIPALES MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

Puisque rares sont les cas où il est possible d'obtenir l'avis de l'ensemble des membres d'une population sur une situation, la pratique courante est d'en sélectionner une partie comme échantillon. Toute la problématique réside dans la recherche d'un compromis entre la taille de ce dernier et l'erreur qu'il véhicule (Parfitt, in: Flowerdew et Martin, 1997). Parmi les techniques d'échantillonnage utilisées dans les enquêtes auprès de personnes, on peut mentionner celles qui sont de nature statistique et celles qui sont plutôt de nature théorique.

Les **échantillonnages systématiques** sont utilisés pour évaluer la représentativité d'un phénomène auprès d'une population. Qu'ils reposent sur une base aléatoire ou stratifiée (quotas socio-démographiques tels que sexe, âge, activité, formation, classe sociale, etc. ou répartition géographique), ils amènent des résultats quantitatifs pour lesquels il est possible de calculer statistiquement des intervalles de confiance. Cette technique est le plus souvent utilisée pour mettre en place des questionnaires.

Les **échantillonnages théoriques** reposent sur une logique de recherche d'émergences. Ils n'ont pas pour but d'être représentatifs d'une quelconque distribution, mais plutôt illustratif de la diversité des éclairages existants. Cette méthode relève donc d'un processus qualitatif d'acquisition de données, comme celle des entretiens. La sélection des enquêtés peut se faire de différentes façons, que ce soit par une pré-enquête par questionnaires, par le recours à des personnes ressources qui aident le chercheur à identifier des interlocuteurs pertinents ou par effet boule de neige au fil des entretiens (Valentine, in: Flowerdew et Martin, 1997). Quelle que soit la méthode de choix retenue, le chercheur doit privilégier la variété des points de vue. La taille de l'échantillon est définie empiriquement en termes d'adéquation aux buts poursuivis, c'est-à-dire lorsque la réalisation de nouveaux entretiens n'apporte plus de nouvelles contributions au questionnement de départ. Bien qu'il n'existe pas de règles précises en la matière, un seuil de redondance est généralement atteint à partir de quinze à vingt échantillons, selon la problématique étudiée.

MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE RETENUE

Comme l'enquête menée s'inscrit dans une **perspective de recherche d'émergences**, nous avons cherché à identifier les représentations existantes du paysage sur la base d'un échantillonnage théorique de la population. Le choix des personnes interrogées s'est porté sur des professionnels, exerçant une activité liée au territoire jurassien, que ce soit comme employé du service public, à titre associatif ou privé, dans la mesure où, dans leurs pratiques de gestion, ils exercent une influence directe sur le paysage.

Nous avons eu recours à **deux personnes ressources** pour construire notre échantillon, l'une partageant son activité entre le milieu de la recherche et celui de la gestion du territoire, et l'autre oeuvrant dans différentes structures associatives de l'Arc jurassien. Sur la base des propositions des ces interlocuteurs privilégiés, nous avons autant que possible sélectionné les membres de notre population dans un souci de diversité de fonctions et d'origines géographiques. Ainsi, des représentants des milieux agricole, forestier, de la protection de la nature, de l'aménagement du territoire et du paysage, du développement économique régional et du tourisme ainsi que de la communication (*Tableau 2*) ont donc été choisis pour notre enquête¹.

FORMATION		ACTIVITE EXERCEE	
Ingénieur	10	Gestion des forêts	5
Architecte / géographe	2	Aménagement du territoire ou du paysage	3
Biologiste	2	Développement régional / touristique	3
Formation technique	3	Conservation de la nature	3
Arts graphiques	1	Vulgarisation agricole	2
Agriculteurs	2	Exploitation agricole	2
Autre	2	Fonction politique	2
		Communication / art	2

Tableau 2: Description de l'échantillon des personnes interrogées en fonction de leur formation et de leur activité professionnelle.

Etant donné les moyens à disposition pour réaliser cette étude, la disponibilité des personnes contactées et la technique d'enquête préconisée, l'échantillon s'est limité à **21 personnes**.

Parmi les **facteurs limitants** dans la constitution de l'échantillon, les aspects liés au genre ainsi qu'à la provenance des interlocuteurs sont apparus comme importants. Dans le contexte professionnel très largement masculin de la gestion du territoire, il nous a été difficile d'intégrer des représentantes féminines dans notre étude et de faire ressortir des différences liées au genre (Lyons, 1983; Nasar, 1988; Hull et Stewart, 1995): en effet, seulement 2 femmes ont été consultées sur le total des

1. Le total de chaque tableau est supérieur au nombre d'enquêtés, dans la mesure où certains individus ont suivi plusieurs formations et/ou exercent plusieurs activités.

entretiens. Nous avons de plus limité notre enquête à la Suisse pour assurer un maximum de pertinence en fonction du nombre d'entretiens. Pour des raisons d'accessibilité, environ une moitié des interlocuteurs a été choisie dans le canton de Vaud, l'autre moitié dans ceux de Neuchâtel, Berne et du Jura.

Malgré ces quelques réserves, l'échantillon utilisé s'est avéré satisfaisant pour apporter des ***éclairages significatifs*** sur les représentations des acteurs. Cette impression est renforcée par le fait qu'une certaine redondance est apparue au cours des derniers entretiens. Au-delà du fait que l'appartenance des enquêtés à différents milieux professionnels dont ils sont le relais apporte une certaine validité à l'échantillon, l'apparition d'une certaine redondance dans le contenu des derniers entretiens par rapport à ceux réalisés précédemment amène à penser que la taille de l'échantillon est suffisante.

APERÇU DES PRINCIPALES MÉTHODES D'ANALYSE DU DISCOURS

Qu'ils proviennent de textes, de questionnaires, de notes d'entretiens ou encore de compte-rendus d'ateliers, les éléments de discours sont une source de données qualitatives à la fois riche et complexe à exploiter. Selon l'approche envisagée, cette information peut être mise en valeur, soit par des analyses statistiques, soit par des recoupements inductifs.

Les ***méthodes d'analyse statistique*** sont employées pour tester l'existence d'hypothèses et identifier des tendances à partir de données ordinales ou catégorielles (Lovett, in: Flowerdew et Martin, 1997). Ces dernières sont généralement produites à l'aide de questionnaires, dans lesquels les réponses aux questions sont très formalisées. Qu'elles relèvent de techniques non-paramétriques ou de modèles plus sophistiqués d'analyse, ces méthodes cherchent à mettre en évidence les relations existantes entre des paires de variables.

Les ***méthodes inductives*** cherchent à trouver du sens dans des jeux de données nominales par des processus de transcription et de codage. Ces derniers ne sont pas conçus dans une perspective d'analyse plus quantitative, mais en tant que moyen d'aide à la structuration et à la compréhension de phénomènes (Flowerdew et Martin, 1997). En effet, ce n'est pas tant la fréquence d'une observation qui compte que son existence en tant que telle. Qu'ils trouvent leur fondement dans la sémiotique, l'herméneutique ou encore la théorie narrative, ces procédés d'analyse de contenu sont profondément itératifs (Crang, in: Flowerdew et Martin, 1997; Aitken, in: Flowerdew et Martin, 1997).

MÉTHODE D'ANALYSE DU DISCOURS RETENUE

Le contenu des entretiens a fait l'objet de notes manuscrites, qui ont été saisies dans un logiciel de traitement de texte courant, en vue de faciliter le dépouillement des données. Dans la mesure où l'objectif n'était pas de faire

ressortir les points de vue dominants, mais la variété des représentations du paysage, une méthode inductive a été retenue pour exploiter les données.

Le traitement de celles-ci a été fait par **analyse de contenu catégorielle** (Kazemi, 1994; Schmithüsen et Kazemi, 1995; Crang, in: Flowerdew et Martin, 1997). Cette dernière s'est déroulée par étapes successives, en passant au crible chaque retranscription ligne par ligne, afin de répertorier les unités sémantiques significatives (mots, expressions, phrases) du discours de chaque individu. Dans un premier temps, elles ont été classées dans chacune des thématiques de recherche ayant servi à mettre en place le guide d'entretien. Des regroupements phénotypologiques ont ensuite été effectués à l'intérieur de celles-ci, sans définir préalablement de catégories-types. Ainsi, le premier élément textuel de chaque thématique définissait un classème; le suivant, s'il n'entrait pas dans cette catégorie, en formait une nouvelle et ainsi de suite. Dans chacun des classèmes ainsi déterminés, chaque item de sens est reporté avec un numéro correspondant à son auteur (voir *Chapitre 11*). Le but ici n'était pas de procéder à un dénombrement fréquentiel des points de vue dans la mesure où nous nous intéressions plus à leur diversité qu'à leur représentativité. Il s'agissait plutôt d'identifier des compatibilités d'acteurs mettant en évidence des schèmes de pensée communs (Hunziker, 1995), servant à définir des modèles de représentation sociale du paysage.

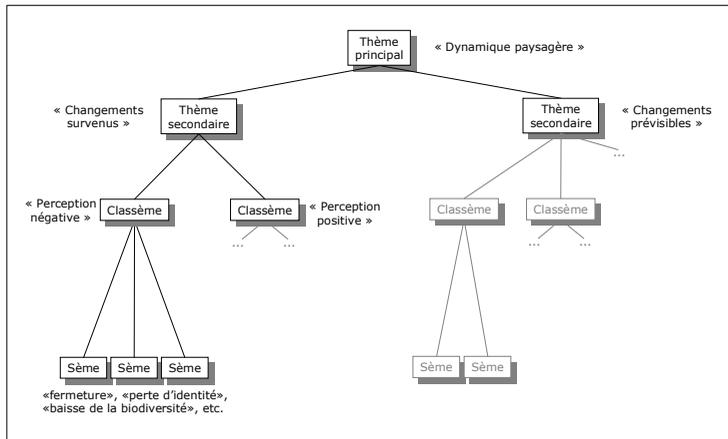


Figure 11: Illustration du procédé de structuration des discours des enquêtés, à travers un exemple.

RÉSULTATS DE L'ANALYSE

LA DÉLIMITATION GÉOGRAPHIQUE DE L'ARC JURASSIEN

Globalement, le Jura est reconnu comme une unité assez homogène, avec cependant des nuances aussi bien au niveau de son étendue que de sa composition interne. S'il est communément admis que le pied du Jura délimite le massif à l'Est, les autres **limites sont floues** dans le discours des

enquêtés. Il existe un effet de frontière assez marqué dans la description de la région jurassienne. Ainsi, la frontière franco-suisse est apparue spontanément et de manière récurrente comme limite occidentale. Seules quelques réponses la repoussaient a posteriori jusqu'à Besançon. De même, la Vallée de Joux et la ville de Genève, mentionnées parfois comme bordures méridionales, sont des espaces frontaliers. Par ailleurs, la limite linguistique entre pays romand et alémanique a également été citée, dans une moindre mesure, comme extrémité Nord. D'autres personnes ont fixé cette dernière plus loin, à Bâle, voire à Schaffhouse (Figure 12).

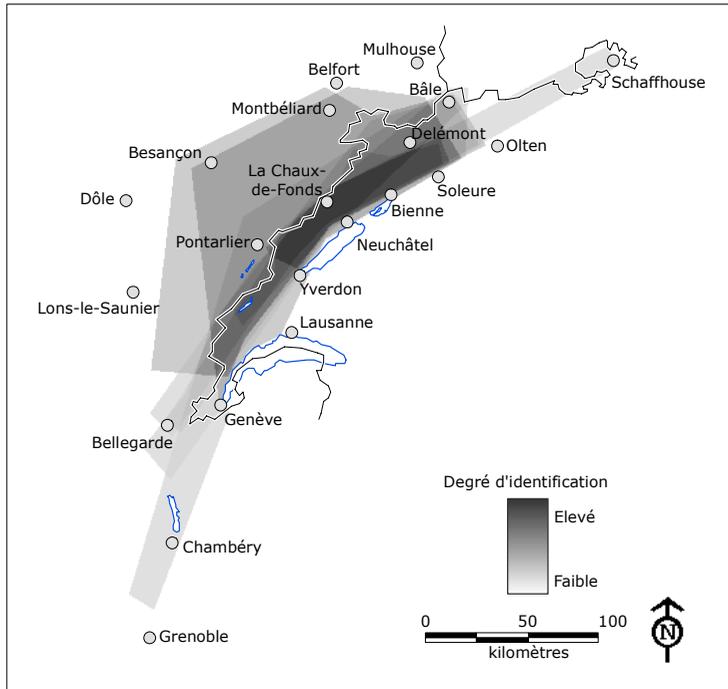


Figure 12: Représentation schématique de l'Arc jurassien, basée sur l'identification des cartes mentales des acteurs au travers de leur discours.

Dans leur description globale de l'arc jurassien, les personnes interrogées ont fait ressortir des **spécificités régionales** indiquant un changement net d'échelle dans leur réflexion. L'identification de ces zones repose sur des critères altitudinaux et morphologiques. La limite de 800 ou des 1000 mètres a été mentionnée à quelques reprises comme étant le lieu où «commence véritablement le Jura». D'autres évoquent des particularités ou des «interruptions» du relief, à l'image du Jura français ou de l'Ajoie. Ces remarques font référence, de manière implicite, aux grands ensembles géomorphologiques que sont la Haute-Chaîne, la région des plateaux et le Jura tabulaire (voir chapitre 4).

Le paysage est avant tout une **notion visuelle qui dépend largement de la topographie et de la couverture du sol**. Ainsi, la juxtaposition de plateaux et de versants, les ondulations des anticlinaux et des synclinaux ainsi que la présence de combes et de gorges marquent les esprits dans l'évocation du Jura. A cela s'ajoute l'identification des types d'occupation du sol les plus marquants dans le discours des enquêtés. Les forêts, les pâturages et plus généralement l'agriculture habillent le paysage de leurs couleurs et leurs textures. Sans qu'elle soit forcément explicite dans le discours de nos interlocuteurs, une logique spatiale du paysage jurassien transparaît en filigrane dans les entretiens: la forêt où prédominent les épicéas, les sapins et les érables couvre les versants; l'habitat, structuré en hameaux ou en villages-rues, s'étire le long des vallées ou occupe, conjointement avec les cultures, les replats; les pâturages boisés sont localisés sur les hauts plateaux et sur certains reliefs modérés. L'adaptation des pratiques territoriales au milieu, et parfois l'affranchissement de certaines contraintes, révèle ainsi les traces d'une utilisation passée de l'espace en même temps que l'existence d'enjeux politiques et économiques actuels.

Parallèlement à une description à moyenne échelle du paysage, il est apparu que les acteurs accordent également une grande importance à certains **éléments de détail**. Si une partie de ces derniers se rapportent à une image classique du milieu rural, d'autres contribuent, de manière lacunaire cependant, à l'évocation de particularités jurassiennes. Certaines marques locales de la géologie (lapiez, dolines) et de la flore (gentianes, jonquilles) apparaissent dans les propos de quelques enquêtés. Mais plus encore, les murs de pierres sèches, les fermes et les chalets d'alpage attirent particulièrement leur attention. Par ailleurs, les fabriques d'horlogerie occupent une place toute particulière dans l'évocation du paysage jurassien. S'il est peu fait mention de l'activité industrielle dans le paysage du fait de sa consommation modérée d'espace, il ne faut toutefois pas oublier qu'elle est très largement prédominante dans l'équilibre économique local.

LA CONSTRUCTION DES REPRÉSENTATIONS

Au-delà de l'aspect purement descriptif du paysage, un certain nombre d'indices détermine les représentations de nos interlocuteurs. Les **préférences vont aux paysages mixtes**, caractérisés par une certaine diversité dans la composition, ainsi que par l'image d'une nature domestiquée. Les variations topographiques et la mixité des activités sylvicoles, pastorales et de loisirs confèrent au paysage jurassien une certaine alternance qui ressort assez clairement chez les personnes consultées. Au gré des ondulations du relief et de la mosaïque de l'occupation du sol, tantôt le paysage s'ouvre, tantôt il se ferme. Que ce soit du haut de promontoires et de sommets ou à travers les dégagements et les fenêtres qui se découpent entre les arbres, le regard s'échappe. En d'autres endroits, l'effet de rideau d'une forêt ou des versants d'une vallée encaissée limite la profondeur de champ et crée un cloisonnement de la vue. On trouve également cette idée d'alternance, de manière plus nuancée, dans les pâturages boisés, qui font figure de paysage emblématique de transition. Les

variations du couvert végétal et du taux de boisement ainsi que le degré d'interpénétration des herbages et des arbres créent ainsi des successions paysagères variées.

Les représentations que se font les individus d'un même paysage prennent plusieurs **significations**. Nos interlocuteurs ont évoqué à maintes reprises la notion d'espace et le sentiment de douceur et d'harmonie qui s'en dégage. Face aux grandes étendues ouvertes et calmes, un grand nombre d'observateurs se sent apaisé et en sécurité. Par contre, là où la vue est plus limitée et que le relief devient plus abrupt, la sévérité et la tristesse prennent le dessus. Le paysage apparaît moins aimable et accueillant. Si pour certains, sa composition, son uniformité chromatique de verts foncés et d'ocres et sa force de contraste avec le ciel ou la neige créent un sentiment de monotonie, de désolation, voire d'ennui, d'autres y voient au contraire une dimension mystérieuse et envoûtante. Les notions de parc et de jardin reviennent ainsi à plusieurs reprises dans le discours des enquêtés, en guise de symbole d'un paysage idyllique, à la fois naturel et aménagé.

LA PERCEPTION DE LA DYNAMIQUE

Il est admis par les enquêtés que les moteurs des changements paysagers sont d'origine politique. Selon eux, ceux-ci se manifestent principalement sur le territoire par une ségrégation des activités agro-forestières et une artificialisation du milieu. Ces pressions se traduisent par un appauvrissement du paysage qui inspire, par réaction, à nos interlocuteurs des améliorations dans la gestion. Si des efforts d'intégration des différents enjeux sont reconnus nécessaires pour une gestion durable, les rôles et les moyens pour atteindre cet objectif semblent toutefois plus imprécis.

Les **réorientations stratégiques des politiques territoriales**, aussi bien au niveau international que local, apparaissent aux yeux des enquêtés comme les principaux moteurs de l'évolution. La recherche de la rentabilité et en particulier le mode d'attribution des subventions sont contestés par une très grande partie des personnes interrogées. Face à la libéralisation des marchés dans le contexte économique européen, la Suisse a lancé sa réforme agricole dans le but d'améliorer sa compétitivité et de favoriser la durabilité de son environnement rural (OFAG, 2001). Celle-ci se traduit par la baisse des prix des produits, autrefois garantis par la Confédération, et par sa compensation par des paiements directs non liés à la production mais à des prestations d'ordre écologique et paysager. Le milieu forestier suisse est également soumis à cette nouvelle logique économique et peine à être concurrentiel sur le marché international. Nos interlocuteurs déplorent la baisse du prix du bois qui conditionne très négativement l'exploitation sylvicole. L'entretien des peuplements, particulièrement en région de montagne où les conditions d'accès aux massifs sont parfois difficiles, est dès lors remis en question. Au-delà de cet aspect agro-forestier, plusieurs personnes expliquent la dynamique paysagère en cours par un facteur d'évolution normale de la société d'aujourd'hui, de plus en plus urbaine et mobile. Bien que les activités de loisirs soient généralement considérées

comme encore marginales et s'apparentent à un tourisme doux, le développement du secteur touristique est appréhendé.

Sur la base de ces tendances globales, nos interlocuteurs ont relevé comme pressions sur le territoire les **effets des pratiques** sur l'équilibre sylvo-pastoral en réponse aux nouveaux cadres de référence ainsi que le phénomène largement répandu d'artificialisation du milieu. L'avancée de la forêt, comme résultante d'une exploitation trop extensive ou plus simplement de l'abandon de terres agricoles peu rentables, est un phénomène marquant pour les enquêtés qui le jugent de manière assez controversée. En même temps qu'ils constatent l'envahissement de certains pâturages par les broussailles et les arbres, ils observent également le manque de rajeunissement local du boisé sur les domaines agricoles plus productifs². La péri-urbanisation est largement reconnue comme une pression externe au milieu rural. Le développement de nouveaux lotissements et de quartiers-villas, ainsi que l'aménagement d'infrastructures touristiques et d'énergie, témoignent, conjointement avec une baisse de la population locale, d'une consommation croissante de l'espace par individu et d'une plus grande mobilité de la population.

Visuellement, la fermeture du paysage par la forêt est qualifiée d'oppressante par certaines personnes interrogées. L'abandon et la réaffectation des anciennes fermes, ainsi que l'aménagement d'infrastructures heurtent le regard. D'une manière générale, les **perspectives d'évolution du paysage** telles que nos interlocuteurs les imaginent ne sont pas très optimistes: la disparition des pâturages boisés apparaît comme une menace potentielle à laquelle ils sont particulièrement sensibles, craignant une perte de l'identité régionale et une baisse de la biodiversité. Pour nuancer ce constat alarmiste, ils jugent globalement les changements actuels comme étant petits, progressifs et assez lents.

Aux yeux de nos interlocuteurs, **différentes mesures sont envisagées**. Il faut favoriser une agriculture peu intensive tout en limitant l'avancée de la forêt. De plus, les activités touristiques, dont le développement paraît inévitable, doivent mieux être intégrées dans les stratégies de gestion. En ce qui concerne les aspects écologiques, l'objectif est de conserver des pâturages boisés en bonne santé, qui garantissent une biodiversité élevée, notamment par la diversification des essences et une meilleure représentation des feuillus. Sur le plan esthétique, il a été proposé de

2. Ces phénomènes se manifestent différemment selon les endroits. Dans les régions d'estivage, les contributions à l'élevage sont calculées en fonction de la charge en bétail fixée pour chaque exploitation par les autorités cantonales (charge usuelle). L'exploitant perçoit un montant forfaitaire à condition que son cheptel se situe entre 75 et 100% de la charge usuelle. Dès lors, cette relative marge de manœuvre apparaît comme une des raisons de la dynamique sylvo-pastorale: une charge trop faible conduit à la fermeture du pâturage par l'envahissement de ronces puis de jeunes arbres, alors que trop forte, elle mène à une surexploitation qui crée une pression sur le boisé et remet en question la succession des arbres isolés ou en groupe. En zone de SAU, les exploitants sont rétribués en fonction de la surface en herbe. L'avancée de la forêt sur le pâturage a donc pour effet de réduire les contributions financières, avec le risque qu'elles deviennent trop faibles pour soutenir l'exploitation. Il est reconnu que, pour éviter ce cas de figure, certains exploitants pratiquent illégalement la coupe systématique des jeunes pousses d'arbres.

ménager des ouvertures et des fenêtres paysagères qui assurent des zones de visibilité. Par ailleurs, la gestion des éléments construits suscite un réel intérêt. La rénovation, la réfection et l'entretien du patrimoine bâti, en particulier les fermes et les murs en pierres sèches, ainsi qu'une meilleure intégration des réseaux électriques et téléphoniques dans le paysage, en les enterrant dans le sol lorsque cela est possible, apparaissent comme des améliorations vivement souhaitées. La question en suspens reste de savoir à qui incombent ces tâches spécifiques en faveur du paysage et quels sont les moyens requis.

LA RESPONSABILITÉ ENVERS LE PAYSAGE

Bien que, d'une manière générale, la **légitimité de la notion de paysage** soit de mieux en mieux acceptée, aussi bien du point de vue de ses retombées économiques que de sa légitimation culturelle, la question de la responsabilité de sa gestion reste ouverte. L'entretien du paysage apparaît comme un complément intéressant aux activités traditionnelles et la garantie d'une image plaisante a des répercussions positives sur la promotion des produits du terroir ainsi que sur l'offre touristique. Cependant, les personnes du monde agricole et forestier, qui se voient avant tout comme des producteurs de ressources, acceptent mal l'idée de devoir jardiner le paysage. En ce qui concerne le monde touristique, le paysage a une certaine valeur comme cadre de loisirs. Seul, il n'est pas considéré comme très vendeur par les personnes interrogées, mais doit être associé à des activités sportives ou culturelles. Les brochures et dépliants d'information que nous nous sommes procurés dans les offices de tourisme confirment cette remarque: l'accent est mis sur les activités et les visites proposées, le savoir-faire régional, l'artisanat et les produits du terroir ou encore certaines manifestations particulières. Dans l'imagerie touristique, le paysage n'est pas tant représenté pour ce qu'il est, mais plutôt comme faire-valoir de l'offre disponible, au risque de véhiculer parfois des images stéréotypées de la région. Cette stratégie commerciale cherche à attirer, en plus des visiteurs financièrement passifs, un public de consommateurs représentatifs de la société d'aujourd'hui, à la fois dynamique et avide de sensations fortes.

La récente prise en compte de la dimension paysagère, que ce soit dans l'élaboration conjointe des plans directeurs forestiers sous la responsabilité des ingénieurs d'arrondissement, ou dans la réalisation d'un nombre croissant de projets d'aménagement, témoigne d'une certaine **sensibilisation à cette thématique**. Que ce soit sous la contrainte ou par réel intérêt, les gestionnaires se retrouvent donc face à un nouveau processus à la fois difficile à mettre en œuvre mais aussi porteur de perspectives intéressantes. La difficulté principale remarquée par la totalité des enquêtés est le manque de lignes directrices et de recommandations dans la prise en compte du paysage dans les documents de planification et d'intervention. Les gestionnaires sont demandeurs d'outils, de formation et de moyens financiers pour mieux intégrer la dimension paysagère dans leurs activités. Dans une telle situation, les gestionnaires improvisent, parfois en coordination, des méthodes fondées principalement sur leur expérience et leur bon sens. Au-delà des obstacles rencontrés, certains retirent des

bénéfices de ces réflexions. Le volet paysager s'avère être un outil de communication précieux, favorisant le dialogue entre les acteurs et avec la population locale. Dans le cadre de mises à l'enquête de documents officiels ou lors de l'organisation de forums d'information, il s'inscrit comme une porte d'entrée privilégiée pour sensibiliser la population aux enjeux territoriaux et aux missions des gestionnaires. Néanmoins, certains d'entre eux sont plus réservés quant à l'utilité des remarques formulées par les gens qui leur expriment leur avis. Pour certains même, l'idée d'un échange avec un réel *feed-back* du grand public est un vœu pieu, un prétexte pour faire croire à la démocratisation de la gestion territoriale.

COMMENTAIRE DES RÉSULTATS

L'analyse du discours des acteurs consultés amène plusieurs remarques, quant au concept général de paysage ainsi qu'à la nature des représentations sociales. Il ressort en effet que la perception des paysages fait d'une part intervenir une notion d'étendue géographique et d'autre part une dimension visuelle. De plus, des éléments intéressants d'appréciation apparaissent dans les descriptions du paysage et de son évolution par les acteurs. La manière dont ils voient la dynamique en cours, du fait qu'elle n'est pas exactement conforme à la réalité (voir *chapitre 6*), révèle leur positionnement à l'égard du paysage et permet de dessiner dans les grandes lignes ce qui fait leur attrait. En complément, ces premiers résultats viennent alimenter l'idée d'une conception intégratrice du paysage.

L'idée de frontière apparaît comme un phénomène crucial dans la **reconnaissance de paysages familiers**. Pour abstraite qu'elle puisse être sur le terrain, elle révèle toute l'importance du contexte culturel dans le processus de représentation et d'identification. Des nuances dans la politique territoriale peuvent cependant amener des différences visibles dans la configuration du paysage, comme celles mises en évidence par Miéville-Ott (2000) entre les exploitations agricoles suisses et françaises dans le Jura. Ainsi, l'ancrage régional, voire local, constitue un cadre d'expérience privilégié, dans lequel l'observateur peut se raccrocher à des éléments spatiaux de reconnaissance pour construire son interprétation. Les enquêtés s'attachent à décrire le paysage qui les entoure, c'est-à-dire à la fois leur «zone d'influence» et leur cadre de vie. A cet échelon-là, les idées s'affirment et le discours devient plus engagé. Dès lors, il existe plusieurs niveaux de représentation du paysage qui s'emboîtent; à chacun d'entre eux correspond un cadre politique, économique et social particulier qui oriente le jugement.

Au-delà de ces aspects identitaires, la **dimension sensorielle** apparaît comme la porte d'entrée privilégiée pour caractériser le paysage (Craik et Zube, 1976). On relèvera à cet égard la primauté du visuel sur les autres sens (Serre, 1985; Grosjean, 1986; Ferriolo, *in*: Ritter, 1997): l'image, omniprésente dans la société contemporaine, est déterminante dans les descriptions que nous ont fait nos interlocuteurs, même si quelques signes auditifs ont également été mentionnés, comme par exemple le silence de la campagne. Contrairement à la vision dont l'expression est constante, les autres sens sont mis à contribution de manière sporadique et temporaire

(Grosjean, 1986). Le relief forme la matrice du paysage en cela qu'il définit les conditions d'agencement du territoire (Michelin, 2000; Miéville-Ott, 2000) et constitue, avec la mosaïque d'utilisation du sol, la dimension objective de l'expérience paysagère. Au même titre que le grand public (Hunziker et Kienast, 1999), les gestionnaires sont donc en premier lieu sensibles à la dimension visuelle du paysage, ce qui vient justifier l'existence du système visible à l'intérieur de notre modèle théorique.

La **dynamique paysagère** est relativement difficile à mesurer par les acteurs, du fait de la lenteur des processus d'évolution et de leurs effets indirects sur le paysage rural d'une part, et du fait de la part de subjectivité dans l'appréciation d'autre part. Si les gestionnaires sont assez conscients des changements en cours, la valeur qu'ils leur accordent est plus discutable. Parmi les modifications observées, celles d'origine exogène, comme la péri-urbanisation, sont généralement perçues négativement, bien qu'elles ne soient pas forcément synonymes de dégradation (Sell et Zube, 1986). Bien qu'elle ne soit pas le processus le plus marquant de l'évolution de l'Arc jurassien (voir *Chapitre 6*), la dynamique sylvo-pastorale est un sujet sensible dans le discours des enquêtés, témoignant ainsi de l'attachement particulier à ce genre de paysage. L'application du critère de rentabilité amène une régression des activités pastorales et par voie de conséquence une fragilisation de l'équilibre agro-forestier. Ceci se traduit par une banalisation du paysage, aussi bien du point de vue de sa forme que de son contenu.

Vu sa portée générale, la préférence pour des paysages mixtes, semi-ouverts, s'inscrit dans une **logique d'appréciation** qui repose sur l'instinct et sur une base culturelle commune. Les sentiments de sécurité et de mystère (Kaplan et Kaplan, 1989; Lynch et Gimblett, 1992) évoqués par nos interlocuteurs au sujet des pâturages boisés jurassiens témoignent ainsi de l'importance de lieux offrant alternativement des abris et des points d'observation (Appleton, 1975; Kaplan, 1975). Si un couvert forestier dense oblitère le champ de vision et entrave les déplacements, un paysage plus ouvert constitué d'arbres isolés ou en groupes fournit des refuges sans se présenter comme des obstacles. Ainsi, le mélange de végétation herbacée et ligneuse -des savanes boisées tropicales aux prés-bois des régions tempérées- est reconnu comme un paysage favorable (Chételat, 2000b). Cependant, son apparence naturelle bien que d'origine anthropique (Bertrand, 1978; Coeterier, 1996; Purcell et Lamb, 1998; Nohl, 2001), amène une certaine ambivalence: l'idée d'un milieu sauvage et vierge attise les peurs et réveille les fantasmes archaïques d'une nature hostile, alors que la présence de la main humaine amène une certaine maîtrise des éléments qui agissent comme des objets de reconnaissance familiers et sécurisants (Preece, 1991).

D'un **point de vue théorique**, le concept «paysage» ne s'est pas avéré être un mot-valise autant qu'on pouvait s'y attendre. Il exprime le rapport qualitatif des sociétés à leurs territoires (Veuve, 1998) et son appréciation réside dans la complémentarité des approches basées sur la forme et le contenu. Le paysage apparaît comme la conjonction d'une trame territoriale

globale et d'éléments caractéristiques de détail (Rougerie et Beroutchachvili, 1991; Michelin, 2000), à laquelle l'observateur associe ses différentes interprétations. Elles reposent sur la construction de représentations, issues d'expériences concrètes de l'espace auxquelles sont associées différentes significations, à la fois culturelles et personnelles. Notons ici que, contre toute attente, aucun de nos interlocuteurs n'a confondu biodiversité et paysage, comme c'est souvent le cas. C'est précisément dans la démarche de légitimation du paysage que les critères écologiques et environnementaux s'inscrivent, dans la mesure où ils ne sont pas explicitement des éléments visibles du paysage (Neuray, 1982), mais qu'ils requièrent des connaissances spécifiques demandant un effort de conceptualisation important. La recherche d'un arbitrage entre les considérations fonctionnelles, environnementales et sociales est préconisée.

EVALUATION DE L'APPROCHE

Les choix méthodologiques effectués pour mettre en oeuvre cette partie de la démarche ont des effets qu'il faut évaluer pour déterminer l'adéquation des résultats obtenus aux objectifs visés. Les principales remarques à faire concernent la méthode d'enquête sélectionnée, la nature et la taille de l'échantillon, le mode d'analyse proprement dit ainsi que la valeur des résultats obtenus pour le cas jurassien.

La **méthode d'entretien** de type semi-directif a le mérite de laisser beaucoup de liberté aux enquêtés pour exprimer leur pensée, amenant ainsi une information riche et dense. Le recours aux questionnaires pour analyser les représentations paysagères des acteurs aurait sans doute permis d'aboutir à des résultats plus représentatifs et plus précis sur des questions bien particulières, aux dépens cependant de l'ouverture et de la relative flexibilité qu'offrent les entretiens. Le parti pris de transcrire les propos des interlocuteurs sous la forme de notes manuscrites plutôt que de les enregistrer en intégralité s'inscrit dans cette recherche d'ouverture. Cette option, même si elle comporte le risque de passer à côté de révélations qui peuvent s'avérer porteuses de sens ultérieurement, a l'avantage d'être souple et rassurante, aussi bien pour l'enquêteur que pour l'enquêté, qui peut être intimidé de se savoir enregistré.

Les résultats obtenus doivent être tempérés par le **choix des personnes consultées**. La multiplicité des avis en matière d'environnement, qui font référence de manière enchevêtrée à une grande variété de modèles d'appréciation, rend difficile la tâche de déchiffrement et d'évaluation des préoccupations (Luginbühl, *in*: Marcel, 1989; Turner, 1990). La constitution de notre échantillon, limité à des praticiens vivant à l'intérieur ou à proximité de la zone d'étude, avait pour but de resserrer l'approche sur des acteurs stratégiques de la gestion du paysage. En effet, leurs représentations, alliant objectifs professionnels et préférences personnelles, déterminent les éléments d'un paysage caractéristique, et s'avèrent une aide précieuse pour définir les relations socio-spatiales qu'ils entretiennent avec leur région (Hirsch et O'Hanlon, 1995). De par leur double appropriation de l'espace, ils ont une connaissance plus fine du territoire (Ythier, *in*: Voisenat, 1995; Bell,

1996). Cette familiarité amène une notion de réalité et d'identification au paysage. Ainsi, l'approche adoptée ici s'inscrit dans une démarche de régionalisme critique (Bourassa, 1991), qui vise une meilleure connaissance des processus paysagers en les rattachant à leur contexte géographique et à leurs usagers. La réalisation d'une enquête auprès d'un autre type de personnes, que ce soit des habitants ou des touristes, ne permettrait pas d'aborder les mêmes questions. Il serait en effet nécessaire de revoir les objectifs de départ et d'amener des aménagements dans le guide d'entretien. Cela dit, des points communs avec les résultats obtenus, de même que des complémentarités éventuelles, devraient ressortir dans la description et les formes d'appréciation du paysage.

La **taille de l'échantillon** étudié, a été considérée comme suffisante dans l'analyse. La réalisation d'entretiens supplémentaires n'aurait certainement pas remis en question les résultats obtenus, mais les aurait tout au plus complétés. L'aboutissement à une forme de saturation dans l'obtention d'informations au fil des entretiens renforce cette observation.

L'information recueillie doit être organisée et normalisée, afin de pouvoir être traitée. Les **règles d'inférence et de regroupement** retenues, bien que basées sur des procédés formalisés théoriquement, n'excluent pas totalement une certaine forme de subjectivité dans les choix. Utiles dans un second temps pour faire ressortir plus facilement des compatibilités entre les différentes représentations des acteurs, les méthodes d'analyse de contenu assistée par ordinateur reposent malgré tout elles aussi sur des choix humains. Quoique relativement fastidieuse, la méthode de dépouillement et d'analyse utilisée est adaptée aux objectifs de la recherche.

Les résultats présentés ici dépendent de la **dimension culturelle de l'étude** et ne peuvent dès lors, en dehors des éléments théoriques de portée plus large, être généralisés à d'autres régions. Il serait en effet tout à fait envisageable de mettre en oeuvre une telle approche pour une autre région. Les seules véritables adaptations à consentir tiendraient dans la définition de l'échantillon de population et dans la formulation des questions en fonction des objectifs de recherche. En ce qui concerne le cas d'étude jurassien, une perspective intéressante serait d'élargir l'enquête à un nombre plus grand de personnes dans les différents corps de métier, de part et d'autre de la frontière jurassienne, pour affiner les résultats. Cela permettrait de mieux cerner les différences professionnelles et culturelles existantes, entre la Suisse et la France, mais aussi à plus grande échelle, entre les différentes régions.

Comme les représentations du paysage sont des produits culturels qui **évoluent au fil du temps** (Veuve, 1998), la validité des résultats de l'étude est limitée dans le temps. La construction sociale du regard s'organise différemment et s'enrichit. Ainsi, les modèles envisagés ici sont caractéristiques de l'époque actuelle et ne préfigurent pas les préférences à venir. Cependant, les modes de compréhension de l'espace et d'appréciation du paysage des locaux ne changent pas facilement (Craik et Zube, 1976; Nakamura *et al.*, 1993), mais restent relativement stables, au moins

pendant la durée d'une décennie, compte tenu du rythme des transformations dans l'utilisation du sol (Palmer, 1997).

SYNTHÈSE DU CHAPITRE

Ce chapitre illustre une façon de mettre en application le processus de caractérisation des acteurs et de leurs perceptions du paysage dans la phase de diagnostic de situation. Le fondement de l'approche réside dans la logique sociale qui sous-tend l'organisation de l'espace et la condition d'existence du paysage à travers son appréciation par un observateur. La prise en compte de la multiplicité des représentations, qui n'ont d'égal que leur légitimité, appelle une approche sociologique. Ce choix soulève des questions liées à l'acquisition, au traitement et à l'interprétation de l'information.

Sur la base d'un aperçu des principales méthodes d'enquête et de leurs implications au niveau de l'échantillonnage et de l'analyse des données, une solution est proposée pour étudier les différentes perceptions d'acteurs. Celle-ci consiste en la réalisation d'entretiens semi-directifs auprès de gestionnaires du territoire jurassien, dans le but d'analyser leur degré d'identification avec le(s) paysage(s) de la région, les éléments significatifs de description et d'évaluation du paysage selon eux, leur perception de la dynamique ainsi que leur sensibilité à la question. Le choix s'est porté sur 21 participants, choisis à l'aide de personnes ressources, dans un souci de diversité professionnelle et géographique. Le cadre de recherche d'émergences a justifié le recours à une méthode inductive d'analyse de contenu, plutôt qu'à une technique statistique.

Dans l'analyse, l'accent a été placé sur l'identification des perceptions des acteurs, plutôt que sur la description explicite des personnes et des moyens impliqués dans le fonctionnement du territoire et la constitution du paysage. Les résultats obtenus apportent des éléments pertinents de réponse aux questions de départ, en particulier sur la caractérisation du paysage jurassien, sur l'identification des préférences des acteurs et la compréhension de leurs significations, sur la reconnaissance des leviers de transformation du paysage et de leurs effets dans la réalité ainsi que sur la formulation des préoccupations et des perspectives d'évolution.

La discussion des choix méthodologiques effectués, aussi bien en termes de technique d'enquête et d'échantillonnage que d'analyse, indique que les résultats obtenus sont relativement fiables. En effet, si le recours à d'autres méthodes peut apporter des compléments intéressants à l'analyse, les résultats acquis ne risquent pas d'être remis en question.

6

ANALYSE DE LA DYNAMIQUE TERRITORIALE ET PAYSAGÈRE À PETITE ÉCHELLE

L'objectif de cette étape dans le diagnostic de situation est de contextualiser le paysage et ses transformations dans une approche dynamique afin de pouvoir comparer la manière dont il se manifeste concrètement dans l'espace aux perceptions des acteurs (chapitre 5). Pour définir les particularités paysagères d'une zone donnée ainsi que ses tendances d'évolution, il s'avère indispensable de la situer dans un cadre plus large et de la comparer à son environnement. En examinant et en confrontant les caractéristiques régionales, il est ainsi possible de déterminer les similarités et les discontinuités spatiales, aussi bien en termes de composition et de configuration que d'évolution paysagère.

Les seules données quantitatives qui existent ne concernent pas directement le paysage, mais le territoire. En effet, les inventaires conçus à partir de l'interprétation d'images aériennes ou satellite décrivent l'occupation du sol. Ils ont l'avantage de permettre de reconstituer l'évolution des formes spatiales, grâce à l'existence de séries chronologiques. La méthode proposée aborde ainsi le paysage de manière indirecte, via l'analyse de relevés temporels de l'utilisation du sol. La démarche repose à un premier niveau sur l'identification et la caractérisation des unités territoriales à petite échelle. A un deuxième niveau, les mutations territoriales importantes sont définies et localisées par comparaison des différents jeux de données. A un troisième niveau, les changements identifiés dans l'espace sont traduits en termes paysagers et interprétés en conséquence (voir *Figure 13*).

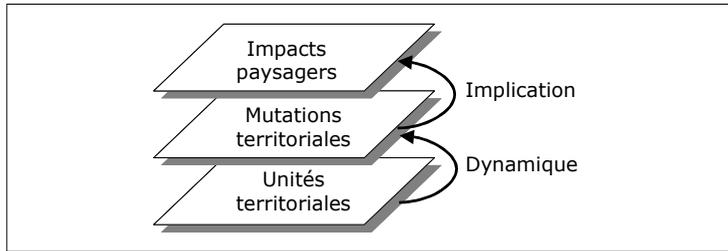


Figure 13: Démarche d'analyse de la dynamique paysagère.

En guise de préambule à ce chapitre, un modèle théorique du territoire décrit son fonctionnement général et la manière dont il évolue. Un commentaire fait ressortir les difficultés liées à l'analyse du fonctionnement de ce système. Le choix des données les plus adaptées à l'étude du territoire jurassien repose sur un inventaire des principales sources d'informations disponibles pour décrire le territoire. Un aperçu des différentes possibilités pour agréger, analyser et représenter les données vient éclairer les choix méthodologiques effectués pour permettre de remonter de la description du territoire et de sa dynamique aux tendances d'évolution du paysage. Les résultats de l'approche sont régionalisés à deux niveaux, selon un découpage thématique en régions agricoles et selon un système de carroyage régulier. Les avantages et les limites des données et des méthodes utilisées sont discutés en conclusion.

FONDEMENTS DE L'APPROCHE

Le territoire peut être vu comme un **système à la fois social et spatial qui varie dans le temps**, dont l'activité est définie par les buts que poursuivent ses acteurs (Eckert, 1996) et les conditions environnementales. L'utilisation du sol reflète la présence de pratiques territoriales qui témoignent de l'existence d'un projet social (Meyer et Turner, 1994). Celui-ci, constamment réajusté en fonction d'objectifs sociaux supérieurs, modifie le contexte politique, économique et culturel dans lequel prennent place les activités territoriales. Ces dernières déterminent l'utilisation qui est faite du territoire et agissent sur l'environnement et le paysage. Ces perturbations modifient le milieu et ses conditions d'équilibre. La dynamique de l'environnement se traduit par des processus naturels, dont l'action influence à son tour l'utilisation du territoire. Ces changements agissent en retour sur la société, en redéfinissant ses enjeux et ses modes d'intervention sur le territoire, y compris ses stratégies de gestion de l'environnement (Figure 14). L'occupation du sol révèle ainsi les fonctionnements de l'organisation sociale et spatiale en même temps qu'elle l'influence. La société apparaît à la fois dépendante de son environnement et capable de le modifier de manière substantielle (Rockwell, *in*: Meyer et Turner, 1994).

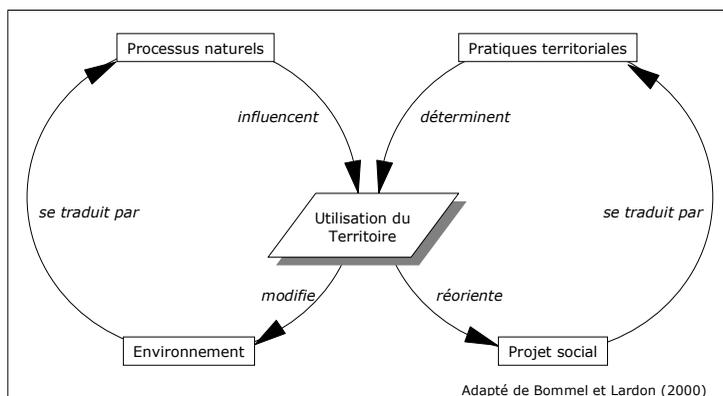


Figure 14: Approche systémique de la dynamique territoriale.

L'homme a continuellement transformé le territoire en exploitant les ressources disponibles et en s'affranchissant des contraintes spatiales. Dans cette perspective, il n'a toutefois pas toujours pris la mesure des effets qui en résultaient (Merchant, *in*: Turner, 1990), tant au niveau environnemental et paysager que social. Notons ici avec Price (1978) et Meyer et Turner (1994) que les transformations territoriales, aussi bien à l'échelon local que global, ne signifient cependant pas forcément un sacrifice de l'environnement sur l'autel de l'optimisation de l'utilisation du sol. Au-delà de l'observation factuelle des types d'activités qui occupent l'espace et des changements qui surviennent (Eckert, 1996), l'objectif est de pouvoir **caractériser les perturbations du système** en termes d'amélioration ou de dégradation (Meyer et Turner, 1994). Pour cela, il est important d'identifier les agents modificateurs et les forces en opposition d'une part, et d'évaluer les impacts secondaires qui en découlent d'autre part (Skole, *in*: Meyer et Turner, 1994). Un accent particulier est mis ici sur les implications paysagères et la perception publique de celles-ci. La connaissance de ces processus est fondamentale dans la démarche de diagnostic et joue un rôle prospectif dans la mise en oeuvre de politiques et de projets de développement territorial (Gorgeu et Jenkins, 1995).

Les connaissances concernant l'utilisation du sol et ses modes de transformation sont encore relativement modestes (Skole, *in*: Meyer et Turner, 1994). Cela s'explique par **plusieurs difficultés** liées au contenu informationnel des données utilisées, à la temporalité des processus étudiés ainsi qu'aux modèles d'appréciation envisagés.

Il existe déjà à un premier degré une **ambiguïté entre les termes** de couverture du sol et d'utilisation du sol. La couverture ou occupation du sol décrit les caractéristiques physiques de l'environnement, telles que la morphologie du terrain ou la quantité et le type de végétation (Meyer et Turner, 1994). L'utilisation du sol dénote la fonction que l'homme attribue à une portion d'espace, que ce soit l'habitation, l'agriculture, la sylviculture, les

transports ou encore les loisirs (*ibid.*). La nuance entre ces deux termes est précisément la même que celle qui distingue les notions de milieu et de territoire. Cependant, si cette différence est évidente d'un point de vue théorique, elle l'est beaucoup moins dans la pratique. En effet, la couverture et l'occupation du sol ne sont pas toujours clairement dissociables dans l'analyse des données territoriales (OFS, 1998). Le problème est que, si une classe d'utilisation du sol correspond généralement assez bien à une seule classe d'occupation du sol, l'inverse n'est pas vrai (Meyer et Turner, 1994). Toutefois, une fonction territoriale peut faire intervenir plusieurs types de couverture du sol, à l'image du sylvo-pastoralisme. D'un point de vue de l'évolution du territoire, si un changement d'utilisation du sol induit la plupart du temps une modification de la couverture, cette dernière peut aussi bien se transformer sous l'effet d'une dynamique environnementale intrinsèque, sans que l'utilisation du territoire en soit changée. Vu la complexité des relations entre ces deux concepts, rares sont les relevés qui proposent un système de classification hiérarchique allant de la couverture à l'utilisation du sol.

Toute la difficulté de l'interprétation des transformations territoriales et paysagères réside dans l'identification des agents modificateurs et des processus de conversion en jeu, à partir de l'observation des changements d'occupation ou d'utilisation du sol. Ces derniers, en tant que conséquences visibles de l'organisation spatiale, n'offrent toutefois que des traces partielles de l'activité territoriale (Brunet, 1974; Wieber, *in*: Roger, 1995; Eckert, 1996). De plus, il existe une **séparation à la fois spatiale et temporelle** entre les sources de changement et la manifestation de leurs effets dans l'espace (Meyer et Turner, 1994). Un type de pression a des conséquences variables sur des environnements différents (*ibid.*) et peut prendre du temps à se concrétiser dans le territoire (McNeil, *in*: Meyer et Turner, 1994). Cette inertie rend la dynamique d'autant plus difficile à évaluer que l'environnement évolue sous l'influence de ses propres règles, même sans l'effet d'une perturbation humaine. L'enjeu est de pouvoir distinguer les évolutions temporaires des nouvelles réalités territoriales, et d'identifier leur origine, naturelle ou artificielle (*ibid.*). Le pas supplémentaire consiste à réussir à traduire les effets spatiaux en termes environnementaux et paysagers et d'interpréter leurs rétroactions auprès de la société.

L'évaluation des changements territoriaux pose par ailleurs le problème de la norme d'appréciation, avec tout ce que cela implique de subjectivité dans le jugement (Eckert, 1996). Une **approche descriptive et objective** constitue un premier pas. Ainsi, la première question à laquelle il faut répondre consiste à déterminer le type et la localisation des transformations («de quoi vers quoi passe-t-on et où»). Il s'agit en particulier de distinguer les conversions, c'est-à-dire les remplacements d'une classe d'occupation du sol par une autre, des modifications internes, signifiant une intensification ou une extensification des pratiques territoriales (Meyer et Turner, 1994). Cependant, l'observation factuelle des types d'activités et des changements qui surviennent dans l'espace n'est pas un critère suffisant pour mesurer l'état du territoire (Eckert, 1996). Les analyses statistiques simples entre les différents facteurs en jeu s'avèrent généralement limitées et peuvent parfois

même se montrer trompeuses (Skole, *in*: Meyer et Turner, 1994). D'autres indicateurs permettent d'enrichir la compréhension de la dynamique. Ainsi, l'intensité (ou magnitude) décrit le taux de changement en termes de surface et de durée. Du point de vue spatial, cela se traduit à la fois par la superficie totale des transformations mais aussi par le degré de fragmentation du territoire, car l'effet d'un changement d'occupation du sol est différent selon qu'il affecte une zone de manière compacte ou sous la forme de petites entités distinctes (*ibid.*). Du point de vue temporel, certains changements sont temporaires, comme dans le cas des systèmes d'assolement par exemple, alors que d'autres sont permanents et parfois même irréversibles (Rockwell, *in*: Meyer et Turner, 1994). Cependant, la prise en compte de ces éléments dépend largement du type et de l'échelle des données utilisées pour l'analyse. La quantification de la fragmentation requiert une bonne information de la distribution spatiale des différentes classes d'occupation du sol. De même, l'intégration de la dimension temporelle nécessite d'avoir à disposition une collection de données qui permettent de mesurer l'apparition et la permanence des processus.

L'évolution du territoire doit également être envisagée **en termes qualitatifs**, en évaluant par exemple le degré de transformation de l'occupation du sol ainsi que ses implications. La conversion d'une zone de culture en pâturage n'a pas la même valeur que si elle est artificialisée. Si cette différence apparaît évidente, il est par contre difficile de la caractériser, encore plus de la quantifier. En effet, l'abandon d'un pâturage au profit de la forêt est-il un changement plus grand que l'intensification de la pâture ? La réponse dépend du point de vue selon lequel on se place. C'est pourquoi les changements doivent être envisagés en fonction des conséquences qui en découlent (McNeil, *in*: Meyer et Turner, 1994), en réponse aux objectifs fixés. Ils doivent être évalués en termes de coûts sociaux, sur la démographie et l'emploi par exemple (Eckert, 1996), et en termes de coûts environnementaux (Graetz, *in*: Meyer et Turner, 1994). Eckert (1996) avance la notion de performance du système territorial, dans laquelle on mesure l'adéquation entre l'activité de celui-ci et l'organisation de l'espace. Il s'agit par exemple d'observer, à partir des transformations en cours, les rapports entre les effets positifs et négatifs et de mesurer les frottements pour déterminer la vitalité et la faculté d'adaptation du système. Encore une fois, l'évaluation de cette performance est relative et fait intervenir différents niveaux de perception. La base nécessaire pour mettre en place un modèle dynamique d'évaluation du territoire passe par l'appréciation des changements dans l'espace physique ainsi que l'appréciation des valeurs culturelles liées à la perception sociale de ces modifications (Craik et Zube, 1976).

SOURCES D'INFORMATION

APERÇU DES PRINCIPAUX TYPES DE DONNÉES DISPONIBLES

Les informations les plus utilisées dans la gestion du territoire correspondent à des jeux de **données en mode vecteur**. Qu'elles relèvent du cadastre, de

l'aménagement du territoire (plans d'ensemble, plans d'affectation, aperçus de l'état de l'équipement, etc.) ou d'inventaires sectoriels (relevés de végétation, inventaires des milieux naturels, etc.), ces sources traditionnelles d'informations offrent une description détaillée du territoire. La Suisse dispose d'un type de données particulier, à savoir le modèle numérique du territoire (Vecteur 25). Ce dernier constitué au niveau fédéral (Swisstopo, 2004), restitue les objets naturels et artificiels de l'ensemble du pays, sous la forme de 9 couches thématiques couvrant les différents types de couverture du sol et de réseaux (transports, cours d'eau). Cette information très riche, basée sur les cartes topographiques nationales, fournit un instantané du territoire.

L'**imagerie** apparaît comme une autre importante source de données spatiales, non seulement pour décrire le territoire, mais aussi pour prendre en compte sa dynamique. La variété des types d'images répond cependant à différents objectifs, selon la résolution, la fréquence d'acquisition et la disponibilité de celles-ci dans le temps. Les photographies aériennes offrent une résolution de l'ordre de 20-50 cm et sont disponibles pour la Suisse à partir des années 1930. Les prises de vues sont répétées par la Confédération tous les 6 ans et s'avèrent donc particulièrement intéressantes pour retracer l'évolution du territoire à moyen terme. Les satellites d'observation, dont les plus anciennes images remontent aux années 1970 (Landsat), privilégiaient traditionnellement soit la résolution spatiale, soit la répétitivité des prises de vue (Skole, *in*: Meyer et Turner, 1994). Les satellites NOAA, par exemple, fournissent plusieurs fois par jour des images à faible résolution spatiale, de l'ordre du kilomètre. A l'inverse, les missions Landsat, SPOT ou Terra-Aster procurent des données d'assez haute résolution (de 10 à 90 mètres) qui sont mises à jour environ une fois par quinzaine. Cependant, depuis la fin des années 1990, les satellites Quickbird et Ikonos offrent des images à très haute résolution, de l'ordre de 1 mètre, tous les 2 à 3 jours. Ce genre de données est particulièrement adapté pour l'analyse des effets d'événements ponctuels sur le territoire (tempêtes, feu, etc.) ainsi que dans le cadre d'observatoires de la ville et de l'environnement.

Notons que des **sources de données secondaires** sont dérivées de l'imagerie aérienne et satellitale, telle que la statistique de superficie de la Suisse, l'enquête TERUTI du Ministère français de l'agriculture et de la pêche ou encore le projet européen CORINE Land Cover. Notons que ces modèles interprétés du territoire reposent sur une nomenclature mixte, qui regroupe à la fois des informations sur l'occupation et sur l'utilisation du sol.

A côté de ces données spatialisées, reflétant de manière très formalisée le territoire de la période contemporaine, il n'est pas évident d'obtenir des **informations qualitatives** sur le fonctionnement de la société ou l'évolution à long terme de l'utilisation du sol, malgré l'intérêt évident qu'elles représentent pour le diagnostic. En effet, les renseignements concernant les aspects économiques et sociaux du territoire, sont beaucoup plus difficiles, voire impossibles, à obtenir (Gorgeu et Jenkins, 1995; Eckert, 1996) et nécessitent parfois d'être acquis par des méthodes d'enquête. Par

ailleurs, l'absence d'archives permettant de renseigner précisément l'histoire des formes d'utilisation de l'espace, particulièrement dans les régions rurales où la tradition orale a longtemps été la règle, est un phénomène largement répandu (Société jurassienne d'émulation, 1979). Le recours à des documents iconographiques (plans, dessins, peintures, photographies), à des monographies ainsi qu'à des documents d'études permet d'acquérir une vision du passé.

DONNÉES RETENUES

La Suisse dispose de plusieurs **relevés de l'occupation du sol** depuis le début du XX^e siècle. Différents jeux de données ont été constitués pour les années 1912, 1923/24, 1952 et 1972, sur la base de la mensuration cadastrale et complétés, en l'absence de cadastre, par des relevés cartographiques. Outre l'origine mixte des données de référence, les décalages temporels entre celles-ci et l'échantillonnage lui-même amènent des biais dans la description du territoire. Ces échantillonnages comportent de plus l'inconvénient de reposer sur un nombre limité de modes d'occupation du sol, de ne pas couvrir l'ensemble du territoire suisse et d'être hétérogènes du point de vue de la méthodologie d'acquisition. Ils ne peuvent donc être comparés entre eux dans une perspective d'analyse de la dynamique (OFS, 1999b).

Les données retenues pour caractériser le territoire de l'Arc jurassien et son évolution récente sont celles de la **statistique suisse de superficie**. Elaborées à partir des années 1980 par l'Office fédéral de statistique, elles fournissent une information exhaustive et détaillée qui est plutôt orientée sur l'utilisation du sol et dont la mise à jour, garantie par la Confédération, est actuellement prévue selon un cycle de 12 ans (OFS, 1998). Elles reposent sur un échantillonnage, réalisé en superposant une grille hectométrique régulière sur les images aériennes servant à l'établissement des cartes nationales par l'Office fédéral de topographie. Contrairement au premier relevé géoréférencé de 1972, dont la classification se basait sur l'occupation prédominante du sol à l'hectare, l'attribution de chaque catégorie de la nouvelle statistique se fait au point d'échantillonnage. Cette méthode permet de ne pas sous-estimer les éléments ponctuels et linéaires, largement négligés dans les inventaires antérieurs. Le voisinage immédiat du point d'échantillonnage est cependant pris en compte dans certains cas, pour permettre par exemple de spécifier la densité du couvert forestier. Chaque catégorie est déterminée sous stéréoscope par un opérateur et validée par un second spécialiste. En cas de désaccord, la solution est discutée entre eux et, le cas échéant, découverte sur le terrain. Cette méthode assure ainsi une très grande fiabilité statistique aux données. Elle est de plus reproductible, ce qui permet de quantifier les évolutions au cours des années.

Pour cette étude, nous avons utilisé les **deux jeux de données** de la statistique de superficie disponibles à ce jour. Ils couvrent chacun 6 ans, durée nécessaire pour mettre à jour la couverture photographique de l'ensemble du pays. Le premier représente la période 1979/85 et sa mise à

jour les années 1992/97; chaque jeu contient plus de 475'000 points sur l'ensemble de l'Arc jurassien.

Pour appréhender la dynamique territoriale de l'Arc jurassien sur le long terme, dans une perspective historique, nous avons eu recours à deux **monographies** qui constituent des ouvrages de référence (Rieben, 1957; Société jurassienne d'émulation, 1979).

MÉTHODOLOGIE

APERÇU DES PRINCIPAUX MODES D'AGRÉGATION THÉMATIQUE

Les relevés de l'utilisation du sol présentent en général un nombre assez conséquent de catégories différentes, vecteur d'une grande richesse informationnelle qu'il est toutefois difficile d'exploiter. L'agrégation permet de lever, au moins en partie, les **difficultés de traitement et de représentation** des données en réduisant leur complexité en même temps que les incertitudes de l'échantillonnage, provenant de l'interprétation de classes d'utilisation du sol parfois mal reconnaissables sur les photographies aériennes (OFS, 1999b).

Les critères d'agrégation thématique des données dépendent de l'**étendue de la zone d'analyse** et de la problématique envisagée. D'après la loi binomiale, les données sont d'autant plus représentatives qu'il y a d'occurrences dans chaque classe. Ainsi, l'agrégation doit être d'autant plus importante que la région d'étude est petite (Miserez *et al.*, 1999). La méthode d'agrégation dépend, en plus du facteur d'échelle, de la **problématique de recherche**. Le type et la précision des données doivent être pertinents en regard de la thématique étudiée. En effet, l'examen de l'évolution de la forêt requiert une information détaillée concernant la densité du couvert, qui n'est pas fondamentale dans l'étude du développement urbain par exemple. Bien qu'orientés par l'objet d'étude, les regroupements doivent reposer sur une bonne compréhension de la classification initiale. La **méta-donnée**, qui décrit à la fois le contenu thématique et la variabilité spatiale des différentes catégories, joue par conséquent un rôle primordial dans le processus d'agrégation.

MODE D'AGRÉGATION THÉMATIQUE RETENU

Les données de la statistique suisse de superficie sont disponibles en 74 classes pour les besoins de la recherche. Ce nombre élevé de catégories nécessite le recours à des procédés d'agrégation, afin de valoriser au mieux l'information qu'elles contiennent.

En tant que territoire rural, le Jura est ici envisagé du **point de vue de l'utilisation agricole et forestière du sol** et de son évolution durant ces dernières décennies. La nette domination de ces affectations nous a poussé à maintenir un haut niveau de détail dans la définition des catégories agricoles et forestières et de regrouper les catégories plus diffuses dans l'espace, telles que les zones humides ou artificialisées.

Plusieurs agrégations ont été utilisées en fonction des besoins et des objectifs poursuivis. Une première classification en **23 catégories** a été faite pour conserver les particularités des zones agricoles et de forêts. Les pâturages boisés, constituant un élément caractéristique du Jura, n'apparaissent pas explicitement dans les données de base. Ils se retrouvent cependant partiellement dans plusieurs catégories, telles que les forêts clairsemées sur Surface Agricole Utile (SAU), les groupes d'arbres sur SAU, les pâturages et les alpages³. Celles-ci ont donc été maintenues. Une seconde agrégation en **10 classes** a été choisie dans le cadre d'un découpage de l'Arc jurassien en sous-régions, pour faire ressortir les changements majeurs dans l'utilisation du sol. Les agrégations utilisées sont détaillées dans le tableau en *Annexe III*.

APERÇU DES PRINCIPAUX MODES D'AGRÉGATION SPATIALE

De nombreuses méthodes de découpage sont imaginables et se différencient par les modèles de sélection utilisés, l'étendue considérée, l'échelle d'analyse ou encore les objectifs visés. Une typologie est ici esquissée en fonction des critères de délimitation des régions.

Le premier type de découpage, traditionnel, repose sur la délimitation d'**unités administratives**. Le territoire suisse est ainsi structuré de manière hiérarchique en cantons, districts et communes. Si cette classification est la plus évidente, du fait du haut degré d'identification de la population aux structures institutionnelles (Schuler et Joye, 1997), elle peut poser quelques problèmes de pertinence pour l'analyse de processus territoriaux. En effet, quelle que soit l'échelle d'observation, les unités spatiales définies ici sont extrêmement hétérogènes, en termes de nombre d'habitants, de superficie, de configuration spatiale ou encore de fonctions politiques et économiques. Vu son côté très composite, ce genre de découpage est peu utilisé dans la littérature. On lui préfère des approches qui prennent mieux en ligne de compte les spécificités géographiques du territoire.

La différenciation du territoire en **espaces naturels** constitue un second type de découpage. Les conditions géologiques, pédologiques, morphologiques, climatiques ou encore écologiques sont ici les critères principaux de détermination des zones, indépendamment des limites institutionnelles. Ce genre d'approche, particulièrement adapté pour des problématiques environnementales, l'est moins pour examiner la dynamique territoriale, dans la mesure où celle-ci est largement influencée par des facteurs anthropiques.

Une autre possibilité est de partitionner le territoire sur la base de **critères sociaux**. Le découpage de la Suisse en régions linguistiques est une approche macro-régionale classique, qui permet de faire ressortir des

3. Dans la statistique suisse de superficie, la SAU n'est pas prise au sens strict tel que défini dans l'Ordonnance sur la terminologie agricole et la reconnaissance des formes d'exploitation (OTerm), laquelle exclut les surfaces d'estivage et les exploitations saisonnières. Il faut plus généralement l'entendre ici comme une zone d'exploitation affectée à la production végétale.

clivages culturels parfois assez révélateurs. De même, la classification des communes suisses selon les confessions, bien qu'elle ne soit plus aussi significative que par le passé, est une manière de caractériser le territoire. Il existe bien d'autres critères pour décrire le territoire d'un point de vue social, que ce soit sous l'angle de l'éducation, de la santé, des migrations ou encore du travail, mais ils sont le plus souvent envisagés dans une perspective économique.

Les **approches fonctionnelles** du territoire reposent sur des regroupements d'unités spatiales ayant des structures similaires, des intérêts ou des problèmes communs ou des interactions fortes entre elles. Par exemple, les régions de marchés de l'emploi, basées sur l'observation des réseaux de pendularité des années 1960, définissent les zones d'influence de pôles de croissance (Rotach, 1973). Les centres urbains, particulièrement structurant dans l'organisation du territoire, ont par ailleurs fait l'objet d'une classification en agglomérations, sur la base des données du recensement fédéral et de liens de continuité du bâti (Schuler, 1984). Un découpage en zones de transport est également disponible à l'initiative de la Conception globale suisse des transports (CGST) et développé dans le cadre du Programme National de Recherche PNR41 dans le but de poser les bases d'une politique durable dans le domaine pour le XXI^e siècle (Walter, 2001). Cependant, ces exemples sectoriels sont principalement axés sur le contexte urbain et l'opposition ville-campagne.

Certains découpages relèvent directement de la mise en place de **politiques territoriales**, dans une perspective de développement harmonieux du territoire, notamment par des modes de soutien aux régions défavorisées. Face au renforcement des disparités économiques régionales, des instruments de gestion basés sur des partitions adaptées du territoire ont été mis en place en Suisse. Ainsi, les régions d'aménagement du territoire (RAT), définies selon des critères de polarisation autour des centres, répondent principalement à un souci de planification coordonnée de l'habitat, des transports régionaux et des infrastructures techniques ainsi qu'à un objectif de réglementation de l'utilisation du sol. La Loi sur l'aide en matière d'investissements dans les régions de montagne (LIM, 1974) a abouti à la délimitation de régions dans les zones périphériques des Alpes et du Jura qui nécessitent une aide au développement. Prenant comme point de départ les RAT, elles se fondent sur un modèle centre-périphérie et le concept des pôles de croissance, partant du principe que le renforcement des centres régionaux a des effets en retour sur l'ensemble de la zone. Des critères fonctionnels (à la fois sociaux et économiques), démographiques, ainsi que géographiques interviennent dans la définition des régions LIM. Les régions dont l'économie est menacée (arrêté Bonny, 1978), ont été déterminées dans les zones fragiles comme les espaces mono-industriels ruraux, pour lesquelles des soutiens à des projets d'innovation, de diversification et de création d'emplois sont consentis. Les régions transfrontalières, créées à l'instigation du Conseil de l'Europe, ont pour objectif une coopération internationale en matière d'aménagement et d'organisation des espaces nationaux contigus, à l'image de la *Regio Basiliensis* ou du Conseil du Léman.

Les exemples exposés ici, de par leurs spécificités, présentent des limites pour l'analyse. Bien que basées sur des critères aussi bien naturels, culturels que structurels, ces délimitations sont centrées sur l'**identification d'entités individuelles** dans une optique de valorisation de celles-ci (approche *bottom-up*) plutôt que sur un découpage régional cohérent de l'ensemble du territoire (approche *top-down*). Elles offrent par conséquent une couverture partielle du territoire ainsi qu'une partition assez hétérogène de celui-ci, rendant dès lors les comparaisons difficiles.

Certains exemples de **découpage mixte**, basé sur différents types de critères, offrent une partition du territoire qui fait sens à plusieurs niveaux. Ainsi, les régions agricoles suisses sont délimitées par rapport à l'altitude et aux conditions de vie et de production. Elles se subdivisent en plus petites zones en fonction de critères topographiques, climatiques et d'accessibilité. En même temps qu'elles décrivent le territoire en termes topographiques, sociaux et fonctionnels, ces entités servent de base aux mesures de politique agricole, comme les restrictions liées à la production et les contributions relatives aux conditions difficiles d'exploitation, aux prestations écologiques et à l'entretien du paysage (OFAG, 2002). Ce découpage dépasse ainsi le simple cadre sectoriel et fait référence à une véritable politique régionale. Les régions de mobilité spatiale (MS) définies dans le PNR5 (1982) constituent des espaces de référence déterminés selon un modèle de microrégions fonctionnelles. Ce système reprend les principes de découpage des régions RAT et LIM, mais il couvre l'ensemble du territoire et assure un niveau de comparabilité entre les unités grâce à de nouveaux procédés d'agrégation qui prennent aussi bien en compte les régions de montagne que les espaces urbains. Bien que son degré d'institutionnalisation soit faible, son utilité réside dans sa valeur pour expliquer les phénomènes sociaux et spatiaux (Schuler et Joye, 1997). A plus petite échelle, les régions REMP (Recherches et études des moyens publicitaires) correspondent à des espaces définis d'un point de vue de la langue, des conditions morphologiques ainsi que des limites administratives ou d'agglomérations. Cette dernière méthode est particulièrement adaptée pour la réalisation d'enquêtes et de sondages.

Le dernier mode de classification examiné ici repose sur la méthode du **carroyage**. Elle propose un modèle de l'espace indépendant de toute réalité physique, sociale, économique ou politique. Elle se base sur une sémantique de découpage du territoire en cellules plutôt qu'en objets, dans lesquelles l'information de niveau supérieur est agrégée et représentée par un code numérique. Dans un système à mailles régulières, chaque cellule constitue ainsi une unité statistique qui peut être traitée par différents opérateurs de calcul et comparée à toutes les autres. Cette méthode, caractéristique du mode raster, permet d'analyser des phénomènes à une résolution plus fine que celle des communes, considérée généralement comme la plus petite entité territoriale.

MODES D'AGRÉGATION SPATIALE RETENUS

Afin de pouvoir procéder à une analyse régionale de la dynamique territoriale de l'Arc jurassien qui intègre les transformations fines, nous avons adopté **deux découpages**. Le premier, en zones agricoles, est approprié pour analyser à moyenne échelle les transformations d'un territoire principalement rural où l'agriculture tient une place importante, et qui est caractérisé par différents étages altitudinaux. On peut dès lors s'attendre à des processus d'évolution différenciés entre les zones de plaine et de montagne, reflétant les adaptations du territoire aux multiples enjeux de notre société. Si cette analyse devait être réalisée pour le Moyen-Pays, on préférerait sans doute à cette solution la délimitation en régions MS. Le second type de découpage, qui repose sur l'organisation de l'espace en cellules homogènes par une technique de fenêtrage, correspond à un modèle mathématique de matrice, qui permet de traiter des séries de données avec des opérateurs de type arithmétique, statistique ou booléen. Il offre de plus un potentiel de représentation cartographique intéressant, exploré plus loin.

Agrégation par zones agricoles

Selon l'Ordonnance sur le cadastre de la production agricole et la délimitation de zones, la Suisse est intégralement découpée en régions agricoles de plaine, de montagne et d'estivage, les lacs en étant exclus. Celles-ci sont encore divisées en zones agricoles, sur la base de **critères spatiaux variés**. Initialement, la limite entre les régions de plaine et de montagne fut fixée à 800 mètres. Pour les besoins particuliers de la production animale, la région de montagne fut divisée en 3, puis 4 zones. Cette segmentation fut faite en fonction de conditions topographiques (altitude, déclivité, exposition, ombrage, accidents de terrain) et climatiques (fréquence des gelées), influençant la durée de végétation, et d'après des critères de desserte des surfaces à partir du village le plus proche. Face aux progrès de la mécanisation des années 1960, la région de plaine fut divisée à son tour pour mieux prendre en compte les spécificités locales du terrain. Ainsi, une zone de transition dite des collines fut créée sur des critères identiques à ceux des zones de montagne, en particulier la pente et les conditions pédologiques. Afin de promouvoir la production de céréales panifiables dans les régions périphériques de culture des champs, une zone intermédiaire et une zone intermédiaire élargie furent introduites pour mieux intégrer les difficultés liées à l'exploitation et à la récolte. Le reste de la région de plaine, sans difficulté apparente du point de vue agricole, devint la zone de grandes cultures. Les surfaces affectées à l'économie alpestre et exploitées selon un mode traditionnel firent l'objet d'une classification en région d'estivage. Ces zones d'exploitation saisonnière, bénéficiant de contributions plus faibles que les SAU, furent créées à la fin des années 1990 par crainte que l'utilisation des surfaces s'intensifie (OFAG, 2001). La couche de données des limites des zones agricoles, numérisée à l'échelle du 1:25 000, est disponible sous la forme de polygones dans GEOSTAT (OFS).

Les zones agricoles de l'Arc jurassien se caractérisent par une **répartition assez équilibrée**, et néanmoins une **structure spatiale complexe**

(Figure 15). Les zones de montagne occupent respectivement 17.0% du territoire pour la zone I et 26.5% pour la zone II. Celles-ci sont principalement localisées dans la Haute Chaîne, couvrant la majeure partie du canton de Neuchâtel, du Jura bernois, des Franches-Montagnes et du Clos-du-Doubs ainsi que des bandes longitudinales dans les cantons de Vaud, Soleure, Bâle-Campagne et Argovie. Etant donnée l'altitude relative du massif jurassien, la zone de montagne III est peu étendue (1.9%) et se limite à quelques endroits au relief difficile près de la Brévine, des Hauts-Geneveys, de Villiers, d'Orvin, de Loveresse ou encore entre Tavannes et Oberdorf. La zone IV est absente de l'Arc jurassien. La zone des collines, située dans le piémont et surtout dans le Jura tabulaire oriental, correspond à 18.2% de l'ensemble de la surface. La région d'estivage, occupant 9.8% du territoire, est principalement localisée dans le canton de Vaud, entre le district de Nyon et celui de Grandson, ainsi que dans une enclave autour du Chasseral. Les zones intermédiaires s'étalent sur 14.6% du territoire et sont comprises dans les districts de Porrentruy, Delémont, du Val-de-Ruz et de Laufen ainsi qu'au pied du massif et dans le Jura tabulaire alémanique. Les terres localisées dans la zone de grandes cultures, situées aux frontières bâloises et argoviennes avec l'Allemagne, dans la moitié Sud du canton de Schaffhouse ainsi qu'au pied de la chaîne, occupent 11.8% du massif.

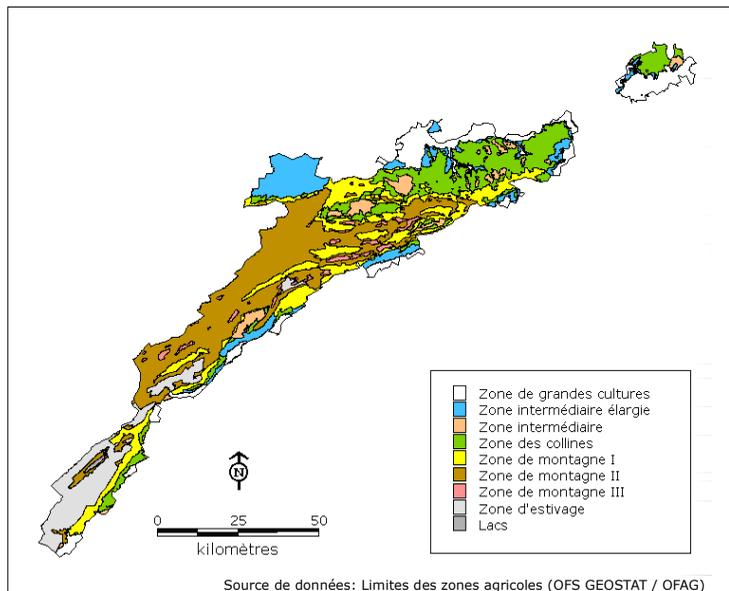


Figure 15: Délimitation des zones agricoles selon le cadastre de la production agricole.

Agrégation par cellules

Cette approche ne repose pas sur un découpage prédéfini de l'espace, mais sur la création d'unités de référence régulières et dynamiques appelées

fenêtres glissantes («*moving windows*»), qui renseignent sur la variabilité locale des propriétés de l'espace (Eurostat, 2000). Contrairement aux techniques de filtrage utilisées en analyse d'image qui procèdent à une agrégation thématique tout en conservant la même résolution spatiale, la technique des fenêtres glissantes consiste en un rééchantillonnage de l'information, c'est-à-dire à une agrégation à la fois spatiale et thématique (généralisation). Cette démarche permet de représenter l'information de manière plus uniforme et à un niveau de détail plus élevé que la méthode basée sur les unités géographiques, dont les résultats dépendent largement de la surface des entités considérées (Figure 16).

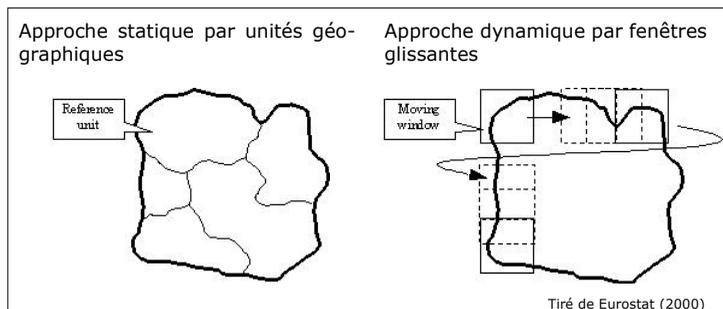


Figure 16: Approches statique et dynamique pour l'analyse et la cartographie d'une information complexe.

La technique de fenêtrage dépend de deux paramètres principaux de convolution: la taille de la fenêtre et la valeur d'incrément de son déplacement. Logiquement, les résultats de l'agrégation varient considérablement en fonction de la **taille de la fenêtre**. Plus cette dernière est grande, plus la probabilité que l'ensemble des différentes catégories thématiques soit représenté dans chaque fenêtre est élevée. A trop faible résolution, les différences régionales sont donc nivelées. A l'inverse, plus la taille de la fenêtre est petite, plus sa diversité interne sera limitée. Une haute résolution accentue ainsi les particularités locales, au risque d'amener une trop grande différenciation du territoire. La taille de fenêtre qui présente la plus grande étendue entre le minimum et le maximum de diversité thématique est par conséquent l'optimum (Figure 17). Elle est définie de façon empirique, en fonction de la dimension de la région d'étude et du nombre total de catégories (Eurostat, 2000).

Le **déplacement des fenêtres** peut se faire de façon contiguë (par blocs) ou de manière à ce qu'elles se recouvrent partiellement. Cette dernière possibilité est un cas particulier dans lequel l'agrégation thématique est faite à une résolution différente de l'agrégation spatiale. Pour un taux de recouvrement de 50%, la nouvelle maille correspond au quart de la fenêtre d'analyse (Figure 18).

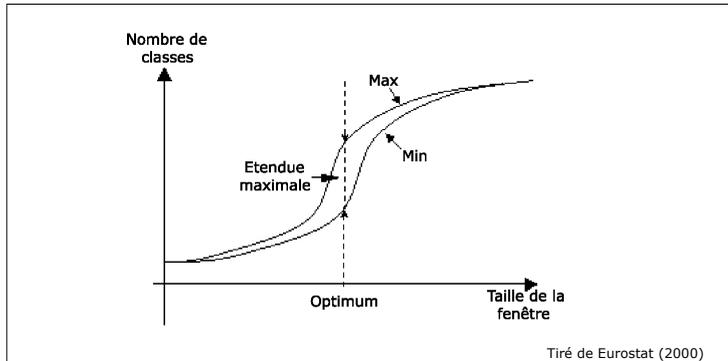


Figure 17: Relation entre la taille de la fenêtre et la diversité thématique dans une approche par fenêtres glissantes.

Le **recouvrement des fenêtres** est utilisé pour obtenir une plus grande différenciation spatiale à partir d'une maille d'agrégation thématique déterminée. Cependant, il convient d'être vigilant dans l'interprétation des résultats puisque les fenêtres voisines se basent en partie sur des données communes. De plus, l'option de recouvrement nécessite un temps de calcul plus long.

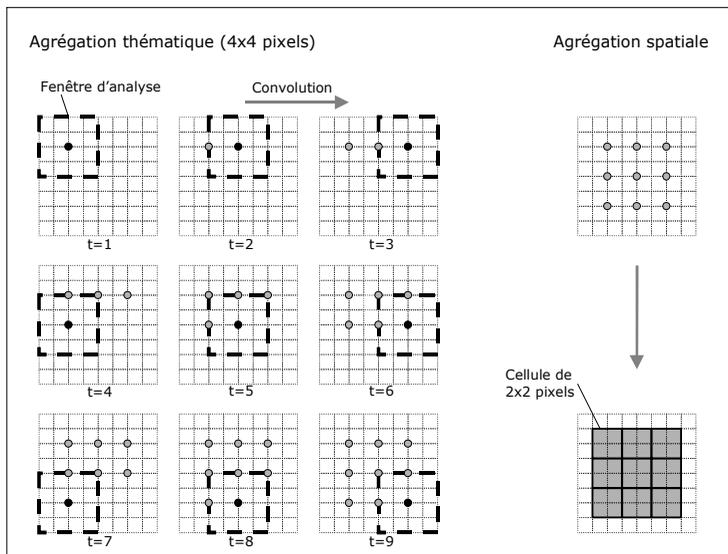


Figure 18: Exemple de processus de convolution avec un taux de recouvrement de 50%.

La taille de fenêtre la plus appropriée pour notre problématique a été déterminée empiriquement. Plusieurs résolutions ont été testées sur la couche de données de l'utilisation du sol, classée en 23 catégories (*Figure 19*). C'est finalement la **maille de 2x2 kilomètres** (400 points d'échantillonnage) qui a été retenue. Cette agrégation présente en effet un maximum de contraste entre les cellules, du point de vue de leur diversité. Celles-ci contiennent entre 3 et 18 catégories d'occupation du sol différentes, réparties selon une loi normale. L'agrégation en fenêtres de 3x3 kilomètres présente une particularité: globalement, la distribution s'échelonne entre 1 classe (diversité nulle) et 20 classes par fenêtre. Cependant, plus du 99% est compris entre 8 et 20 classes, ce qui donne à cette agrégation une étendue inférieure à celle sélectionnée.

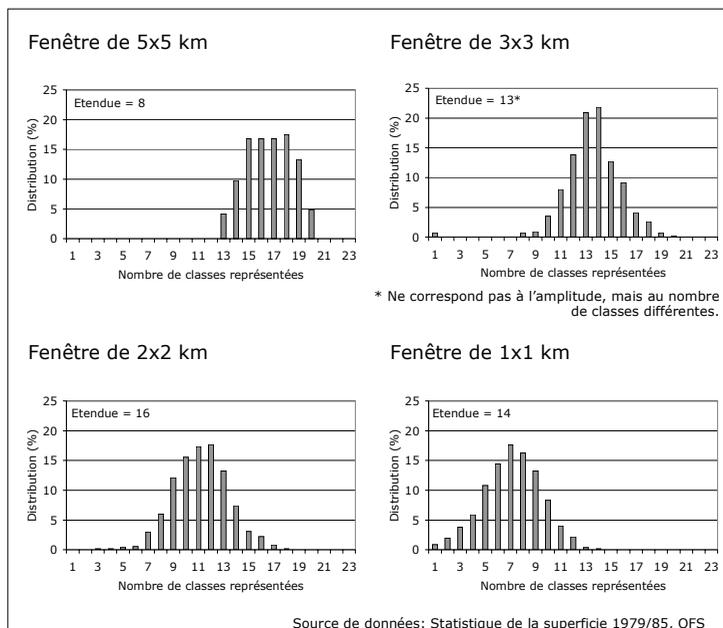


Figure 19: Comparaison de différents types d'agrégation.

Afin de faciliter l'interprétation des résultats et de minimiser les temps de calcul, la méthode de **déplacement des fenêtres par blocs** a été choisie. De plus, pour assurer la cohérence des résultats, certaines précautions ont été prises. La zone d'étude a été agrandie de manière à pouvoir partout calculer des statistiques sur une information exhaustive. Cependant, des effets de bords n'ont pu être évités. En l'absence de données comparables pour la France et l'Allemagne, les fenêtres situées le long de la frontière présentent des résultats fondés sur un échantillonnage partiel et ne sont dès lors pas significatifs. Par conséquent, seules les fenêtres localisées à l'intérieur du massif et contenant un total de 400 points ont été retenues.

Le module proposé fonctionne avec des **fichiers de points**. Ce choix relève de raisons pratiques, l'application ayant été construite sur des acquis dans le contexte particulier de programmation en mode vectoriel. De plus, dans la mesure où l'information traitée est issue d'un échantillonnage, la sémantique spatiale est ainsi conservée. Cette approche permet de stocker les résultats de l'analyse sous la forme d'attributs, dans une seule couche. L'inconvénient majeur de l'approche vecteur est le temps de calcul qui peut être relativement long, selon l'étendue de la région d'étude et le type de fenêtrage utilisé. De ce point de vue, le mode raster serait plus performant.

APERÇU DES PRINCIPALES MÉTHODES D'ANALYSE

Parmi les méthodes pour décrire le territoire et le paysage, l'interprétation des formes spatiales sur le terrain ainsi que l'analyse de données en mode vectoriel sont les plus courantes.

Très courante en analyse du paysage (Gremminger et *al.*, 2001; SRVA, 2002), l'**approche de terrain** repose sur une analyse sensible des éléments du territoire. Qu'il soit de type expert ou participatif, ce genre d'approches est, malgré les efforts de formalisation, généralement très implicite et s'appuie sur des critères subjectifs. Si une partie du complexe paysager peut sans aucun doute être appréhendé de cette manière, sa portée est cependant limitée.

Un autre type d'approches devenu classique consiste à caractériser la composition et la structure du paysage, sur la base de modèles de données décrivant le territoire. Sans entrer dans les détails des **calculs de métriques spatiales** (McGarigal et Marks, 1995), ces méthodes de sensibilité écologique mettent particulièrement l'accent sur la distribution et le fonctionnement d'unités spatiales définies. Pour de plus amples informations, le lecteur se reportera aux *chapitres 1 et 2*, où ont déjà été présentées ces approches.

La dimension temporelle du territoire ou du paysage peut être abordée de deux manières, soit en termes rétrospectifs, en mettant en parallèle des séries de données diachroniques du même territoire, soit en termes prospectifs, par le biais de projections ou de simulations. La **comparaison de jeux de données** décrivant l'état de l'environnement à différents moments, tels que les inventaires de l'occupation du sol ou les recensements des formes d'utilisation de l'espace, permet, par des moyens statistiques, de définir objectivement les processus d'évolution spatiale.

Dans une perspective à la fois compréhensive et prédictive, la **simulation des effets spatiaux** peut être un pas supplémentaire dans la description et l'analyse de l'espace et de ses modes d'évolution. Ici encore, différentes techniques existent, comme les chaînes de Markov, les modèles à équations différentielles, les automates cellulaires, les modèles multi-objectifs ou encore les systèmes multi-agents (Coquillard et Hill, 1997; Eastman, 2001).

MÉTHODE D'ANALYSE RETENUE

Description de l'évolution du territoire sur le long terme

Le développement du territoire dans sa perspective historique est abordé ici par une **approche monographique**. La description rétrospective de l'Arc jurassien dans ce diagnostic de situation emprunte très largement son contenu à deux ouvrages (Rieben, 1957; Société jurassienne d'émulation, 1979), auxquels le lecteur se reportera pour de plus amples détails.

Description du territoire actuel

L'analyse factuelle du territoire repose à un premier niveau sur une **statistique descriptive simple** des données d'utilisation du sol de l'Arc jurassien pour la période 1979-85. La répartition des différentes catégories spatiales est calculée de manière générale sur l'ensemble du massif, ainsi que pour chaque région agricole.

A un second niveau et pour compléter cet aperçu général, nous avons eu recours au calcul d'**indicateurs spatiaux de diversité** pour chacune des mailles de notre système de carroyage, afin de décrire localement la composition et la structure du territoire. Ceux-ci, empruntés à l'écologie du paysage, eux-mêmes hérités du second principe de la thermodynamique, stipulent que tout système clos évolue vers un état de désorganisation croissant. L'entropie mesure le degré de désordre d'un système et permet ainsi de déterminer le sens de son évolution. La manière la plus simple de caractériser la diversité territoriale est de compter le nombre de classes d'occupation du sol par unité spatiale. Cependant, si cette mesure simple éclaire sur le degré de multifonctionnalité du territoire, elle ne renseigne pas sur la proportion relative de chaque catégorie dans l'espace. L'indice de diversité de Shannon-Weiner permet de calculer l'entropie d'une distribution à variables discrètes en intégrant à la fois les aspects de composition et de structure. Il se base sur la richesse (nombre de classes différentes) et la régularité (répartition de chaque classe) de la distribution:

$$H' = - \sum_{i=1}^C (P_i \times \ln P_i) \quad (1)$$

C = nombre de classes

Pi = proportion de chaque classe

L'indice de diversité de Shannon est nul lorsqu'une seule classe est présente. Il s'accroît lorsque le nombre de classes augmente et/ou la répartition entre elles devient plus équitable. Ainsi, pour un nombre de classes donné, il atteint son maximum lorsque chacune d'entre elles occupe la même surface (McGarigal *et al.*, 1995; Eurostat, 2000). Comme il est parfois difficile de déterminer lequel des paramètres de composition ou de structure influence le plus la valeur de l'indice, il est utile de calculer l'indice de dominance de Shannon, qui informe sur l'équilibre de la répartition entre les catégories:

$$D = \ln(C) - H' \quad (2)$$

C = nombre de classes

H' = indice de diversité de Shannon

La valeur de cet indice vaut zéro lorsque la répartition entre les classes est parfaitement homogène. Plus une classe est abondante, plus l'indice de dominance s'accroît. D'autres méthodes, tels les indices de régularité («*evenness*») de Shannon ou de Simpson, offrent des alternatives pour évaluer si une distribution est équitable.

Un **module d'analyse en fenêtres glissantes** a été développé dans *Arcview* pour permettre de calculer ces indices. En effet, les applications SIG existantes sont généralement limitées soit à l'analyse statistique de données cardinales, qui ne fait pas de sens avec des données nominales, soit à la taille des fenêtres, qui correspond aux standards utilisés pour le filtrage d'images (3x3, 5x5, 7x7) et s'avère trop petite pour notre problématique. L'opérateur doit spécifier plusieurs paramètres pour faire fonctionner l'extension. Une fois la source de données sélectionnée, il doit préciser l'attribut qui caractérise les catégories d'utilisation du sol et sur lequel les statistiques seront calculées, définir la taille de la fenêtre, déterminer s'il veut une analyse par blocs ou avec un recouvrement de 50% ainsi que le nombre minimal d'occurrences à prendre en compte. En ce qui concerne la taille de la fenêtre, sa longueur et sa largeur peuvent être différentes.

Le module commence par déterminer l'étendue géographique de la couche de données de la zone d'étude et par définir le point de départ de l'analyse dans le coin inférieur gauche de la *bounding box*. La fenêtre est déplacée de bas en haut et de gauche à droite pour couvrir l'ensemble de la zone considérée. A la sortie, l'application stocke les résultats dans une table. Elle donne pour chaque fenêtre les coordonnées x et y de leur centre ainsi que le nombre de cellules utilisées pour calculer les statistiques. Ce dernier résultat informe sur la complétude de la donnée et permet d'identifier les zones soumises à des effets de bords. Le module renseigne également sur la diversité interne de chaque fenêtre, en nombre de classes distinctes ainsi que sous la forme des indices de diversité et de dominance de Shannon. Le calcul des indices de Simpson a également inclus dans le but d'obtenir des résultats complémentaires. Finalement, il identifie les 5 classes modales et donne leur proportion dans la distribution.

Evaluation des tendances d'évolution récente

L'analyse de la dynamique territoriale repose sur la **comparaison des deux séries temporelles d'utilisation du sol** à disposition. Il est ainsi possible, à partir de la caractérisation détaillée de l'état du territoire pour la période 1979-85, d'évaluer les changements survenus jusque dans les années 1992-97. Le processus de croisement des données a été possible grâce à l'existence d'une extension développée à cet effet sous *Arcview* (Miserez,

1999). Les résultats de l'analyse sont stockés dans un table géographique à deux colonnes, la première répertoriant les différents types de changements identifiés et la seconde leur fréquence d'apparition.

La conversion de cette table en une **matrice de transition** carrée facilite la lecture des résultats. Elle permet d'obtenir pour chaque catégorie la tendance d'évolution (augmentation/diminution de la surface) ainsi que le détail des gains et pertes, sachant qu'une partie des transformations consiste en processus de délocalisation/relocalisation. Cependant, la matrice ne renseigne pas sur la répartition des changements dans l'espace.

Une réflexion a été menée pour identifier des facteurs permettant de mieux comprendre la localisation de certaines modifications spatiales. L'**effet de cinq variables géographiques sur la distribution spatiale des changements** a été évalué en fonction de deux hypothèses: (1) les transformations entre les forêts et l'agriculture, répondant à une logique d'intensification en plaine et d'extensification, voire d'abandon de l'exploitation agricole en montagne, sont fonction de critères topographiques (altitude, pente, orientation); (2) la progression de certaines catégories d'utilisation du sol, comme la forêt et le bâti, correspond à un phénomène de diffusion. Pour répondre à la première hypothèse, les changements d'affectation, dans un sens et dans un autre, entre les catégories de forêt et celles liées à l'agriculture, ont été croisés avec le modèle numérique d'altitude à 25m (MNA25, Swisstopo) et les modèles dérivés de pente et d'orientation. En ce qui concerne, l'hypothèse de diffusion, une analyse de voisinage a été réalisée, en utilisant des filtres statistiques (3x3, 5x5, 7x7) autour des nouvelles catégories boisées et bâties, pour déterminer la fréquence de forêts, respectivement de bâtiments, présents antérieurement aux alentours immédiats.

Une analyse des changements d'utilisation du sol par région agricole permet de définir les spécificités régionales de la dynamique territoriale. La construction de **schémas de transition par zones d'exploitation agricole** illustre, sur la base de la matrice des changements, les principaux processus d'évolution, en regard des différentes conditions-cadres d'exploitation.

Une approche plus localisée des modifications territoriales intervenues dans l'Arc jurassien entre 1979 et 1992 a été choisie en complément. Elle repose sur la caractérisation du **degré de transformation** de chacune des cellules du système de carroyage adopté. L'identification du type de changements dominant se base l'utilisation d'un filtre majoritaire. L'intensité ou magnitude exprime le degré de transformation par le nombre total de changements observés dans chaque cellule. Le nombre de changements différents renseigne sur la spécificité des processus, en éclairant sur leur nature sectorielle ou plus globale. Pour compléter cette description de la dynamique, une comparaison de la valeur de l'indice de diversité entre les deux séries temporelles renseigne sur le sens de l'évolution.

Evaluation des transformations territoriales en termes paysagers

Dans une démarche objectiviste d'évaluation du paysage, la dynamique territoriale peut être appréhendée sous l'angle de l'impact des changements. Au-delà de la simple caractérisation du nombre et du type de modifications survenues, l'optique est ici de traduire leurs effets au niveau du paysage.

Afin de préciser un peu le sens de la dynamique de l'indice de diversité, celui-ci a été complété par le calcul des indices de richesse et de dominance dans le but d'**expliquer les tendances d'évolution du territoire et du paysage**. Une interprétation qualitative cherche à préciser si une baisse de la diversité résulte d'une diminution de la richesse, d'une augmentation de la dominance ou des deux à la fois, et si un accroissement de la diversité est la conséquence d'une augmentation de la richesse, d'une diminution de la dominance ou d'un effet combiné des deux.

Pour compléter cette approche paysagère de la dynamique territoriale, nous avons mis en place des **indicateurs spécifiques** qui traduisent les changements spatiaux en termes d'impacts paysagers. Quatre critères ont été retenus pour caractériser les différentes classes d'occupation du sol et les transformations rencontrées:

- Premièrement, l'**ouverture** détermine le degré d'accessibilité visuelle ou au contraire d'obturation du paysage (Coeterier, 1994; Palmer et Lankhorst, 1998; Bommel et Lardon, 2000; Weinstoerffer et Girardin, 2000). Elle dépend en fait de la verticalité et du volume des unités territoriales présentes.
- Le second critère a trait à la diversité intrinsèque des différentes affectations. Ces dernières pouvant correspondre à des assemblages de plusieurs éléments paysagers, il nous a paru intéressant d'intégrer ce paramètre de **variabilité** intraspécifique, en particulier pour le confronter à l'indice de Shannon, qui renseigne sur la diversité interspécifique, c'est-à-dire en termes de classes d'occupation du sol.
- Troisièmement, l'importance de la présence humaine dans le paysage est prise en compte à travers une variable qui décrit le degré de **naturalité** ou d'artificialité de ses parties constitutives (Coeterier, 1996; Palmer, 1997).
- Finalement, le critère de **clarté** désigne le niveau de luminosité ou d'obscurité des éléments paysagers. La couleur étant une donnée subjective, variable dans le temps et de nature nominale, nous lui avons préféré l'intensité de lumière, plus facilement quantifiable. La diversité chromatique de chaque type d'occupation constitue un critère qui aurait pu également être utilisé ici.

En partant du principe qu'il existe un ordonnancement possible des classes d'occupation du sol pour chacun de ces critères, nous avons choisi de les noter en utilisant une échelle allant de 0 (très faible) à 5 (très élevé) pour les noter. Cette évaluation s'est faite de manière empirique, en se basant sur le bon sens et l'expérience. Pour vérifier la pertinence des résultats, il a été demandé à cinq personnes du milieu académique intéressées au paysage de

faire ce même exercice de **classification des catégories d'occupation du sol selon chacun des critères**. Toutes les évaluations ont été comparées et la valeur la plus extrême donnée à chaque critère pour chaque catégories d'occupation du sol a été mise de côté. Une moyenne a été calculée sur les cinq notes restantes. Les résultats arrondis ainsi que les écarts-types⁴ sont répertoriés dans le *Tableau 3*.

Code	Classe	Ouverture	Variabilité	Naturalité	Clarté
1	Forêt dense	0 (0.0)	2 (1.1)	4 (0.5)	0 (0.5)
2	Forêt clairsemée	1 (0.9)	2 (0.5)	4 (0.9)	2 (0.4)
3	Grp arbres, bosquets	3 (0.8)	3 (0.8)	4 (0.9)	3 (0.7)
4	Forêt dévastée	3 (1.2)	2 (0.8)	2 (1.1)	2 (0.9)
5	Forêt clairs. sur SAU	2 (0.8)	3 (0.5)	3 (0.9)	2 (0.5)
6	Grp arbres sur SAU	3 (1.1)	3 (0.8)	3 (1.1)	3 (0.4)
7	Végétation improd.	3 (0.5)	3 (0.8)	5 (0.0)	3 (1.1)
8	Vignes	4 (0.4)	1 (0.0)	1 (0.7)	4 (0.5)
9	Vergers	3 (0.8)	2 (0.5)	2 (0.8)	3 (0.5)
10	Horticulture	4 (0.9)	2 (0.5)	2 (0.8)	3 (1.1)
11	Prés et terres arables	5 (0.0)	2 (0.8)	1 (0.9)	5 (0.5)
12	Pâturages locaux	5 (0.0)	2 (0.5)	2 (0.9)	4 (0.5)
13	Pât. embroussaillés	4 (0.0)	4 (0.5)	4 (0.7)	3 (0.4)
14	Alpages favorables	5 (0.5)	3 (0.5)	3 (0.0)	4 (0.7)
15	Alp. embroussaillés	4 (0.5)	4 (0.5)	4 (0.0)	3 (0.5)
16	Improductif	4 (1.3)	2 (0.4)	5 (0.4)	5 (0.5)
17	Zones humides	4 (0.7)	4 (1.3)	5 (0.5)	3 (0.8)
18	Eau	4 (0.9)	1 (0.5)	4 (0.5)	4 (1.7)
19	Habitat	2 (1.0)	4 (0.7)	1 (0.5)	3 (0.4)
20	Bâti sur SAU	3 (0.9)	3 (0.9)	1 (0.5)	4 (0.4)
21	Industries	1 (1.2)	2 (0.8)	0 (0.0)	2 (1.1)
22	Loisirs	3 (0.8)	3 (0.9)	1 (0.8)	4 (0.0)
23	Transports	4 (1.0)	2 (0.5)	0 (0.0)	4 (0.4)

Tableau 3: Valeurs moyennes et écarts-types⁴ des classes d'occupation du sol évaluées pour chaque critère d'analyse.

Ce système de notation permet d'objectiver les différentes valeurs assignées aux critères d'analyse. Les différences qui sont apparues entre les répondants sont l'effet de représentations individuelles distinctes des modes d'occupation du sol et de leur figuration paysagère. Cependant, les écarts relativement faibles observés témoignent de la **convergence des différentes opinions** vers une compréhension commune des dimensions paysagères. Ainsi, une forêt est communément admise comme un élément de fermeture du paysage (note=0-1), en comparaison à des zones de prés ou de pâturages (note=5); un plan d'eau est considéré comme moins varié (note=1) qu'une zone d'habitat (note=4); une zone construite ou aménagée

4. Les écarts-types n'ont ici pas de légitimité statistique, mais ils apportent néanmoins un éclairage sur le resserrement des valeurs.

(note=0-1) est logiquement vue comme artificielle comparée à une zone naturelle improductive (note=5); finalement, une forêt dense apparaît sombre (note=0) par rapport à un pré ou un champ (note=5).

L'utilité de caractériser les types d'occupation du sol de cette manière est de pouvoir calculer plusieurs indicateurs de changement paysager. Chaque transformation territoriale correspond potentiellement à une modification de l'ouverture, de la variabilité, de la naturalité et de la clarté du paysage. Afin de déterminer, pour un critère donné, l'impact de la dynamique sur le paysage, il suffit de **soustraire la valeur d'indicateur de la classe d'occupation du sol d'origine à celle de substitution**. Ainsi, le cas de la conversion d'une zone de SAU peu boisée vers une exploitation de prés et terres arables, signifiant une intensification des pratiques agricoles, se traduit par ailleurs par une ouverture du paysage (+2), une diminution de la variabilité des éléments (-1) et de la naturalité (-2) ainsi qu'un éclaircissement des tons (+2). Afin de déterminer les impacts de la dynamique territoriale sur le paysage, nous avons agrégé les valeurs de chacun des indicateurs en les additionnant à l'intérieur des fenêtres d'analyse.

APERÇU DES PRINCIPALES MÉTHODES DE REPRÉSENTATION SPATIALE DE L'ÉVOLUTION

La difficulté à représenter cartographiquement la dynamique territoriale tient au fait que l'information à traiter comporte plus de deux dimensions (Bertin, 1967). En plus des composantes thématique (quoi ?) et géographique (où ?), la référence temporelle (quand ?) occupe dans ce cas une place particulière. D'une manière générale, la carte exprime graphiquement la distribution d'un phénomène spatial à un instant donné, correspondant à la date à laquelle la donnée a été collectée (Monmonier, 1991). Ce mode de communication, à la fois statique et discret du point de vue temporel, pose donc des **problèmes pour visualiser des séries chronologiques**. Quand celles-ci sont quantitatives, il est possible de traduire l'évolution sous la forme d'indices ou de taux de croissance, mais avec des données nominales comme dans le cas de l'utilisation du sol, d'autres solutions doivent être envisagées.

Une première possibilité consiste en la **cartographie des changements** survenus dans le territoire. Ce type de cartes d'inventaire, présentant de manière complète les données, offre à lire plutôt qu'à voir l'information (Bertin, 1967). Il est utilisé dans le cas où la fonction de localisation précise des phénomènes spatiaux est primordiale ou comme stade préparatoire à une phase de traitement (*ibid.*). Dans le cas de la représentation de la dynamique territoriale de l'Arc jurassien, cette méthode est inutilisable car le taux de transformation du territoire est trop faible (<5%) pour qu'apparaissent clairement les changements dans l'espace. De plus, pour ne pas accentuer encore les problèmes de lisibilité de la carte, il serait indispensable d'agréger les différentes catégories de conversion, beaucoup trop nombreuses (300) pour faire sens.

Un moyen plus adapté est la **comparaison visuelle de cartes** représentant les différents jeux de données. La création d'une collection d'images ou de cartes de traitement (Bertin, 1967), qui retranscrit l'information exhaustive sur des cartes distinctes, permet d'axer l'analyse visuelle sur la ressemblance ou la dissemblance des différents états (MacEachren, 1995). Pour que les cartes soient comparables, elles doivent être conçues sur les mêmes méthodes de classification et de standardisation. De plus, cette précaution rend le message plus clair et permet au spectateur de focaliser son attention sur l'interprétation de l'information elle-même (Monmonier, 1993). Dans les cas où la donnée est très variable dans le temps, comme par exemple les relevés démographiques, on peut cependant admettre que la classification soit différente selon les distributions. Cette solution, fréquemment adoptée, est néanmoins dépendante de l'échelle d'observation et de la résolution de l'information. En effet, dans notre cas d'étude, elle est mal adaptée pour visualiser les transformations territoriales à l'échelle de l'ensemble du massif jurassien, où la comparaison des deux séries temporelles ne révélera aucune différence flagrante. En revanche, elle peut être utile pour donner un éclairage sur une zone particulière. La *Figure 20* donne un exemple de collection de cartes montrant la transformation en forêt (en vert) de certaines parties partiellement boisées (en ocre), situées en bordure de pâturages (en jaune). Les pixels d'autres couleurs représentent des zones artificialisées ou improductives.

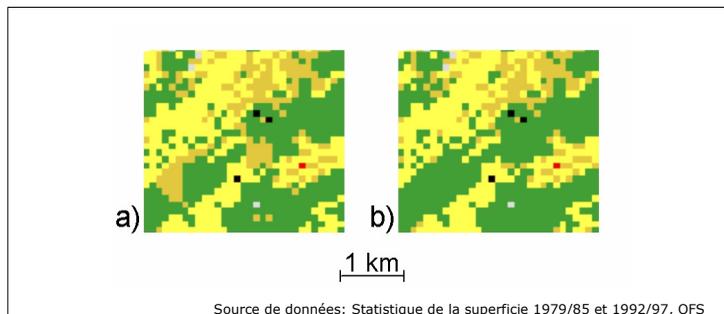


Figure 20: Exemple de collection de cartes pour une zone située dans le district de Nyon.

Des **méthodes hybrides** de représentation cartographique réunissent sur la même carte la donnée de base avec les informations sur les changements. Par exemple, l'évolution du territoire peut être symbolisée en même temps par des catégories stables décrivant les classes d'occupation du sol (culture, forêt, friche) et des catégories de changement qui rendent compte des processus de transformation, tels que le défrichement de forêt au profit de cultures (Denègre, 1988). Ce type de cartographie pose un problème de polysémie de l'information, qui amène des difficultés dans l'interprétation de la carte. Un autre exemple de représentation mixte superpose à la carte d'utilisation du sol des symboles cartographiques indiquant les différents changements (*Figure 21*).

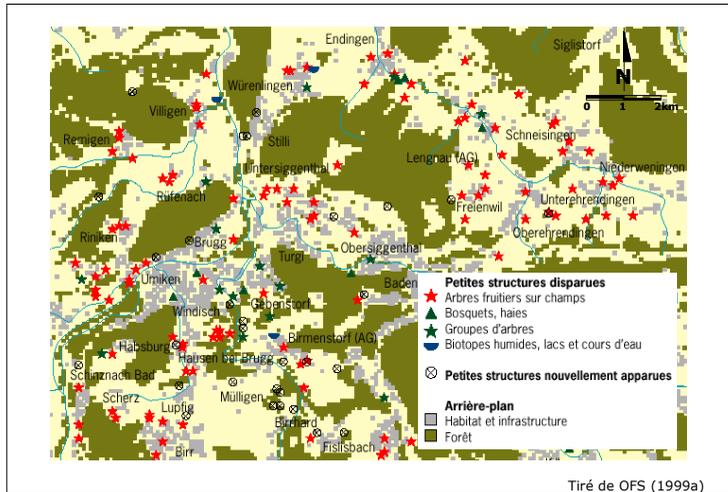


Figure 21: Exemple de cartographie mixte de l'évolution du territoire.

Cette méthode a l'inconvénient de vouloir intégrer trop d'informations sur le même support. Une telle complexité comporte le risque de transformer la représentation en «puzzle visuel», difficile à décoder pour l'observateur (Tufté, 1983). L'interprétation de ce genre de cartes est davantage verbale que visuelle.

D'autres solutions sont bien sûr envisageables, en particulier celles qui se basent sur des **représentations schématiques** et qui montrent en quelques images simplifiées l'essentiel de l'information agrégée (Bertin, 1967).

MÉTHODE DE REPRÉSENTATION SPATIALE RETENUE

La **méthode de fenêtrage** utilisée pour analyser à un niveau d'agrégation local les données d'utilisation du sol de l'Arc jurassien permet de cartographier l'état et l'évolution du territoire et du paysage. Cette approche a été préférée aux méthodes de représentation de l'information sous la forme de cartes choroplèthes, par unités administratives ou thématiques, pour les raisons d'hétérogénéité et d'échelle déjà évoquées.

La description de l'état actuel repose sur la **cartographie des indices territoriaux** de richesse, de dominance et de diversité des catégories d'utilisation du sol par cellules. Une interprétation des changements dominants à l'intérieur de chaque unité spatiale permet de représenter les principales tendances de la dynamique sous la forme de processus. En complément, la constitution d'une collection de cartes plus détaillées vient nuancer l'approche générale en localisant individuellement les différentes modifications. Pour prendre la mesure des transformations, la somme des

changements ainsi que le nombre de processus différents en jeu a été cartographié par cellule. Parallèlement, la comparaison des indices de diversité entre les deux jeux de données précise localement le sens des évolutions.

La visualisation des impacts paysagers repose sur la **cartographie des processus d'évolution et des indicateurs spécifiques**. La caractérisation des tendances dans la dynamique du paysage repose sur l'interprétation de l'évolution des indices de richesse et de dominance. Une représentation des indicateurs d'ouverture, de variabilité, de naturalité et de clarté détermine spatialement les différents effets des mutations territoriales sur le paysage.

RÉSULTATS

DESCRIPTION DE L'ÉVOLUTION DU TERRITOIRE DANS UNE PERSPECTIVE HISTORIQUE

L'Arc jurassien était recouvert au paléolithique d'une forêt mélangée assez dense sur ses contreforts, qui s'éclaircissait avec l'altitude pour laisser apparaître une zone de steppe et de toundra. Les essences principales qui composaient le paysage étaient le chêne, le noisetier et l'aulne avant qu'apparaisse et se développe le sapin blanc. Au néolithique s'installent les **premières populations**, qui connaissent déjà la culture de céréales (orge et froment) et l'élevage (boeuf, porc, mouton, chèvre). Les premières traces d'une «économie pastorale» remontent un peu avant l'âge du bronze, pendant lequel l'avoine et le cheval sont introduits. Avec la diminution de la pluviosité durant la période lacustre, le sapin blanc est remplacé par le hêtre, qui fait également reculer le chêne. Les rives des lacs sont désertées au premier âge de fer en réaction aux conditions climatiques qui se dégradent. Les populations s'installent sur les versants de la chaîne et même dans certaines vallées d'altitude, comme le Val-de-Ruz. Cette période marque le début des déboisements importants et de la lutte entre le hêtre, le sapin et l'épicéa, introduit environ 800 ans avant J.-C. Cette compétition interspécifique se prolongera pendant le second âge de fer et la colonisation romaine.

Les Romains sont considérés, grâce aux nombreux vestiges de leur civilisation, comme les premiers vrais occupants du Jura. Leur présence a marqué le **développement de la région** en apportant des voies de circulation et en faisant progresser l'agriculture. Les premières transversales importantes furent tracées à cette époque à travers le Jura vaudois pour relier la Franche-Comté. L'agriculture fut favorisée en plaine, au prix de grands déboisements. Le sol a en effet presque totalement été déboisé à l'altitude de 500 mètres. Cependant, il est probable qu'avec la décadence de l'empire romain, la forêt se soit réinstallée sur d'anciennes zones agricoles.

Les grands défrichements reprennent à l'époque carolingienne, avec l'**essor du commerce et l'augmentation de la population**. De nouvelles voies de communication sont créées, ce qui permet la colonisation des étages moyens

et supérieurs du Jura. Cette période est également marquée par la fondation de nombreux établissements religieux qui auront une influence considérable sur l'ensemble de la chaîne. Avec eux se développent les activités d'exploitation du bois qui libèrent de nouvelles surfaces pour la culture de céréales et de légumes et ouvrent de nouveaux pâturages. La colonisation et la mise en culture de terres boisées est encore renforcée dans les hauts de l'Arc jurassien par les franchises étendues accordées par les moines et les seigneurs à leurs sujets. En plus de la propriété des terres défrichées, les colons disposent ainsi du droit de faire parcourir leur bétail et de s'approvisionner librement en bois sur toutes les surfaces qui n'ont pas déjà été concédées.

C'est à partir des XI^e et XII^e siècles qu'apparaît la **première esquisse de structure territoriale** telle que nous la connaissons actuellement. Cette période voit la création de la plupart des agglomérations du Jura moyen, autour desquelles sont localisées les prairies permanentes qui, une fois les foins récoltés, sont mises à disposition des troupeaux du village. Les terrains pentus ou éloignés de l'agglomération sont occupés par la forêt. Le monde paysan est soumis à la pratique obligatoire du système triennal et du libre parcours du bétail. Avec l'existence de «communs», constitués de forêts et de pâturages collectifs, chacun a la possibilité de faire paître son bétail librement. C'est la généralisation du parcours en forêt. Suite à une poussée démographique importante, les zones de cultures s'étendent. L'invention de la charrue à versoir tractée par le cheval permet de cultiver des terres plus lourdes. Les forêts, en particulier celles constituées de hêtres, sont ainsi défrichées et le bois est utilisé pour alimenter en combustibles les artisans tels que les verriers et les producteurs de potasse.

Les défrichements massifs du bas Moyen-Âge se poursuivent pendant la Renaissance pour approvisionner en bois les hauts fourneaux et les forges. Les surfaces déboisées sont affectées à l'utilisation pastorale. L'arrivée d'anabaptistes dans le Jura va modifier le caractère du paysage dans les zones de leur établissement. Leur mode de gestion pastorale ne comprend pas de «communs», mais se caractérise par des pâturages domaniaux. Ils convertissent de grandes surfaces de pâturages en champs et en prairies, exploités par trains isolés et non pas en agglomération comme ailleurs. Cette **rationalisation de l'utilisation du sol** va donner au paysage un aspect d'ensemble sensiblement différent du reste de la chaîne.

Le XVIII^e siècle va marquer le début de la suppression progressive de la vaine pâture. Les premières limitations liées à l'usage des forêts datant du XIII^e siècle, comme les premières mises à ban, trouvent leur prolongement dans des ordonnances forestales, qui posent les **jalons d'une gestion raisonnée de la forêt**. Elles prônent notamment la forêt jardinée, la coupe réglée ou encore l'interdiction d'essarter dans les bois. Plus encore, elles limitent l'accès du bétail aux forêts de hauts crûs et marquent le début de la séparation entre forêt et pâturage. Avec la Révolution française, l'exploitation de la forêt s'est poursuivie, faisant ainsi diminuer la couverture du boisé jusqu'à 25% de la surface totale.

Le **développement des infrastructures de transports ainsi que les nouvelles orientations agricoles** du XIX^e siècle modifient le paysage jurassien. La construction de voies de communication et de chemin de fer, en permettant l'importation de charbon et de matières premières, amène une diminution de la pression exercée jusque là sur les forêts. Cependant, la présence de bétail dans les zones ouvertes empêche la reforestation. La rationalisation de l'exploitation pastorale par l'introduction de systèmes de stabulation limite sévèrement la vaine pâture, le parcours en forêt et l'utilisation des «communs». Par ailleurs, le développement de nouvelles cultures, en particulier des plantes fourragères, de la pomme de terre et des légumineuses, ainsi que le recours plus large aux engrais naturels amènent la disparition progressive de l'assolement triennal. La monoculture s'intensifie en plaine et relègue l'élevage aux zones de montagne.

Cette **spécialisation de l'activité agricole** dans le territoire s'accroît à partir de la fin du XIX^e siècle et surtout au cours du XX^e siècle. De nouvelles terres de cultures sont gagnées et la trame agricole se réorganise avec la mécanisation des activités rurales. Les zones humides et les terrains marécageux sont drainés et affectés à l'agriculture. Les différentes vagues de remaniements parcellaires permettent, à partir des propriétés très morcelées héritées du Code Napoléon, la création de plus grandes surfaces nécessaires à l'utilisation de machines de plus en plus sophistiquées. Ces pratiques ont pour effet la disparition de certains éléments structurants du paysage, telles que les haies.

Suite à la dégradation observée des forêts de montagne, la Constitution fédérale est révisée en 1874, puis en 1898, et définit la Confédération comme autorité de surveillance sur la police des forêts. La première loi fédérale sur les forêts est introduite sur cette base en 1902 pour favoriser l'action protectrice de la forêt, en maintenant sa superficie, y compris dans les pâturages boisés -lesquels sont soumis au régime forestier-, et en limitant les pratiques liées à une exploitation accessoire, comme le parcours du bétail ou l'épandage d'engrais. Pour répondre aux objectifs de **restauration des forêts**, des opérations de reconstitution des massifs sont menées, avec pour effet une uniformisation de l'aire boisée. La préférence est donnée aux résineux, en vertu de leur faculté d'adaptation, de leur résistance et des avantages économiques qui découlent de leur croissance rapide.

Un **recul de l'activité agropastorale** se produit avec l'avènement de l'industrie et des échanges commerciaux. Une sélection est pratiquée de facto parmi les estivages et l'exploitation se concentre désormais autour des chalets, sur les sols les plus productifs en herbages. Malgré la décision fédérale de 1959 supprimant le libre parcours, certaines régions essentiellement agricoles, comme Le Lieu (Vaud) ou La Sagne (Neuchâtel), ont cependant maintenu, non sans quelques modifications, une forme d'organisation spatiale traditionnelle, basée notamment sur l'utilisation commune de pâturages.

Ce survol historique de l'évolution de l'Arc jurassien, bien que très sommaire, permet de saisir les épisodes majeurs de la constitution du paysage de la chaîne. Ingrate à l'origine, dominée par des forêts de feuillus et des terres peu fertiles, celle-ci s'est lentement développée au fil des épisodes successifs de colonisation pour devenir une région agricole et industrielle constituée de forêts de conifères. Face aux conditions relativement difficiles d'exploitation des terres, ces dernières furent valorisées, sous l'influence des différents systèmes politiques, par une utilisation mixte du territoire, mêlant culture et élevage ou encore pâture et forêt sur les mêmes surfaces. Depuis la fin du XIX^e siècle, cette multifonctionnalité caractéristique des paysages jurassiens décline au profit d'une rationalisation de l'utilisation du sol: les différentes fonctions territoriales sont dissociées dans l'espace pour permettre une intensification des pratiques.

DESCRIPTION DU TERRITOIRE ACTUEL

La classification de la statistique de superficie de 1979 en 23 catégories révèle une **répartition générale caractéristique de l'utilisation du sol**. Plus de 80% du territoire jurassien est couvert par seulement 3 classes, à savoir la forêt fermée (41.4%), les prés et terres arables (29.7%) et les alpages favorables (10.4%). Ces derniers, logiquement peu répandus en plaine (4.9%), occupent 24.6% de la surface au-dessus de 1000 mètres. A l'inverse, les prés et terres arables, qui couvrent 34.9% du territoire à basse altitude, ne représentent plus que 16.1% dans le Haut-Jura. Le reste de la zone de montagne est caractérisé par des surfaces agricoles boisées (7.4%), des forêts clairsemées et des groupes d'arbres (2.6%) ainsi que par des pâturages locaux (1.1%). L'habitat et les infrastructures de transport ne représentent respectivement que 1.2% et 1.0% de la superficie. En-dessous de 1000m, le territoire est constitué à plus de 10% de zones artificialisées, les pâturages et les vergers occupant 2.5% chacun.

Des différenciations plus fines apparaissent dans la **caractérisation territoriale des régions agricoles**. Globalement, la forêt et l'agriculture occupent chacun environ 48% de la région de montagne et des collines, le reste étant principalement artificialisé. Plus spécifiquement, cette région se découpe en différentes zones, réparties schématiquement selon un gradient altitudinal. En allant vers un relief plus accidenté, l'agriculture devient plus extensive et les zones d'habitat et d'infrastructures se font plus rares. Dans la région d'estivage, le territoire est occupé à 59% de forêt, 29% d'alpages et 10% de surfaces agroforestières mixtes. En région de plaine, la moitié environ est affectée à l'agriculture. Près de 30% sont occupés par la forêt, les quelques 20% restants étant artificialisés (*Figure 22*).

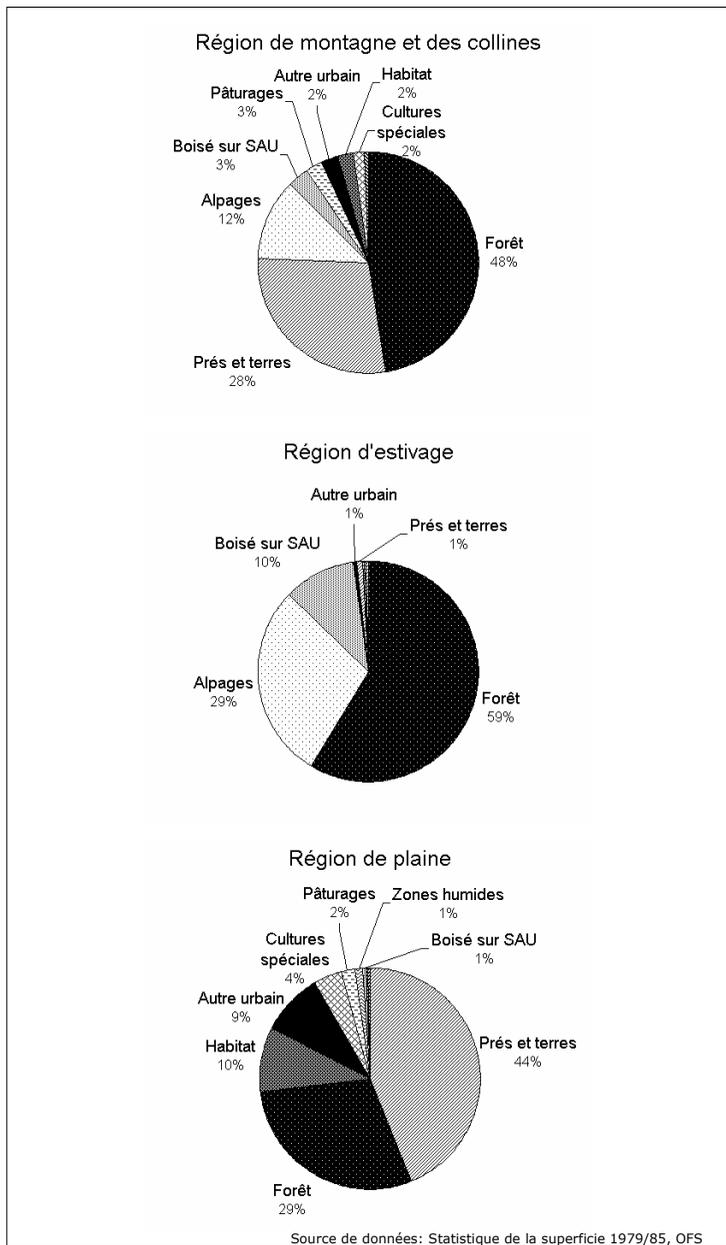


Figure 22: Répartition de l'utilisation du sol par régions agricoles.

L'examen de la **diversité territoriale** à l'intérieur des cellules de 2x2km à partir des données de 1979 amène plusieurs commentaires. Le critère de richesse (diversité absolue) peut se traduire en termes de fonctionnalité spatiale. A notre échelle d'analyse relativement petite, comme le nombre de classes différentes dans chaque fenêtre varie entre 3 et 19, il n'y a pas à proprement parler d'espaces mono-fonctionnels. Le territoire apparaît relativement varié et la distribution du nombre de classes d'occupation du sol est très hétérogène (*Figure 23*). Cependant, on peut noter que les régions les moins diversifiées sont généralement dominées par une utilisation forestière. Celles-ci fonctionnent comme zones-tampons, entre la plaine et les hauts-plateaux dans le Jura vaudois ou entre certaines localités dans le reste de l'Arc. La plus grande multi-fonctionnalité se trouve dans les centres régionaux et les «conurbations rurales». Les premiers, tels que La Chaux-de-Fonds, Le Locle ou Saignelégier montrent une diversité ponctuelle, localisée autour d'un foyer d'activités. Les secondes, comme par exemple le vallon de St-Imier, la vallée de Delémont, le district de Moutier ou le Val-de-Travers, témoignent de la structure linéaire de villages-rues qui se succèdent et se relaient dans l'espace. L'exemple de la Vallée de Joux est particulièrement illustratif de ce phénomène de diversité territoriale, avec sa ceinture d'habitats et d'industries entourant le lac, elle-même environnée de zones agricoles, boisées et naturelles.

Les indices de Shannon donnent une autre **vision de l'organisation du territoire**. L'analyse montre que les zones dominées par une classe d'occupation du sol -quel que soit le nombre total de catégories par unité spatiale- se situent principalement sur les contreforts du massif ainsi que le long de la ligne Porrentruy-Delémont-Granges et dans le canton de Schaffhouse, tel que l'illustre la carte de dominance (*Figure 24*). A l'inverse, les régions présentant la distribution la plus homogène entre les classes sont localisées dans le Jura oriental, en particulier dans le canton de Bâle-campagne, ainsi que sur les hauts-plateaux, dans les districts des Franches-Montagnes, de Courtelary, de la Chaux-de-Fonds, du Val-de-Travers et de la Vallée de Joux (*Figure 25*). Il faut noter qu'à l'exception de cette dernière, ces territoires présentent une richesse moyenne d'occupation du sol. Ainsi, une bonne partie du domaine sylvo-pastoral, bien qu'occupé par un nombre limité de catégories de couverture du sol, montre toutefois une répartition équilibrée entre les différents types d'activités territoriales.

Les trois cartes ci-dessous résument les différents aspects de l'occupation du sol. La variété de composition du territoire est représentée par la richesse de l'occupation du sol. Le critère de dominance met en évidence les aspects de configuration spatiale. Le contenu et la structure du territoire sont synthétisées dans l'indice de diversité de Shannon.

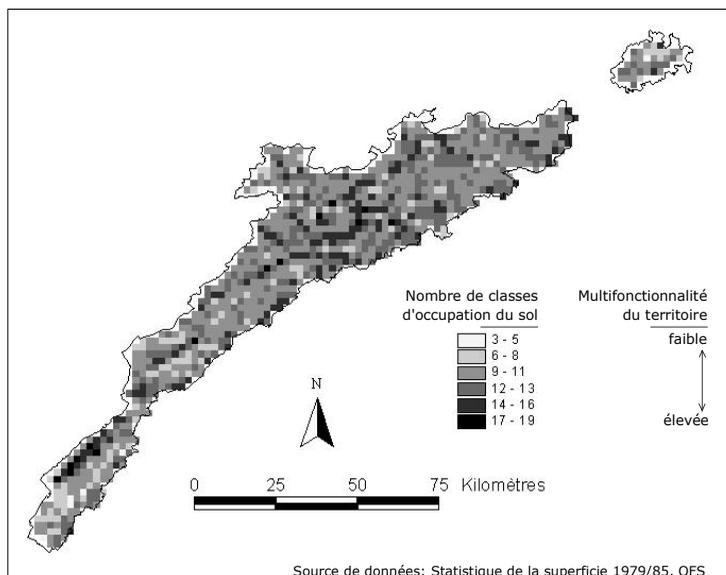


Figure 23: Multifonctionnalité territoriale en 1979, en fonction de la richesse de l'occupation du sol (nombre de classes différentes).

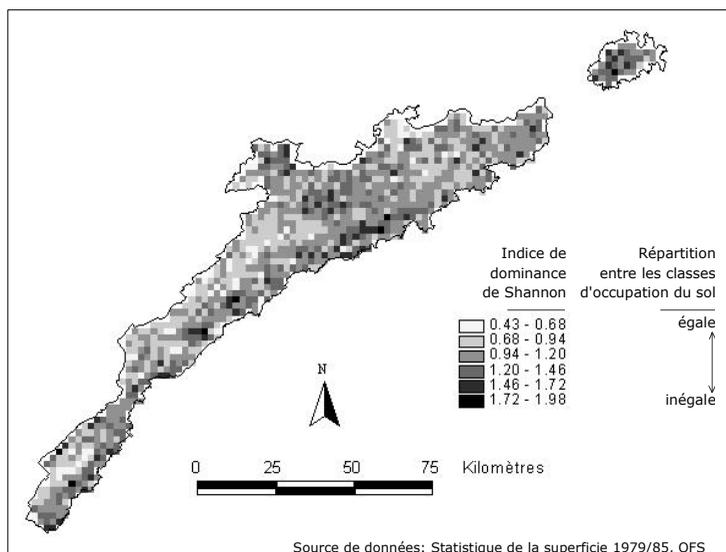


Figure 24: Répartition des classes d'occupation du sol en 1979, en fonction de valeur de l'indice de dominance de Shannon.

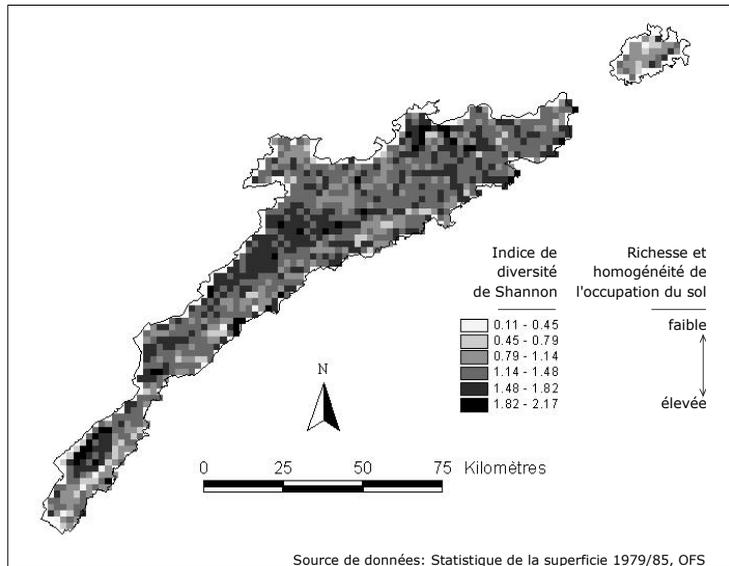


Figure 25: Richesse et homogénéité du territoire en 1979, en fonction de la valeur de l'indice de diversité de Shannon.

EVALUATION DES TENDANCES D'ÉVOLUTION RÉCENTE

La comparaison des données de 1979 et de 1992 permet de caractériser globalement l'**évolution du territoire jurassien** et de dresser un premier bilan par classes d'occupation du sol. Le calcul de la différence du nombre d'occurrences de chaque catégorie entre les deux périodes révèle les tendances à la hausse ou la baisse des modes d'utilisation du sol. D'une manière générale, les surfaces artificialisées montrent la plus nette augmentation dans l'occupation du territoire, supérieure à 4000 hectares. L'habitat, tout comme les aires de loisirs, connaît un accroissement de 11.8% de sa surface par rapport à 1979. Les zones industrielles et spéciales voient leur surface s'agrandir de 17.3%. En ce qui concerne l'agriculture, ce sont les pâturages de plaine qui connaissent la plus forte progression, de l'ordre de 2000 hectares, soit une augmentation de 16.0% de la surface originale. Les zones viticoles et horticoles ainsi que les pâturages embroussaillés augmentent quant à eux légèrement. La forêt fermée (y compris les surfaces de chablis et de rajeunissement) a avancé de manière assez marquante. L'ensemble de ces modifications se traduit par des déficits importants dans le domaine de l'agriculture. La catégorie des prés et les terres arables est la plus touchée, avec une perte de plus de 3400 hectares. Les vergers, les alpages et les zones de SAU boisées, caractéristiques dans les paysages jurassiens, voient leur surface diminuer de manière considérable. Les vergers, par exemple, montrent une baisse de 1900 hectares, équivalent à la disparition de plus de 28% de la surface initiale. Les surfaces recouvertes

de forêt clairsemée, de groupes d'arbres et de bosquets se réduisent dans une moindre mesure (*Figure 26*).

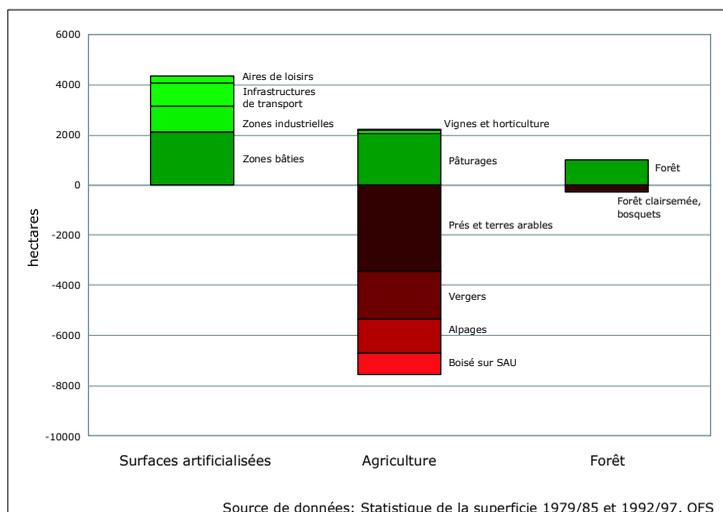


Figure 26: Bilan des changements intervenus dans l'utilisation du sol de 1979 à 1992 dans l'Arc jurassien.

La somme de tous ces changements indique que 3.3% de l'ensemble du massif jurassien s'est modifié en douze ans. Cependant, un tel chiffre ne prend pas en compte les échanges entre les classes d'utilisation du sol, témoignant de processus de relocalisation des activités territoriales. Si l'on tient compte de la totalité des transformations de l'occupation du sol, **4.5% de l'Arc jurassien s'est modifié**, les échanges de surfaces représentant environ un quart de cette évolution.

Une analyse plus fine des modifications montre en effet qu'aucune classe d'utilisation du sol n'est totalement bénéficiaire ni déficitaire, mais que des **transferts de surfaces** se produisent entre les catégories. La *Figure 27* représente les modifications à la fois en termes de gains et de pertes pour chaque classe. L'évolution de la forêt, par exemple, connaît une progression en termes de surface, mais se caractérise davantage par une redistribution des massifs boisés dans l'espace. De même, les prés et terres arables, en nette diminution, sont également soumis à un processus de relocalisation de grande ampleur. Pour appréhender ces transformations en détail, l'examen des transferts classe à classe s'avère très riche en enseignements.

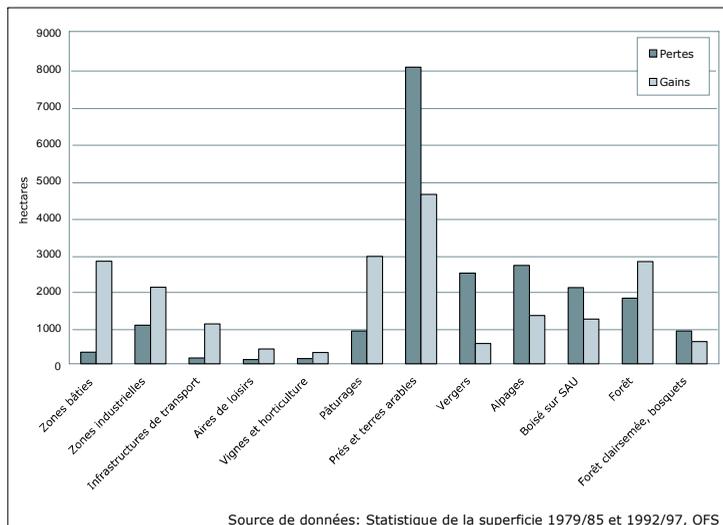


Figure 27: Histogramme des gains et pertes de surfaces par classe d'utilisation du sol de 1979 à 1992 dans l'Arc jurassien.

ANALYSE DES PROCESSUS DE RELOCALISATION

Le calcul d'une matrice de transition permet de quantifier les échanges entre chaque catégorie d'utilisation du sol. Théoriquement, chaque conversion est possible, ce qui fait que pour une classification en 23 catégories, il y a potentiellement 506 (23x22) types de changements (voir *Annexe IV*). En réalité, tous n'ont pas lieu sur le terrain et le nombre se limite empiriquement à **300 changements** pour différentes raisons. Certains modes d'occupation, comme ceux liés à l'habitat et aux infrastructures, sont durablement inscrits dans le territoire et ne sont que très rarement remplacés. Par ailleurs, toute transformation n'est pas plausible dans la dynamique spatiale, que ce soit pour des questions de logique environnementale ou de contexte socio-économique. En effet, il est tout à fait irréaliste que la forêt se développe au-dessus de la limite altitudinale de croissance de la végétation ou qu'une agriculture intensive conquiert des zones improductives. Pour terminer, la classification utilisée dans l'analyse limite elle-même les types de changements observables, en fonction de la spécificité des catégories. La distinction des surfaces d'élevage entre alpages de montagne et pâturages de plaine interdit *de facto* tout échange entre ces deux classes. Les principales transformations territoriales de l'Arc jurassien, détaillées dans la matrice des changements de l'*Annexe IV*, sont synthétisées dans les paragraphes qui suivent.

Le développement de l'**urbanisation** s'est fait majoritairement aux dépens de l'agriculture, en particulier des prés et terres arables, des vergers et, dans une moindre mesure, des alpages. Les conversions des surfaces

artificialisées ont principalement consisté en réaffectations, comme par exemple dans le cas de réhabilitations de zones industrielles ou commerciales en zones d'habitations. Une part moins importante est retournée à la forêt ou a été transformée en cultures. Des échanges de surfaces avec la forêt, particulièrement pour l'aménagement de zones industrielles et commerciales, d'infrastructures de transport et d'aires de loisirs, ont également été observés.

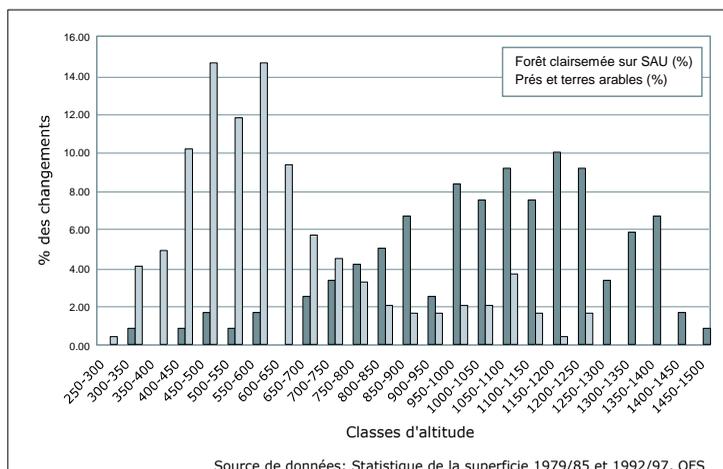
D'un point de vue quantitatif, les principaux changements dans le **domaine agricole** touchent les zones de cultures, qui se caractérisent à la fois par une forte diminution en termes de superficie ainsi qu'une redistribution importante dans l'espace. En effet, des échanges de surfaces se sont produits essentiellement avec les vergers, les alpages, les pâturages et les zones artificielles. De nouvelles terres ont même été conquises sur les vergers et les alpages. Par contre, les prés et les terres arables ont massivement disparus au profit de pâturages, de zones habitables, industrielles et commerciales ainsi que d'infrastructures de transports. Le développement de zones viticoles et horticoles, tout comme celui des pâturages, s'est principalement fait aux dépens des cultures et des vergers. En ce qui concerne les alpages, plus de la moitié des surfaces disparues a été convertie en prés et terres arables. Le reste s'est soit embroussaillé, soit boisé, soit urbanisé. L'artificialisation du milieu a touché de manière assez importante toutes les catégories de l'agriculture.

La **forêt** a évolué en se densifiant et en colonisant les surfaces agricoles. Des échanges de surfaces se sont produits entre les SAU comportant des arbres et les zones d'alpages, de prés et de terres arables, mais le bilan est équilibré. Les principales disparitions de SAU boisées se sont faites au profit de la forêt, surtout fermée. Les zones de forêt clairsemée et de groupes d'arbres ont principalement évolué en forêt dense, puis en zones artificielles et en alpages. Un phénomène de redistribution a également été observé entre ces boisés épars et les cultures. La plus grande partie des transformations de la forêt dense sur pied sont internes et reflètent les effets des interventions sylviculturales (coupes, surfaces de rajeunissement) et des événements catastrophiques, tels que les tempêtes.

EFFET DES VARIABLES GÉOGRAPHIQUES SUR LA DISTRIBUTION DES CHANGEMENTS TERRITORIAUX

L'analyse a révélé que rares étaient les cas où les **critères topographiques** avaient une influence significative sur les changements de répartition entre les catégories agricoles et forestières (hypothèse 1). Mentionnons tout de même l'effet de l'altitude sur la modification des groupes d'arbres sur SAU. Les conversions de ceux-ci en prés et terres arables se produisent dans 79% des cas entre 350 et 800 mètres. Les transformations en forêt clairsemée se manifestent dans la même mesure entre 850 et 1500 mètres. Dans cette situation, les processus d'intensification et d'extensification de l'agriculture dépendent largement de l'altitude (*Figure 28*). Quel que soit le sens de la conversion, la pente et l'orientation ne sont par contre pas déterminants. On peut cependant observer que le phénomène d'intensification est globalement

plus fréquent que celui d'extensification sur des pentes inférieures à 15 degrés. Au-dessus de ce seuil, la tendance est nettement inversée.



Source de données: Statistique de la superficie 1979/85 et 1992/97, OFS

Figure 28: Répartition des transformations des groupes d'arbres sur SAU en fonction de l'altitude.

Les **analyses de voisinage et de distance** ne se sont pas avérées plus riches en enseignement. Par exemple, la proportion de cellules de forêt autour des alpages qui se sont reboisés ne s'est pas révélée significative pour expliquer la fermeture des pâturages de montagne. De même, la distance minimale séparant les vergers convertis en zones artificialisées des surfaces déjà urbanisées n'est pas apparu comme un facteur particulièrement informatif, dans la mesure où les plantations d'arbres fruitiers se situent généralement en plaine, proches des habitations. L'hypothèse 2 n'est donc pas vérifiée.

La très grande variabilité des critères géographiques observée dans les analyses spatiales peut s'expliquer par deux raisons principales. D'une part, les **stratégies politiques et économiques** de développement priment sur le contexte géographique dans la transformation de l'espace. Ainsi, les choix faits au niveau national et international, en matière de politique agricole par exemple, déterminent, pour des régions très différentes, les grandes lignes de l'évolution du territoire (Gorgeu et Jenkins, 1995). D'autre part, au-delà de ces tendances générales, des **particularités régionales ou locales** sont néanmoins visibles. L'Arc jurassien, étudié dans son ensemble, montre une évolution globale qui est le reflet imparfait de celle des unités spatiales qui le constituent. En effet, les régions du pied du Jura, des piémonts ou encore des hauts plateaux, de par leurs spécificités, connaissent une dynamique propre, qui n'apparaît pas à plus petite échelle.

ANALYSE DE LA DYNAMIQUE TERRITORIALE PAR RÉGIONS AGRICOLES

Le taux d'évolution de l'occupation du territoire dans les **zones de montagne** I et II est d'environ 3.5%. La tendance à l'accroissement de la surface des pâturages et des zones artificielles au détriment des différents types de cultures et des prés existe tout comme dans la zone des collines, mais dans une moindre mesure. Un autre changement marquant, et même plus important en zone de montagne II, est celui de la redistribution des alpages sur le territoire. Un processus de sélection est également perceptible, entre les alpages qui sont transformés en prés (voire en cultures) et ceux, moins nombreux, qui sont reforestés. Ce phénomène de fermeture de surfaces agricoles est encore plus prégnant dans les zones déjà partiellement boisées, même si, à un degré moins élevé, une ouverture de ces surfaces est aussi observée dans certaines zones. On peut ainsi nuancer la tendance globale d'évolution par des variations locales significatives. Si on observe par exemple une relative déprise agricole dans le Val-de-Ruz, l'exploitation s'intensifie dans certaines zones des Franches-Montagnes. En zone de montagne III, le taux d'évolution est de 2.5% et consiste principalement en la relocalisation des alpages. Une petite partie de ces derniers se sont transformés en prés et cultures ainsi qu'en surfaces artificialisées. Certaines zones boisées sur SAU sont devenues de la forêt fermée. Les transformations et les échanges supérieurs à 10 hectares sont représentés dans les schémas ci-dessous (*Figure 29*), où l'épaisseur du trait symbolise l'intensité des transferts, dont la valeur est précisée en hectares.

Dans la **zone des collines**, on observe comme principal changement un accroissement important de la surface des pâturages locaux et des zones artificielles, aux dépens des prés et cultures surtout, mais aussi des cultures spéciales. Un dixième de ces dernières, dans un processus de relocalisation des terres agricoles, a été remplacé par des cultures de plein champ et des prés. Par ailleurs, la forêt s'est étendue sur le domaine agricole (*Figure 30*).

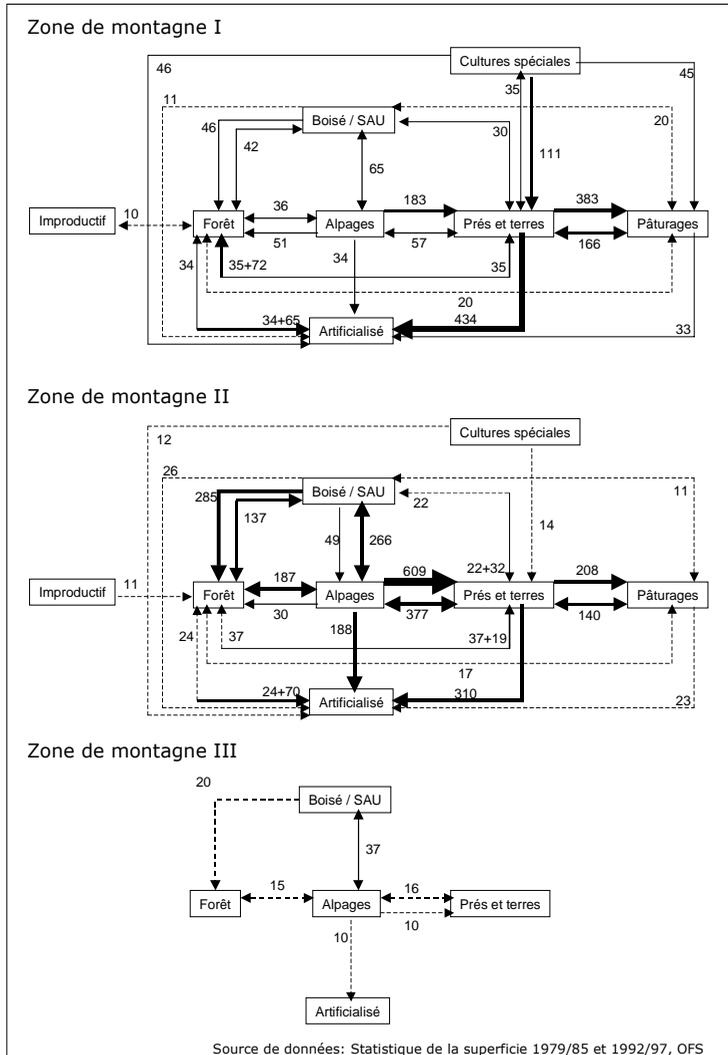


Figure 29: Diagrammes de flux [ha] représentant la dynamique territoriale en zones de montagne.

Notes sur les diagrammes de transition: le sens des flèches indique la direction du changement et leur taille représente son importance. Le nombre qui leur est associé détermine la quantité de surface transférée (en hectares). Une flèche à double sens indique les échanges de surfaces. Si elle est d'épaisseur variable et qu'elle est assortie de deux nombres séparés du signe +, elle signale qu'un échange significatif de surfaces s'accompagne d'un transfert (ex. 37+19 signifie 37 ha échangés et 19 ha gagnés).

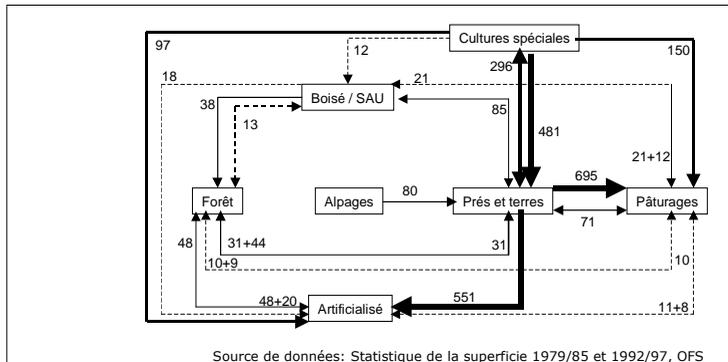


Figure 30: Diagramme de flux [ha] représentant la dynamique territoriale en zone des collines.

L'évolution du territoire en **zone d'estivage** est de loin la plus faible de toutes les régions puisque son taux n'est que de 1.4%. La dynamique sylvo-pastorale suit une tendance à l'extensification, voire à l'abandon. Le changement le plus radical est la fermeture des pâturages déjà boisés. On assiste également, mais de manière moins marquée, à une redistribution spatiale des alpages ouverts, s'accompagnant dans certains cas d'un reboisement partiel ou total des exploitations. Par ailleurs, l'artificialisation relative du milieu se fait principalement aux dépens des estivages (Figure 31).

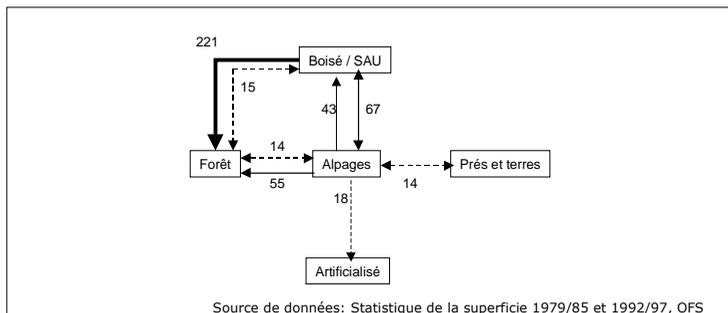


Figure 31: Diagramme de flux [ha] représentant la dynamique territoriale en zone d'estivage.

La **zone de grandes cultures** a connu un taux d'évolution de 4.9%, déterminé surtout par une urbanisation massive des surfaces agricoles, en particulier des prés et des cultures. Le milieu construit lui-même s'est modifié, avec un nombre marquant de changements d'affectation allant vers une densification de l'habitat. Un échange important de surfaces s'est également produit entre les cultures spéciales et les prés et cultures plus traditionnelles. Si ces derniers types d'exploitation ont bénéficié de cette

redistribution, il faut nuancer cet état de fait par le déficit plus important qu'elles ont accusé au profit des pâturages. Les espaces localisés dans les **zones intermédiaires** montrent le taux d'évolution le plus fort, supérieur à 5.5%. Les raisons principales sont globalement les mêmes que celles évoquées pour la zone de grandes cultures. On peut également noter, dans une moindre mesure, la dynamique des zones agroforestières, témoignant de la position de transition de ces espaces vers les zones de montagne. Alors qu'une partie significative des alpages est convertie en prés et terres arables, les zones de SAU partiellement boisées suivent un double processus de relocalisation et de sélection. Si certaines d'entre elles se transforment en zones agricoles ouvertes, une partie moindre des prés et cultures se boise. A côté de l'exploitation plus intensive de zones préférentielles, certaines surfaces moins productives sont délaissées et reforestées (*Figure 32*).

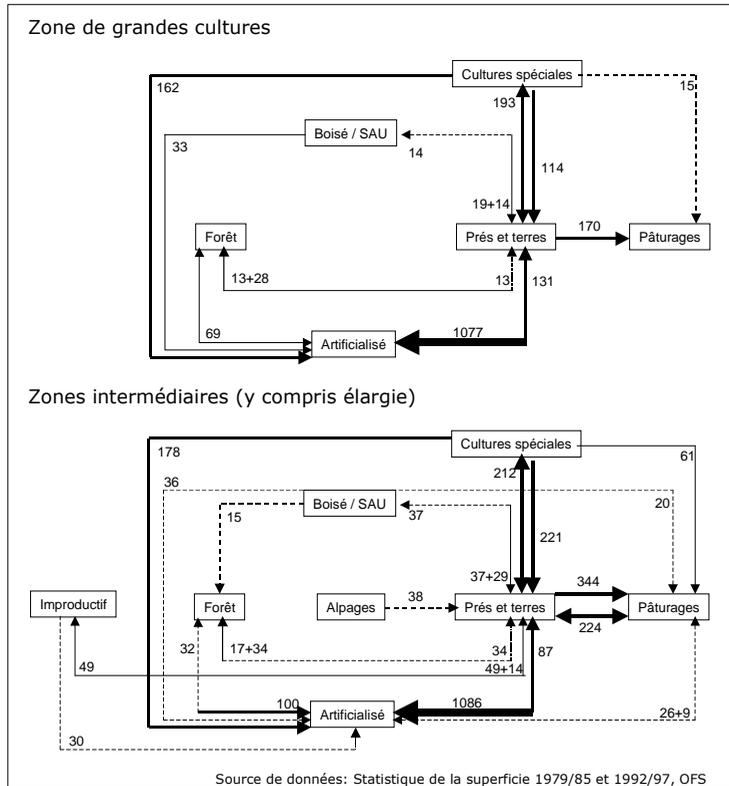


Figure 32: Diagrammes de flux [ha] représentant la dynamique territoriale en zones de plaine.

ANALYSE DE LA DYNAMIQUE TERRITORIALE

L'analyse des changements les plus fréquents dans l'ensemble des cellules d'analyse a permis d'identifier 89 types différents. Ceux-ci ont été classés en

10 catégories pour faciliter la lecture. Une tentative de représentation cartographique localise ces processus (Figure 33).

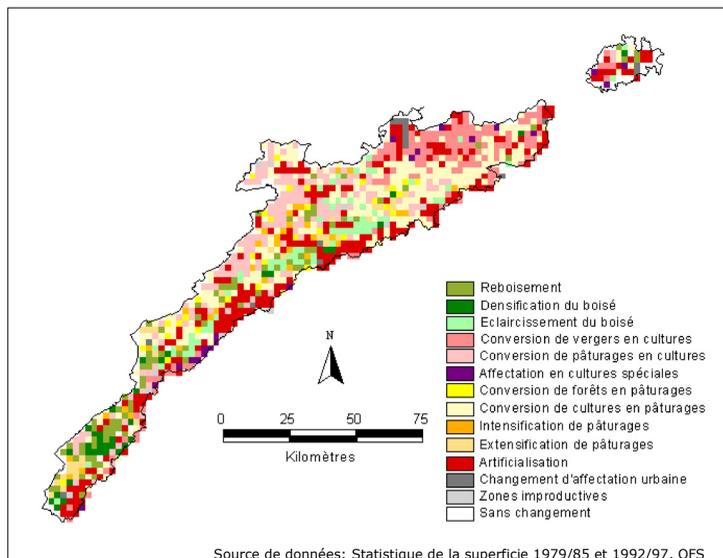


Figure 33: Représentation des changements territoriaux dominants entre 1979 et 1992.

La **transformation territoriale la plus marquante** sur la carte est l'artificialisation du milieu, généralement aux dépens de l'agriculture. La métropole bâloise, à l'intérieur de laquelle ont lieu des réaffectations de terrains déjà bâtis, continue de se développer en agglomération. De même, le pied du Jura s'urbanise, particulièrement sur la rive Nord du lac de Neuchâtel, sur la ligne Biemme-Granges et dans le district de Nyon. Certains centres internes, comme La Chaux-de-Fonds, Delémont, Porrentruy, Moutier, Tramelan ou encore Liesthal, voient également leur surface artificialisée s'accroître. De nouvelles zones de vignobles sont apparues sur les bords du lac de Neuchâtel, témoignant des rares nouvelles affectations notables en cultures spéciales. Les contreforts boisés du Nord du canton de Vaud, de Neuchâtel et de Berne se sont éclaircis localement. Dans le reste du Haut-Jura vaudois, la forêt au contraire s'est densifiée, voire même installée à certains endroits. Parallèlement à cette fermeture, on perçoit un processus d'extensification des pâturages qui s'embroussaillent ou se boisent. Si quelques signes d'extensification apparaissent aussi dans les districts du Locle et du Val-de-Travers, l'évolution de ces territoires est davantage caractérisée par l'apparition de nouveaux alpages. Les cantons de Soleure et d'Argovie ainsi que les parties Sud du canton de Bâle-campagne et Est du canton du Jura montrent une tendance marquée à la conversion de cultures en pâturages de plaine. Le phénomène inverse s'observe de l'Ajoie à La Chaux-de-Fonds, en passant par les Franches-Montagnes, où l'exploitation agricole s'intensifie au profit de prés et de terres cultivées. Le

dernier processus digne d'être mentionné est la conversion de vergers en zones arables, particulièrement dominante dans le Nord de la chaîne (partie Nord des cantons de Bâle-campagne et d'Argovie).

Une certaine prudence s'impose dans l'interprétation d'une telle carte dans la mesure où elle ne nous renseigne ni sur l'intensité des transformations, ni sur la diversité et la proportion des différents changements potentiels. Elle révèle une tendance générale, forcément incomplète, de l'évolution du territoire. Pour brosser un tableau exhaustif de la dynamique territoriale, les différentes transformations significatives ont été cartographiées individuellement et regroupées sous la forme d'un **corpus de cartes**. Deux niveaux de représentation ont été utilisés: le premier fait état de l'augmentation, respectivement de la diminution, de la surface d'une classe d'occupation du sol en particulier dans chacune des unités d'analyse; le second représente ponctuellement un type de conversion territoriale spécifique. Des exemples sont disponibles en l'Annexe V.

La comparaison de ces cartes entre elles et avec la *Figure 33* permet de caractériser plus précisément les transformations territoriales et, le cas échéant, de **nuancer certaines évolutions**. On peut remarquer dans le processus d'artificialisation par exemple que la région de Bâle et celle de Nyon sont davantage soumises à la construction de zones habitables, tandis que les axes Porrentruy-Delémont et Neuchâtel-La-Chaux-de-Fonds sont plutôt marqués par l'industrialisation. En ce qui concerne les cultures spéciales, en particulier les vergers, la forte diminution observée dans le Nord de la chaîne peut être légèrement nuancée par des processus locaux de relocalisation. Comparativement aux grands changements, les transformations internes aux zones pastorales et forestières sont relativement modestes. On peut cependant noter que l'intensification des pâturages touche principalement les districts des Franches-Montagnes et de Courtelary alors que l'extensification est la plus visible dans la Vallée de Joux, la zone de Ste-Croix - Bullet, la région de La Brévine et des Verrières, dans le Val-de-Ruz, entre Orvin et Granges, à St-Ursanne ainsi que le long de la frontière entre les districts de Moutier et Delémont.

Sur la base de ces résultats, il est possible d'évaluer spatialement les modifications survenues dans l'intervalle 1979-1992. Le maximum de modifications observées dans une seule fenêtre est de 78, ce qui représente 19.5% de sa surface. On remarque sur la carte d'**intensité des changements** (*Figure 34*) que la moitié Nord du massif, à l'exception du canton de Schaffhouse, est la plus touchée en termes quantitatifs par la dynamique territoriale. Les transformations les plus nombreuses apparaissent dans les districts de Porrentruy, Delémont, Laufon, Arlesheim, Sissach et Laufenburg. La Haute-Chaîne connaît par contre une légère évolution, à part dans la région de La-Chaux-de-Fonds et du Chenit.

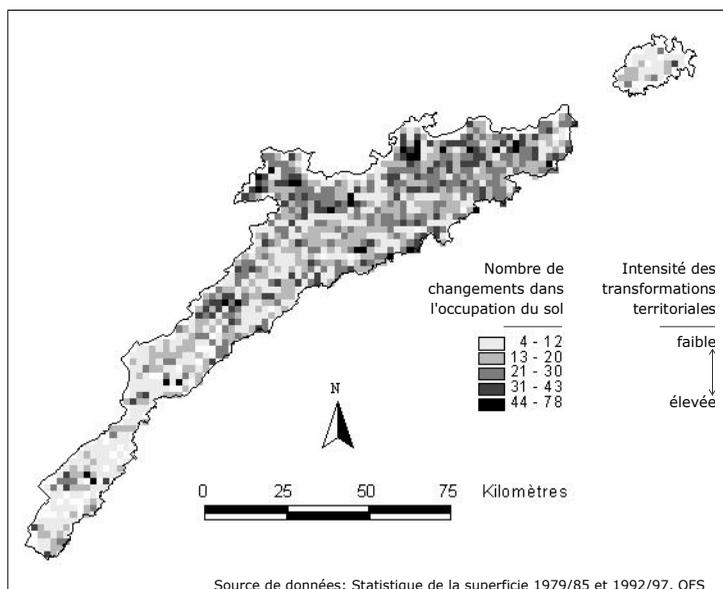


Figure 34: Intensité des transformations du territoire entre 1979 et 1992, en fonction du nombre de changements survenus dans l'occupation du sol.

Le **nombre de changements différents** dans chaque fenêtre s'échelonne de 1 à 24. Une faible variété traduit l'effet d'une dynamique sectorielle, qu'elle soit agricole, urbaine ou autre, alors qu'une diversité élevée témoigne de l'existence de processus plus globaux. Dans 18.3% des cas, les fenêtres montrent une évolution spécifique, déterminée par un type de changement majeur, représentant plus de la moitié des transformations. Par exemple, la dynamique de certaines régions est influencée par le contexte agricole. Ainsi, le Nord du Jura (cantons de Bâle-campagne et d'Argovie) voient surtout les vergers se transformer en prés et en terres arables. La conversion d'alpages et de pâturages en zones de cultures est particulièrement marquée dans le canton du Jura. L'extensification des pratiques, tel que l'abandon de cultures au profit de pâtures, est présente à différents endroits du massif, en particulier à la frontière entre les cantons de Bâle-campagne et Soleure, au Nord de l'Ajoie et dans le Haut-Jura neuchâtelois. En ce qui concerne la dynamique forestière, le Jura vaudois connaît une densification du boisé alors qu'on observe un éclaircissement du couvert forestier sur les contreforts du massif. L'artificialisation touche surtout les zones agricoles, comme dans la partie médiane du district de Nyon.

A côté de la détermination du degré de transformation du territoire, la comparaison des indices de diversité, entre les années 1992-97 et 1979-85, détermine le **sens de l'évolution du territoire**. On observe une

augmentation assez importante (63.8%) de la valeur de l'indice de diversité de Shannon (*Figure 35*). A l'exception de la majeure partie du Haut Jura vaudois et de quelques endroits ponctuels où l'indice diminue (25.7%), on assiste globalement à une légère diversification du territoire. Les changements les plus marquants apparaissent autour de Porrentruy, Glovelier, Delémont, Court, ainsi que dans quelques localités situées sur les contreforts du massifs. La diversité reste constante sur 10.5% du massif.

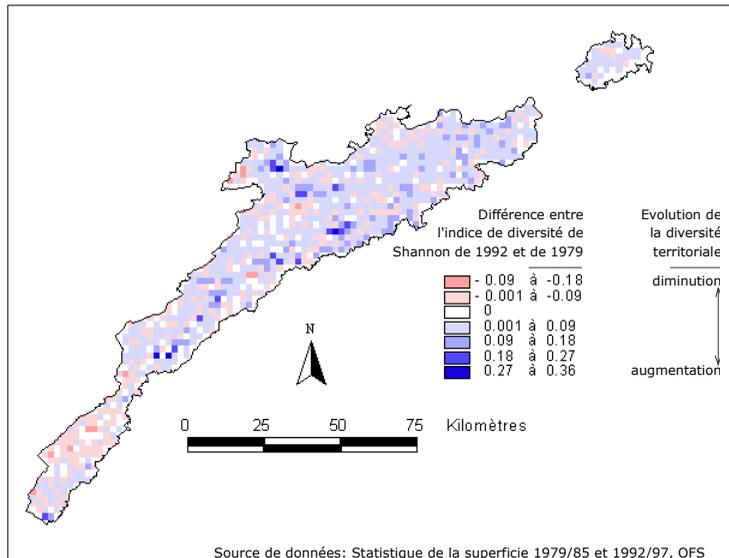


Figure 35: Modification de la diversité territoriale entre 1979 et 1992, en fonction de l'évolution de la valeur de l'indice de diversité de Shannon.

L'indice de diversité de Shannon intègre à la fois le nombre de classes d'occupation du sol et leur répartition. Cependant, il est difficile de déterminer l'importance respective de chacun de ces critères dans la valeur de l'indice, ce d'autant plus lorsqu'on le compare à plusieurs dates.

EVALUATION DES IMPACTS DES TRANSFORMATIONS TERRITORIALES SUR LE PAYSAGE

Pour préciser les résultats de l'analyse de la dynamique de diversité, une interprétation de l'évolution des indices de richesse et de dominance permet de caractériser les tendances principales qui définissent le paysage.

Dans 30.2% des cas, le territoire jurassien montre un **enrichissement du paysage**, c'est-à-dire une augmentation du nombre de catégories d'occupation du sol. De 1 à 4 nouvelles catégories d'occupation du sol sont

apparues, de manière assez dispersée dans l'espace. Ces changements se manifestent notamment dans la région d'Arzier et de Gimel, selon les axes longitudinaux suivant les crêtes et les hauts-plateaux du Jura neuchâtelois et bernois, ainsi que de manière diffuse dans la partie Nord de l'arc. Une proportion quasiment égale (30.1%) consiste en un processus d'**harmonisation du paysage**, à savoir une répartition plus équitable des classes d'occupation du sol présentes, sans que leur nombre change. Ce phénomène assez hétérogène dans l'espace, est cependant plus marqué dans la partie Est du massif ainsi qu'autour de localités comme Porrentruy, Delémont, Granges et Tavannes. Il apparaît par ailleurs le long des lignes partant de La Chaux-de-Fonds jusqu'à Boudry et St-Blaise ainsi qu'au pied du Jura vaudois. La **diversification du paysage** au sens propre, résultant d'un enrichissement en éléments et d'une répartition plus homogène de ceux-ci, est relativement rare (3.6%) et est distribuée de manière très ponctuelle sur l'ensemble du territoire.

La diminution de la diversité se traduit principalement par deux processus, **l'uniformisation et l'appauvrissement du paysage**, l'effet cumulé des deux étant négligeable (0.3% du Jura). Dans le premier processus, touchant 16.4% du territoire, le paysage voit sa composition dominée par un nombre restreint d'éléments. Cette tendance à l'uniformisation est particulièrement visible dans le Haut Jura vaudois, ainsi qu'au pied du massif, le long de la frontière avec l'Allemagne et à la limite avec le plateau suisse. Des exemples sont également observables sur les crêtes du Jura neuchâtelois ou encore dans les districts des Franches-Montagnes, de Delémont ou de Moutier. L'appauvrissement du paysage (9.0%) résulte d'une baisse de la variété d'éléments différents et est particulièrement apparent dans le canton de Vaud, en particulier dans les districts de la Vallée de Joux, de Cossonay et d'Orbe.

Pour le reste du territoire (10.5%), **l'indice de diversité reste constant**. Cet état de fait peut simplement signifier qu'aucun changement ne s'est produit ou, de manière plus subtile, que la richesse et la répartition ont évolué dans des directions contradictoires, menant finalement à un équilibre des critères. Dans ce dernier cas, les implications au niveau du paysage sont bien réelles, mais leur signification est ambivalente. En effet, il est difficile de mesurer l'impact sur le paysage de transformations qui rendent le territoire à la fois moins riche et plus harmonieux (et vice versa).

Les différentes tendances explicitées ci-dessus sont représentées sous forme cartographique dans la *Figure 36*.

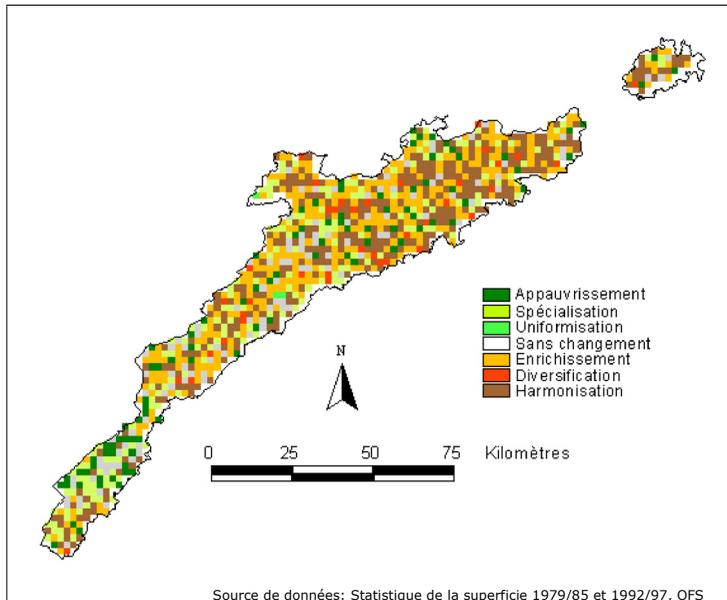


Figure 36: Tendances d'évolution du paysage entre 1979 et 1992.

Les quatre **indicateurs d'impacts** retenus (ouverture, variabilité, naturalité et luminosité) permettent de déterminer à la fois les processus de transformations du territoire les plus importants du point de vue du paysage et d'identifier les endroits où ils se manifestent de façon prégnante. Auparavant, on peut remarquer globalement qu'entre 1979 et 1992 le paysage s'est fermé et assombri sur les deux tiers du territoire jurassien (respectivement 64.9% et 63.2% de la surface) et a perdu en naturalité sur plus de la moitié du massif (58.8% de la surface). Cependant, dans 50.4% des cas, les nouvelles affectations sont plus riches en éléments paysagers. La manière dont chacun des indicateurs a évolué est représentée graphiquement sous la forme de cartes de tendances (Figure 37 à Figure 40).

Dans presque deux cas sur trois, le paysage s'est refermé entre 1979 et 1992. Cette **phénomène de fermeture** consiste en deux types de processus. Le premier, qui est également le plus important en surface, relève globalement d'une extensification des pratiques agricoles. La conversion de prés et de zones arables en vergers et en pâturages buissonnants représente un type d'impacts relativement modéré du point de vue de l'obturation du paysage. Par contre, la dynamique de sous-exploitation et d'abandon, menant à l'enfrichement et au reboisement, a un effet beaucoup plus important. Les cas les plus marquants de ce genre de fermeture sont localisés dans les communes de St-Cergue, du Chenit, de l'Abbaye et de Ste-Croix pour le Jura vaudois ainsi que dans la zone centrée autour de La Sagne,

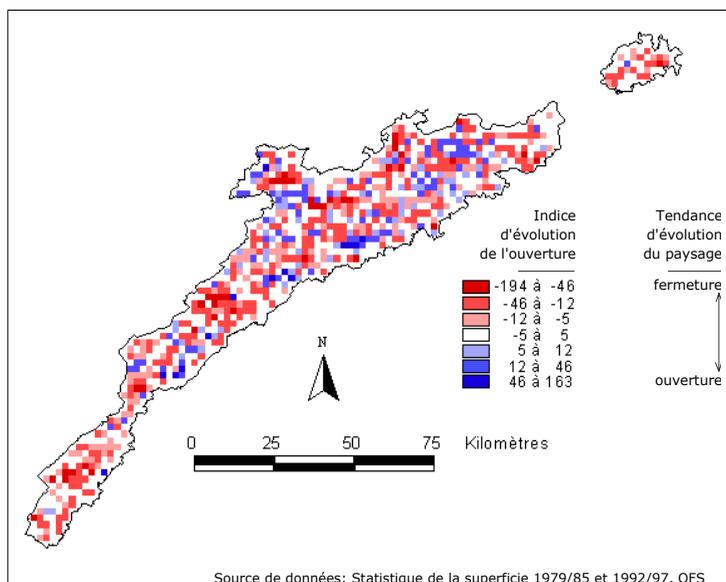


Figure 37: Evolution de l'ouverture du paysage entre 1979 et 1992.

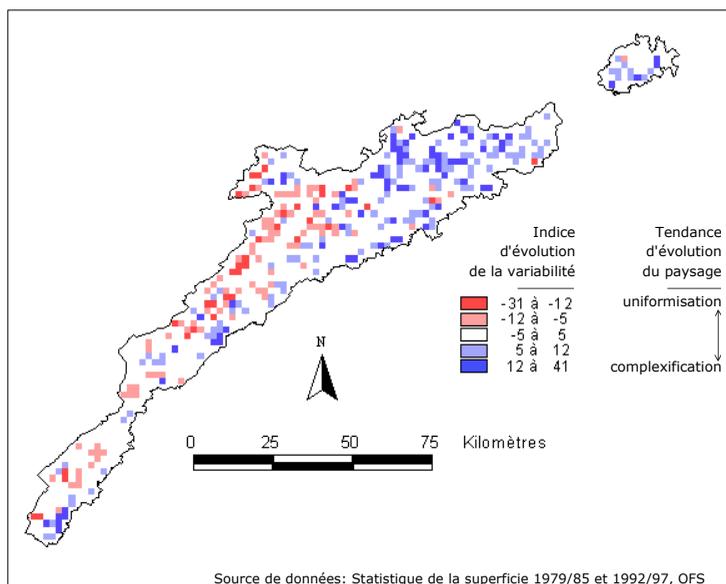


Figure 38: Evolution de la variabilité du paysage entre 1979 et 1992.

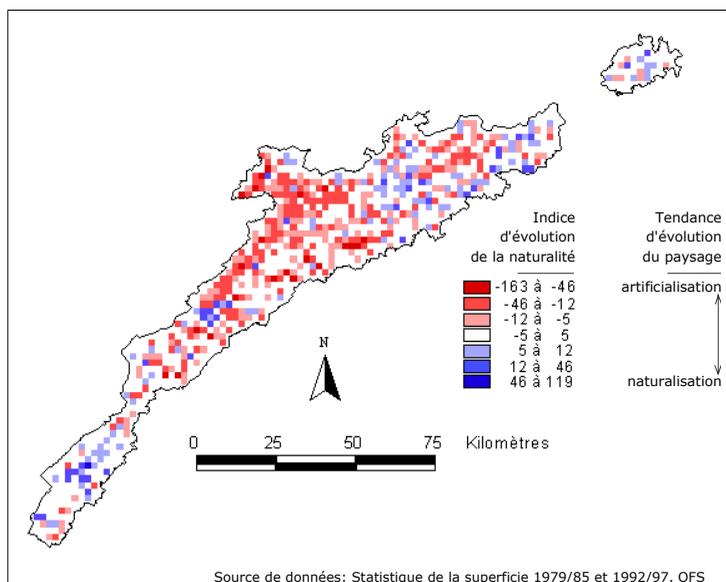


Figure 39: Evolution de la naturalité du paysage entre 1979 et 1992.

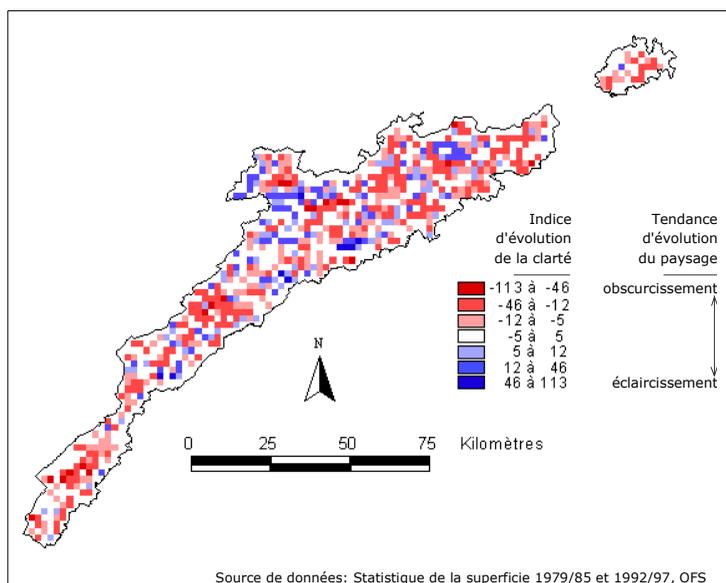


Figure 40: Evolution de la clarté du paysage entre 1979 et 1992.

dans la région de La Chaux-de-Fonds dans le canton de Neuchâtel. Le second processus est lié à l'urbanisation du territoire, particulièrement à la construction de zones habitables et industrielles, à l'exemple des localités situées sur les lignes Porrentruy-Glovelier-Moutier et Delémont-Laufon-Bâle, des districts de Nyon, Boudry, Liesthal et Arlesheim, ainsi que du vallon de Tavannes et de la région de Schaffhouse. Notons cependant que la plupart des changements est la conséquence de processus mixtes.

On peut remarquer que lorsque le paysage se ferme, il a également **tendance à s'obscurcir**. Ceci est dû au fait que les processus principaux de fermeture du paysage, que ce soit l'extensification de l'exploitation agricole, l'enrésinement ou l'artificialisation du milieu, se caractérisent généralement par un passage à des teintes plus sombres. Cependant, des distinctions entre ces processus apparaissent en termes de naturalité et de variabilité de l'occupation du sol. En effet, les phénomènes de déprise agricole et de reboisement confèrent au paysage une **apparence plus naturelle**. Cependant, si l'extensification des pratiques agricoles amène une **diversification des éléments paysagers**, l'abandon de l'exploitation et le reboisement consécutif se traduisent au contraire par une perte de cette richesse. A l'inverse, l'urbanisation, témoignant de l'influence marquée de l'Homme sur son espace, provoque une **baisse de la naturalité** du paysage, mais peut conduire à une **plus grande variabilité** de l'occupation du sol. Ceci est particulièrement vrai pour l'aménagement de zones d'habitations et de loisirs, dont la composition, mêlant à la fois constructions et espaces verts, est considérée comme très variée par les experts.

L'**ouverture du paysage** concerne presque un tiers de l'Arc jurassien (31.2%), principalement sous l'effet d'éclaircies forestières sur les contreforts du massif, comme à Granges, St-Imier et Concise, et de l'intensification des pratiques agricoles pour le reste de la chaîne. A l'Ouest du district de Porrentruy et dans l'ensemble des Franches-Montagnes jusqu'à Travers, d'importantes surfaces de pâturages ont été convertis en zones de cultures, alors que ce sont surtout des vergers qui ont disparus dans la partie orientale du Jura, comme dans le district de Sissach, dans le canton de Bâle-campagne. La conversion de forêts en zones de cultures et de pâturages ainsi que l'aménagement d'infrastructures de transports interviennent dans une moindre mesure dans l'évolution du paysage.

Ces processus d'ouverture s'accompagnent généralement d'un **éclaircissement du paysage** et d'une **diminution de sa naturalité**. La diminution de la densité de boisé ainsi que l'affectation du sol en zones de cultures impliquent le passage à des teintes plus claires et une présence plus importante de l'Homme dans le territoire. La richesse de l'occupation du sol varie localement, avec une tendance à la baisse, en particulier entre la Haute-Ajoie et La Chaux-de-Fonds. La **variabilité tend à augmenter** dans la partie Est du massif.

COMMENTAIRE DES RÉSULTATS

A l'image de l'ensemble du pays (OFS, 1999a), l'évolution du territoire et des paysages de l'Arc jurassien s'est considérablement accélérée depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale et résulte en grande partie de processus plus globaux, concrétisés dans le contexte régional. Elle se traduit principalement par l'éclatement des structures spatiales et par une redéfinition de l'utilisation du sol, sous l'effet de la libéralisation de la production liée au territoire. Si la **tendance à l'artificialisation** du territoire suisse est de l'ordre de 1 m²/seconde depuis les années soixante, malgré la prise de conscience de cette dynamique à partir du milieu des années septante (Bulletin AT, 2000), le Jura s'est urbanisé à une cadence moins soutenue, de l'ordre de 0.2 m²/seconde, du fait de sa localisation de moyenne montagne. Cependant, les conséquences de cette évolution sont globalement les mêmes. Les surfaces de bâtiments, représentant environ la moitié des zones artificielles, ont connu la progression la plus importante. Comme cela a déjà été observé (Fallet et Schuler, 1996; CEAT, 2002), celle-ci se traduit non seulement par le développement des centres régionaux et une urbanisation linéaire le long des axes routiers, mais aussi par une dispersion des constructions dans les zones rurales. Ce phénomène de mitage de l'espace crée un patchwork en contradiction avec le caractère ample du paysage jurassien. Contrairement à l'urbanisation «normale» du territoire autour de centres régionaux et le long d'axes routiers, laquelle a pour effet de structurer le paysage en faisant émerger des zones de développement, l'éparpillement de constructions isolées amène de plus une fragmentation du territoire, qui perturbe les réseaux écologiques et implique un appauvrissement de la biodiversité. Comparativement, les infrastructures de transports se sont peu étendues et ne devraient plus s'accroître significativement à l'avenir. En effet, les grands travaux routiers prévus pour améliorer l'accessibilité de l'Arc jurassien (N5 et N16), sont en voie d'achèvement. L'artificialisation du territoire amène ainsi un desserrement du tissu urbain qui pose des problèmes d'énergie, d'équipements et de transports.

La redéfinition de l'utilisation du sol touche particulièrement l'agriculture, qui se trouve soumise à une double **logique de réorganisation** et de déprise. L'activité agricole de l'Arc jurassien est traditionnellement orientée vers l'élevage. En effet, les conditions pédologiques et climatiques du massif sont plutôt favorables à une exploitation herbagère. De plus, une partie des zones de cultures, axées sur la production de céréales et de betteraves fourragères ainsi que de maïs d'ensilage, est liée de près à l'élevage (CEAT, 2002). La dynamique récente de l'utilisation du sol témoigne d'une augmentation des surfaces de pâturages et d'une redistribution des terres cultivées. Cette observation traduit un processus de spécialisation des formes d'exploitation, évoluant d'une part vers une intensification de la production (lait, porcs, poules) et d'autre part vers un élevage plus extensif de bétail en plein air (vaches allaitantes, bisons, émeus). Le développement des terres viticoles et de l'horticulture renforce l'orientation actuelle menant à la spécialisation, le recours à des méthodes de monocultures permettant d'échapper au recul de l'agriculture. Cependant, l'arboriculture fruitière enregistre une diminution

de plus d'un quart de sa surface et fait ainsi figure d'exception. Une explication possible réside dans sa situation de plaine et sa rentabilité limitée qui soumettent cette activité à la pression de l'urbanisation et de l'agriculture industrielle (Bulletin AT, 2000). Selon les projections de la CEAT (2002), la tendance menant à la diminution des terres ouvertes au profit de pratiques basées sur la production de lait et de fourrage devrait encore se poursuivre à l'avenir.

Les régions de montagne à forte vocation agricole, telles que le Haut-Jura vaudois, connaissent une **déprise importante**. Les conditions d'exploitation difficiles amènent des coûts de production élevés. Ainsi, les terres peu productives et marginales, particulièrement celles où la mécanisation ne peut s'imposer (Luginbühl, in: Marcel, 1989), sont vouées à être abandonnées à la nature, et donc, à un reboisement inéluctable. Les régions périphériques plus extensives, pour lesquelles les critères de rationalisation ne sont pas applicables, doivent chercher d'autres pistes, comme l'affirmation de leur identité ou la diversification de leurs activités, pour se maintenir. La production de biens de haute qualité et la transformation de ceux-ci en spécialités sont des alternatives à la standardisation des produits. Par ailleurs, l'exercice d'une activité complémentaire rémunératrice est une solution pour améliorer les revenus de l'exploitation. Différentes occupations sont possibles, liées de près ou de loin au travail à la ferme: vente des produits régionaux, accueil et tourisme rural, bûcheronnage, compostage, services à la collectivité tels que l'entretien de bâtiments, de chemins ou de l'environnement naturel, activités artisanales de menuiserie, de maçonnerie ou de mécanique... Selon la CEAT (2002), le développement de telles initiatives est cependant limité par les possibilités du marché.

Les conséquences de telles transformations sur le paysage sont variées, étant donnée l'ambivalence des processus territoriaux. L'intensification de l'agriculture dans les zones les plus propices amène une **simplification du paysage** à travers l'homogénéisation des pratiques et des systèmes de production. La spécialisation du territoire élimine de nombreux éléments caractéristiques du paysage, tels que les arbres isolés, les bosquets et les haies. La construction de volumineux bâtiments agricoles de type industriel, aux abords des fermes traditionnelles, casse l'unité architecturale. Cela a pour effet d'appauvrir le patrimoine naturel et de remettre en question l'identité des lieux, au risque de les banaliser. La déprise agricole, initiée par des agriculteurs démissionnaires, a également à terme pour conséquence d'uniformiser le paysage. Cependant, la désertification des exploitations qui s'enrichit et se reboisent implique une perte de l'accessibilité, aussi bien visuelle que physique. La fermeture du paysage, empêchant de pénétrer dans le territoire, peut causer une désaffection touristique, diminuant la fréquentation des sites. Ces terres abandonnées, portant les traces de l'activité humaine, définissent de nouveaux systèmes écologiques. Ainsi, plus qu'un retour à la forêt primitive, l'avancée de la friche et du boisé, pouvant aller jusqu'à encercler les villages, fait référence au paysage médiéval (Prado, in: Mottet, 2002), marquant la scission entre la civilisation et la nature inculte (Harrison, 1992).

Cependant, ce désintérêt pour ces espaces peu rentables en termes d'exploitation est contre-balançé par le besoin de nature de toute une frange de la population urbaine. Avant qu'elles se referment complètement, certaines zones délaissées par l'agriculture traditionnelle sont récupérées par les activités touristiques et résidentielles. Le développement d'aires de loisirs ainsi que la construction ou la transformation de bâtiments, sans toutefois trop s'éloigner de l'aspect général du paysage original, reposent cependant sur des modèles de référence nouveaux. En effet, l'aménagement de terrains de golf ou de ranchs à bisons par exemple, dont l'allure générale se rapproche de celle des pâturages boisés traditionnels, prolonge l'idée d'un **paysage à composantes mixtes** en y introduisant un certain nombre d'éléments normalisés, en rapport direct avec les nouvelles pratiques territoriales. La réaffectation d'anciens bâtiments agricoles en habitations, sans qu'elle consomme véritablement d'espace supplémentaire, illustre bien ce processus de redéfinition du paysage: en même temps que certains éléments du patrimoine rural sont exacerbés, voire recréés, les transformations se basent sur un autre vocabulaire, plus urbain, à l'image des aménagements extérieurs inspirés des zones de villas (barrières, jardins, rocailles, plantes d'ornement...). A la place des dégagements typiques entourant les bâtiments agricoles, une nouvelle grammaire paysagère se met par conséquent en place. Ainsi, cette forme de réappropriation standardisée de l'espace rural crée une image de «Disney Land» (Crettaz, 1997), en apprêtant les traditions et en privilégiant la miniature et le joli.

EVALUATION DE L'APPROCHE

Le but de l'approche proposée est d'identifier les processus territoriaux et de les différencier dans l'espace. Une des originalités de l'approche réside dans la **traduction des évolutions territoriales en termes paysagers**. Le plus souvent, les recherches qui se sont basées sur l'occupation ou l'utilisation du sol pour évaluer le paysage, ont considéré ce dernier sous l'angle environnemental ou écosystémique (Lee *et al.*, 1999; Haines-Young *et al.*, 2003; Zebisch *et al.*, 2003) et ont axé principalement leurs analyses sur la métrique. L'orientation choisie ici était d'étudier les modifications du paysage visible, sous la forme d'une grille. Le découpage du territoire par la méthode des fenêtres glissantes a *de facto* délimité des unités paysagères individuelles. Vu la résolution des données de la statistique de superficie (100 m) et la taille des cellules d'analyse (2x2 km), le paysage a été envisagé à une macro-échelle. La perspective était de définir, à partir des événements survenus dans le territoire et de la définition des processus les ayant engendrés en amont, les conséquences des changements spatiaux sur le paysage.

L'évaluation des impacts des transformations territoriales sur le paysage est cependant limitée par différents facteurs. D'une manière générale, les changements de pratiques peuvent avoir des effets différés sur le paysage (Gautier, 1995). Certaines modifications sont rapides et leur effet est directement visible dans le paysage, à l'image de l'artificialisation du milieu. En revanche, d'autres processus, d'origine naturelle comme l'enrichissement, vont mettre beaucoup plus de temps à disparaître à partir du moment où

ils sont engagés, sans compter que d'autres forces peuvent venir contrer leur évolution. Ainsi, ce **décalage temporel entre l'émergence de processus territoriaux, leur concrétisation dans l'espace et leur manifestation dans le paysage** ne facilite pas la reconstitution de la logique d'évolution spatiale. De plus, un même processus territorial peut se traduire de diverses manières et à des intensités différentes dans le paysage. A moins d'une transformation radicale, ce dernier perpétue la mémoire de pratiques disparues, à travers les traces qu'elles laissent. Elle est encore renforcée lorsqu'une forte valeur sentimentale lui est associée, quand bien même le paysage est en pleine mutation. Toutes ces réflexions dépassent très largement la portée de l'approche proposée ici.

En termes opérationnels, la valeur de la démarche suivie ici dépend de la nature des données utilisées, des moyens mis en oeuvre pour la traiter et de l'interprétation qui en être faite.

L'approche proposée est en grande partie factuelle et repose sur une description raisonnée du territoire et de son évolution, fondée sur des données de nature statistique, objectives et mesurables. En effet, la statistique de superficie de la Suisse correspond à la **donnée spatialisée la plus riche et la plus sûre** disponible sur le territoire. La mise à disposition au relevé de 1992/97 par l'OFS a débouché sur la parution de nombreux articles décrivant la dynamique territoriale, aussi bien dans la presse professionnelle (aménagement du territoire, urbanisme, agriculture) que dans la presse grand public. La plupart du temps, les transformations du territoire ont été évaluées globalement pour l'ensemble du pays ou au mieux par cantons, sous la forme de statistiques relativement peu spatialisées. Très clairement, l'information à disposition a été sous-exploitée par rapport à la richesse qu'elle recèle.

Si le mode d'acquisition, par échantillonnage, des données de la statistique suisse de superficie garantit une information statistiquement fiable, il existe cependant une **incertitude au niveau de la définition des catégories** utilisées. Le problème ne se situe pas tant au niveau de l'interprétation proprement dite des photographies aériennes par les opérateurs, dont le travail est soumis à des mesures de contrôle et de validation, que du point de vue de la classification des données elles-mêmes. Le système utilisé combine en effet des catégories d'occupation et d'utilisation du sol, du fait de la difficulté de les dissocier. Il n'est de ce fait pas toujours possible de déterminer si les processus d'évolution, tel que le reboisement, sont d'origine naturelle ou anthropique. Plus encore, les changements réels d'intensité de l'utilisation du territoire sont difficilement perceptibles. Ainsi, l'agrégation des données n'est pas une tâche innocente, car elle oriente les observations qui peuvent être faites des changements. Elle nécessite dès lors une excellente connaissance de la définition et des limites des données, sur la base d'une analyse détaillée des méta-informations.

L'exploitation de tels jeux de données n'est pas simple, du fait de la **nature nominale et multi-dimensionnelle de l'information**. En effet, la plupart des SIG, principalement orientés sur le traitement de données cardinales,

proposent généralement par défaut peu de fonctions d'analyse spatio-thématique pour travailler avec des données discrètes, bien que les algorithmes qui les sous-tendent soient assez élémentaires. Ainsi, les opérateurs statistiques faisant du sens avec des données qualitatives (mode, fréquences, variété, majorité, minorité) ont dû être implantés dans le système, lorsqu'ils n'étaient pas déjà disponibles. De plus, la gestion de la dimension temporelle est un problème bien connu dans les SIG (Gagnon, 1993; Egenhofer et Golledge, 1994; Egenhofer *et al.*, 1998; Claramunt et Thériault, 1995; Christakos *et al.*, 2002). Les systèmes actuels offrent en effet une vision statique de l'espace et des objets qui le constituent (Bédard et van Chestein, 1995), sous la forme d'instantané de l'état du territoire (Thériault et Claramunt, 1999). Dans la mesure où le temps n'est pas explicitement intégré dans les SIG, les possibilités pour traiter, analyser et représenter l'évolution des phénomènes sont donc relativement restreintes (Langran, 1992). L'étude de la dynamique territoriale considère par conséquent le temps comme une variable discrète. Elle se base sur la comparaison de séries chronologiques, réalisée en croisant une à une les couches d'information des états successifs du territoire.

La nature même des données limite par ailleurs le type d'analyse qu'il est possible de réaliser. Le territoire est principalement étudié du point de vue de sa composition, les indices de structure, tels que ceux de fragmentation ou de dimension fractale (O'Neill *et al.*, 1988), définissant le niveau d'organisation spatiale, et par là-même l'influence de la société sur le territoire, sont mal adaptés à des données échantillonnées. Ainsi, le **procédé d'agrégation par fenêtre dynamique** est apparu comme une solution intéressante pour spatialiser les changements. Si les matrices de transition ainsi que les diagrammes de flux sont des moyens incontournables pour modéliser l'évolution du territoire et analyser les processus en jeu (Forman et Godron, 1986; Dérioz, 1999), ils ne sont cependant pas satisfaisants pour les localiser dans l'espace. Etant donné le nombre de transformations différentes et leur dispersion spatiale, la représentation de celles-ci sous forme cartographique est généralement un problème épineux. La technique des fenêtres glissantes offre les moyens d'analyser la dynamique de manière plus détaillée que la plupart des méthodes de découpage traditionnelles. Le choix de la taille de la fenêtre joue un rôle important dans la perception des transformations et doit être défini en connaissance de causes. L'ancrage spatial fort de cette méthode garantit la comparabilité des unités d'analyse entre elles. Ainsi, plutôt que de déboucher sur la description de tendances d'évolution générales, cette technique fait ressortir des différenciations spatiales et constitue un outil précieux de communication et de sensibilisation à la dynamique territoriale.

L'interprétation de l'état et de l'évolution du territoire et, par extension, du paysage, repose sur l'**utilisation de fonctions et d'indicateurs spatialisés**. Si certains des indicateurs utilisés reposent sur une base scientifique bien établie, d'autres introduisent une plus grande part de subjectivité. L'analyse de l'effet des variables géographiques et des relations de voisinage sur les types de modifications relève en effet de fonctions classiques dans les SIG. De même, le calcul d'indices de richesse, de

dominance et de diversité est courant dans les analyses formelles du paysage. Les indicateurs spécifiquement développés pour caractériser le paysage dans ce travail implique une forme d'évaluation qui, même si elle est construite sur la base de recoupements, traduit des jugements forcément subjectifs. Sans être exhaustifs ni définitifs, ces indicateurs ont cependant comme mérite de chercher à définir un modèle d'analyse aussi neutre que possible pour éclairer le plus objectivement possible la manière dont le paysage a changé. Comme dans tout travail d'évaluation, l'appréciation qualitative du paysage fait intervenir une part d'interprétation. Il ressort des résultats obtenus que l'évaluation des changements paysagers relève d'une logique spécifique, différente de celle qui détermine la dynamique territoriale. La comparaison des indicateurs d'impacts paysagers avec les valeurs d'intensité de changements révèle clairement les différences d'approches. Il apparaît dès lors que l'importance des modifications au niveau du paysage n'est que partiellement liée au nombre de changements territoriaux et que la nature de ces derniers joue un rôle fondamental.

Ce glissement sémantique, du territoire vers le paysage, contribue à **objectiver les représentations individuelles** de l'évolution du paysage en fournissant un éclairage du contexte territorial et paysager et en renseignant sur la portée géographique et l'ampleur des problèmes envisagés. Cette étape du diagnostic de situation permet, en confrontant les résultats avec les perceptions identifiées au *chapitre 5*, de donner un fondement aux jugements implicites et de mettre fin aux généralisations abusives relayées par l'opinion publique (Lambin *et al.*, 2001). Dans une étape suivante de débat collectif, il est possible, sur la base établie, de recentrer la réflexion sur les préoccupations centrales et d'offrir une base de discussion sur les agents modificateurs du paysage.

SYNTHÈSE

Le territoire est vu comme un système, dont l'interaction des composantes sociales et environnementales détermine l'évolution. L'objectif de cette étape de diagnostic est de caractériser les conditions et surtout les perturbations du système territorial, et d'en déduire les effets en termes paysagers. Cette tâche est rendue difficile par des ambiguïtés au niveau de l'objet étudié, selon qu'on s'intéresse à la couverture ou à l'utilisation du sol, et au niveau de sa manifestation dans l'espace et dans le temps. Ainsi, une double approche est préconisée, qui se base sur l'analyse objective des formes territoriales et des changements survenus concrètement dans l'espace ainsi que sur l'interprétation qualitative des effets de ces transformations sur le paysage.

Une méthode mixte est ainsi proposée sur la base d'un inventaire des données décrivant le territoire et d'un survol des procédés d'agrégation et de traitement de celles-ci. L'approche repose sur (1) une analyse monographique de l'évolution du territoire dans une perspective historique; (2) une statistique descriptive du territoire actuel envisagé dans sa totalité; (3) une analyse régionalisée du territoire actuel et de sa dynamique récente, par régions agricoles ainsi que selon un modèle de cellules régulières, et (4)

une évaluation des impacts des transformations territoriales en termes paysagers. L'analyse du territoire repose sur la réalisation de matrices de transition ainsi que sur l'utilisation d'indices de richesse et de diversité, calculés à partir des deux jeux de données de la statistique suisse de superficie. De plus, des indicateurs spécifiques ont été construits pour caractériser l'ouverture, la variété interne des éléments composants le paysage, sa naturalité et sa luminosité.

Les résultats montrent la répartition générale de l'utilisation du sol pour l'ensemble de l'Arc jurassien, ainsi qu'à l'intérieur des régions agricoles. Les indices de richesse et de diversité renseignent localement sur la multifonctionnalité du territoire. En ce qui concerne l'évolution du massif, il ressort que 4.5% du périmètre jurassien s'est modifié entre les deux relevés, principalement sous l'effet de l'urbanisation et de la réorganisation des activités agricoles dans l'espace. Une partie des terres agricoles a même été abandonnée et s'est reboisée. Un bilan plus détaillé décrit les spécificités de chaque région agricole. Une analyse des effets de la topographie et du voisinage dans les transformations territoriales révèle que ces critères ne permettent pas à eux seuls d'expliquer la redistribution des activités dans l'espace, mais que les processus en jeu dépendent de facteurs plus larges. Le degré de transformation du territoire est caractérisé par l'intensité et la variété des changements. L'analyse de la modification de la diversité de l'utilisation du sol révèle des tendances d'enrichissement et d'harmonisation du paysage. Des tendances opposées d'appauvrissement et d'uniformisation sont également apparentes, dans une moindre mesure cependant. Finalement, les indicateurs paysagers indiquent que le paysage jurassien se referme et s'obscurcit dans près de deux cas sur trois. Selon que ce phénomène découle d'un processus d'urbanisation ou de déprise, le paysage perd, respectivement gagne, en naturalité. Lorsqu'il s'ouvre, il s'éclaircit et s'artificialise généralement en même temps.

Une mise en perspective de la démarche d'analyse révèle que, outre les difficultés liées à la nature nominale des données et aux décalages spatio-temporels entre les changements territoriaux et leur traduction au niveau du paysage, l'approche considérée amène des éclairages riches sur l'état et l'évolution du paysage. En effet, elle se base sur la donnée la plus complète actuellement pour décrire le territoire suisse et met en oeuvre des procédés d'agrégation et d'analyse pertinents.

7

DÉFINITION DE MODÈLES DE REPRÉSENTATION SOCIALE DU PAYSAGE

L'analyse des représentations paysagères des gestionnaires du territoire et leur conceptualisation sous la forme de modèles s'avèrent très utiles pour mieux comprendre l'articulation des différents éléments et enjeux présents dans le paysage. Cette approche constitue dès lors une ouverture intéressante pour mieux intégrer les préférences, aux côtés de composantes plus objectives, dans les processus d'évaluation du paysage, à la base de toute intervention spatiale. De plus, ils offrent une base intéressante pour la définition de critères d'appréciation du paysage. La dimension largement qualitative des représentations paysagères ainsi que leur pluralité rendent cependant cette tâche difficile.

Le présent chapitre constitue la première étape de la phase de diagnostic de détail pour la zone du Haut-Jura vaudois située au Sud du Marchairuz (voir *chapitre 4*). Le but est d'essayer d'objectiver les préférences des acteurs en identifiant, parmi la variété des représentations sociales du paysage, l'existence de groupes réunis autour d'idéaux-types et en traduisant leurs mécanismes d'évaluation du paysage en critères d'appréciation. Sur la base des méthodes d'analyse de contenu déjà présentées (voir *chapitre 5*) et complétées ici, les options retenues pour le présent cas d'étude sont précisées. Les résultats présentent trois catégories de représentation sociale du paysage ainsi que les critères d'appréciation qui leurs sont liés. Un rapprochement de ces modèles avec ceux identifiés dans d'autres approches fait ressortir, à travers leurs points communs, la pertinence de l'analyse. Des

éléments de validation des méthodes employées et plus largement de la démarche viennent conclure ce chapitre.

FONDEMENTS DE L'APPROCHE

Au-delà du niveau plus ou moins élevé de consensus qui existe dans l'appréciation du paysage, les différences de conceptions relèvent d'une **multitude de modes de pensée** qui caractérisent les sociétés complexes (Kay, 1985, cité dans Rockwell, *in*: Meyer et Turner, 1994). Le paysage est le reflet de la relation entre le lieu de possibles et la manifestation concrète des aspirations de différentes classes sociales. Elles définissent ainsi l'existence et le sens qu'il prend, sachant qu'il existe autant de processus paysagers qu'il y a de groupes différents (Bertrand, 1978). La stratification sociale dont parle Bertrand (*ibid.*), fait allusion, à travers les enjeux spatiaux d'une région, aux clivages nés de la confrontation entre un modèle dominant de production et de représentation du paysage (Dagognet *et al.*, 1982) et la manière dont il résonne auprès des catégories dominées, mues par des schémas de pensée différents (Frémont, 1974). Cela revient à se demander pour qui, au profit de qui et selon les perceptions de qui, sont réalisés les aménagements paysagers (Neuray, 1982). Ambroise *et al.* (2000) utilisent l'expression «parti paysager», empruntée au vocabulaire des paysagistes, pour traduire l'idée selon laquelle le paysage doit faire l'objet d'options clairement explicitées sur l'espace, plutôt que de résulter de diktats politico-techniques.

Il apparaît par conséquent nécessaire d'essayer de définir des modèles de représentation sociale du paysage qui fassent ressortir plus particulièrement l'**existence de groupes d'acteurs** dans un contexte particulier. Bertrand (1978) définit le groupe social comme un «ensemble d'individus organisés à l'intérieur d'un même système de production, liés entre eux par une même pratique de la nature et qui produisent un ensemble cohérent de biens matériels et culturels». Comme le dit Olivier de Sardan (1999), la pluralité d'attitudes, de comportements et de représentations qui se confrontent n'est pas infinie ni aléatoire, mais elle est structurée autour de problèmes particuliers. Ces regroupements, qui ne sont pas conscients, reflètent un nombre limité de positions d'acteurs qui rentre en contact dans ce que l'auteur appelle l'arène, c'est-à-dire un espace social qui est le siège d'enjeux et d'interactions (*ibid.*)

L'identification de modèles de représentation sociale du paysage repose sur des logiques d'acteurs qu'il faut pouvoir éclairer. Dans une perspective de diagnostic, en amont d'un processus plus large de négociation, la **reconnaissance de critères d'appréciation** est fondamentale pour parvenir à une forme explicite d'évaluation du paysage et d'arbitrage des points de vue. La traduction de ceux-ci en indicateurs spatialisés mérite à ce titre une attention particulière (voir *chapitre 8*).

MÉTHODOLOGIE

APERÇU DES PRINCIPALES MÉTHODES DE CONSULTATION ET D'ANALYSE

Les principales méthodes utilisées dans les processus d'enquête en sciences sociales ont déjà été décrites au *chapitre 5*. Cependant, un commentaire s'impose pour le choix de la solution la plus adaptée au développement de modèles de préférences parmi celles qui sont envisageables. Celui-ci dépend largement du niveau de structuration de la démarche dans son ensemble.

Une solution commode consiste en la ***réutilisation des entretiens réalisés pendant la phase de caractérisation de la communauté locale*** (diagnostic de situation, *chapitre 5*) comme matériel de base pour construire des modèles de représentation du paysage. Pour cela, le questionnement en amont doit être conçu pour permettre de construire des typologies et plus encore de définir des critères d'appréciation dans un système de préférence. Cependant, l'absence de *feed-back* de la part des acteurs rend les modèles difficiles à valider.

Une autre formule possible est le recours à un ***procédé participatif***, dans lequel les individus sont non seulement consultés, mais aussi appelés à évaluer les modèles proposés (Bosshard, 1997; van Mansvelt, 1997). Une solution est de constituer un groupe de travail, qui peut d'ailleurs être le même que dans le diagnostic de situation, au sein duquel des interlocuteurs privilégiés, représentant les différents courants d'idées, remplissent le rôle d'évaluateurs. Le fait de travailler dans un cadre de proximité avec un plus petit nombre de partenaires renforce la confiance réciproque et améliore les résultats.

En ce qui concerne la ***définition de critères d'appréciation du paysage***, une analyse de la littérature dans le domaine de l'évaluation de ce dernier a révélé un sérieux manque de méthodes. Hormis quelques études majeures qui définissent les grandes lignes de systèmes d'indicateurs pour une gestion durable du paysage (van Mansvelt et van der Lubbe, 1999; OCDE, 2001; Stremlow *et al.*, 2003), les références en la matière sont relativement rares. Ces approches, construites sur la base d'avis d'experts dans des domaines sectoriels, proposent le plus souvent des indicateurs assez généraux et peu opérationnels, qui ne sont pas directement exploitables dans la pratique. De plus, le paysage est envisagé dans une optique spécifique (paysage agraire ou naturel), différente du sens plus global admis dans cette recherche.

MÉTHODES RETENUES

La stratégie adoptée pour construire des modèles de représentation du paysage dans cette recherche a consisté en la ***valorisation des informations déjà obtenues dans les entretiens de la phase précédente*** de diagnostic de situation. Le fait que la présente étude ne s'inscrive pas directement dans un cadre opérationnel de diagnostic justifie en grande partie ce choix. Etant donnée la nature exploratoire de ce travail

et les moyens à disposition, cette solution, bien qu'imparfaite, est apparue satisfaisante pour amener des éclairages sur les logiques d'acteurs.

Considérant la variété de paysages jurassiens et l'échelle locale d'analyse de cette phase de diagnostic de détail, l'accent a été mis sur le **type particulier des pâturages boisés**.

La méthode d'analyse envisagée repose sur un principe d'inventaire des similitudes et des distinctions notoires qui apparaissent dans les discours des enquêtés. Pour procéder à ces **regroupements sémantiques**, nous avons repris notre typologie des contenus et avons cherché, de manière itérative, à identifier des ensembles de personnes ayant, de manière assez stable, des schèmes de pensée similaires. Plus précisément, nous avons essayé d'identifier des champs sémantiques (ou sèmes) communs à plusieurs acteurs entre les différents classèmes et à travers les différents niveaux thématiques pour faire ressortir des compatibilités interpersonnelles (voir *Figure 41*). La réalisation des regroupements ne s'est pas faite sur la base de groupes stratégiques préconstruits, mais empiriquement, en faisant émerger des similarités à partir du matériel d'analyse.

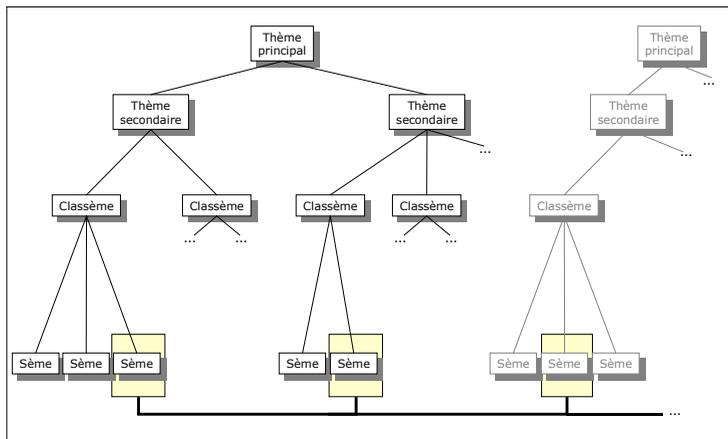


Figure 41: Illustration du procédé de regroupement des représentations du paysage au niveau des classèmes.

Dans ce cadre de définition de modèles de représentation du paysage, la méthode d'analyse du discours se concentre sur la recherche d'éléments significatifs des logiques sociales, qui soient utiles pour expliciter les critères d'appréciation du paysage de chaque groupe. Cette dernière tâche consiste à reconnaître les conditions cadres qui définissent les différentes manières d'appréhender le paysage par les acteurs. Rares sont les cas où les critères d'appréciation sont exprimés de manière très formalisées par les acteurs. De ce fait, nous avons eu recours à une **méthode interprétative implicite** qui cherche à faire ressortir les règles d'appréciation qui apparaissent en filigrane dans les modèles de préférences, par le biais d'une lecture réursive de leur description. Un accent tout particulier a été placé sur les éléments de

discours qui ont une portée spatiale, et plus particulièrement visuelle, dans la perspective de traduire les critères d'appréciation identifiés en indicateurs spatialisés dans les analyses de visibilité de la suite du diagnostic (*chapitre 8*).

La *Figure 42* présente de façon synthétique les différentes étapes de l'approche, de l'identification des différentes représentations sociales du paysage à partir des entretiens, en passant par le regroupement de celles-ci en modèles jusqu'à la définition de critères d'appréciation pour chacun d'eux. Bien que certains critères puissent être partagés entre les différents groupes, leur signification est généralement propre à chaque tendance.

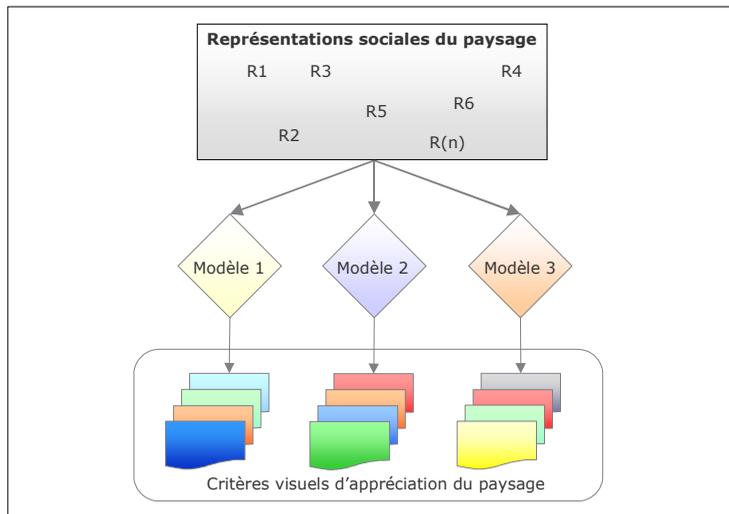


Figure 42: Démarche d'identification de critères pour l'évaluation du paysage.

RÉSULTATS DE L'ANALYSE

DESCRIPTION DES MODÈLES

Sur la base d'une méthode de regroupement simple des opinions des enquêtés, il a été possible de distinguer trois catégories de personnes, qui sont commentées ci-après. Quelques citations, en italique et entre guillemets, tirées des discours des enquêtés accompagnent les descriptions, à titre illustratif. Nous avons développé trois modèles de représentation sociale du paysage qui mettent en lumière différentes préoccupations :

- la **tendance «conservatrice»**, témoignant à la fois d'un attachement à un héritage ainsi que d'une peur en l'avenir;
- la **tendance «pragmatique»**, arguant que le paysage est en premier lieu le reflet des activités économiques de la société d'aujourd'hui;

- la **tendance «romantique»**, définissant le paysage comme un produit culturel chargé d'émotion.

La tendance «conservatrice»

Cette vision traditionaliste illustre le besoin de conserver les pâturages boisés «comme ils sont», ou mieux encore, tels qu'ils étaient à l'Âge d'Or de l'élevage. Ils sont considérés en premier lieu ici d'un **point de vue patrimonial**, d'après leur valeur fonctionnelle héritée des modes d'exploitation passés.

«Une belle combe sans pâturage ou sans bête, n'a pas le même coup d'oeil.»

L'activité la mieux adaptée localement doit être privilégiée dans le paysage. Les surfaces très propices à la pâture, comme celles situées en fond de combes, doivent restées ouvertes et être consacrées prioritairement à l'élevage afin de garantir un rendement maximal; à l'inverse, le pacage ne doit pas entraver la production forestière là où elle est favorable. Un mélange entre les activités pastorales et forestières est cependant admis dans les zones où leurs effets réciproques améliorent la performance générale, en particulier dans les zones de faible à moyenne productivité. Par contre, la présence de friches et de buissons, considérée comme horrible dans sa forme, apparaît comme un gâchis inacceptable pour qui sait ce que la disette signifie. En-dehors des surfaces improductives, elle est perçue négativement comme le signe de l'abandon, témoignant de l'incapacité à maintenir une exploitation. De même, à l'exception des bâtiments et des infrastructures liés à l'agriculture et à la foresterie, les constructions sont généralement considérées comme un manque à gagner dans l'exploitation du territoire. Le modèle de référence, issu d'un paradigme productiviste classique, est celui d'un **paysage d'apparence naturelle bien que créé et entretenu par les activités agro-forestières traditionnelles.**

«On garde les zones les plus rentables et on laisse un peu les autres, mais les pâturages, ce ne sont pas des jardins !»

Les adhérents à cette tendance, caractérisés par une connaissance très fine du milieu de par leur engagement professionnel, sont liés de très près et depuis assez longtemps aux pâturages boisés. L'idée d'imaginer ceux-ci se modifier traduit une crainte de voir leurs activités, sinon disparaître, du moins changer. La gestion du paysage est donc envisagée ici en termes fonctionnels, plus particulièrement **sous l'angle de la sauvegarde**. Toutefois, certains partisans de cette approche, conscients de l'inadaptation des pratiques ancestrales aux conditions d'exploitation actuelles, sont ouverts à des solutions alternatives telles que l'introduction de nouvelles formes d'élevage et de nouveaux types de bétail aussi différents que le bison et le daim. Ils prônent également une collaboration plus étroite entre les milieux agricoles et forestiers dans les pratiques de gestion. Par contre, la présence de l'Homme est implicitement considérée comme néfaste (et donc

non désirée), comme le laissent penser les remarques négatives concernant l'habitat et le tourisme, dont les débordements sont vivement appréhendés.

«Un paysage de qualité, c'est là où il y a le moins possible d'humains. (...) C'est un paysage pas trop consommé, ou juste un peu, mais pas construit.»

«Un point faible pour le paysage, c'est l'habitat, les maisons privées.»

La tendance «pragmatique»

La logique actuelle de rentabilisation amène une redistribution des structures territoriales et donc une recomposition du paysage. Le modèle envisagé ici définit le paysage par l'**optimisation de l'utilisation du sol et des ressources** à disposition. Il doit donc refléter la présence d'activités humaines rentables, adaptées au contexte temporel, spatial et socio-économique de la région. Parallèlement, il bannit les aménagements archaïques, bricolés ou provisoires de l'espace, témoignant de l'existence de conditions précaires.

«Le paysage, ce n'est pas la nature, le milieu urbain, mais la résultante des actions humaines, naturelles.»

Contrairement à la tendance conservatrice qui met l'accent sur la défense de l'exploitation agricole et forestière, **l'approche pragmatique prend en compte toute les types d'activités territoriales** dans l'évaluation. Par conséquent, le territoire peut aussi bien être valorisé par des formes de spécialisation de l'utilisation du sol que par des stratégies de renforcement de la multifonctionnalité, lorsque les effets induits des différentes pratiques en jeu sont importants. Par exemple, dans les zones où l'exploitation pastorale est favorable, cette dernière doit être intensifiée dans la mesure du possible, tant qu'elle n'entrave pas la capacité de régénération des ressources ni l'exercice d'autres activités (valeur de charge; Stremlo et al., 2003). En ce qui concerne les pâturages moins rentables, il existe plusieurs cas de figures: si l'exploitation assure une ouverture de l'espace qui sert à la réalisation d'autres fonctions, touristiques, écologiques ou autres, alors son maintien est souhaitable dans la mesure acceptable de superposition des fonctions (valeur limite d'intensité; *ibid.*); dans le cas contraire, l'abandon peut être considéré comme préférable, dans la mesure où ils sont dépendants de pratiques traditionnelles, dont l'exercice n'est plus assuré. Si, au contraire, leur présence repose sur une valorisation réelle du territoire, par exemple via les produits du terroir ou le tourisme, ces types de paysages trouvent justification aux yeux de ce groupe d'acteurs. En définitive, leur maintien implique un arbitrage entre les questions d'héritage et de rentabilité. Il est reconnu aux parcs régionaux et aux réserves un rôle important pour maintenir localement certains paysages menacés et dignes d'être conservés, afin de permettre au reste de la région de suivre son évolution normale.

«Il faut que ça évolue, il faut laisser les choses se faire...»

Les partisans de cette approche sont globalement plus jeunes que ceux du premier groupe et sont moins dépendants du legs des générations passées. Ils refusent de conserver artificiellement leur paysage, de le muséifier, et préfèrent le voir **évoluer vers d'autres motifs spatiaux**. Ils s'écartent dès lors de l'idée de vocation territoriale, souvent considérée comme immuable. Loin d'être fataliste, cette approche place toute sa confiance en un avenir qui valorise un patrimoine commun dans un monde résolument moderne.

La tendance «romantique»

La manière dont les activités humaines et les objets s'insèrent dans le paysage définit dans chaque région une scénographie porteuse d'une symbolique propre. L'expérience de celle-ci fait naître une série de sensations plus ou moins marquées qui varient à chaque fois, selon la saison ou l'état d'esprit de l'observateur. Le modèle de référence reconnu ici est celui d'un **paysage à forte composante identitaire**, qui reflète, dans ses différentes grammaires, les modes de vie changeants des populations.

«Moi, j'aime une région vivante, où on s'y sent bien.»

«Le paysage, c'est un cadre de vie qui évolue, c'est un espace de vie.»

Sans pour autant avoir le même rapport à la terre que les exploitants, les romantiques fondent pourtant leur appréciation sur le **lien intime** qu'ils entretiennent avec le territoire. Les acteurs de ce groupe portent un regard extérieur sur le paysage sylvo-pastoral, détaché des pratiques territoriales. Ils sont particulièrement sensibles à la configuration du paysage dans la mesure où elle traduit la qualité d'un cadre de vie et d'expériences. Pour que l'observateur se sente à l'aise et en harmonie avec son environnement, le paysage doit être diversifié tout en conservant une structure lisible, qui fait du sens pour l'observateur. La compartimentation des activités territoriales (le zonage en termes d'aménagement du territoire) est perçue comme un problème car elle amène, sous le couvert d'une optimisation de l'utilisation du sol, une uniformisation du territoire. De même, le paysage étant en constante évolution, la dynamique n'est pas perçue comme négative tant que les changements qui apparaissent ne se traduisent pas par un appauvrissement émotionnel. Pour contrer la banalisation, la dimension culturelle devrait être renforcée dans les tâches de planification et d'aménagement. Par ailleurs, le souci de développer une sensibilité paysagère chez les gestionnaires et le grand public est un objectif identitaire fondamental, même s'il relève pour certains de l'utopie.

«J'aime un paysage alternant, avec des points de repères, des sommets, des dégagements. (...) La première qualité, c'est la diversité.»

«Le paysage a un aspect identitaire, le trait d'union entre le passé et le futur, c'est le patrimoine.»

DÉFINITION DE CRITÈRES D'ÉVALUATION DU PAYSAGE À PARTIR DES MODÈLES DE REPRÉSENTATION SOCIALE

La tendance «conservatrice»

L'appréciation du paysage repose sur l'évaluation de la capacité des différentes zones du territoire à accueillir certaines activités traditionnelles, en l'occurrence l'élevage et la production forestière. Ils sont donc particulièrement sensibles à la juste **répartition des fonctions territoriales, en fonction des aptitudes du sol et de l'héritage de pratiques**, dont la longévité justifie l'existence.

Dans cette logique, il est possible de caractériser l'espace en fonction de son **potentiel productif** et de l'existence d'attributs qui modifient la perception de celui-ci. On peut admettre que le potentiel productif découle de l'appréciation directe des qualités du milieu (valeur réelle) conjuguée au savoir hérité des générations précédentes (valeur symbolique). Il est ensuite pondéré par la présence d'éléments tels que les arbres, les buissons, les constructions ou les infrastructures qui, selon leur fonction, détériorent ou au contraire améliorent les conditions de base.

Trois types d'informations sont donc nécessaires pour parvenir à déterminer la valeur paysagère des unités paysagères aux yeux des acteurs de la tendance conservatrice. Le premier concerne la **valeur réelle de l'espace** en termes d'exploitation de ressources. Une source de données intéressante dans ce cadre est la carte d'aptitude des sols. Celle-ci détermine des ensembles pédologiques dans l'espace et met en relation leurs propriétés avec les exigences propres aux différents types d'utilisation du sol. Ainsi, à chaque unité cartographique correspond une évaluation de son aptitude culturelle, pastorale et forestière. La *Figure 43* donne un exemple de typologie à petite échelle (1:200 000) des aptitudes du sol pour le Jura vaudois. Elle fait ressortir l'existence d'un gradient d'aptitude qui augmente, à partir des contreforts de la chaîne dédiés à la forêt, vers une utilisation forestière et pastorale mixte, à mesure que l'on pénètre dans le massif; les surfaces favorables au petit bétail correspondent à des zones plus difficiles, définies par des conditions morphologiques ou pédologiques particulières.

En l'absence de données suffisamment détaillées sur l'aptitude des sols, une alternative est le recours à des inventaires de végétation. Une classification grossière des types végétaux suffit dans la mesure où elle renseigne sur leur rendement agricole et éventuellement forestier. Une méthode de relevé de type agronomique comme celle de Dietl (Dietl *et al.*, 1981) permet de fixer des valeurs de rendement en croisant les données de végétation, d'altitude, de pente, d'ensoleillement et de système d'exploitation. L'approche phytosociologique Patubois (Gallandat *et al.*, 1996) permet quant à elle de déduire le rendement des unités végétales en fonction de leur valeur pastorale et de leur altitude. Bien que relevant de démarches différentes, ces

inventaires fournissent des informations exploitables de manière assez équivalente.

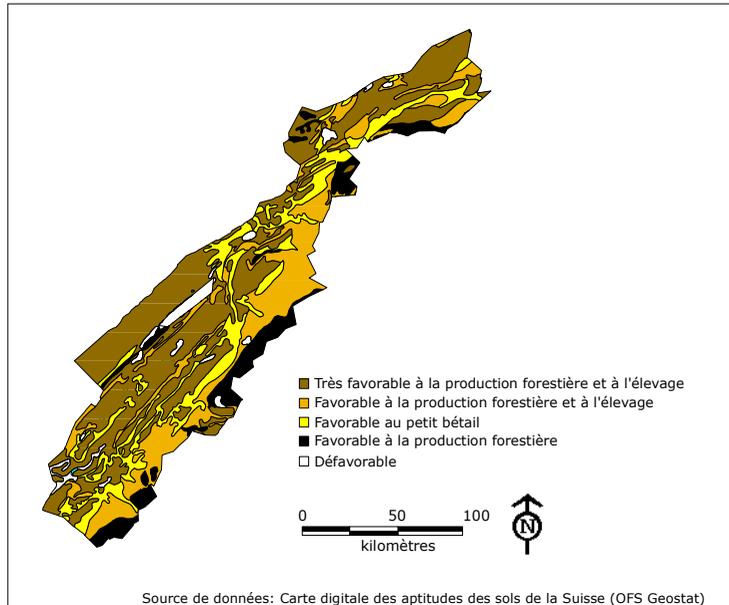


Figure 43: Exemple de classification des sols en fonction de leur aptitude dans le Jura vaudois.

Le deuxième type d'information qui influence la perception de la productivité du territoire est sa **valeur symbolique**. Elle relève de pratiques anciennes, relayées par les traditions familiales. Ainsi, les archives d'utilisation du sol peuvent constituer une source de données intéressante pour prendre en compte l'héritage des activités territoriales. Plus encore, les témoignages des acteurs permettent de relever la valeur patrimoniale de certaines zones ayant une résonance émotionnelle particulière.

Le dernier type de données important pour modéliser les préférences de ce groupe d'acteurs relève de l'identification d'**éléments territoriaux spécifiques**. Ils sont généralement disponibles sur des cartes topographiques ou des plans d'ensemble. La Suisse dispose d'un modèle numérique du paysage à l'échelle 1:25 000 (Vecteur 25), qui présente une information riche sur les objets constitutifs du territoire. Cependant, selon le niveau de détail désiré, certains éléments individuels nécessitent d'être identifiés sur la base de photographies aériennes ou même par des visites de terrain.

La tendance «pragmatique»

La tendance pragmatique est orientée vers une **optimisation de l'utilisation du sol**. Plutôt que d'axer leur appréciation du paysage sur une

relation personnelle au territoire, à l'image des exploitants traditionnels, les acteurs de ce groupe construisent leurs représentations sur la perception qu'ils ont de la situation globale.

Il est difficile de modéliser en détail les préférences spatiales de ce groupe d'après les informations que nous avons recueillies au cours des entretiens. On peut malgré tout identifier une double approche dans l'appréciation du paysage: elle est d'une part intellectuelle, basée sur une **connaissance générale de la situation**, et d'autre part visuelle, reposant sur la **perception de caractéristiques spatiales apparentes**. Si ces dernières trouvent leur manifestation concrète sur le terrain et peuvent par conséquent être modélisées spatialement, il n'en va pas de même des premières qui, beaucoup plus abstraites, nécessitent un plus gros effort de conceptualisation.

Nous admettons dans notre cas que l'analyse de la situation repose sur **l'évaluation de la qualité et de la compatibilité des fonctions territoriales**. Elle implique différentes sources de données possibles, en fonction de l'identification des activités exercées dans la région. Comme nous l'avons déjà vu précédemment, les cartes d'aptitude des sols ainsi que les inventaires de végétation offrent des informations précieuses pour déterminer les potentiels d'exploitation agricole et sylvicole. En plus de ces pratiques traditionnelles, le secteur touristique tient également une place importante. Une bonne connaissance des occupations, des réseaux et des infrastructures de loisirs existants est nécessaire pour tenter de comprendre comment les activités de détente s'organisent dans le territoire. Le recours à des statistiques concernant la fréquentation des sites permet, quand elles sont disponibles, de préciser encore l'importance du tourisme. Selon la situation, d'autres activités des secteurs secondaires et tertiaires peuvent nécessiter d'être prises en compte dans l'évaluation. Leur rôle, aussi bien dans la balance économique que dans le paysage, doit être clairement défini pour sélectionner les données pertinentes à l'analyse.

De la même manière que dans le modèle traditionaliste, l'approche visuelle se base sur la **reconnaissance d'éléments territoriaux spécifiques**, auxquels est attachée une valeur subjective. Comme nous l'avons déjà précisé, les questions d'entretien du territoire revêtent une grande importance dans le jugement. Ainsi, dans la mesure où certains éléments de détail peuvent venir perturber localement le paysage, l'identification de ces caractéristiques permet de nuancer l'évaluation générale. A cette fin, le recours à des inventaires concernant les bâtiments et les infrastructures, qu'ils soient publics ou privés, permet de renseigner sur l'état et les qualités des constructions et des aménagements en présence.

La tendance «romantique»

L'expérience paysagère est conçue comme un enchaînement de séquences à mesure que l'observateur se déplace dans l'espace. La **diversité interne ainsi que la variété entre les scènes** sont des critères de qualité reconnus, tant que le paysage reste cohérent et lisible. L'alternance, par exemple, entre des larges panoramas, des zones mixtes laissant apparaître

des fenêtres paysagères et des vues fermées de sous-bois, est un point positif dans l'appréciation du paysage. De plus, la présence d'éléments symboliques, que ce soit des monuments naturels ou culturels, des objets de mémoire ou ayant une résonance psychologique forte, vient encore rehausser la qualité de la scène.

L'appréciation du paysage par les romantiques se fait en raccrochant aux composantes visuelles des significations culturelles et symboliques. Il faut cependant ***dissocier dans l'approche l'impression d'ensemble qu'inspire le paysage des particularités locales*** qui influent au final sur la perception. Un moyen commode pour évaluer globalement la qualité d'une vue est de calculer sa diversité visuelle et de la comparer à celle d'autres scènes de la même séquence paysagère. Pour relativiser quelque peu ces résultats, une analyse complémentaire des éléments de détail s'avère intéressante. Toute la difficulté consiste ici à reconnaître les stimulus visuels pertinents et à leur associer les bonnes interprétations.

L'analyse de la ***diversité relative des vues paysagères*** nécessite une information décrivant visuellement le territoire. A première vue, il paraît plus raisonnable d'avoir recours à des données d'occupation du sol, dont le sens apparaît plus neutre en comparaison aux données d'utilisation du sol, qui témoignent d'un processus de classification plus dirigé. Cependant, il est vraisemblable que la perception visuelle, influencée par des schèmes de pensée culturels, fasse également intervenir la reconnaissance des fonctions spatiales dans l'appréciation du paysage. Occupation et utilisation du sol sont liées étroitement, mais de manière complexe. L'acquisition de données de ce type peut provenir de différentes sources, que ce soit des relevés de terrain, des plans d'ensemble ou des interprétations d'images aériennes ou satellitaires (voir *chapitre 6*).

Comme dans les autres modèles, l'***identification d'éléments territoriaux spécifiques*** joue un rôle important ici. Toutefois, ce n'est pas tant l'aspect contre-productif ni même inconséquent des objets qui prime ici, car ils sont plutôt envisagés en termes positifs, comme enrichissant la scène. Il suffit de penser aux murs en pierres sèches, aux fermes traditionnelles, aux vestiges de puits, aux escarpements rocheux ou encore aux arbres morts sur pied qui animent ainsi le paysage. Les formes du territoire sont d'autant plus appréciées qu'elles tiennent compte de la topographie. L'optimisation de l'utilisation du sol peut au contraire dévaloriser dans une certaine mesure l'aspect du paysage. Certains régimes d'améliorations foncières, la suppression de chemins, la fusion de parcelles ou encore l'installation de clôtures ont comme effet de diminuer l'accès au paysage. Si certains de ces éléments sont répertoriés dans des couches de données officielles (plans d'ensemble, vecteur 25, etc.), un catalogue complet de ces ressources à grande échelle nécessite la réalisation d'inventaires sur le terrain.

COMMENTAIRE DES RÉSULTATS

La définition de modèles de représentation sociale du paysage exprime de manière empirique ***comment les différents enjeux de la relation entre***

la société et son territoire sont pondérés au sein de groupes théoriques d'acteurs. Les considérations relatives au rôle de l'homme vis-à-vis du paysage, aux activités qu'il exerce dans le territoire ainsi qu'à la gestion de son patrimoine furent les plus discriminantes pour différencier ceux-ci. Les catégories définies traduisent ainsi l'importance que les membres de la société attribuent à différentes considérations paysagères. La valeur émotionnelle par exemple, essentielle pour la tendance «romantique», est présente à différents degrés chez l'ensemble de nos gestionnaires, même si certains avaient une certaine retenue à évoquer la dimension esthétique du paysage, dont le caractère subjectif leur semblait peut-être contraire à une pratique raisonnée du territoire. Ainsi, les différentes formes de reconnaissance du paysage ne sont pas mutuellement exclusives (Conan, *in*: Berque, 1994), mais se complètent de façon particulière pour chaque modèle.

Il est dès lors **difficile de définir précisément un profil d'acteur type** pour chaque modèle de représentation du paysage (Neuray, 1982). En effet, l'origine socio-professionnelle des individus est relativement hétérogène dans chacun des groupes. On peut toutefois dire que les personnes les plus âgées, qui entretiennent un rapport très proche avec le terrain, entrent plutôt dans la tendance «conservatrice». Le paysage leur apparaît comme une notion un peu étrangère (Conan, *in*: Dagognet *et al.*, 1982): elle est évoquée en termes de travail de la terre et de patrimoine familial (Frémont, 1974; Clark, 1988; Luginbühl, *in*: Marcel, 1989). La perspective kantienne d'appréciation esthétique de la nature (Roger, 1997) implique un détachement par rapport à une relation d'usage (Corajoud, 1982) et d'intériorité au paysage (Miéville-Ott, 2000; Prado, *in*: Mottet, 2002). Ainsi, les jeunes générations ainsi que les personnes ayant un regard plus extérieur au Jura se retrouvent plutôt dans les deux autres modèles.

La diversité des représentations sociales témoigne de la **multiplicité des approches paysagères**. Bien que parfois contradictoires (Hirsch et O'Hanlon, 1995), elles ont toutes leur valeur et leur légitimité propres, qu'il faut intégrer dans les processus de gestion. L'opposition entre les aspects économiques d'exploitation du territoire et ceux, non-monétaires, du paysage, apparaît au cœur du problème (Donnadieu, *in*: Berque, 1994; Michelin, 2000). Il s'avère d'après notre enquête que la rationalité fonctionnelle apparaît chez les acteurs comme une logique privilégiée de production du paysage, en regard des considérations culturelles et environnementales (Conan, *in*: Berque, 1994).

En effet, les partisans des **tendances «conservatrices»** et «pragmatiques» font ressortir, quoique de manière différente, le rôle primordial des activités territoriales dans la définition du paysage. Les premiers voient la viabilité des pratiques agricoles et forestières comme une condition indispensable au maintien des paysages sylvo-pastoraux, par les mesures d'entretien qu'elles apportent. Ces dernières sont donc considérées comme le corollaire d'une activité de production de biens et non pas comme une fin en soi. Cependant, l'évolution actuelle des pratiques rurales, qui pose la gestion du paysage comme une prestation de service rétribuée en tant que

telle, amène une rupture avec les traditions et est comprise comme une trahison ou une négation des efforts des anciens pour rendre la terre productive (Miéville-Ott, 2000). Les représentations sociales du paysage de ce groupe d'acteurs sont par conséquent intimement liées à leur identité professionnelle, menacée de disparaître ou d'être radicalement changée. Pour le second groupe, celui des «**pragmatiques**», moins résistant au changement, le paysage est le fait d'activités territoriales adaptées au contexte d'aujourd'hui. La recherche de la rentabilité ne peut se limiter aux pratiques traditionnelles mais doit passer par une plus grande multifonctionnalité dans l'utilisation des ressources. L'attribution d'une place plus grande aux activités d'accueil, d'animation et de promotion touristique contribue à valoriser le paysage de manière plus diversifiée. Les représentations sociales des «pragmatiques» sont donc largement influencées par une perspective de développement régional, dans laquelle le paysage reflète un équilibre économique mais aussi social. Bien que la dimension culturelle apparaisse en filigrane dans ces deux premiers modèles, elle devient véritablement un objectif central pour la tendance «**romantique**». Le paysage est ici le reflet d'un cadre de vie particulier, témoin d'un patrimoine, d'un héritage et d'une culture bien vivante, qui agit comme un révélateur identitaire. C'est cette relation d'identification, reposant sur des bases à la fois sensibles et symboliques, qui importe le plus dans les représentations sociales de ce groupe.

JUSTIFICATION DES RÉSULTATS

Un parallèle avec la définition de valeurs économiques vient éclairer les préférences des acteurs. Par ailleurs, différentes références viennent faire écho aux modèles de représentation sociale définis ici et justifier les résultats obtenus.

La définition des profils proposés s'insère de façon intéressante dans une perspective économique générale. En effet, il est possible de rapprocher les modèles de représentation du paysage de la **théorie de la valeur économique totale**. Celle-ci se décompose généralement en plusieurs catégories, réparties en valeurs d'usage, d'option et de non-usage (Pearce et Turner, 1990). La valeur d'usage directe correspond au bénéfice tiré de l'utilisation effective d'une ressource telle que l'environnement. Elle est indirecte quand elle fait référence à la plus-value fonctionnelle que cette dernière présente, comme la biodiversité, la protection des sols ou encore la régulation climatique. La valeur d'option traduit les possibilités d'utiliser une ressource dans le futur et d'inclure de nouvelles fonctions potentielles (quasi-option). Finalement, la valeur de non-usage désigne la qualité d'une ressource, en dehors de toute utilisation. On distingue la valeur d'héritage, qui découle du désir de léguer un patrimoine aux générations futures, de la valeur d'existence, qui renvoie à la qualité intrinsèque de l'objet et relève du simple fait de savoir qu'il existe, sans forcément en profiter. Plus on s'éloigne de la valeur d'usage direct pour aller vers la valeur d'existence, plus l'appréciation de la qualité des ressources est basée sur des concepts abstraits (Figure 44).

Pour les acteurs de la tendance conservatrice, le paysage sylvo-pastoral découle directement des formes d'exploitation du milieu et est vu en termes de capacité de production de biens, en particulier agricoles et forestiers. En cela, ce groupe s'inscrit dans une **logique de valorisation du paysage** dictée par l'usage présent de l'espace. Le modèle pragmatique, privilégiant quant à lui le développement régional, prône l'optimisation de l'utilisation du sol dans une vision prospective. Ainsi, il accorde principalement au paysage une valeur d'option. Le dernier groupe, romantique, est beaucoup plus détaché des considérations fonctionnelles et accorde de l'importance à la dimension identitaire du paysage. La légitimation historico-culturelle de celui-ci, fondée sur les valeurs d'héritage et surtout d'existence, détermine grandement l'appréciation qui en faite.

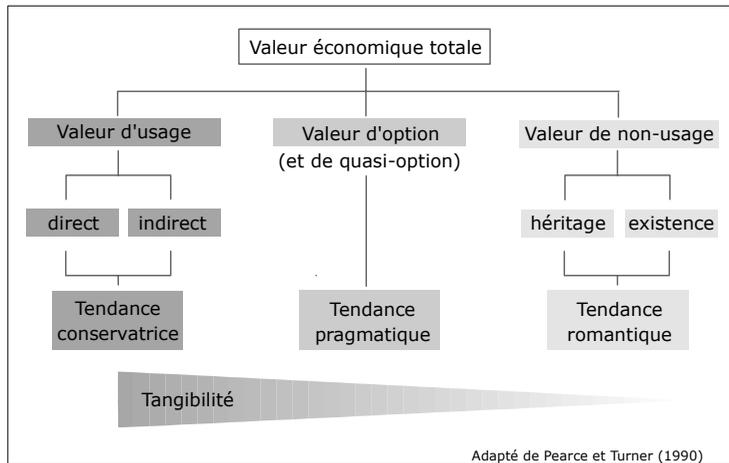


Figure 44: Correspondance des modèles de représentation du paysage avec les différents types de valeurs économiques.

La situation n'est pas aussi tranchée que cela dans la réalité. **Chaque groupe social intègre différents types de valeurs**, concourant à sa conception éthique du monde (Normandin, *in*: Cailliez *et al.*, 1994). La tendance conservatrice par exemple, reconnaît une forte valeur d'héritage au paysage, renvoyant à la terre des ancêtres et forgeant l'identité territoriale. Dans un même ordre d'idée, les approches pragmatique et romantique intègrent indéniablement une valeur d'usage dans leur conception. Ces considérations ne remettent pas en question les parallèles établis plus haut, mais viennent compléter ces observations.

A côté des approches qui ont envisagé le paysage du point de vue de ses usagers (Frémont, 1974; Cloarec, *in*: Voisenat, 1995; Debroux, *in*: Voisenat, 1995), un certain nombre de travaux a proposé une **typologie des modèles de représentation sociale du paysage**. Qu'ils soient d'ordre général (OCDE, 2001) ou spécifique à un milieu -urbain chez Rimbart (1973), agricole chez Luginbühl (*in*: Marcel, 1989) ou Miéville-Ott (2000)-, certains d'entre eux partagent des points communs avec la présente recherche, en

même temps qu'ils élargissent sa portée. La tendance conservatrice trouve par exemple d'assez bons équivalents dans les catégories d'acteurs réunis autour du paysage traditionnel, telles qu'elles sont décrites chez Grosjean (1986), Hunziker (1995) ou encore Miéville-Ott (2000). Par ailleurs, le type activiste de Grosjean (1986) et le modèle polyréféré de Miéville-Ott (2000) se rapprochent, de par leur intérêt pour un milieu domestiqué et multifonctionnel, de la tendance pragmatique. Signalons encore qu'il existe de grandes similitudes entre la dimension émotionnelle de Hunziker (1995) et le modèle romantique de la présente étude.

Il y a potentiellement autant de représentations sociales que de groupes différents et la liste proposée ici n'interdit pas d'**envisager d'autres modèles**. Grosjean (1986) et Hunziker (1995) ont par exemple mis en évidence une catégorie supplémentaire, liée plus directement à la conservation de la nature, qui met en avant le critère de diversité des espèces et des habitats. Même si, comme on l'a vu, certains aspects du discours de nos interlocuteurs avaient trait à la biodiversité, notre enquête n'a pas fait ressortir de manière significative de véritable discours écologique, pourtant reconnu comme caractéristique de notre époque (Sell et Zube, 1986; Miéville-Ott, 2000). Une vision plus anthropocentrée s'est profilée dans les préoccupations des acteurs. Le désir de voir se refléter les activités humaines, passées ou présentes, dans le paysage est apparu comme un souci commun, illustrant l'effet de miroir de la médiation homme-espace à la base même du concept.

EVALUATION DE L'APPROCHE

La valeur des modèles de représentation sociale du paysage et des critères qui les caractérisent doit être évaluée en termes de sensibilité des méthodes engagées dans la recherche.

Outre les remarques déjà formulées dans le *chapitre 5* quant au choix des personnes, à la composition et à la taille de l'échantillon, un commentaire s'impose sur la nature même de la méthode utilisée pour acquérir l'information auprès des acteurs du paysage. Bien qu'elle soit cohérente dans le déroulement de la démarche de diagnostic et qu'elle soit commode d'un point de vue pratique, l'option qui consiste à exploiter le contenu des entretiens réalisés dans la phase de diagnostic de situation pour définir des modèles de préférences dans la phase de diagnostic de détail comporte des limites. Au-delà de la richesse d'informations que la technique d'entretien amène en absolu, le fait d'utiliser le même dispositif de recherche à des **échelles différentes** demande une grande prudence. En effet, à moins que l'approche de départ ne prenne explicitement en considération cette dualité scalaire et que le questionnement soit ciblé en conséquence, les résultats de l'analyse risquent de manquer de précision, voire de cohérence. Dans le cas présent, la constitution des groupes sociaux et plus encore la définition des critères d'appréciation auraient pu être mieux étayées par une approche plus locale.

La méthode des entretiens a de plus l'inconvénient de relever plus d'un processus de consultation que d'une réelle **participation des acteurs**. Si les résultats de l'analyse ont été communiqués par écrit aux participants de l'enquête, l'absence d'une procédure d'évaluation des analyses et des conclusions auprès d'eux rend difficile la validation des critères d'appréciation. Pour remédier à ce problème, la constitution d'un groupe de travail, en complément des entretiens, est une solution qui permettrait d'accompagner la démarche d'identification des critères d'appréciation dans une perspective multi-objectifs et de mieux valoriser les résultats.

La construction des modèles de représentation sociale du paysage relève d'une approche empirique qui implique une grande part d'interprétation. Le passage du monde réel à un système d'observation et de choix introduit forcément une **forme de partialité**. Cela dit, le fait de ne pas concevoir les modèles sur des catégories préconçues, mais bien sur un procédé formalisé de structuration des contenus et d'analyse réursive des regroupements sémantiques possibles, a pour but de réduire les biais induits par l'analyste. Les similitudes des modèles proposés avec ceux de la littérature renforcent la pertinence de l'approche. Partant, il est vraisemblable que l'emploi d'un autre échantillon de population ou d'une autre méthode d'analyse ait fait ressortir des catégories similaires d'acteurs et n'exclue pas la possibilité d'en proposer une ou deux supplémentaires.

Le développement des critères d'appréciation pour les différents modèles d'appréciation est une question beaucoup plus sensible, du fait des **implications opérationnelles**. En effet, les critères sont la traduction concrète des mécanismes d'évaluation du paysage pour différents groupes d'acteurs et servent de base à la formalisation d'indicateurs qui visent à mettre en évidence les enjeux paysagers réels dans l'espace. Ils relèvent d'un processus de modélisation de systèmes complexes, les systèmes d'appréciation du paysage, et sont à ce titre forcément partiels et réducteurs. La recherche d'indices spatiaux et visuels dans les modèles de préférences, influencée par le paradigme des systèmes d'information géographique, consiste en soi en un choix simplificateur, tant il est évident que la relation au paysage ne se limite pas à ses aspects tangibles. Plus généralement, la définition des critères dépend de l'information disponible pour renseigner les perceptions des acteurs. En l'absence de détails suffisants, mais également pour déterminer la pertinence des critères, une plus grande intégration des acteurs concernés dans la démarche est, comme il a déjà été mentionné, une solution à préconiser.

Globalement, la méthode employée pour mettre en oeuvre l'étape de modélisation des représentations sociales du paysage de la démarche de diagnostic est valable, mais nécessite quelques consolidations au niveau de la définition et de la justification des critères d'appréciation. Il semble dès lors que cette application soit transposable, dans les principes et les méthodes, à l'analyse d'autres paysages, qu'ils soient montagnards, ruraux ou urbains.

SYNTHÈSE DU CHAPITRE

Une possibilité pour mettre de l'ordre dans la multitude des modes de pensée et faire du sens dans les logiques d'acteurs est de déterminer des groupes sociaux théoriques. La reconnaissance d'idéaux-types qui caractérisent des ensembles d'individus permet de mieux comprendre les différentes représentations existantes du paysage et d'identifier des critères d'appréciation pour chacun des modèles envisagés, dans une perspective de diagnostic collectif et d'arbitrage.

Si la modélisation des représentations sociales du paysage repose sur les méthodes classiques d'acquisition d'information qualitative et d'analyse de contenu issues des sciences sociales, les méthodes permettant de définir les critères d'appréciation sont moins nombreuses et relèvent le plus souvent d'avis d'experts. Dans le cas présent, les entretiens réalisés pour le diagnostic de situation (*chapitre 5*) ont été réutilisés pour ce diagnostic de détail, en se focalisant sur les paysages particuliers des pâturages boisés. L'analyse de contenu catégorielle a été affinée pour mettre en évidence des compatibilités d'acteurs, sur la base de regroupements sémantiques. A partir des modèles ainsi définis, des critères d'appréciation ont été définis qualitativement, en interprétant dans le discours des enquêtés ce qui traduisait des mécanismes d'évaluation du paysage.

Trois modèles de représentation du paysage ont été construits, pour chacun desquels des critères d'appréciation ont été formulés. Une première tendance appelée «conservatrice» se caractérise par un attachement aux valeurs et aux activités traditionnelles, dans une perspective néanmoins fonctionnelle. Le critère central d'évaluation du paysage réside dans la valeur à la fois réelle et symbolique de l'espace pour l'exploitation pastorale et sylvicole. La deuxième tendance, dite «pragmatique», se définit par un souci d'adaptation des activités humaines au contexte temporel, spatial et socio-économique régional. La valorisation du paysage passe par un critère d'optimisation de l'utilisation du sol et des ressources. La dernière tendance, «romantique», met en évidence la dimension identitaire et sensible qui existe dans la relation au paysage. Elle privilégie ainsi les critères de diversité interne ainsi que de variété entre les vues. Une comparaison de ces trois modèles avec la théorie de la valeur économique totale ainsi qu'avec d'autres approches typologiques de représentations du paysage amène des éléments de justification des résultats.

Quelques remarques conclusives déterminent la validité de l'approche. Les principales implications des méthodes employées sur les résultats se situent au niveau de l'échelle d'observation et de la participation des acteurs dans les processus d'interprétation et de modélisation des mécanismes d'appréciation. En prenant en considération ces observations, la démarche est transposable à d'autres régions.

8

ANALYSE DU PAYSAGE VISIBLE

Cette étape du diagnostic de détail consiste à intégrer les critères d'appréciation du paysage identifiés pour chacun des modèles de représentation sociale du *chapitre 7* dans une approche d'analyse locale de la visibilité. Plutôt que de reposer sur une vision hégémonique du paysage, l'approche considérée ici valorise la dimension identitaire et participative du processus d'évaluation. Toute la difficulté réside dans l'identification des liens qui unissent les logiques d'appréciation des acteurs avec les composantes visuelles. Pour utiliser une métaphore linguistique, ce chapitre a pour objectif de réussir à attribuer des signifiés, qui correspondent aux perceptions des acteurs, aux signifiants, que sont les images du territoire.

La méthodologie développée dans le cadre de cette étude de cas dans le Haut-Jura vaudois repose sur l'idée selon laquelle il est possible de reproduire les mécanismes de perception et d'appréciation du paysage à l'intérieur d'analyses de visibilité, moyennant quelques adaptations. Un regard sur les limites de ce genre de techniques et sur les principes et algorithmes sur lesquels il se base donne l'orientation générale de la réflexion. La méthode présentée, à partir d'une revue des approches existantes, met l'accent sur le développement de fonctions avancées d'analyse de la visibilité, adaptées aux besoins de l'étude en termes de traitement de l'information. Celles-ci se détachent de l'approche traditionnelle strictement cartographique et quantitative de l'espace pour favoriser une vision horizontale et qualitative du paysage. Les adaptations et les apports proposés sont décrits en détail, de même que la construction du système d'appréciation du paysage, traduisant sous la forme d'indicateurs

spatialisés les modèles de préférences des acteurs. La méthode est appliquée à une analyse de vues dans le Haut-Jura vaudois (*chapitre 4*) et est évaluée en fonction des résultats obtenus.

FONDEMENTS DE L'APPROCHE

Une grande importance culturelle est attribuée à l'expression du visible (Hirsch et O'Hanlon, 1995). Il est largement reconnu l'existence d'une relation entre la morphologie visuelle et la pensée humaine, entre les variables physiques de l'environnement et les formes de représentation du paysage (Kaplan, *in*: Elsner et Sardon, 1980; Nakamura *et al.*, 1993; Bishop, 1996). Bien que l'analyse visuelle d'une scène soit souvent considérée comme idiosyncratique, il existe cependant une **part importante du processus qui peut être objectivée** et traduite en termes mesurables (Preece, 1991). Les analyses de visibilité, lesquelles reposent sur une base théorique bien connue, proposent des moyens d'appréhender de manière explicite la dimension du visible et de systématiser les analyses. Cependant, ce potentiel est encore sous-exploité et se limite généralement à des fonctions de base dans les SIG.

Les fonctions d'analyse de visibilité permettent d'identifier les lieux visibles dans le territoire à partir d'un point d'observation déterminé. Cette possibilité de **définir ce qui est vu depuis n'importe quel endroit** trouve de nombreuses applications, que ce soit dans le domaine des télécommunications, de la surveillance d'incendies, du captage de signaux GPS ou encore de la planification militaire (Franklin et Ray, 1994; Chrisman, 1997; Burrough et McDonnell, 1998). Bien entendu, ce genre d'analyses est particulièrement utile à la planification et à l'aménagement du paysage (Preece, 1991), que ce soit pour évaluer l'implantation de nouvelles installations dans le cadre d'études d'impacts ou plus généralement dans une optique de gestion du territoire. La visibilité offre une perspective qui permet de se départir de la vision orthogonale imposée par l'approche cartographique, pour adopter des références spatiales à la dimension de l'homme (Bell, 1996; Larcher et Gelgon, 2000).

Actuellement, les algorithmes prennent cependant place dans un paradigme bidimensionnel et ont été conçus dans une logique cartographique plutôt que dans le cadre d'une approche explicite du domaine visible. Contrairement aux opérateurs classiques, qui se limitent à une analyse thématique ou spatiale dans le plan, les fonctions d'analyse de la visibilité s'inscrivent dans la **troisième dimension** (Burrough et McDonnell, 1998). Quand bien même on peut s'attendre, en toute logique, à l'existence d'opérateurs spécifiques pour gérer cette dimension supplémentaire, il faut relever une sérieuse carence en la matière. La racine du problème réside dans le fait qu'il n'existe pas actuellement dans les SIG de réel modèle 3D du territoire tel que le décrivent par exemple Raper et Kelk (1991). Dans un souci de simplification conceptuelle, la coordonnée z est ainsi conçue comme un attribut standard plutôt que comme une variable spatiale. Bien que délimitée géographiquement, l'altitude est considérée ici comme une donnée

thématique. Les analyses de visibilité prennent place dans un paradigme bidimensionnel qui est par conséquent mal adapté à des traitements en 3D.

Considérant ce qui précède, les analyses de visibilité restent liées à une approche cartographique traditionnelle, en dépit des principes visuels qui les guident. En effet, elles ne prennent généralement pas en compte les **distorsions dues à la perspective** (Germino *et al.*, 2001) et aux artefacts de la vue. Si l'effet de la qualité des données altimétriques et d'occupation du sol sur la pertinence des calculs de visibilité a été étudié (Fisher, 1994; Miller, 1995; Fisher, 1999), les algorithmes ont peu été remis en question. Cela relève en partie du fait que ces fonctions d'analyse sont difficiles à valider sur le terrain (Fisher, 1994; Serrhini, 2002) et nécessiteraient un important travail de comparaison avec des photographies prises sur place. Cependant, Bishop (1996) a par exemple remarqué sur la base d'observations, que les calculs de visibilité étaient peu adaptés en bordure de forêt, relevant ainsi d'une mauvaise prise en compte de l'effet de lisière sur la perception. Au-delà des difficultés méthodologiques d'évaluation, on peut toutefois soutenir que les algorithmes généralement utilisés dans les SIG sont relativement élémentaires. Les analyses reposent sur une vision orthogonale de l'espace, qui ne prend pas en considération les effets de la perspective, à part, dans certains cas, le facteur de courbure de la surface terrestre. Ainsi, l'aire visible à partir d'un point est calculée dans un système de mesure euclidien, qui correspond simplement à la surface cartographique totale des pixels vus. Cette approche n'intègre pas les effets de distance des objets, de pente et d'orientation du terrain (Miller, 1995; Wherrett, 1996; Germino *et al.*, 2001) dans le calcul de la visibilité et est à ce titre une approximation de la réalité. D'autres facteurs de pondération tiennent un rôle fondamental dans la caractérisation de la visibilité. La taille et la forme relative des objets, leur couleur, leur clarté, la manière dont ils contrastent avec le reste du paysage ou encore les conditions atmosphériques et saisonnières sont autant de critères constitutifs de la vision en perspective (Fisher, 1994; Miller, 1995). A ceux-ci s'ajoutent des artefacts dûs au fait que le système visuel humain fait des interpolations en fonction de la taille, de l'angle, du mouvement, de la couleur ou encore du contraste des objets. L'oeil a par exemple tendance à surestimer les dimensions verticales (Neuray, 1982) et à voir plus grand les objets en contre-plongée que depuis un point de vue dominant (Larcher et Gelgon, 2000). Bien qu'ils soient difficiles à prendre en compte dans les analyses de visibilité, tous ces effets physiologiques, qui sont à la base des illusions d'optique, mériteraient plus d'attention.

Cette approche très partielle de la visibilité découle sur des **résultats d'analyse quantitatifs sommaires**, où le contenu des vues est rarement étudié. Les opérateurs classiques permettent en effet de déterminer la quantité d'espace vu depuis un point d'observation donné, mais sont mal adaptés pour dire le quoi et le comment, c'est-à-dire ce qui compose le paysage et la manière dont il est organisé. L'évaluation du paysage ne relève pas seulement de la détermination de son étendue, mais aussi de la possibilité d'identifier ses caractéristiques distinctives, aussi bien en termes de composition que de configuration (Preece, 1991). Des pistes pour définir

le contenu des bassins de visibilité, en les superposant avec des couches de données thématiques, ont été esquissées dans la littérature, en particulier dans les travaux de Germino *et al.* (2001). Restent certains aspects beaucoup plus complexes à prendre en considération, telle que l'existence de vues dominantes qui influencent l'appréciation du paysage, sachant qu'il existe des directions préférentielles qui guident le regard (Rasmussen, 1993; Bishop, 1996; O'Sullivan, 2001) et définissent dynamiquement des séquences paysagères.

PRINCIPES ET ALGORITHMES DE CALCUL

Les opérateurs qui font intervenir la troisième dimension, que ce soit pour le calcul de visibilité, d'ombrage du relief ou de rayonnement solaire, reposent sur le **principe de la ligne de vue** (Fisher, 1994; Franklin et Ray, 1994; Chrisman, 1997; Burrough et McDonnell, 1998; Germino *et al.*, 2001). Il consiste traditionnellement à calculer pour chaque point de l'espace la pente qui le sépare d'un lieu d'observation déterminé. Un endroit est considéré comme visible si la valeur de l'angle qu'il forme avec le point de vue est supérieur à tous ceux formés par les points situés sur la droite qui le sépare du lieu d'observation. En termes algorithmiques, cela peut se traduire de plusieurs façons. Une première approche (*Figure 45*) part de la constitution d'une grille, dont chaque cellule prend comme valeur l'angle de visée depuis le point d'observation. Chaque pixel est traité itérativement et est défini comme visible si sa valeur est plus élevée que toutes celles des cellules situées sur la droite qui la sépare du point d'observation.

Une autre approche de type statistique (*Figure 46*), qui utilise l'histogramme des angles de vues, procède par élimination. De la même manière que les techniques de détection de vallées et de crêtes, elle identifie comme visible sur l'image les pixels dont la valeur d'angle est maximale et considère ensuite comme cachés tous ceux qui se situent plus loin sur la ligne de vue. Ce processus est répété en diminuant la valeur des angles, jusqu'à ce que l'ensemble de la grille soit traitée. Cette dernière méthode a l'avantage d'être plus directe et donc moins exigeante en temps de calcul.

Selon la taille de la zone d'étude et les analyses spatiales demandées, les analyses peuvent être assez exigeantes en termes de **temps de calcul**. De par leur nature itérative, les algorithmes existants impliquent un très grand nombre d'opérations, identiques pour chaque pixel, quelle que soit sa distance au point d'observation. Une possibilité pour réduire cette contrainte serait de travailler sur des sources de données de plus en plus agrégées à mesure que le niveau de détail requis diminue en s'éloignant de l'observateur.

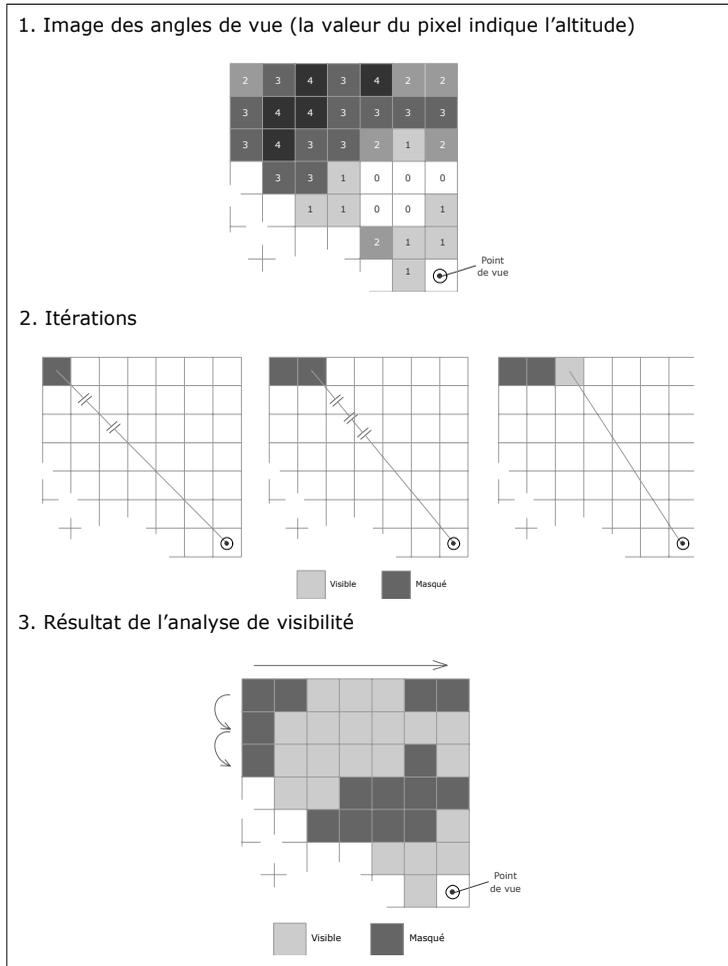


Figure 45: Schéma de l'algorithme de visibilité basé sur le processus pixel-à-pixel.

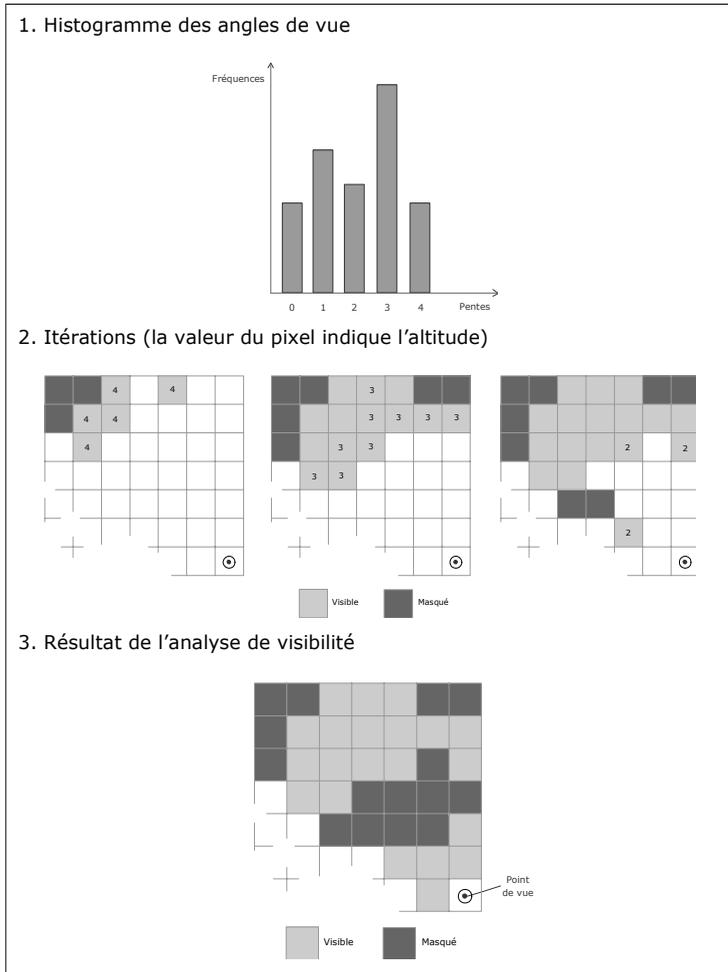


Figure 46: Schéma de l'algorithme de visibilité basé sur l'histogramme des pentes.

Une solution envisageable est d'avoir recours à un modèle de données altimétriques **multi-résolution** (Figure 47), qui imbrique différents niveaux de détail en fonction de la distance (Brossard et Joly, 1999; De Floriani et Magillo, 1999; Serrhini, 2002). Une réflexion approfondie doit être faite pour évaluer, au-delà des gains en temps de calculs, les implications d'une telle approche sur l'analyse en tant que telle.

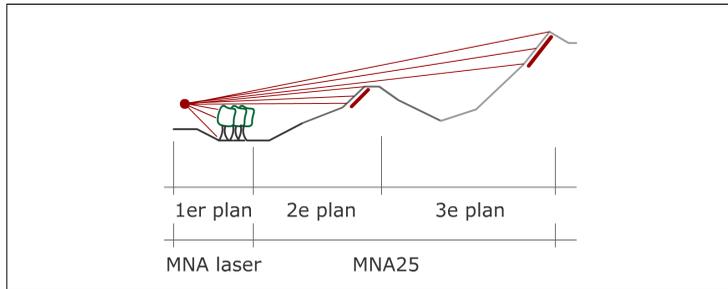


Figure 47: Imbrication de différents modèles numériques d'altitude en fonction de la distance dans un approche multi-résolution.

SOURCES D'INFORMATION

APERÇU DES PRINCIPAUX TYPES DE DONNÉES DISPONIBLES

Les analyses de visibilité nécessitent un modèle de données qui décrit **l'élévation du relief et des objets spatiaux**. Les modèles numériques d'altitude constituent ainsi l'information de base pour caractériser le relief. Cependant, la portée du regard est limitée non seulement par le relief mais aussi par les formes de terrain, tels que les constructions et la végétation, qui peuvent faire écran à la vision. Qu'ils soient sous la forme de matrices, de triangles de Delaunay (TIN) ou de courbes de niveaux (Burrough et McDonnell, 1998; De Florian et Magillo, 1999), les modèles existants se limitent généralement à renseigner sur l'altitude mesurée au sol (modèle de terrain). Cependant, grâce aux techniques de photogrammétrie et d'acquisition par laser aéroporté, il est possible de constituer des modèles dits de surface, qui prennent en compte la hauteur des objets du territoire (Figure 48). En l'absence de cette information, elle peut être dérivée de

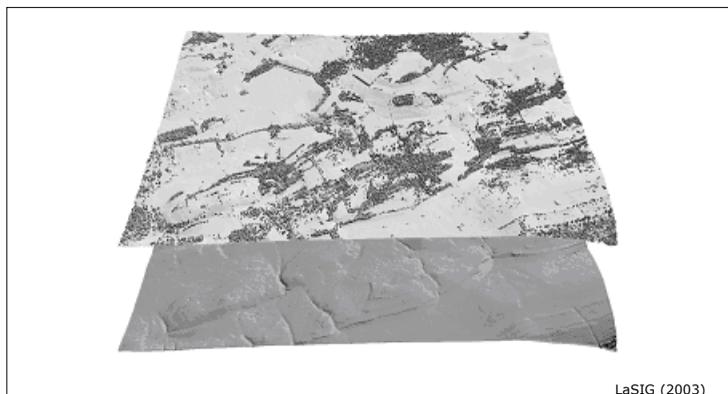


Figure 48: Exemple de modèle laser de surface (haut) et de terrain (bas).

données d'occupation du sol, où chaque catégorie est reclassée en termes d'élévation. Le résultat est additionné au modèle numérique de terrain. Ce procédé, qui déduit une information continue d'une partition discrète du territoire, ne peut cependant donner qu'une approximation.

En complément, une information sur l'**occupation du sol** est nécessaire, si on veut pouvoir caractériser le contenu des vues. L'intersection d'un bassin de visibilité avec des données décrivant la couverture spatiale, que ce soit la forme vectorielle (modèle numérique du territoire, plan d'ensemble, etc.) ou raster (grille de l'utilisation du sol, image classifiée, etc.), permet d'identifier les éléments potentiellement visible à partir du point de vue.

DONNÉES RETENUES

En l'absence de **modèle numérique de surface** précis pour la zone d'étude, il a fallu en constituer un pour calculer les bassins de visibilité. Celui-ci a été calculé en additionnant au modèle numérique d'altitude à 25 mètres (MNA 25) les éléments du territoire représentant des barrières visuelles. Deux catégories principales d'objets ont été extraites du plan d'ensemble du canton de Vaud, pour lesquelles une hauteur moyenne a été estimée, soit 25m pour les zones boisées et 7m pour les bâtiments.

Les **données thématiques** utilisées pour analyser la composition des vues ont été décrites précédemment en fonction des modèles d'appréciation.

Une **résolution de 2.5 mètres** a été utilisée pour réaliser les analyses de visibilité. Ce choix a été dicté par la présence d'objets spatiaux de petite taille, tels que les murs en pierres sèches, les points d'eau ou certaines formes de terrain, dont la présence dans le paysage est fondamentale. A une résolution moins fine, soit ces éléments auraient disparus du modèle par généralisation, soit leur taille aurait été surestimée. Les données de base, à une résolution de 10 ou 25 mètres, ont par conséquent dû être rééchantillonnées. Une méthode d'interpolation bilinéaire a été utilisée pour rééchantillonner le modèle numérique d'altitude. Il faut cependant bien garder à l'esprit qu'une telle opération ne modifie pas la qualité ni la précision des données et qu'elles doivent par conséquent être traitées avec beaucoup de discernement.

APERÇU DES PARAMÈTRES NÉCESSAIRES À L'ANALYSE

Les fonctions d'analyse de la visibilité nécessitent de plus une **série de paramètres** plus ou moins nombreux et sophistiqués selon les approches. Les critères minimaux nécessaires pour réaliser une telle opération sont la position géographique et la hauteur du point d'observation ainsi que la distance de vision. Dans certains cas, il est également possible de spécifier la localisation et la hauteur d'une cible spécifique, qu'elle soit fixe ou plus rarement mobile, comme par exemple dans l'évaluation de la réception de signaux provenant d'un émetteur par une antenne installée à bord d'un véhicule. La profondeur de champ est définie par un rayon de visibilité, dont l'objectif est de restreindre l'analyse aux pixels situés à l'intérieur de la sphère ainsi constituée. Ce critère est généralement déterminée de manière

empirique (Rasmussen, 1993; Bishop, 1996; Germino *et al.*, 2001), avec pour but d'optimiser à la fois les résultats et les temps de calcul. Dans l'optique qui considère le premier plan comme ne faisant pas partie du paysage en tant que tel, il est par ailleurs possible d'exclure de la zone d'étude les points situés en-deçà d'une certaine distance. Par défaut, le champ de vision couvre généralement toutes les directions alors que, comme on l'a vu (voir *Chapitre 2*), la perception humaine est circonscrite, verticalement et latéralement. Il est donc possible, dans certains cas, d'affiner les analyses en déterminant un angle de vue vertical par rapport à l'horizon et un angle de vue horizontal en fonction de la direction du regard, définie en degrés d'azimut (Neuray, 1982; Aronoff, 1991). Les paramètres principaux déterminant les conditions de visibilité sont représentés dans la *Figure 49*. Mentionnons finalement des fonctions plus avancées, telles que celles qui intègrent des facteurs de courbure de la terre ou d'épaisseur de l'atmosphère dans le cas d'analyses portant sur de grandes distances (Miller, 1995; Burrough et McDonnell, 1998).

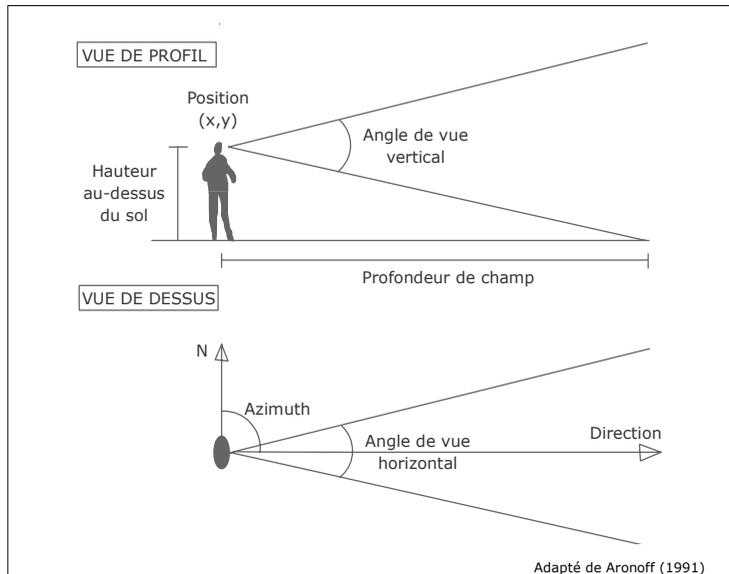


Figure 49: Paramètres déterminant les conditions de visibilité.

PARAMÈTRES RETENUS

Quatre points de vue ont été sélectionnés dans la zone d'étude pour réaliser des analyses de visibilité. Ils ont été déterminés sur la base de visites sur le terrain dans les alpages des Trois Chalets, des Amburnex et de la Sèche des Amburnex. Un catalogue de photographies de ces paysages a été constitué et pour chacune d'entre elles, l'endroit et la direction de la prise de vue ont soigneusement été reportés sur une carte. A partir de ces informations, il a été possible de choisir des points de vue offrant une

certaine diversité de paysages. Ils sont reportés sur la carte de la *Figure 50* avec un numéro et une flèche indiquant le sens de la vue.

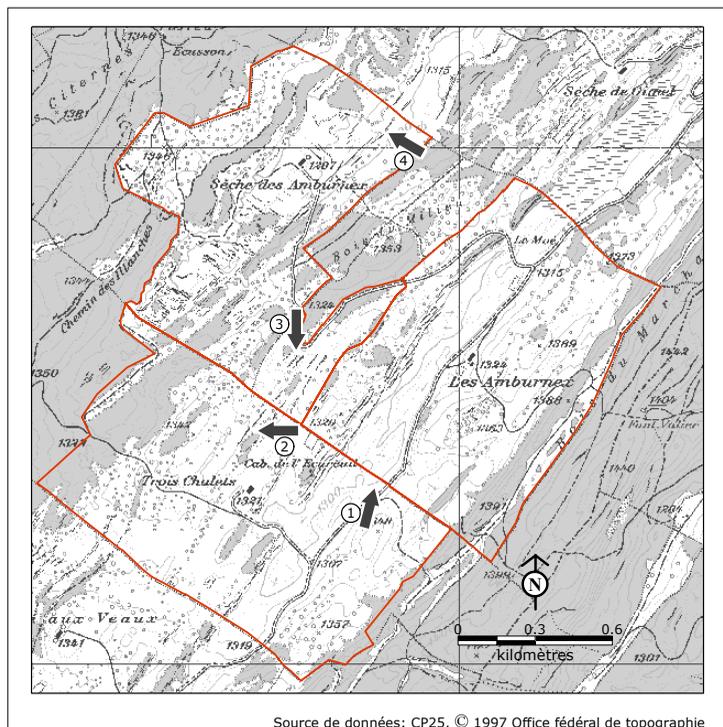


Figure 50: Délimitation des alpages et localisation des points de vue pour l'analyse paysagère.

Les points d'observation ont été choisis avec pour but de **réunir des conditions territoriales et paysagères variées**:

- Le premier point de vue est situé sur un sentier, qui surplombe la route qui serpente dans le paysage. Celle-ci traverse longitudinalement une large combe ouverte, riche en herbages de bonne qualité. Un mur de pierres sèches, qui marque la limite entre l'alpage des Trois Chalets et celui des Amburnex, est visible. Seuls quelques arbres isolés ou en bosquet apparaissent sur les talus, tandis que la forêt occupe les bords de la combe. Cette dernière est transformée l'hiver en pistes de ski de fond.
- Le deuxième point de vue se situe à l'intérieur de l'alpage des Trois Chalets, en-dehors de tout chemin pédestre. Les affleurements rocheux et les lapiez ainsi que la couleur jaunâtre des herbages témoignent de l'existence d'un sol moins profond que dans le premier cas. Le pâturage, de qualité moyenne, est parsemé d'arbres, dont la densité tend à augmenter. En effet, la présence de recrû atteste de l'exploitation extensive des ressources et de la dynamique forestière en cours. Cette zone est utilisée

en période hivernale pour les activités de loisirs, en particulier le ski de fond et la randonnée en raquettes.

- Le troisième paysage est vu depuis un chemin forestier qui parcourt la Sèche des Amburnex. Le sentier est bordé de deux murs en pierres sèches, de part et d'autre desquels se trouve de la forêt. Une petite surface de pâturage de qualité médiocre longe la partie Ouest du chemin. Caillouteuse, celle-ci est le siège de recrû. Cette zone ne fait l'objet d'aucune activité touristique, en dehors de la promenade.
- Le dernier point d'observation se situe à l'extrême limite Nord-Est de la Sèche des Amburnex. Au premier plan de la vue, se trouve un pâturage ouvert, dont le rendement est moyen à faible. A l'arrière plan, la forêt couvre des zones improductives et accidentées. Ce site n'est desservi par aucune voie de communication et n'accueille pas d'autres activités que celles liées au sylvo-pastoralisme.

Un **cliché pris depuis chacun des quatre points de vue** permet de mieux se représenter le paysage tel qu'on peut le voir dans la réalité (Figure 51). Les photographies ont été prises aux mois de mai et juin 2002, au début de la saison d'estivage.

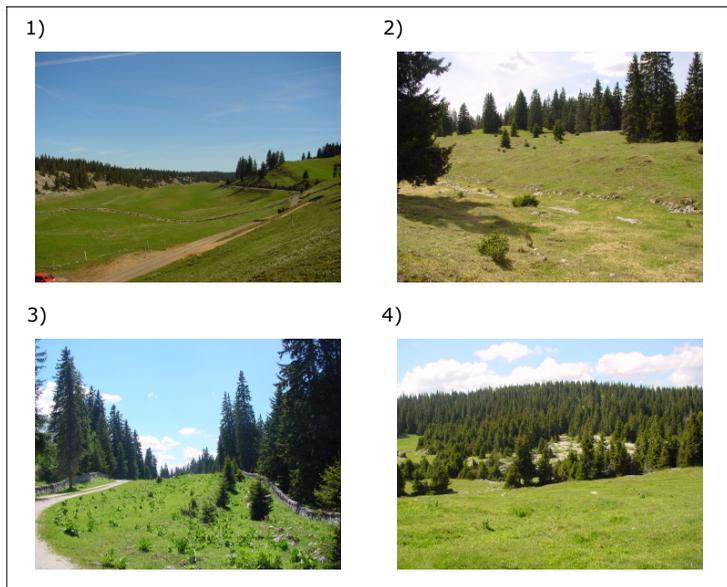


Figure 51: Paysages vus depuis les différents points d'observation.

Les **coordonnées géographiques** précises ainsi que la **direction de la vue** de chaque point par rapport à l'azimut sont décrits dans le **Tableau 4**. Pour l'analyse, la **distance maximale de vision** a été empiriquement fixée à 2 kilomètres du fait de la profondeur limitée des vues. Une **ouverture horizontale** de 70° a été choisie, correspondant approximativement à l'angle de vue des photographies (30mm de focale); l'angle de vue vertical

n'a par contre pas été limité. Finalement, la **hauteur de l'observateur** a été arrondie à 2 mètres au-dessus du sol.

N° point de vue	Paramètres		
	x	y	Direction par rapport au Nord
1.	506'623.5	154'599.0	15°
2.	506'303.5	154'943.0	270°
3.	506'388.5	155'361.5	180°
4.	506'796.5	156'026.5	300°

Tableau 4: Paramètres de chaque point d'observation pour l'analyse de visibilité.

MÉTHODOLOGIE

APERÇU DES PRINCIPALES MÉTHODES

A côté des études qualitatives du paysage visible sur le terrain que nous n'aborderont pas ici (voir Lizet et de Ravignan, 1987; Fischesser, 1993; Gremminger *et al.*, 2001; SRVA, 2002), il existe deux approches de base pour aborder la visibilité, selon qu'on s'intéresse à caractériser les points d'observation ou les zones vues.

A un premier niveau, l'**analyse de points de vue** a pour but d'identifier des endroits dans l'espace qui offrent un accès visuel privilégié au paysage. Cette optique de soumission à la vue (ou de «vu passif» chez Joly et Brossard, 1998), trouve particulièrement son application dans les perspectives d'aménagement et de valorisation touristique. Les critères quantitatifs, sur lesquels elle repose, sont liés à l'existence de panorama, notamment l'ouverture et la profondeur de champ (De Veer et Burrough, cités dans Palmer et Lankhorst, 1998).

A un deuxième niveau et comme le suggère le terme anglais, les **zones de visibilité** (*viewsheds*) ont été définies dans un esprit proche de celui des bassins-versants (*watersheds*). Elles correspondent à l'aire, à l'intérieur de laquelle tous les points de l'espace sont mutuellement visibles (Preece, 1991; De Veer et Burrough, cités dans Palmer et Lankhorst, 1998). Plus communément, le terme de bassin de visibilité est utilisé pour signifier la surface vue à partir d'un point en particulier (le «vu actif» chez Joly et Brossard, 1998).

D'une manière générale, lorsque la relation de visibilité entre deux points est réciproque, on parle d'**intervisibilité**. Dans certains cas, vu actif et vu passif ne sont pas nécessairement équivalents. En effet, un observateur *a*, qui voit un observateur *b*, n'est pas forcément aperçu par ce dernier (Figure 52). Il s'avère ainsi que la relation entre point d'observation et espace vu, quel que soit l'accent mis sur l'un ou l'autre, est indissociable et complexe.

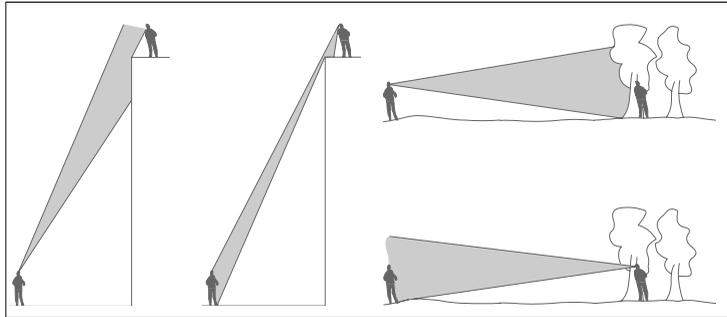


Figure 52: Exemples de visibilité non réciproque.

Les résultats des analyses peuvent prendre plusieurs formes, selon qu'on s'intéresse à caractériser une ligne de vue ou un bassin de visibilité. Dans le cas d'une cible unique, une technique courante de représentation de la visibilité est le profil linéaire (Figure 53). La **ligne de vue entre deux points** considérés est tracée sur la coupe topographique. Les tronçons visibles coïncident aux segments où les deux lignes se superposent. Un autre mode de représentation de la visibilité consiste à identifier par des couleurs ou des traits différents, les tronçons visibles et masqués entre une source et une cible sur une carte. Dans certains cas, la relation entre ces deux points est caractérisée par une valeur d'ajustement de leur altitude, qui détermine jusqu'où, ou alternativement à partir de quand, la cible est visible. Si cette dernière est masquée, la hauteur de l'obstruction peut également être définie. L'ensemble de ces résultats peut être stocké dans une table attributaire.

Lorsque le regard ne porte pas sur un point précis dans l'espace mais sur une zone entière, un **bassin de visibilité** est déterminé sous différentes formes, que ce soit en 2 ou 3 dimensions. La situation la plus simple, qui est aussi la plus répandue, fait appel à un opérateur booléen qui se limite à déterminer pour chaque pixel, s'il est vu ou non à partir d'une source définie (Burrough et McDonnell, 1998; Fisher, 1999). D'une manière moins sèche, certains essais de catégorisation de la visibilité ont été faits pour nuancer les résultats et intégrer les incertitudes liées à la fois aux données et aux algorithmes. Les approches basées sur la logique floue pondèrent le degré de visibilité par un critère comme par exemple la distance à l'observateur (Fisher, 1994; Fisher, 1999), alors que celles de type probabiliste permettent de relativiser la visibilité de chaque pixel par un calcul d'erreur (Franklin et Ray, 1994; Fisher, 1999). Une autre forme de représentation de l'information est celle qui consiste à attribuer une valeur d'élévation à chaque pixel, représentant la hauteur à laquelle il doit être soit surélevé pour être vu, soit abaissé pour demeurer juste visible. Dans le cas où l'on considère que tout point de l'espace peut à la fois être point de vue et cible, la visibilité peut être caractérisée par un potentiel d'observation, respectivement actif ou passif.

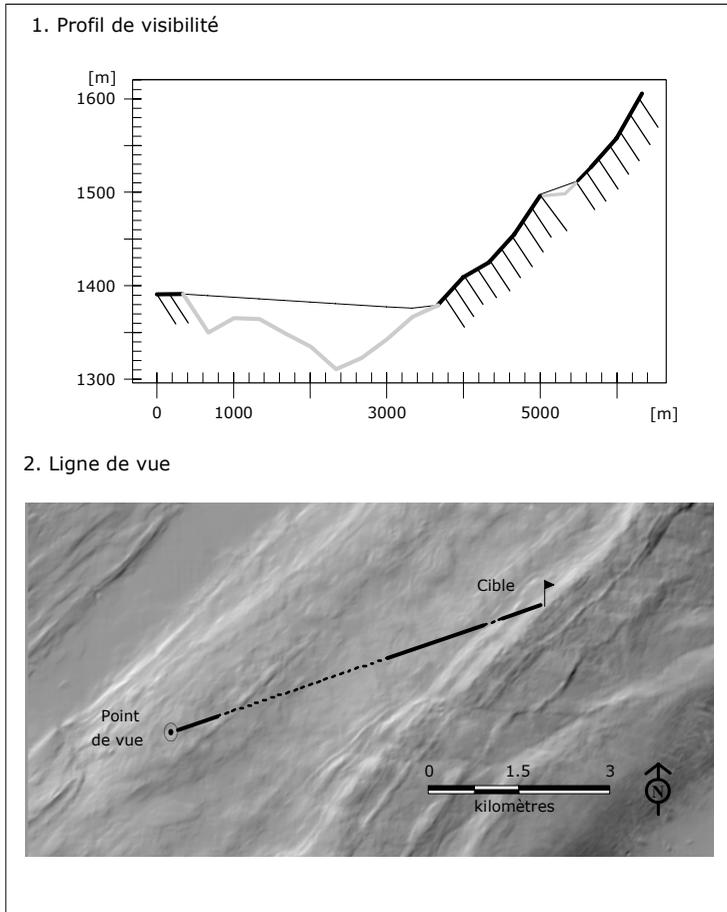


Figure 53: Résultats d'analyses de ligne de vue.

Celui-ci définit pour chaque pixel une fréquence correspondant au nombre de pixels qu'il voit ou qui le voient (Aronoff, 1991; Fisher, 1994; Miller, 1995). Dans un paradigme d'intervisibilité (visibilité réciproque), les deux approches active et passive donnent le même résultat. En trois dimensions, le champ de vision d'un observateur peut être défini sous la forme d'un dôme limité par le relief et la présence d'objets. Cette dernière approche est particulièrement utilisée en milieu urbain, par exemple pour localiser les façades de bâtiments exposées au bruit ou pour visualiser les zones de couverture de réseaux de téléphonie mobile et les obstacles potentiels à leur propagation. Les différentes méthodes qui permettent de caractériser les zones visibles dans le plan peuvent être transposées dans un espace tridimensionnel (Figure 54).

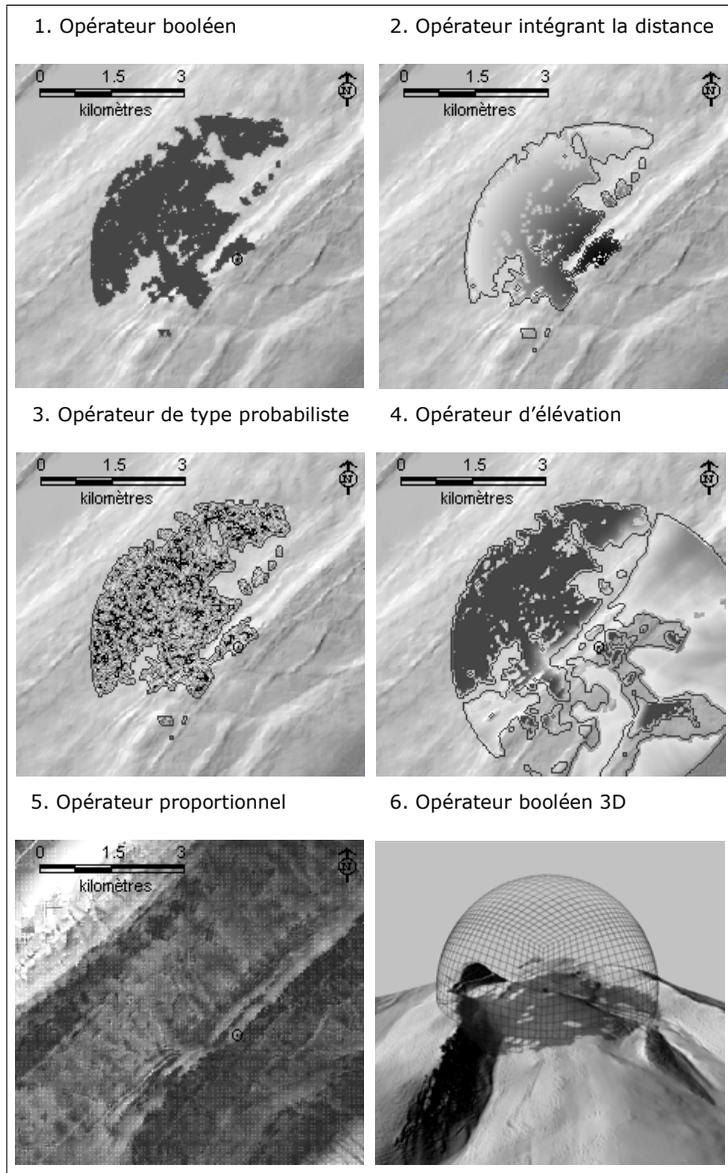


Figure 54: Typologie des résultats d'analyse de bassins de visibilité.

MÉTHODES D'ANALYSE RETENUES

Prise en compte de la dimension visuelle

Si l'on découpe le territoire selon une grille régulière, les cellules qui la constituent ne revêtent pas la même importance en termes de vues paysagères (*Figure 55*). En effet, elles apparaissent plus ou moins déformées en 3D, en fonction du point d'observation choisi et des relations spatiales qu'elles entretiennent avec lui.

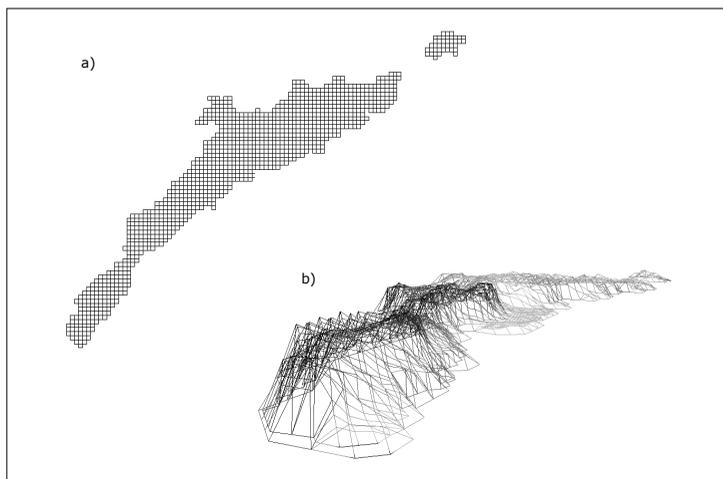


Figure 55: Représentation de l'Arc jurassien sous la forme de grille de 2x2km (a) et vue 3D en fil de fer (b).

La méthode proposée cherche à prendre en considération les effets conjoints de la distance, de la pente et de l'orientation dans les analyses de visibilité, afin de garantir une meilleure représentativité des éléments en présence dans la vue.

De toute évidence, la place d'un élément dans une vue est tout d'abord **fonction de la distance** qui le sépare du point d'observation. Plus il est éloigné, moins il aura d'importance dans le paysage. L'approche considérée ici repose sur le principe selon lequel la dimension visible d'une cellule correspond à une fraction n de sa taille réelle, définie en fonction de l'éloignement par rapport à l'observateur. Autrement dit, à une distance D , il faut n cellules pour occuper le même espace visuel qu'une seule cellule située au premier plan (*Figure 56*).

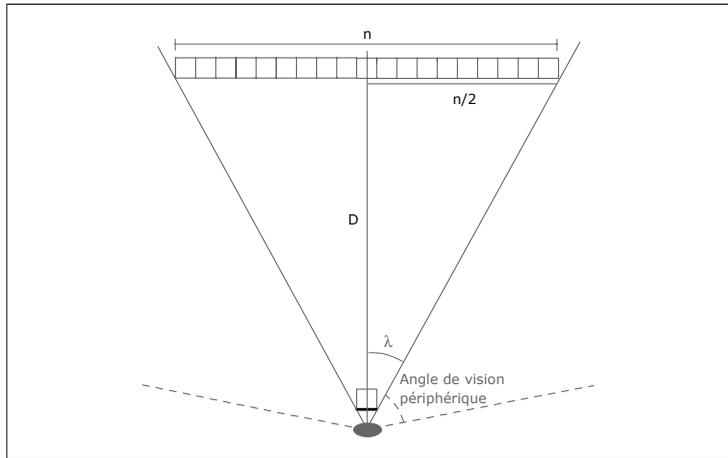


Figure 56: Caractérisation de la visibilité en fonction de la distance.

Mathématiquement, la grandeur perçue P d'une cellule de maille C peut se traduire par:

$$P = \frac{1}{n} C \quad (3)$$

Connaissant la distance D séparant l'observateur du point de vision ainsi que le demi-angle d'ouverture horizontale λ , lequel correspond au champ de vision binoculaire de l'homme sans tenir compte de la vision périphérique (voir *Chapitre 2*), on peut poser:

$$\tan \lambda = \frac{n}{2D} \quad (4)$$

n prend donc comme valeur:

$$n = 2 \tan \lambda D \quad (5)$$

La grandeur perçue de la cellule en fonction de son éloignement à l'observateur correspond donc à:

$$P = \frac{C}{2 \tan \lambda D} \quad (6)$$

Dans notre recherche, nous avons admis empiriquement que l'effet de la distance n'est pas linéaire, mais s'atténue avec l'éloignement. Ainsi, il apparaît plus judicieux de prendre en compte sa racine carrée, ce qui change la formule de la manière suivante:

$$P = \frac{C}{2 \tan \lambda \sqrt{D}} \quad (7)$$

Un deuxième facteur qui modifie la taille perçue des cellules d'une grille est leur pente. En effet, celle-ci influence, conjointement avec l'**angle de vision de l'observateur**, la perception que ce dernier en a. La perception de la cellule est maximale lorsque sa pente est perpendiculaire au regard. A l'inverse, lorsqu'elle forme un angle d'au moins 180°, elle devient invisible.

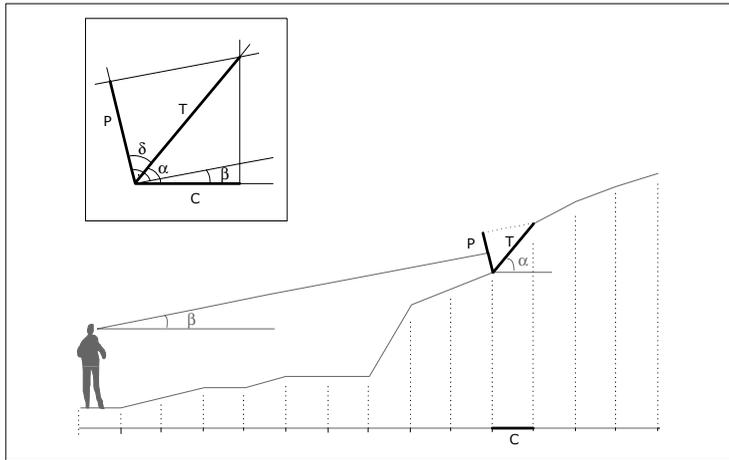


Figure 57: Caractérisation de la visibilité en fonction de la pente.

Dans le schéma ci-dessus, connaissant C , la taille de la maille, et α , sa déclivité, on peut calculer la grandeur réelle de la cellule sur le terrain T :

$$T = \frac{C}{\cos \alpha} \quad (8)$$

Visuellement, à partir d'un point d'observation donné, la cellule prend une valeur P . On peut considérer que cette dernière constitue un triangle rectangle avec T et que l'angle qui les sépare vaut δ . Ainsi, P prend comme valeur:

$$P = (\cos\delta)T \quad (9)$$

Connaissant l'angle vertical de vue β et, selon les règles des triangles semblables, l'angle δ peut être déduit comme suit:

$$\delta = 90 - (\alpha - \beta) \quad (10)$$

P , la grandeur perçue de la cellule en fonction de sa pente, correspond donc à:

$$P = \frac{(\cos(90 - \alpha + \beta))}{\cos\alpha} C \quad (11)$$

Le dernier facteur qui influence la vision des cellules d'une grille est l'orientation. Une cellule orientée face à l'observateur ne subit pas de distorsion visuelle. Plus la **direction du regard** et l'orientation de la cellule divergent, plus cette dernière sera masquée, jusqu'à devenir totalement invisible dès lors que l'angle formé par la direction de l'observateur et la cellule est supérieur à 90° .

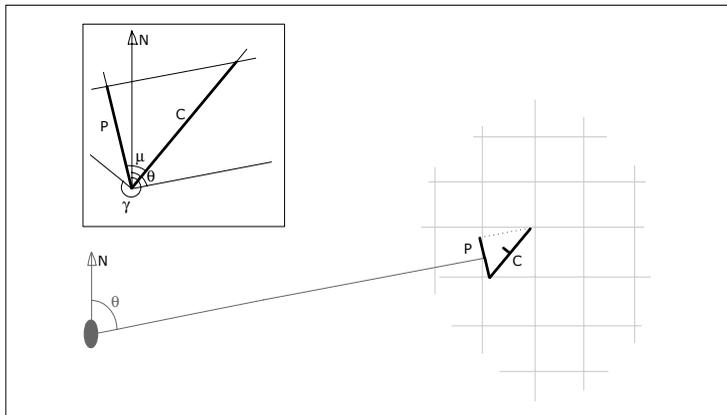


Figure 58: Caractérisation de la visibilité en fonction de l'orientation.

La direction de l'observateur est donnée par l'angle θ , exprimé en azimuts. De même, l'orientation de la cellule de résolution C est déterminée par un angle γ , par rapport au Nord. Ainsi, l'angle μ qui sépare la grandeur perçue P de C peut se décomposer de la manière suivante:

$$\mu = (90 - \theta) + (90 - \gamma) \quad (12)$$

Soit, de façon simplifiée:

$$\mu = 180 - \gamma - \theta \quad (13)$$

Connaissant μ et C , la grandeur perçue P de la cellule en fonction de son orientation vaut donc:

$$P = \cos(180 - \gamma - \theta)C \quad (14)$$

L'effet cumulé de la distance, de la pente et de l'orientation dans la perception de l'espace s'exprime par une fonction multiplicative. La **valeur perceptuelle** totale d'une cellule correspond à sa surface multipliée par chacun des facteurs de correction visuelle définis ci-dessus. Dès lors qu'un de ces derniers est nul, la cellule est invisible.

Facteurs d'analyse de contenu

Comme il a déjà été mentionné, les analyses de visibilité se limitent généralement à fournir des informations simples et de nature quantitative sur le paysage. Par principe, ce type de traitements consiste à déterminer si deux points sont mutuellement visibles ou non et, dans la continuité, à calculer la surface visible à partir d'une série de points situés dans une zone d'étude particulière. Peu de travaux ont tenté de caractériser de manière explicite le contenu du paysage visible. Une des raisons à cela est que la relative opacité des algorithmes de visibilité dans les logiciels SIG rend difficile l'insertion de fonctions d'analyse de contenu.

La méthode propose des indices qui permettent de **caractériser la présence des éléments constitutifs du paysage**, tels qu'ils apparaissent d'un endroit donné. Le calcul du bassin de visibilité repose sur l'utilisation complémentaire d'une couche thématique qui renseigne sur la couverture du sol. En même temps que l'algorithme définit si un pixel est visible ou non, il détermine à quelle catégorie d'occupation du sol il appartient ainsi que sa valeur perceptuelle. Une fois le bassin de visibilité déterminé, les calculs sont

surface planimétrique et visuelle totale, ainsi que la répartition par catégories. De plus, les indices de diversité et de régularité de Shannon et Simpson (voir *Chapitre 6*) sont déterminés, pour synthétiser l'information sur la composition visuelle du paysage. Les aspects de configuration n'ont pas été pris en compte car ils sont très complexes à appréhender, du fait que la structure visuelle du paysage n'est pas directement déductible de l'organisation territoriale. Cette problématique mériterait une réflexion plus approfondie, en particulier pour éclaircir les rapports entre les questions de structure en plan et en trois dimensions.

Une **fonction avancée d'analyse de la visibilité** a été développée pour Idrisi32. Ecrite en Delphi, elle intègre non seulement les facteurs de correction visuelle et d'analyse de contenu, mais permet aussi d'automatiser les traitements. Son utilisation comporte trois grandes étapes. La première consiste à déterminer les facteurs qui caractérisent la vue. L'utilisateur doit d'abord désigner le modèle numérique d'altitude qui sera utilisé pour les calculs. Il doit ensuite spécifier les paramètres qui définissent la direction, l'angle d'ouverture et la distance de vision ainsi que la hauteur de l'observateur par rapport à la surface terrestre. Dans un deuxième temps, l'utilisateur doit préciser la source de données thématiques utilisée pour caractériser le territoire ainsi que le type d'analyses de contenu souhaité: calcul des surfaces de visibilité, indices de diversité et de régularité de Shannon et de Simpson. L'utilisateur peut choisir s'il veut que ces traitements soient effectués sur une base planimétrique ou en utilisant les facteurs de correction visuelle. La dernière étape consiste à déterminer le ou les point(s) de vue de la zone d'étude pour le(s)quel(s) une analyse est souhaitée. Si cette dernière porte sur un seul point, il suffit simplement de rentrer ses coordonnées (en x/y ou en ligne/colonne). Dans le cas d'une analyse multiple, la fonction nécessite la constitution d'un fichier raster contenant l'ensemble des points d'observation considérés.

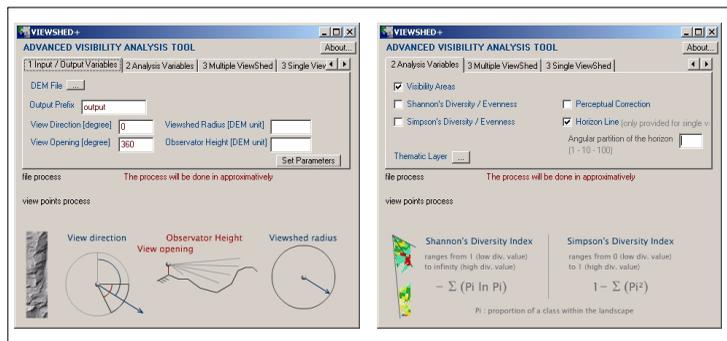


Figure 59: Interface de la fonction de visibilité avancée (viewshed+).

Les résultats obtenus peuvent prendre plusieurs formes. Tout d'abord, la fonction produit différentes **images du bassin de visibilité**. La première, booléenne, représente la zone visible depuis un point de vue donné et selon les paramètres de vision spécifiés. A partir de celle-ci est créée une deuxième

image, qui définit pour chaque cellule visible sa nature, en fonction de la couche d'information thématique spécifiée par l'utilisateur. Une dernière détermine pour chaque cellule sa valeur perceptuelle en fonction de son éloignement, de sa pente et de son orientation. Par ailleurs, une partie des résultats apparaît sous la forme de **fichiers de valeurs**. Le principal d'entre eux contient à la fois les métadonnées et les résultats généraux de l'analyse. Il renseigne sur la surface visible, les indices de diversité et de régularité de Shannon et de Simpson ainsi que sur le nombre de classes concernées. La surface que chaque classe territoriale occupe est déterminée dans un autre fichier attributaire. Selon l'option choisie, la valeur de l'ensemble des variables peut à la fois être donnée en termes planimétriques et perceptuels.

Modélisation des préférences en indicateurs

Au-delà de la caractérisation neutre des éléments constitutifs du paysage, l'objectif de l'analyse est **d'évaluer sa qualité en fonction de critères visuels**. L'appréciation du paysage ne repose pas sur un modèle unique d'appréhension de l'espace, mais fait appel à des logiques variées, qui ne sont pas exclusivement d'ordre esthétique. En effet, selon les groupes d'acteurs, la valeur du paysage dépend de la perception de caractéristiques spatiales aussi différentes que la productivité herbagère, la biodiversité, la richesse patrimoniale et historique, le degré d'entretien du territoire, etc. Dans cette perspective, l'analyse du paysage visible ne se base plus simplement sur la répartition des catégories d'occupation du sol, mais sur une information qualitative, de nature ordinale ou cardinale, résultant d'une classification impliquant une phase de jugement préalable.

La méthode imaginée consiste à définir des modèles spatialisés d'analyse du paysage visible, sur la base des préférences des acteurs identifiées dans le *chapitre 7* et caractérisées par des critères d'appréciation. Pour les trois profils sociaux envisagés, la procédure est double. Elle consiste d'une part à modéliser le territoire en fonction d'entités spatiales reconnues comme pertinentes pour chacune des tendances. Le SIG du Parc Jurassien Vaudois (PJV) a servi comme base de référence pour identifier les données nécessaires pour traduire les représentations des acteurs. D'autre part, elle repose sur la définition d'un mode de pondération du modèle territorial, sur la base d'une interprétation qualitative des logiques de représentation du paysage à l'intérieur de chaque tendance. Pour chacune des tendances d'appréciation du paysage, cette double procédure est expliquée en détail dans les paragraphes qui suivent et fait l'objet d'un **diagramme des traitements** de données (voir *Annexe VI*).

• La tendance conservatrice

L'espace est ici appréhendé selon une double approche qui met en relation le potentiel productif des terres avec l'occupation du sol. L'un et l'autre doivent être définis séparément, pour ensuite pouvoir être comparés.

Pour évaluer le potentiel productif des terres, nous avons pris comme référence la valeur herbagère, partant du principe que l'élevage dépend plus étroitement des conditions du milieu que l'exploitation forestière. Pour ce

faire, nous avons utilisé la méthode Dietl qui propose un système d'évaluation du **potentiel productif des pâturages** (Dietl *et al.*, 1981). Celui-ci repose sur une table de rendements des pâturages en fonction de leur type et de leur altitude. Ces valeurs sont valables dans les zones bénéficiant de bonnes conditions et doivent être abaissées d'un quart dans les endroits ombragés et d'un cinquième pour chaque tranche de 10% dès lors que la pente dépasse 40%.

Les **types de pâturages** sont définis par un système de pâture et des unités écologiques. L'inventaire des exploitations du PJV détermine le système de pâture de chaque alpage. Les relevés de la végétation effectués selon la méthode Dietl découpent le territoire en polygones, caractérisés par leur appartenance à une unité écologique. Ces unités peuvent être regroupées en fonction de leur caractéristiques pastorales pour définir, selon le système de pâture dont elle font partie, une typologie des pâturages. Le tableau 4 caractérise les types identifiés.

Types de pâturages	Unités écologiques
1 Pâturage fertilisé, système tournant	40 - 49
2 Pâturage fertilisé, système permanent	40 - 49
3 Pâturage sec Pâturage maigre	20 - 26 60 - 69
4 Pâturage marécageux	80 - 85
5 Autre	

Tableau 5: Description des types de pâturages en fonction de leur système de pâture et de leurs unités écologiques.

Le potentiel productif de ces différents types de pâturages est défini en fonction de leur altitude, de leur pente et de leur orientation, à partir du MNA 25, rééchantillonné à 2.5 mètres. Au final, **quatre classes de productivité**, définies empiriquement à partir des résultats obtenus, permettent de définir spatialement le potentiel de rendement pastoral des différentes zones:

Classes de potentiel productif	Productivité (kg MS/a)
0 Improductif / Inconnu	0
1 Productivité faible	< 28.8
2 Productivité moyenne	28.8 - 57.6
3 Productivité forte	> 57.6

Tableau 6: Classification du territoire en fonction de sa productivité herbagère.

Dans un second temps, une classification de la couverture du sol est réalisée, avec pour but de mettre en exergue l'**occupation de l'espace**. La densité du couvert forestier est estimée sur la base d'orthophotos couleur à 60 centimètres de résolution, datant de 1996. Ces dernières sont transformées en tons de gris, puis fortement contrastées et filtrées pour faire ressortir la texture boisée. L'erreur due à l'ombre n'est pas un problème dans la mesure où l'objectif n'est pas ici de localiser précisément chaque arbre, mais de définir plus globalement les zones recouvertes par la forêt. L'image est

transformée en grille de 2.5 mètres de résolution, à laquelle un filtre moyen de 9x9 pixels est appliqué pour déterminer la proportion de boisé dans la fenêtre d'observation. A cette résolution et en comparaison à des filtres plus petits (5x5 et 7x7), le filtre choisi s'est avéré plus robuste, montrant une distribution statistique plus régulière. Chaque cellule de la grille prend une valeur contextuelle, correspondant au **taux de boisement** moyen de son voisinage proche, qui se traduit selon la méthode Patubois par une catégorie de pâturages particulière (Gallandat *et al.*, 1996). Le *Tableau 7* donne les correspondances utilisées entre le taux de boisement et les catégories de pâturages.

Catégorie de pâturage	Taux de boisement (%)
1 Pâturage non boisé	< 1
2 Pâturage peu boisé	1 - 20
3 Pâturage très boisé	20 - 70
4 Bois pâturé	> 70

Tableau 7: Catégories de pâturages en fonction du taux de boisement selon la méthode Patubois (Gallandat *et al.*, 1996).

Pour affiner cette classification de l'occupation du sol, les **formes naturelles ainsi que les infrastructures** ont été intégrées aux zones de pâturages et de forêts. Les affleurements calcaires ont été identifiés sur les orthophotos, en employant une procédure similaire à celle utilisée pour reconnaître les structures boisées. Les dolines ont été numérisées manuellement sur les photographies aériennes et ajoutées aux affleurements rocheux pour constituer la nouvelle catégorie des formes naturelles. Celle des infrastructures comporte les voies de communication, les bâtiments et les murs en pierres sèches. Le réseau routier provient du modèle numérique du territoire (Vecteur 25), créé sur la base des cartes nationales au 1:25 000. La largeur attribuée à chaque objet, connaissant la catégorie de routes à laquelle il appartient et ses caractéristiques, découle des signes conventionnels des cartes topographiques suisses définis par Swisstopo. Les sentiers, les bâtiments et les murs en pierres sèches ont été extraits du plan d'ensemble vecteur au 1:10 000 du canton de Vaud. Les surfaces artificialisées manquantes (abords des constructions, parkings, bords de routes, places d'évitement, etc.) ont directement été numérisées sur la base de l'orthophoto.

Le croisement des couches de potentiel productif et d'occupation du sol détermine 24 catégories potentielles dans l'espace. A chacune d'entre elles a été attribuée une note, cherchant à caractériser le sentiment positif, négatif ou indifférent, des acteurs de la tendance conservatrice à l'égard de ces unités paysagères (*Tableau 8*). Cette classification repose entièrement

sur une interprétation personnelle des critères d'appréciation identifiés dans le *chapitre 7*.

Occupation du sol	Productivité			
	0 Nulle	1 Faible	2 Moyenne	3 Forte
1 Pâturage non boisé	-1	1	1	2
2 Pâturage peu boisé	-1	2	2	1
3 Pâturage très boisé	0	1	0	-1
4 Bois pâturé	0	0	-1	-1
5 Espace naturel	0	0	-1	-2
6 Infrastructures	0	0	-1	-2

Tableau 8: Valeurs des classes d'appréciation du paysage pour la tendance conservatrice.

En substance, les acteurs de ce groupe privilégient les pâturages ouverts dans les zones productives. La présence de boisé, et plus encore de rochers ainsi que d'infrastructures, est considérée comme un manque à gagner dans ce type de surfaces. Les pâturages boisés sont le plus appréciés dans les zones moyennement et faiblement rentables. Quelle que soit leur apparence, les surfaces improductives pour l'élevage sont jugées comme extérieures à l'exploitation agricole et suscitent l'indifférence, à moins qu'une activité pastorale y soit tout de même exercée, auquel cas elles sont vues négativement.

L'**indicateur final** d'appréciation du paysage pour une vue donnée correspond à la somme des produits de la surface visible de chaque catégorie par sa valeur d'appréciation:

$$IA = \sum_{i=1}^C (VPi \times VAi) \quad (15)$$

C = nombre de catégories

VPi = valeur perceptuelle de la catégorie *i*

VAi = valeur d'appréciation de la catégorie *i*

• La tendance pragmatique

De la même manière que pour la tendance conservatrice, le modèle pragmatique implique une pesée d'intérêt entre les questions de productivité et d'usage des ressources territoriales.

Afin d'évaluer le **potentiel productif** de la zone d'étude, la même classification du territoire a été utilisée que pour la tendance précédente. Dans la mesure où l'activité de la région est d'abord définie par la vocation pastorale et que les contraintes qui définissent les autres pratiques (forestières et touristiques) sont moindres en comparaison, il est apparu logique de mettre la priorité sur une évaluation de la productivité herbagère. La typologie choisie est donc identique à celle du modèle conservateur.

Pour ce qui concerne l'**utilisation du sol**, l'approche est un peu différente. Plutôt que de mettre l'accent sur les différentes formes d'exploitation sylvo-pastorale, l'option choisie ici était de relever la diversité des fonctions territoriales. Ainsi, en plus des zones vouées à la pâture et à la foresterie, les espaces de loisirs ont également été pris en considération. La forêt a été identifiée sur la base d'orthophotos par le procédé décrit plus haut. Les surfaces de pâturages proviennent quant à elles de l'inventaire des exploitations du Parc Jurassien Vaudois. Parmi les activités touristiques présentes, un certain nombre d'entre elles sont diffuses et touchent potentiellement tout l'espace, comme par exemple les randonnées à pied ou en raquettes. Par contre, d'autres loisirs sont mieux circonscrits dans le territoire, à l'image du ski. Ainsi, nous avons intégré dans notre exemple les pistes de ski de fond, à partir de l'inventaire réalisé pour le PJV. En définitive, quatre catégories d'utilisation du sol ont été définies en croisant les différentes sources de données identifiées: 1 = exploitation pastorale, 2 = exploitation pastorale et tourisme hivernal, 3 = pas d'activité, 4 = exploitation forestière.

L'ensemble des données de potentiel productif et d'utilisation du sol ont été croisées pour définir des classes d'appréciation du paysage. 16 catégories potentielles ont ainsi été déterminées, puis évaluées à nouveau en interprétant les préférences ressortant des discours des acteurs du groupe pragmatique (Tableau 9).

Utilisation du sol	Productivité			
	0 Nulle	1 Faible	2 Moyenne	3 Forte
1 Exploitation pastorale	-2	-1	1	2
2 Exploitation pastorale + tourisme	1	1	2	3
3 Pas d'activité	0	0	-1	-2
4 Exploitation forestière	2	1	0	-1

Tableau 9: Valeurs des classes d'appréciation du paysage pour la tendance pragmatique.

Le tableau ci-dessus traduit la volonté des individus à optimiser l'usage des ressources. Plus les zones sont productives, plus l'exploitation pastorale est valorisée. En-deçà d'un certain seuil de rentabilité, elle est cependant jugée négativement, à moins que son maintien ne permette de garantir l'exercice d'autres fonctions, en particulier de détente. Ainsi, la multifonctionnalité, qui se manifeste ici par l'utilisation alternée de surfaces pour l'estivage du bétail et pour les sports d'hiver, est d'autant plus appréciée qu'elle donne de bons résultats en termes de rendement. L'exploitation forestière est préférée dans les zones vaines en herbages. L'absence d'activité territoriale est clairement vue comme un gâchis dans les surfaces productives.

Le calcul de l'**indicateur final** d'appréciation du paysage pour le modèle pragmatique suit la même logique que celle du modèle conservateur (voir section précédente).

● La tendance romantique

Le modèle d'appréciation postulé ici est différent des deux autres proposés précédemment. L'approche préconisée repose sur une typologie du territoire en catégories d'occupation du sol, déterminée en fonction des éléments paysagers reconnus comme importants par les membres du groupe social concerné. Le paysage est ensuite évalué en fonction d'indicateurs, qui calculent la répartition visuelle des éléments du territoire.

La modélisation de l'espace ne repose pas sur des regroupements de nature fonctionnelle comme dans les cas précédents, mais sur la **reconnaissance d'entités visuelles individualisées**. En ce sens, on peut admettre que cette approche du territoire est moins abstraite, du fait qu'elle ne fait pas explicitement intervenir une expertise particulière du territoire. Cependant, elle n'est pas moins subjective, dans la mesure où la liste des entités spatiales considérées n'est ni neutre, ni exhaustive, mais dictée par les choix opérés par le groupe social. Dans notre cas, un modèle du territoire en 8 classes a été retenu sur la base des éléments reconnus comme les plus importants pour cette tendance. Les pâturages (1), les dolines (2), les affleurements rocheux (3), les zones boisées (4) ainsi que les surfaces artificialisées (6) ont été déduites des orthophotos, selon la méthode précédemment décrite. Les voies de communication (7) ont été extraites de Vecteur 25 et complétées par les données du plan d'ensemble. De cette dernière source d'informations ont également été extraits les murs en pierres sèches (5) et les bâtiments (8).

Le critère retenu ici pour apprécier le paysage est celui de la **diversité visuelle**. Hunziker et Kienast (1999) ont mis en évidence la relation étroite qui existait entre les préférences des acteurs vis-à-vis du paysage et la mesure de sa diversité. En effet, il s'est avéré dans leur étude que la valeur des indices de Simpson et de Shannon, calculée pour plusieurs photographies, était corrélée aux notes que des individus avaient données aux mêmes clichés. Il apparaît par exemple que, dans les zones agroforestières mixtes menacées par la déprise, la distribution de la diversité en fonction du taux de boisement s'exprime par une courbe en U inversé, la préférence maximale allant aux paysages moyennement boisés.

Dans cet esprit, nous avons choisi d'évaluer le paysage en déterminant pour chaque point de vue un indicateur de diversité des bassins de visibilité. Nous avons opté pour l'**indice de Shannon** plutôt que pour celui de Simpson, car il est plus sensible à la présence de catégories rares. En effet, si le pâturage et la forêt sont sans conteste les catégories les plus représentées dans le paysage jurassien, la présence d'éléments plus discrets, tels que les murs de pierres sèches, les chalets d'alpage, les chemins, les lapiez ou les dolines, joue un rôle fondamental dans la vue. En guise de complément, l'indice de régularité de Shannon a également été inclus dans l'analyse pour affiner l'évaluation. Celui-ci, correspondant à l'indice de diversité divisé par la valeur de diversité maximale pour le nombre de classes considérées, permet de mesurer le taux de répartition des différentes catégories entre elles et le niveau de complexité du paysage en termes de composition.

L'**indicateur final** d'appréciation du paysage pour une vue donnée correspond au calcul des indices de diversité et de régularité de Shannon sur la base de la proportion visible de chaque catégorie d'occupation du sol définie dans le modèle du territoire.

Du fait que les indicateurs d'appréciation du paysage aient été construits sur des bases distinctes, leurs valeurs limites théoriques varient considérablement. Aussi, dans un **souci de comparabilité**, les résultats de chaque indicateur ont été centrés et réduits. Cependant, il faut bien garder à l'esprit qu'une même valeur pour deux modèles d'appréciation différents ne signifie pas forcément que le paysage recueille le même niveau d'adhésion auprès des deux groupes. Du fait de leur nature ordinale, tous ces indicateurs ne prennent sens, particulièrement les uns par rapport aux autres, qu'en étant calculés pour différents points de vue. Bien que le paysage soit vu d'un endroit à la fois, il doit être évalué dans une optique comparative et réciproque sur l'ensemble du territoire (Neuray, 1982). La valeur des indicateurs doit par conséquent être prise en termes relatifs.

RÉSULTATS

CARACTÉRISATION DES BASSINS DE VISIBILITÉ

La taille des bassins de visibilité s'avère très différente pour chacun des points d'observation (*Figure 60*).

Le premier point de vue révèle un paysage largement ouvert, qui suit la direction de l'axe jurassien. Les vues 2 et 3 sont par contre beaucoup plus confinées, mettant le spectateur dans une situation d'intériorité par rapport au paysage. Le dernier cas offre une vue paysagère moyenne et segmentée.

Quand bien même les différences de surfaces entre les bassins de visibilité sont énormes en termes planimétriques, elles apparaissent bien moindres dès lors qu'on leur applique des facteurs de correction visuelle (*Tableau 10*). Implicitement, il semble en effet logique que tous les paysages cadrés avec le même angle d'ouverture aient visuellement le même ordre de grandeur. Les écarts qui apparaissent dans les résultats sont dûs aux erreurs et imprécisions du modèle numérique de surface. Elles se manifestent en particulier lorsque des objets spatiaux sont présents au premier plan, comme dans le deuxième cas.

N° point de vue	Surface planimétrique (pixels)	Surface planimétrique (m2)	Surface perceptuelle (coefficient)
1.	15959	99743.75	30.85
2.	505	3156.25	11.34
3.	740	4625	26.53
4.	5271	32943.75	22.88

Tableau 10: Surfaces planimétriques et perceptuelles des bassins de visibilité.

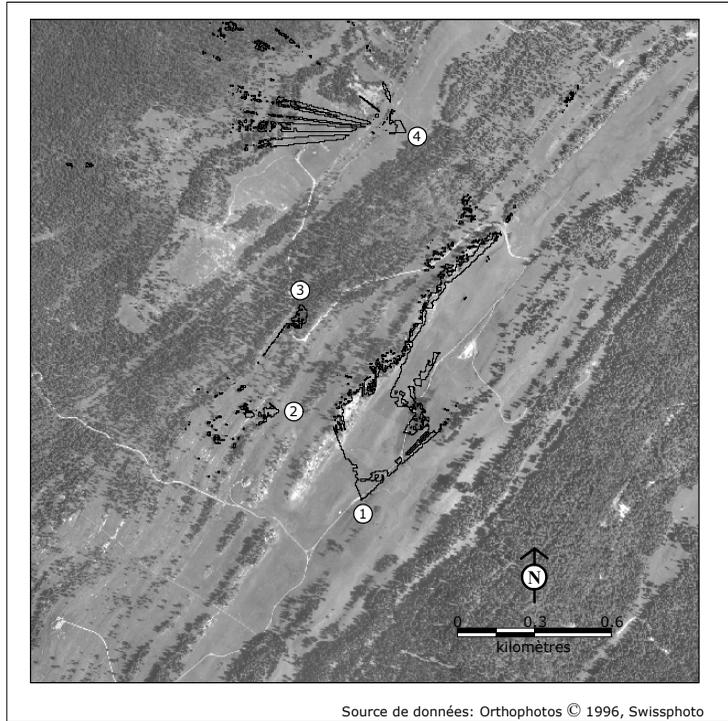


Figure 60: Détermination des bassins de visibilité d'après les quatre points d'observation.

EVALUATION QUALITATIVE DES VUES PAYSAGÈRES

Du point de vue qualitatif, les indicateurs permettant d'évaluer le paysage selon les différents modèles d'appréciation ont été calculés. Les résultats sont reportés dans le *Tableau 11*. Pour chaque modèle figurent en gras, la valeur du paysage préféré, et en italique, celle du paysage le moins apprécié parmi les quatre.

N° point de vue	Modèle conservateur	Modèle pragmatique	Modèle romantique
1.	0.99	1.03	0.73 (-0.33)
2.	<i>-1.78</i>	0.91	-1.04 (0.88)
3.	-0.69	-0.63	1.27 (0.77)
4.	1.09	-0.96	-0.96 (-1.22)

Tableau 11: Résultats des préférences paysagères des différents groupes sociaux pour les quatre points de vue.

Le **premier paysage apparaît comme étant le préféré du modèle pragmatique** parmi les quatre analysés. Il représente un site multifonctionnel, où s'ajoutent à une exploitation pastorale profitable, différentes activités de loisirs, en particulier hivernales. L'accessibilité du territoire est de plus garantie par la route qui traverse le territoire. Ce paysage est également apprécié selon les critères des deux autres groupes sociaux. La productivité du pâturage situé en fond de combe et le fait que la forêt soit repoussée sur ses bords sont des facteurs de valorisation du paysage pour le modèle conservateur. Bien que celui-ci soit dominé par le pâturage, la présence de murs en pierres sèches et de chemins lui confère une diversité visuelle, prisée par la tendance romantique.

La **préférence du groupe conservateur va vers le quatrième paysage**. Bien qu'il comprenne des terres très moyennement fertiles, il est apprécié pour son côté traditionnel. Voué uniquement à l'exploitation sylvo-pastorale, ce paysage marque une séparation assez franche entre le pâturage et la forêt. De plus, il ne contient aucune construction ou infrastructure qui pourrait venir déranger cet équilibre. Cette vision correspond à une conception un peu datée d'un paysage archétypique, tel qu'il était promu dans les années d'après-guerre. Il obtient le moins bon score pour les deux autres modèles, qui le perçoivent assez négativement. La spécialisation de l'utilisation du sol, dont les résultats sont peu satisfaisants, et le manque d'accès permettant de remplir d'autres fonctions territoriales expliquent ce résultat. Le faible nombre de catégories spatiales ainsi que leur ségrégation dans le territoire se retrouvent par ailleurs dans les valeurs relativement faibles des indices de diversité et de régularité.

Le **modèle romantique privilégie le troisième paysage** pour la richesse de sa composition visuelle. Des quatre vues, c'est celle qui présente la plus grande variété d'objets (indice de diversité) et une des meilleures répartitions entre eux (indice de régularité). Le pâturage est circonscrit par un chemin forestier et des murs de pierres sèches, qui sont valorisés comme éléments du patrimoine. Les approches plus fonctionnelles du paysage le considèrent de façon plus nuancée, vu la médiocrité des herbages, la dynamique forestière dans la zone pâturée et l'absence d'activités complémentaires. Cependant, du fait des conditions marginales du site, celui-ci n'est pas trop discrédité.

Le **dernier paysage (point de vue n°2)** obtient un assez bon score avec le modèle pragmatique, au contraire des autres tendances. Ce territoire est valorisé par une utilisation mixte du sol, à la fois pastorale, sylvicole et touristique. Cependant, la productivité moyenne du pâturage, que la densification de la forêt tend à faire diminuer, est mal vue par le groupe conservateur. Pour la tendance romantique, la diversité de la scène apparaît comme la plus faible des quatre vues, du fait qu'elle est constituée principalement de pâturage et de forêt, mais son indice de régularité est le plus fort, témoignant d'une répartition assez équilibrée entre les éléments en présence. Cette vue s'avère ainsi assez typique du paysage sylvo-pastoral jurassien.

EVALUATION DE L'APPROCHE

La démarche proposée répond à un objectif de caractérisation de vues paysagères, en fonction de différents profils de perception. Il est difficile de déterminer la pertinence précise des résultats obtenus et ce n'est que par la pratique que la méthode proposée révélera sa valeur. Quelques remarques critiques s'imposent en ce qui concerne l'approche postulée et les choix méthodologiques.

Si le principe de départ qui guide l'analyse, à savoir la reconnaissance visuelle des éléments individuels qui composent une vue et leur évaluation qualitative sur la base de modèles d'appréciation, a le mérite d'être explicite, on doit aussi lui reconnaître des limites. On peut tout d'abord reprocher à cette approche de tout ramener à la **dimension visible du paysage**, qui ne prend pas en compte la présence des composantes intangibles, inférées dans les mécanismes de perception (Craik et Zube, 1976). Les éléments qui n'ont pas de réalité spatiale sont difficiles à intégrer dans les modèles et n'entrent par conséquent pas dans le diagnostic et la recherche de solutions. Par exemple, la lumière, l'ambiance générale ou encore les conditions atmosphériques, qui peuvent jouer un rôle important dans la construction du sentiment paysager, sont des aspects qui ne sont pas explicitement pris en considération dans le SIG. L'équation entre la dimension visible du paysage dans notre paradigme de départ et le principe général de modélisation basé sur l'identification des objets dans l'espace n'est donc pas parfaite. Cette imperfection illustre remarquablement la tendance naturelle à intégrer dans l'analyse ce qu'on comprend bien et à laisser de côté ce qui est plus compliqué à expliquer.

Dans le même ordre d'idées, l'analyse visuelle prend comme point de départ un lieu d'observation, indépendamment de son **contexte visuel et temporel**. Le regard de l'observateur, dans la totalité englobante du monde (Grimaldi, in : Dagognet *et al.*, 1982), est influencé par les paysages qu'il a traversés précédemment. L'évaluation devrait donc se décliner sous la forme de séquences paysagères. Par ailleurs, les conditions météorologiques et saisonnières, dont l'effet sur la perception du paysage est reconnu (Palmer et Lankhorst, 1998), n'est pas pris en considération. Il peut dès lors sembler délicat d'établir une correspondance univoque entre un objet du territoire et l'appréciation d'un groupe social. Le même élément paysager peut être tout à fait adapté dans une situation particulière et totalement incongru dans une autre. Plus que la présence ou l'absence de celui-ci, c'est la relation qu'il entretient avec son contexte qui importe. Bien que la présente approche permette, par des processus de classification de l'information, de prendre en compte la valeur cumulée de plusieurs éléments paysagers, elle apparaît cependant limitée dans l'analyse de la structure du paysage. Le fait que le paradigme d'analyse soit défini en plan, mais que les résultats qui en découlent décrivent un espace tridimensionnel, est un peu perturbant. En effet, les zones qui apparaissent contiguës en vision oblique ne le sont pas forcément sur le terrain, du fait que les repères spatiaux ne sont pas les mêmes en 2 ou en 3 dimensions.

La mise en oeuvre des analyses du paysage visible repose sur la **sélection de points de vue particuliers** et la caractérisation de l'espace qu'ils donnent à voir. Il est évident que contrairement à notre exemple, dont la valeur est surtout illustrative, l'analyse ne peut se limiter à seulement quelques points de vue. La quantité nécessaire va dépendre de l'étendue de la zone d'étude et de la durée des calculs envisagés, qui peut être assez longue. Leur localisation peut être définie par échantillonnage (régulier ou aléatoire) ou sur la base de visites sur le terrain. La première alternative a le mérite de ne pas faire appel au jugement humain dans le processus de sélection. Par contre, un grand nombre de points est nécessaire pour couvrir extensivement le territoire, ce qui augmente les temps de calcul. L'autre solution permet d'optimiser le nombre de points à analyser en limitant le choix à ceux qui sont les plus représentatifs à l'intérieur de chaque unité paysagère. Cette méthode a l'inconvénient d'être marquée d'une certaine subjectivité qui peut diriger les résultats. Elle peut être réduite en effectuant une pré-analyse de visibilité avant de se rendre sur le terrain avec un groupe de personnes, auquel appartient la décision finale.

La **qualité des données** détermine un premier niveau d'incertitude dans les résultats des analyses de visibilité. En effet, la précision et la résolution initiales du modèle numérique d'altitude déterminent grandement les conditions de visibilité. Plus encore, la constitution d'un modèle de surface à partir de la classification d'un modèle d'occupation du sol en classes d'altitude constitue une simplification supplémentaire de la réalité. En l'absence d'un modèle plus précis au moment de la réalisation des analyses, le MNA 25 a été choisi. La disponibilité d'un nouveau modèle de surface à 1 mètre de résolution rend la description du relief et des objets qui le recouvrent beaucoup plus précise. Toutefois, le recours à un tel modèle implique de plus gros volumes de données ainsi que des temps de calcul plus longs. En ce qui concerne l'évaluation proprement dite du paysage, la qualité des couches de données thématiques est également déterminante. Au-delà des questions de précision spatiale de l'information, ce sont surtout sa disponibilité et son niveau d'actualisation qui sont le plus souvent les facteurs limitants.

La validité des **algorithmes de visibilité** est peu discutée dans la littérature. Une expérience a été faite dans notre cas pour évaluer les performances de l'algorithme utilisé, et plus particulièrement les apports en termes de correction visuelle. Pour chaque point de vue analysé, la proportion de chaque catégorie d'occupation du sol à l'intérieur du bassin de visibilité calculé a été comparée à celle mesurée sur la photographie correspondante. Pour simplifier l'opération, trois catégories ont été retenues, à savoir les pâturages, les forêts et les zones improductives (routes, chemins, constructions, murs, rochers, etc.). Les analyses de visibilité ont été réalisées sur la base du MNA 25 et du plan d'ensemble agrégé. Sur chacune des photographies, les contours de chaque catégorie ont été numérisés à la main (*Figure 61*) et leur surfaces respectives calculées en pourcentages. Une bonne correspondance a pu être établie avec les valeurs obtenues par la fonction d'analyse de la visibilité sur les quatre points de vue ($r^2 = 0.85$). La significativité de la relation devrait toutefois être testée sur

un plus grand nombre de cas, pour définir précisément ce qui est source de la plus grande incertitude, entre la fiabilité de l'algorithme, la qualité des données utilisées et la précision de la numérisation.

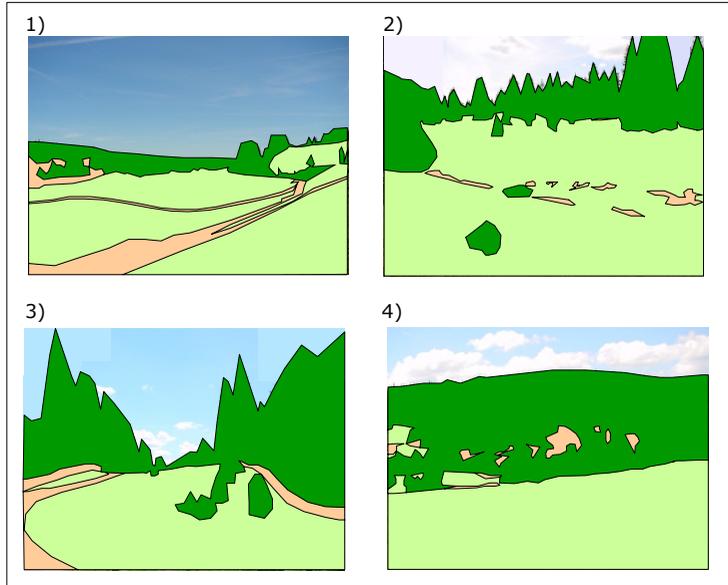


Figure 61: Vue schématique des principales classes d'occupation du sol.

La modélisation des représentations sociales du paysage, sur la base de l'identification de critères d'évaluation (*chapitre 7*), en un **système d'appréciation** appelle quelques commentaires. L'objectif visé ici est de tenter de réduire le décalage qu'il peut y avoir entre l'interprétation du monde et sa manifestation concrète. Toute la difficulté réside dans la création d'une information à la fois pertinente et représentative de l'avis des groupes d'acteurs, avec toute l'incertitude que ce genre d'approche véhicule. La démarche exploratoire adoptée relève d'une approche mixte, à la fois participative et interprétative, dans la mesure où les préférences des individus ont été déterminées sur la base d'entretiens, puis interprétées pour déboucher sur la construction d'indicateurs spatialisés. On peut reprocher aux modèles développés dans la présente recherche d'être sans doute un peu simplistes. En effet, la traduction empirique des modes d'appréciation du paysage en modèles spatiaux et en indicateurs de préférences résumant un peu sèchement des opinions beaucoup plus complexes dans la réalité. Ceci est dû en partie au moins à la distorsion qui apparaît entre les résultats des enquêtes réalisées à petite échelle sur l'ensemble de l'Arc jurassien et l'ancrage très local des analyses de visibilité. Une investigation plus ciblée des logiques d'appréciation des acteurs dans un cadre spatial restreint permettrait d'amener des éclairages plus judicieux. Pour affiner encore les résultats et évaluer leur justesse, une solution serait de demander à des acteurs dans le cadre d'ateliers d'évaluer des photographies de paysage et

de les classer selon une échelle ordinale, puis de comparer les préférences ainsi déterminées à celles calculées avec les indicateurs. Le cas échéant, ceux-ci pourraient être ajustés pour mieux répondre aux différents profils. Cela dit, le fait que, sur les quatre cas analysés, un seul d'entre eux obtiennent l'adhésion totale et que les avis divergent nettement dans les autres cas, montre bien que les modèles d'appréciation développés ont des fonctionnements très différents. Bien entendu, cela ne signifie pas qu'ils correspondent à la réalité; cependant les résultats obtenus s'expliquent aisément et paraissent assez conformes aux logiques des acteurs. Un plus grand nombre d'analyses serait toutefois nécessaire pour s'assurer de la sensibilité des indicateurs.

Au-delà des éléments de consolidation décrits pour parfaire l'approche, la démarche générale apparaît pertinente, mais sa portée doit être relativisée. Du fait de la nature des données et des fonctions d'analyse disponibles, l'application de la démarche se restreint à des **paysages relativement simples et amples**, comme ceux du Haut-Jura. Les paysages urbains, complexes et denses, se prêteraient mal à une approche de ce type. Par ailleurs, la valeur explicative de l'analyse ne doit pas être surestimée: les modèles d'appréciation ne font que désigner les problèmes, mais ne renseignent pas sur leur nature, ni ne proposent de solutions pour les résoudre (Craik et Zube, 1976). Ils requièrent ainsi une interprétation de leur signification qui est d'autant meilleure que la connaissance du territoire en question et des relations socio-spatiales qui le caractérisent est bonne.

SYNTHÈSE

Le point d'ancrage du chapitre est l'analyse visuelle du paysage, comprise comme l'interface entre un sujet qui perçoit et un objet qui est perçu (voir *chapitre 2*). Une partie du processus de perception est considérée comme objectivable, par l'intermédiaire d'analyses de visibilité. Celles-ci permettent en effet de déterminer ce qui est visible de tout point de l'espace. Cependant, les fonctions classiques des SIG se limitent généralement à des opérateurs quantitatifs simples, qui ne prennent pas explicitement en compte les déformations dues à la perspective.

Préalablement à la description de la méthode d'analyse adoptée dans cette recherche, les principes et algorithmes utilisés en analyse de visibilité sont présentés de manière générale. Les données employées dans ce cas d'étude sont décrites et les paramètres de vision sont donnés avec les points d'observation considérés pour l'évaluation. Un aperçu des principales méthodes d'analyse de visibilité différencie les approches de soumission à la vue (vu passif) et de bassins de visibilité (vu actif), que ce soit sous la forme de lignes de vue, de surfaces perçues ou de volumes visibles. La solution envisagée propose d'intégrer des facteurs de correction visuelle, basés sur les effets de distance, de pente et d'orientation des objets spatiaux par rapport à l'observateur, et de caractériser le contenu des vues, en déterminant la proportion de chaque élément en présence et en calculant des indices de composition visuelle. La définition d'un système qualitatif d'appréciation du paysage repose pour chaque profil social identifié dans le

chapitre 7 sur la construction d'un modèle du territoire et d'un modèle d'évaluation, à partir des critères visuels reconnus comme pertinents pour chaque tendance.

Les résultats caractérisent, à la fois quantitativement et qualitativement, les bassins de visibilité calculés pour chaque vue. L'analyse des valeurs d'indicateurs décrivant les logiques d'appréciation des acteurs révèle globalement des préférences sociales différenciées en fonction des paysages observés. Un seul paysage suscite l'adhésion des trois tendances.

La conclusion du chapitre revient sur le fondement de l'approche, axée sur la dimension visible du paysage, et les aspects réducteurs qu'elles comportent. Une discussion portant sur la sensibilité de la méthode relève l'importance des données et des algorithmes utilisés dans l'analyse ainsi que la façon dont est construit le système d'appréciation. L'applicabilité de la démarche dans d'autres cas est brièvement abordée pour déterminer sa portée.

CONCLUSIONS

Les **apports principaux** de ce travail de recherche se situent à deux niveaux, l'un général, en termes de formalisation d'une démarche de diagnostic, et l'autre, plus particulier, en termes de développements méthodologiques réalisés à partir du cas d'étude jurassien.

La première contribution de cette étude est la proposition d'un **modèle explicite d'évaluation du paysage** qui intègre, à deux échelles différentes, les perceptions des acteurs dans un processus de reconnaissance et d'appréciation du paysage, à l'aide de systèmes d'information géographique. Ces derniers sont utilisés pour traduire d'une part la complexité de la réalité territoriale et paysagère, et d'autre part l'enchevêtrement des perceptions sociales qui lui sont liées. Ils contribuent ainsi à faire ressortir les éléments objectifs de composition, d'organisation et de transformation de l'espace auprès des acteurs dans une optique de sensibilisation, en même temps qu'ils aident à traduire spatialement les représentations subjectives de ces derniers, dans une optique de négociation.

La démarche proposée s'articule autour de **deux niveaux d'échelles** qui s'emboîtent:

- Une première **approche (supra-)régionale** donne une vision d'ensemble du territoire dans un contexte élargi, en faisant ressortir les éléments et les structures marquants, les changements auxquels ils sont soumis et la manière dont ils se traduisent en termes paysagers. Cette forme de constat, basée sur une analyse comparative de séries temporelles de données d'utilisation du sol, a pour but de déterminer une situation initiale aussi neutre que possible, dont la confrontation avec les perceptions parfois biaisée des acteurs doit permettre d'aboutir à une prise de conscience collective des réels problèmes dans le territoire et le paysage.

- Une seconde **approche locale** évalue le paysage sous la forme d'analyses de vues, sur la base d'un système d'indicateurs spatialisés qui reflète les différentes formes d'appréciation du paysage dans une société. Ce processus d'évaluation repose sur l'étude des représentations paysagères des acteurs, qui expriment implicitement des préférences et des préoccupations spécifiques. L'explicitation de ces perceptions sous la forme de modèles d'appréciation doit faire ressortir les logiques d'acteurs et permettre, à travers les résultats des analyses de visibilité, de localiser les enjeux de gestion du paysage dans l'espace.

La démarche repose ainsi sur une **double approche spatialisante**, qui cherche à mettre en évidence les deux volets objectifs et subjectifs du diagnostic. Alors que les notions utilisées dans les documents juridiques pour qualifier le paysage sont imprécises (Gremminger *et al.*, 2001) et ne fournissent que peu de critères d'analyse applicables, la démarche considérée ici rapproche la dimension objective du territoire et la dimension subjective du paysage. D'un côté, le diagnostic de situation a une visée descriptive de la composition et du fonctionnement de l'espace. La caractérisation et l'évolution du paysage nécessitent une connaissance aussi fidèle que possible du territoire et donc la disponibilité d'une information fiable. La modélisation des données prime donc sur la définition des traitements, qui sont dans ce cas relativement standards (agrégation, matrices de transition, *etc.*). A l'inverse, l'analyse de site, qui s'inscrit dans un processus plus détaillé d'évaluation participative, met quant à elle l'accent sur la modélisation des traitements. Le paysage n'a pas d'existence pour lui-même, mais à travers les perceptions des individus, lesquelles sont relatives et contingentes (Bouvarel, *in*: Mottet, 2002). C'est l'identification des perceptions des acteurs et la traduction des préférences en critères d'appréciation qui déterminera quelles données sont nécessaires et comment les organiser entre elles. L'analyse ne porte pas directement sur des données considérées comme objectivement mesurables, comme dans le cas du diagnostic de situation, mais sur une interprétation de celles-ci. Ainsi, plutôt que d'avoir un modèle unique du territoire, cette approche cognitive en requiert plusieurs, qui font référence aux modes de perception des différents groupes d'acteurs envisagés. Cette question de la multiplicité des représentations spatiales n'est pas nouvelle, mais fait écho à la préoccupation bien connue d'intégration des processus métier dans la mise en oeuvre de SIG institutionnels. L'option choisie ici est une approche différenciée de la modélisation de l'espace et des enjeux sociaux afin de conserver aussi entière que possible la dimension subjective du jugement du paysage. Cette dernière vient ainsi comme complément à l'approche factuelle pour renforcer la démarche de diagnostic.

L'étude de cas a amené un certain nombre d'**éclairages méthodologiques** qui viennent préciser et soutenir la démarche générale de diagnostic. Elle a permis en particulier de définir des moyens pour:

- identifier les perceptions sociales des acteurs en jeu dans la gestion du territoire par un processus de consultation ouverte, que ce soit la

réalisation d'entretiens ou la mise en place de groupes ou d'ateliers de travail;

- construire des modèles de représentation sociale du paysage et formuler des critères d'appréciation de celui-ci en utilisant une méthode d'analyse de contenu des discours des acteurs;
- caractériser la dynamique paysagère à partir de séries chronologiques de données d'utilisation du sol, via le calcul de matrices et d'indices de transition spécifiques dans un système à mailles régulières;
- prendre en compte les déformations visuelles dues à la perspective dans la réalisation d'analyses de visibilité;
- décrire le contenu de vues paysagères, en déterminant la proportion de chaque élément visible et en calculant des indices de composition visuelle;
- évaluer la qualité de vues paysagères en fonction d'un système d'appréciation reposant sur la construction d'indicateurs spatialisés à partir des critères de préférences identifiés pour chacun des modèles de représentation.

En termes de potentiel d'intégration, la démarche ainsi que tout ou partie des éléments de méthodes proposés peuvent être valorisés dans différentes formes de gestion et d'intervention dans le paysage, qui nécessitent une évaluation explicite. Ceci se justifie par le fait qu'une telle démarche repose sur un effort de **formalisation du processus d'évaluation**. Premièrement, il se base sur une délimitation claire du cadre d'étude, tel que le définit la phase de démarrage du diagnostic, à la fois spatialement et thématiquement. Deuxièmement, il s'inscrit dans une démarche structurée en étapes successives, adaptative et itérative, qui va du général au particulier, de la petite à la grande échelle. A différents stades du diagnostic, un processus de concertation est requis pour juger de l'adéquation de la démarche avec les objectifs et les attentes des acteurs. Troisièmement, la réflexion qui porte sur le développement du système est indépendante de toute solution géoinformatique. Ce n'est qu'après la phase de modélisation que la question des choix technologiques se pose. Finalement, le système vise une prise en compte optimale de l'existant. Il cherche en effet à modéliser de façon fidèle et complète l'ensemble des représentations des acteurs et à intégrer dans la mesure du possible les sources de données disponibles comme information de base.

Parmi les formes de **valorisation concrète de la démarche dans la pratique**, les observatoires et les tableaux de bord paysagers constituent sans doute l'exemple le plus évident. Ceux-ci poursuivent comme objectif d'améliorer la connaissance d'une région en déterminant les incidences paysagères des politiques territoriales et en anticipant l'apparition de nouveaux problèmes. La présente méthode de diagnostic, particulièrement la phase d'analyse à petite échelle, permet d'éclairer les dynamiques en cours et de caractériser les moteurs des changements, afin d'aider à élaborer

des stratégies de développement territorial. Un autre cadre dans lequel la démarche envisagée peut prendre place est celui de la création de parcs régionaux. Ceux-ci sont définis par un double objectif de préservation et de valorisation du patrimoine en même temps que de développement économique et social, en harmonie avec les aspirations de la collectivité locale (Meyer, 2002). Le processus de définition d'un parc régional nécessite une analyse globale du territoire pressenti, avec un accent particulier apporté au volet paysager. En effet, à côté des aspects sociaux, économiques et environnementaux, ceux liés au patrimoine naturel et culturel tiennent une place importante dans l'évaluation du site. Le diagnostic tel qu'il est envisagé ici permet de déterminer de manière objective la fragilité du paysage et d'intégrer les valeurs subjectives qui lui sont associées. Par ailleurs, la nature participative de la démarche favorise la mobilisation des acteurs autour des enjeux identifiés et l'harmonisation des perceptions autour d'objectifs communs. La création d'un parc passe par la réalisation d'une Conception d'Evolution du Paysage (SEREC, 2001), dont la procédure peut bénéficier des enseignements tirés de la présente étude. En effet, la démarche de diagnostic proposée permet de renforcer la phase d'analyse de la CEP (SRVA, 2002), en précisant les étapes de son déroulement et en offrant des outils concrets de mise en oeuvre, lesquels reposent sur un processus de concertation. Dans le même ordre d'idées, d'autres formes de valorisation d'initiatives régionales, telles que la mise en place de chartes paysagères, nécessitent une phase d'étude (Gorgeu et Jenkins, 1995) qui s'apparente au diagnostic tel qu'il est envisagé ici.

La méthode développée permet par ailleurs d'évaluer le paysage en termes prospectifs, dans une logique d'aménagement. Elle peut en effet judicieusement s'intégrer à la fois dans l'analyse de l'existant et dans **l'évaluation des atteintes sur le paysage** d'une nouvelle installation, dans le cadre d'études d'impacts sur l'environnement. Bien que les technologies de l'information soient reconnues comme particulièrement intéressantes dans ce genre de procédures, aussi bien en termes d'analyse que de représentation (Hertig, 1999), leur utilisation souffre d'un manque de formalisation, que la présente approche peut aider à combler. L'apport se situe aussi bien au niveau méthodologique, en termes de modélisation des processus et d'organisation des données dans un cadre participatif, qu'au niveau opérationnel, dans la réalisation des analyses de visibilité du paysage, dans l'étude de sa dynamique ainsi que dans l'évaluation et la visualisation des impacts d'aménagements projetés. Dans une perspective similaire, la démarche proposée peut également venir renforcer les processus de planification et de conception de projets. Le guide pratique d'esthétique du paysage (Gremminger *et al.*, 2001) présente des voies intéressantes pour prendre en considération le paysage dans de telles tâches, mais son applicabilité n'est toutefois pas encore démontrée. S'il propose une liste extensive de critères d'appréciation, les méthodes de pondération utilisées, basées sur le calcul de moyennes, ne semblent pas optimales pour parvenir à une évaluation différenciée du paysage. Ainsi, notre démarche de diagnostic, dont le déroulement a des parallèles avec celui du guide pratique, peut à la fois bénéficier d'une partie des pistes qu'il propose et les mettre en valeur de façon explicite.

La **réplicabilité de la démarche** est limitée par le contexte d'analyse, les moyens de mise en oeuvre à disposition et la disponibilité des données.

Bien que la réflexion générale se veuille indépendante d'un **contexte particulier**, il est difficile de se départir totalement des cas d'études utilisés pour tester les idées et alimenter la réflexion en retour. Ceux-ci peuvent en effet se révéler plus contraignants qu'on ne le pense. Ainsi, les paysages sylvo-pastoraux jurassiens se caractérisent par un nombre relativement limité et bien individualisé de fonctions territoriales, d'éléments paysagers et de valeurs associées, dont l'équilibre est central. Une modélisation relativement simple, basée principalement sur l'identification des types d'occupation du sol, à partir d'une information moyennement détaillée, a permis d'obtenir des évaluations paysagères très parlantes. Cependant, dans des contextes dominés par un type d'objets et qui suivent des règles d'organisation plus complexes, l'approche proposée, et plus particulièrement les analyses de visibilité, est difficilement applicable. En effet, une typologie simple des différents éléments du territoire ne saurait être suffisante pour analyser les paysages urbains par exemple. Plus que le genre d'objets présents dans la scène, c'est leur valeur individuelle, aussi bien du point de vue de leur apparence que de leur fonction, qui explique la logique spatiale et prime dans le processus d'évaluation. Si la démarche générale de diagnostic est globalement pertinente, le mode de diagnostic proposé est approprié dès lors qu'une approche typologique des éléments du paysage fait du sens.

Notons également que les **moyens** à consentir pour mettre en oeuvre cette démarche de diagnostic dans son intégralité sont relativement lourds, particulièrement en comparaison à ceux qui sont généralement déployés pour les volets paysagers dans les pratiques de gestion et d'aménagement. Bien sûr, la réalisation d'une étude de cet acabit implique un investissement en argent et en temps qui peut être important, selon la dimension du projet. Toutefois, l'expérience des chartes paysagères en France et des conceptions d'évolution du paysage en Suisse indique que le coût de telles initiatives peut également rester modeste. Cela dit, les conditions de succès du diagnostic relève pour beaucoup de l'engagement des acteurs dans la démarche. La participation active de représentants de différents groupes sociaux est fondamentale pour assurer une prise de décision à la fois juste, efficace, fiable et durable (Conan, *in*: Berque, 1994). Par ailleurs, plus l'intégration est grande, plus le degré d'acceptabilité de la procédure a des chances d'être élevé et les conclusions obtenues suivies de choix opérationnels.

L'évaluation du paysage dépend non seulement du contexte et des moyens disponibles, mais aussi de la **nature de l'information** utilisée pour appréhender le paysage (Lonergeran *et al.*, *in*: Meyer et Turner, 1994). Une part de l'incertitude relève en effet des données employées dans la recherche. En effet, les questions d'exhaustivité, de complétude, de précision, d'échelle et de mise à jour des données sont déterminantes dans le choix des traitements réalisables et conséquemment dans la validité des résultats qui en découlent. Par ailleurs, quel que soit le type de données utilisées, l'analyse de celles-ci est fondamentalement quantitative, de par la

nature et le fonctionnement des SIG. Ainsi, dans l'évaluation du paysage, les préférences de chacun sont approximées à l'aide d'indicateurs, qui traduisent sous forme ordinale un système de choix. Un des reproches les plus faciles à adresser à la méthode serait d'y voir la dérive quantitativiste d'une problématique trop sensible pour être chiffrée. Cependant, plutôt de chercher à caractériser le paysage en termes absolus, cette approche se limite à une analyse en termes relatifs, qui prend en considération la dimension sociale et géographique de l'expérience paysagère. Elle a donc le mérite de chercher la complémentarité entre les sciences techniques et les sciences humaines, et d'essayer de marier modestement quelques-uns de leurs atouts respectifs, dans une perspective exploratoire.

Ce travail révèle de nombreuses pistes qui mériteraient d'être exploitées dans le cadre d'autres recherches. Parmi les principales perspectives identifiées, mentionnons :

- le renforcement de la participation des acteurs dans la démarche et de l'interaction sociale. Il est important d'intégrer les individus intéressés du début à la fin de la procédure pour parvenir à une évaluation raisonnable du paysage. Une bonne représentativité des différents avis favorise l'émergence de solutions originales ainsi qu'une plus grande crédibilité de l'approche. Si les acteurs ne parviennent pas à comprendre et à s'identifier à la méthode, celle-ci risque d'être rejetée et devenir inopérante. Des moyens pour favoriser les processus sociaux d'engagement et d'appropriation de la démarche doivent ainsi être développés;
- l'évaluation du rôle du diagnostic participatif sur la prise de décision. Le processus décisionnel ne repose pas seulement sur la confrontation des stratégies politiques de développement territorial avec les aspects normatifs qui définissent la réglementation de l'utilisation du sol, mais intègre également les perceptions des acteurs, telles qu'elles sont définies dans le diagnostic. Bien qu'étant situé en amont de la négociation, ce dernier peut apporter, à travers une forme de matérialisation des opinions, une prise en compte plus large des idées et redéfinir par là-même la marge de manoeuvre disponible dans la prise de décision.
- la formalisation de fonctions d'analyse et d'indicateurs complémentaires, particulièrement pour caractériser la configuration des éléments dans les vues paysagères. L'étude de la structure du paysage tient une place centrale en écologie pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes et les opérateurs de forme et de topologie sont bien connus. En comparaison, l'analyse de la structure visuelle du paysage n'est pas facile à prendre en compte, du fait qu'elle n'est pas directement déductible de l'organisation territoriale. En effet, des zones qui apparaissent contiguës en vision oblique ne le sont pas forcément sur le terrain. Cette problématique mériterait une réflexion plus approfondie sur les implications que peut avoir la structure visuelle du paysage sur les représentations ainsi que sur le rapport entre l'organisation spatiale des éléments du territoire en plan et leur ordonnancement dans les vues paysagères;

- l'analyse de séquences paysagères, dans une perspective dynamique. Un point de vue dans le paysage n'est jamais isolé, mais dépend d'une réalité contextuelle qui influence son appréciation. La valeur indexicale des vues paysagères devrait ainsi être explorée, par la réalisation d'analyses de visibilité le long de parcours touristique par exemple;
- la valorisation du diagnostic dans le développement de programmes d'intervention et de projets. Plutôt que d'évaluer son état en tant que tel, une piste intéressante serait d'identifier à l'aide de la méthode proposée les zones favorables à certaines fins en fonction des préférences établies;
- la réalisation de comparaisons entre les paysages actuels et ceux du passé ou du futur. Si les scénarios prospectifs requièrent des modèles de simulation qui font appel à des connaissances assez pointues (*Annexe VIII*), les scénarios rétrospectifs souffrent de données absentes ou trop peu détaillées. En plus de se prêter à des diagnostics réactifs et préventifs, la démarche pourrait être précisée dans une perspective rétro- et proactive;
- la visualisation concrète des différences en termes d'évolution sur la base de représentations, en particulier en 3D. Les différents moyens existants (voir *Annexe VII*) permettent chacun à leur manière d'améliorer la compréhension des phénomènes spatiaux, par une interface visuelle claire qui constitue un langage commun entre les différents niveaux d'acteurs, des spécialistes au grand public. Les outils de visualisation méritent donc une attention plus grande, en tant qu'instruments de travail et de communication, qui stimulent le regard critique et encouragent les suggestions concrètes (Gremminger *et al.*, 2001).

Toutes ces pistes font appel à des connaissances variées qui témoignent bien de l'angle pluridisciplinaire nécessaire pour aborder la question du paysage. Qu'il s'agisse de modélisation des représentations sociales, de calculs d'indicateurs, de réalisation d'analyses spatiales ou de représentation de résultats, le recours aux différentes technologies de l'information apparaît incontournable.

RÉFÉRENCES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aangeenbrug, R.T. 1991. A critique of GIS. In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F. et Rhind, D.W. (eds): *Geographical information systems, volume 1: principes*. Harlow: Longman Scientific and Technical, 101-107.
- ACJ (Association Centre-Jura). 1999. *Programme de développement régional*. La Chaux-de-Fonds: ACJ (Association Centre-Jura).
- ADAEV. 1998. *Programme de développement régional de la Vallée de Joux. Objectifs et mesures: horizon 2010*. Vallée de Joux: ADAEV.
- Allison, C.D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *Journal of Range Management* 38(4): 305-311.
- Ambroise, R., Bonneaud, F. et Brunet-Vinck, V. 2000. *Agriculteurs et paysages: dix exemples de projets de paysage en agriculture*. Dijon: Educagri Editions.
- AmUrba, Le portail de l'aménagement et de l'urbanisme, 2003. *Glossaire*. Page consultée le 22 juillet 2003. <http://membres.lycos.fr/amurba/>
- Antrop, M. 1997. The concept of traditional landscapes as a base for landscape evaluation and planning. The example of Flanders Region. *Landscape and Urban Planning* 38(1-2): 105-117.
- Antrop, M. 1998. Landscape change: plan or chaos ? *Landscape and Urban Planning* 41(3-4): 155-161.
- Antrop, M. 2000. Background concepts for integrated landscape analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 77(1-2): 17-28.
- Appleton, J. 1975. *The experience of landscape*. London: Wiley & Sons.
- Appleyard, D. 1979. The environment as a social symbol: within a theory of environmental action and perception. *Journal of the American Planning Association* 45(2):143-152.
- ARJ (Association Régionale Jura). 2000. *Programme de développement régional*. Porrentruy: ARJ.
- Arnheim, R. 1976. *La pensée visuelle*. Paris: Flammarion.
- Arnold, G.W. et Dudzinski, M.L. 1978. *Ethology of free-ranging domestic animals*. Amsterdam - Oxford - New York: Elsevier.
- Aronoff, S. 1991. *Geographic information systems: a management perspective*. Ottawa, Canada: WDL Publications.
- ARPE 2002. *Le diagnostic territorial au regard du développement durable*. Toulouse: ARPE.
- Augoyard, J.-F. 1991. La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère ? *Le Débat* 65.
- Badri, M.A. 1999. Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem. *International Journal of Production Economics* 62(3): 237-248.
- Bailey, D.W., Gross, J.E., Laca, E.A., Rittenhouse, L.R., Coughenour, M.B., Swift, D.M. et Sims, P.L. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management* 49(5): 386-400.
- Bailly, A.S., Raffestin, C. et Reymond, H. 1980. Les concepts du paysage: problématique et représentations. *L'espace géographique* 4: 277-286.
- Baldwin, J., Fisher, P., Wood, J. et Langford, M. 1996. *Modelling environmen-*

- tal cognition of the view with GIS*. Third International Conference/ Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, Santa Fe, New Mexico, USA.
- Bécholey, M., Dumolard, P., Golay, F. et Monnier-Raball, J. 1998. Aménagements paysagers et aide à la décision: apports des nouvelles technologies. *Revue internationale de géomatique* 8(3): 105-117.
- Bédard, Y. et van Chestein, Y. 1995. *La gestion du temps avec les systèmes de gestion de données localisées: état actuel et avenues futures*. Colloque international Géomatique V, Association Canadienne des Sciences Géomatiques - La route de l'innovation, Montréal.
- Bédard, Y., Gosselin, P., Rivest, S., Proulx, M.-J., Nadeau, M., Lebel, G. et Gagnon, M.-F. 2003. Integrating image components with knowledge discovery technology for environmental health decision support. *International Journal of Medical Informatics* 70(1): 79-94.
- Béguin, F. 1995. *Le paysage*. Paris: Flammarion.
- Béhar, D. 1999. Réguler et articuler tous les projets globaux. *Diagonal* 140.
- Bell, S. 1996. *Elements of visual design in the landscape*. London: E & FN Spon.
- Bell, S. 1999. *Landscape: pattern, perception, and process*. London: E & FN Spon.
- Berque, A. 1990. *Médiance: de milieux en paysages*. Montpellier: GIP Reclus.
- Berque, A. 1991. De paysage en outre-pays. *Le Débat* 65.
- Berque, A. (ed.). 1994. *Cinq propositions pour une théorie du paysage*. Seyssel: Champ Vallon.
- Berry, J.K., Buckley, D.J. et Ulbricht, C. 1998. Visualize realistic landscapes: 3D modelling helps GIS users envision natural resources. *GeoWorld* 11(6): 42-47.
- Berta, E. et Pagano, N. 2001. Les NTIC au service de la participation en aménagement du territoire: le cas de la Ville de Nyon. In: Vodoz, L. (ed.): *NTIC et territoires: enjeux territoriaux des nouvelles technologies de l'information et de la communication*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 211-215.
- Bertin, J. 1967. *Sémiologie graphique*. Paris - La Haye: Gauthier-Villars et Mouton et Cie.
- Bertrand, G. 1978. Le paysage entre la Nature et la Société. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest* 49.
- Bishop, I.D. 1996. Comparing regression and neural net based approaches to modelling of scenic beauty. *Landscape and Urban Planning* 34(2): 125-134.
- Bishop, I.D. 2000. Environmental information and technology: is it all too much? *Landscape and Urban Planning* 47(3-4): 111-114.
- Blanchet, A. et Götman, A. 1992. *L'enquête et ses méthodes: l'entretien*. Paris: Nathan.
- Blant, M. (ed.). 2001. *Le Jura: les paysages, la vie sauvage, les terroirs*. Paris: Delachaux & Niestlé.
- Boichard, J. 1986. *Le Jura de la montagne à l'homme*. Toulouse: Editions Privat - Payot Lausanne.
- Bommel, P. et Lardon, S. 2000. Un simulateur pour explorer les interactions entre dynamiques de végétation et de pâturage. Impacts des straté-

- gies sur les configurations spatiales. *Revue internationale de géomatique* 10: 107-130.
- Bonin, M., Lajarge, R. et Roux, E. 2000. *Contribution méthodologique pour l'évaluation des politiques publiques paysagères: application aux Parcs Naturels Régionaux*. Colloque GESTE "Action paysagère et acteurs territoriaux", Poitiers.
- Bonnet, F. 2000. La confusion du paysage. *Les cahiers de la recherche architecturale*, 4p.
- Bosshard, A. 1997. What does objectivity mean for analysis, valuation and implementation in agricultural landscape planning ? A practical and epistemological approach to the search for sustainability in 'agri-culture'. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 63(2-3): 133-143.
- Bosshard, A. 2000. A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 77(1-2): 29-41.
- Bouma, J., Varallyay, G. et Batjes, N.H. 1998. Principal land use changes anticipated in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 67(2-3): 103-119.
- Bourassa, S.C. 1991. *The aesthetics of landscape*. London - New York: Belhaven Press.
- Bourdieu, P. 1972. *Esquisse d'une théorie de la pratique*. Genève: Droz.
- Breman, P. 1994. *Approche paysagère des actions forestières. Guide à l'usage des personnels techniques de l'Office National des Forêts*. Paris: Cemagref.
- Breman, P. sans date. *La demande sociale et ses répercussions sur l'aménagement de l'espace: le cas des boisements artificiels dans les paysages ruraux de plaine et de moyenne montagne*. ONF.
- Bridel, L. 1998. Protection et gestion du paysage. In: *Manuel d'aménagement du territoire, volume 2*. Genève: Georg éditions. 271-299.
- Brock, B.L. et Owensby, C.E. 2000. Predictive models for grazing distribution: a GIS approach. *Journal of Range Management* 53(1): 39-46.
- Brossard, T., Joly, D. et Pierret, P. 1993. Déprise agricole et fermeture des paysages. *Mappemonde* 3: 17-21.
- Brossard, T., Joly, D., Laffly, D., Vuillod, P. et Wieber, J.-C. 1994. Pratique des systèmes d'information géographique et analyse des paysages. *Revue internationale de géomatique* 4(3-4): 243-256.
- Brossard, T., Couderchet, L., Gaudry, M. et Joly, D. 1997. *Impacts paysagers des grands aménagements linéaires et systèmes d'information géographiques*. Informatique pour l'Environnement - Conférence Européenne sur les Technologies de l'Information pour l'Environnement, Strasbourg: Metropolis.
- Brossard, T. et Joly, D. 1999. Représentation du paysage visible et échelles spatiales d'information. *Revue internationale de géomatique* 9: 359-375.
- Brunet, R. 1974. Analyse des paysages et sémiologie. *L'Espace géographique* 2.
- Brunet, R., Ferras, R. et Théry, H. 1992. *Les mots de la géographie. Dictionnaire critique*. Montpellier: Reclus.
- Bryant, L.D. 1982. Response of livestock to riparian zone exclusion. *Journal of Range Management* 35(6): 780-785.

- Bulletin AT. 2000. Données sur l'évolution de l'utilisation du sol. *Bulletin d'information de l'Office fédéral du développement territorial* 4: 24-28.
- Burrough, P.A. 1986. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: Oxford University Press.
- Burrough, P.A. et McDonnell, R.A. 1998. *Principles of geographical information systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Cailliez, F., Cavailles, J., Hubert, B., de Montard, F.-X., Guitton, J.-L. et Terrasson, D. 1994. *Agriculteurs, agricultures et forêts*. Colloque Cemagref - INRA, Paris: Cemagref.
- Caloz, R. et Collet, C. 2001. *Précis de télédétection - Volume 3: Traitements numériques d'images de télédétection*. Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Campbell, B.D. et Smith, D.M.S. 2000. A synthesis of recent global change research on pasture and rangeland production: reduced uncertainties and their management implications. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 82(1-3): 39-55.
- Cartwright, W., Peterson, M.P. et Gartner, G. (eds). 1999. *Multimedia cartography*. Berlin: Springer.
- Cauquelin A. 2000. *L'invention du paysage*. Paris: PUF.
- CEAT. 2002. *Guide pour l'aménagement du territoire rural dans l'Arc jurassien*. Lausanne: CEAT.
- Cemagref. 1999a. *Bois et forêts des agriculteurs*. Clermont-Ferrand: Cemagref.
- Cemagref (ed.). 1999b. *Boisements naturels des espaces agricoles en déprise*. Antony: Cemagref.
- Centre interdisciplinaire d'étude et de recherches sur l'expression contemporaine (ed.). 1983. *Lire le paysage, lire les paysages*. St-Etienne: Centre interdisciplinaire d'étude et de recherches sur l'expression contemporaine.
- CERTU. 2003. *Le diagnostic territorial: outil de l'action publique. Diagnostics de territoires et systèmes d'acteurs*. Lyon: CERTU.
- Chatain, G. et Rocheblave, M. 1998. *Quelles bases de données opérationnelles pour la gestion de l'espace et des territoires ? Réflexions autour de l'expérience des parcs naturels régionaux*. Actes du séminaire: Paysage et systèmes d'informations, Clermont-Ferrand: ENGREF/ENITAC.
- Chen, L., Wang, J., Fu, B. et Qiu, Y. 2001. Land-use change in a small catchment of northern Loess Plateau, China. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 86(2): 163-172.
- Chenet-Faugeras, F. 1990. *Le paysage comme parti pris*. Actes du colloque «Enonciation et parti pris», Université d'Anvers.
- Chételat, J. 1997. *Signes et perspectives de la relation entre l'aménagement spatial et l'identité urbaine à Berlin: l'avenir dans le rétroviseur*. Travail de diplôme en géographie, Université de Fribourg.
- Chételat, J. 1998. *Développement d'un système d'information à référence spatiale pour les régions à vocation sylvo-pastorale: étude de cas de l'aire modèle du Parc Jurassien Vaudois*. Diplôme d'études postgrades en ingénierie et management de l'environnement. Lausanne: EPFL.

- Chételat, J. 2000a. Le paysage à l'agenda: nouvelles orientations. *La Forêt* 12: 21.
- Chételat, J. 2000b. L'image du paysage sylvo-pastoral: quelques clefs de compréhension de l'attrait des pâturages boisés. *La Forêt* 9: 19.
- Cheval, F., Guiraud, J., Jobé, J., Lagrange, P., Legrand, C. et Pressmann, K. 1984. *Le Jura vu par les peintres*. Lausanne: Edita S.A.
- Chevallier, J.-J. 1994. De l'information à l'action: vers des systèmes d'aide à la décision à référence spatiale (SADRS). In: Harts, J.J., Ottens, H.F.L. et Scholten, H.J. (eds): *EGIS '94, vol.2, Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*. Utrecht: EGIS Foundation, 9-21.
- Chevallier, J.-J. et Daudelin, S. 1996. La géomatique pour l'aide à la décision en gestion des ressources naturelles: exemple de la protection des paysages forestiers. *Revue internationale de géomatique* 6(1): 11-25.
- Chiffelle, F., Miéville-Ott, V. et Robert, C.P. 1998. *L'agriculteur, jardinier du paysage? Production de paysage et représentations de la nature chez les agriculteurs de l'Arc jurassien franco-suisse*. Neuchâtel: Institut de géographie, Université de Neuchâtel.
- Choay, F. 1979. *L'urbanisme: utopies et réalités. Une anthologie*. Paris: Seuil.
- Chrisman, N. 1997. *Exploring Geographic Information Systems*. New York: Wiley.
- Christakos, G., Bogaert, P. et Serre, M. 2002. *Temporal GIS - Advanced Functions for Field-Based Applications*. Berlin - Heidelberg - New York: Springer.
- Christaller, W. 1966. *Central places in Southern Germany*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Claramunt, C. et Thériault, M. 1995. Managing time in GIS: an event-oriented approach. In: Clifford, J. et Tuzhilin, A. (eds): *Recent advances on temporal databases*. Zurich: Springer-Verlag, 23-42.
- Clark, J.D., Itami, R.M., Gimblett, H.R. et Ball, G.L. 1990. *A framework for modeling and simulating spatial dynamics in geographic information systems using the integrated dynamic ecological analysis system*. American Association of Geographers Conference, Toronto, Ontario, Canada.
- Clark, K. 1988. *L'art du paysage*. Brionne: G. Monfort.
- Clay, G.R. et Gimblett, H.R. 1998. Integrating spatial data with photography for visualizing changes in forested environment. *URISA - Urban and Regional Information Systems Association Journal* 10(2): 14 p.
- Clément, G. 1993. Le jardin comme index planétaire. *Aménagement* 8.
- Clergue, L. et Dubost, F. 1995. *Mon paysage: le paysage des Français*. Paris: Marval.
- Coeterier, J.F. 1994. Cues for the Perception of the Size of Space in Landscapes. *Journal of Environmental Management* 42(4): 333-347.
- Coeterier, J. F. 1996. Dominant attributes in the perception and evaluation of the Dutch landscape. *Landscape and Urban Planning* 34(1): 27-44.
- Cohen, S. 1987. Points de vue sur les paysages. *Hérodote* 44: 38-44.
- Coll. 1986. *Lectures du paysage: des géographes, des agronomes, des éco-*

- logistes, des concepteurs, des enseignants proposent*. Paris: Faucher.
- Collet, C. 1992. *Systèmes d'information géographique en mode image*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Collins, L. 1975. *An introduction to Markov chain analysis*. Norwich: Geo Abstracts, Univ. of East Anglia.
- Collot, M. 1986. Points de vue sur la perception des paysages. *L'Espace géographique* 3.
- Colquhoun, M. 1997. An exploration into the use of Goethean science as a methodology for landscape assessment: the Pishwanton Project. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 63(2-3): 145-157.
- Colson, F., Almandoz, I. et Stenger, A. 1996. La participation des agriculteurs à l'amélioration du paysage: résultat d'une enquête auprès d'agriculteurs en Loire-Atlantique. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 28: 19-26.
- Combe, J. 1982. Agroforestry techniques in tropical countries: Potential and limitations. *Agroforestry systems* 1: 13-27.
- Commission Intercommunale d'Urbanisme. 1970. *Plan directeur de la région lausannoise. Analyse des sites et aspects pratiques de leur protection*. Lausanne: Commission Intercommunale d'Urbanisme.
- Conan, M. 1991. Généalogie du paysage. *Le Débat* 65.
- Conseil de l'Europe. 2000. *Convention européenne du paysage*. Florence: Conseil de l'Europe.
- Cook, C.W. 1966. Factors affecting utilization of mountain slopes by cattle. *Journal of Range Management* 19(4): 200-204.
- Coppolillo, P.B. 2001. Central-place analysis and modeling of landscape-scale resource use in an East African agropastoral system. *Landscape Ecology* 16(3): 205-219.
- Coquillard, P. et Hill, D.R.C. 1997. *Modélisation et simulation d'écosystèmes. Des modèles déterministes aux simulations à événements discrets*. Paris - Milan - Barcelone: Masson.
- Corajoud, M. 1982. Le paysage, c'est l'endroit où le ciel et la terre se touchent. In: Dagognet, F., Guéry, F. et Marcel, O. (eds): *Mort du paysage ? Philosophie et esthétique du paysage*. Seyssel: Champ Vallon.
- Corboz, A. 2001. *Le territoire comme palimpseste et autres essais*. Besançon: Les Editions de l'Imprimeur.
- Coughenour, M.B. 1991. Spatial components of plant-herbivore interactions in pastoral, ranching, and native ungulate ecosystems. *Journal of Range Management* 44(6): 530-542.
- Coulson, R.N., Lovelady, C.N., Flamm, R.O., Spradling, S.L. et Saunders, M.C. 1991. Intelligent geographic information systems for natural resource management. In: Turner, M.G. et Gardner, R.H. (eds): *Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity*. New York - Berlin: Springer-Verlag.
- Craik, K.H. et Zube, E.H. (eds). 1976. *Perceiving environmental quality. Research and applications*. New York - London: Plenum Press.
- Crettaz, B. 1997. *Ah Dieu ! Que la Suisse est jolie !* Lausanne: Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Département d'architecture.
- CSTB (Computer Science and Telecommunication Board). 2003. *IT Road-*

- map to a Geospatial Future*. Washington: National Academies Press.
- Cudlip, W., Lysons, C., Ley, R., Deane, G., Stroink, H. et Roli, F. 1999. A new information system in support of landscape assessment: PLAINS. *Computers, Environment and Urban Systems* 23(6): 459-467.
- Cueco, H. 1982. Approches du concept de paysage. *Milieux* 7/8.
- Curry, M.R. 1998. *Digital places: living with geographic information technologies*. London: Routledge.
- Curtis, J.T. 1970. The modification of mid-latitude grasslands and forests by man. In: Thomas, W.L. (ed.): *Man's role changing the face of the earth, volume 2*. Chicago: University of Chicago Press, 721-735.
- Cutler, M.R. 1980. Resource policy and esthetics: the legal landscape. In: Elsner, G.H. et Sardon, R.C. (eds): *Our national landscape*. Incline Vil: Springfield, 12-15.
- Dagognet, F., Guéry, F. et Marcel, O. (eds). 1982. *Mort du paysage ? Philosophie et esthétique du paysage*. Seyssel: Champ Vallon.
- Dangermond, J. 1992. What is a geographic information system (GIS) ? In: Johnson, A.I., Petterson, C.B. et Fulton, J.L. (eds): *Geographic information systems (GIS) and mapping: practices and standards*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 11-17.
- Daniel, T.C. et Schroeder, H. 1980. Scenic beauty estimation model: predicting perceived beauty of forest landscape. In: Elsner, G.H. et Sardon, R.C. (eds): *Our national landscape*. Incline Vil: Springfield, 514-523.
- Daniel, T.C. 2001. Wither scenic beauty ? Visual landscape quality assessment in the 21st century. *Landscape and Urban Planning* 54(1-4): 267-281.
- de Coulon, M. 1988. *Pourquoi un beau paysage est-il beau? Essai sur l'esthétique du paysage*. Berne: Office central fédéral des imprimés et du matériel.
- de Montard, F.-X. 1992. Paysages et gestion de l'espace: le cas de la moyenne montagne. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 18: 79-81.
- De Veer, A.A. et Burrough, P.A. 1978. Physiognomic landscape mapping in The Netherlands. *Landscape and Planning* 5(1): 45-62.
- Deadman, P. et Gimblett, R. 1995. *Merging technologies: linking artificial intelligence to geographic information systems for landscape research and education*. Ames: Council of Educators in Landscape Architecture, Iowa State University.
- Debray, R. 1992. *Vie et mort de l'image: une histoire du regard en Occident*. Paris: Gallimard.
- Denègre, J. (ed.). 1988. *Thematic mapping from satellite imagery. An international report - Cartographie thématique dérivée des images satellitaires. Rapport international*. London - New York: Elsevier.
- Dérizo, P. 1999. Comment quantifier le phénomène du boisement spontané: inventaire des inventaires à l'échelle nationale. *Ingénieries EAT*, Numéro spécial: Boisements naturels des espaces agricoles en déprise: 11-23.
- Dietl, W., Berger, P. et Ofner, M. 1981. *Cartographie du milieu naturel et des aptitudes fourragères des prairies permanentes*. Zürich - Reckenholz: FAP & AGFF.

- Donadieu, P. 1998. Le paysage peut-il être extensif? ou le double jeu des espaces de nature. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* (Les Dossiers de l'environnement) 16: 85-92.
- Dorioz, J.-M. 1998. Alpages, prairies et pâturages d'altitude: l'exemple du Beaufortain. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 35: 33-42.
- Douchet, I. 1999. Enjeux paysagers, écologiques et économiques liés au développement des boisements spontanés. L'exemple des pâturages boisés dans la parc naturel régional du Haut-Jura. *Ingénieries EAT*, Numéro spécial: Boisements naturels des espaces agricoles en déprise: 111-116.
- Droz, Y. et Miéville-Ott, V. 2001. *On achève bien les paysans*. Genève: Georg.
- Droz, Y. et Miéville-Ott, V. (eds.). A paraître. *Actes du séminaire «La polyphonie du paysage»*. 24 avril 2003, Neuchâtel.
- Dudley, N. 1997. *Criteria of forest quality and forest planning at a landscape level*. XI World Forestry Congress, Antalya, Turkey.
- Dykes, J., Moore, K. et Wood, J. 1999. Virtual environments for student fieldwork using networked components. *International Journal of Geographical Information Science* 13(4): 397-416.
- Eastman, J.R. 1993. *IDRISI: un SIG en mode image*. Lausanne-Fribourg: Centre Régional IDRISI Francophone.
- Eastman, J.R. 2001. *IDRISI Guide to GIS and Image Processing, vol. 1 et 2*. Worcester: Clark Labs, Clark University.
- Eckert, D. 1996. *Evaluation et prospective des territoires*. Montpellier: Reclus - La Documentation française.
- Eco, U. 1985. *La guerre du faux*. Paris: Grasset.
- Edwards, G. 2000. Cognitive plausibility and compatibility metrics for geospatial tools and models. *GIScience, First International Conference on Geographic Information Science*. Savannah, October 28-31, 2000.
- Egenhofer, M.J. et Golledge, R.G. 1994. *Time in Geographic Space. Report on the Specialist Meeting of Research Initiative 10*. Orono, Santa Barbara: NCGIA National Center for Geographic Information and Analysis.
- Egenhofer, M.J. et Golledge, R.G. (eds). 1998. *Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems*. Spatial Information Systems. Oxford: Oxford University Press.
- Elkie, P.C., Rempel, R.S. et Carr, A.P. 1999. *Patch Analyst User's Manual: a tool for quantifying landscape structure*. Ontario TM-002: Ont. Min. Natur. Resour. Northwest Sci & Technol. Thunder Bay.
- Elsner, G.H. et Smardon, R.C. (eds). 1980. *Our national landscape*. Conference on applied techniques for analysis and management of the visual resource, Incline Vil: Springfield.
- Ervin, S.M. 1997. Virtual landscapes (longer version). *Landscape Architecture Magazine*: 9 p.
- ETHZ. 2000. *Summary of the 2nd workshop on urban forests, parks and trees in Switzerland*. Zürich: ETHZ.
- Eurostat. 2000. *From land cover to landscape diversity in the European Union*. Luxembourg: European Commission / European Environmental Agency.

- Fallet, B. et Schuler, M. 1996. *Atlas jurassien: appui à la coopération trans-frontalière*. Saint-Martin-d'Hères: Cemagref.
- Feijt T.C.J., Boeije, G., Matthies, M., Young, A., Morris, G., Gandolfi, C., Hansen, B., Fox, K., Matthjis, E., Koch, V., Schroder, R., Cassani, G., Schowanek, D., Rosenblom, J. et Holt, M. 1998. Development of a Geography-referenced Regional Exposure Assessment Tool for European Rivers - GREAT-ER. *Journal of Hazardous Materials* 61: 59-65.
- Ferber, J. 1995. *Les systèmes multi-agents, vers une intelligence artificielle*. Paris: InterEditions.
- Ferrand, N. 1996. *Modelling and supporting multi-actor spatial planning using multi-agents systems*. Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, Santa Fe, New Mexico, USA.
- Fischer, M., Scholten, H.J. et Unwin, D. (eds). 1996. *Spatial analytical perspectives on GIS*. GISDATA. London: Taylor & Francis.
- Fischesser, B. 1993. *Prise en compte des valeurs paysagères dans l'aménagement du territoire*. Journée thématique de l'Antenne romande du FNP, Lausanne.
- Fisher, P.F. 1994. Probable and fuzzy models of the viewshed operation. In: Worboys, M.F. (ed.): *Innovations in GIS 1*. London: Taylor & Francis, 161-175.
- Fisher, P.F. 1999. Models of uncertainty in spatial data. In: Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. et Rhind, D.W. (eds): *Geographical information systems - vol. 1*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 191-205.
- Flowerdew, R. et Martin, D. (eds.). 1997. *Methods in human geography: a guide for students doing a research project*. Harlow: Longman.
- FNP (ed.). 1990. *Inventaire forestier national suisse: résultats du premier inventaire 1982-86*. Berichte n°305. Birmensdorf: Institut fédéral de recherches forestières.
- FNS. 2000. *Programme national de recherche "Paysages et habitats de l'arc alpin". Plan d'exécution*. Berne: FNS.
- FNS. 2003. *Paysages et habitats de l'arc alpin. Portrait du Programme national de recherche PNR 48*. Berne: FNS.
- Foote, K.E. et Lynch, M. 1995. *Geographic Information Systems as an Integrating Technology: Context, Concepts, and Definitions*. Page consultée le 14 août 2003. <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/intro/intro.html>
- Forestry Commission. 1994. *Forest Landscape Design*. Edinburgh: Forestry Commission.
- Forman, R.T.T. et Godron, M. 1986. *Landscape ecology*. New York: Wiley & Sons.
- Franklin, W.R. et Ray, C. 1994. Higher isn't necessarily better: visibility algorithms and experiments. In: Waugh, T.C. et Healey, R.G. (eds): *Advances in GIS Research*. Sixth International Symposium on Spatial Data Handling. 5-9 Sept 1994. Edinburgh: Taylor & Francis, 751-770.
- Frémont, A. 1974. Les profondeurs des paysages géographiques. *L'Espace géographique* 2.
- Frolova, M. 2000. Le paysage des géographes russes: L'évolution du regard

- géographique entre le XIXe et le XXe siècle. *Cybergeo, Revue européenne de Géographie* 143.
- Gagnon, P. 1993. *Concepts fondamentaux de la gestion du temps dans les SIG*. Québec: Département des Sciences Géomatiques, Université Laval.
- Gahegan, M. 1999. Four barriers to the development of effective exploratory visualisation tools for the geosciences. *International Journal of Geographical Information Science* 13(4): 289-309.
- Galland, B. 1999. *Espaces virtuels: la fin du territoire ?* 1er Forum art et science: le virtuel ou la conscience de l'artificiel, Institut Universitaire Kurt Bösch, Sion.
- Gallandat, J.-D., Gillet, F., Havlicek, E. et Perrenoud, A. 1996. *Patubois: Typologie et systématique phyto-écologique des pâturages boisés du Jura suisse*. Neuchâtel: Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, Institut de botanique, Université de Neuchâtel.
- Ganskopp, D., Cruz, R. et Johnson, D.E. 2000. Least-effort pathways ? A GIS analysis of livestock trails in rugged terrain. *Applied Animal Behaviour Science* 68: 179-190.
- Ganskopp, D. 2001. Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behaviour Science* 73(4): 251-262.
- Garin-Ferraz, G. 2002. *Villes et développement durable: réalisation d'une grille d'évaluation et d'actions d'accompagnement nécessaires à sa mise en oeuvre*. Toulouse: ARPE, 16-20.
- Gautier, D. 1995. Dynamique spatiale de mise en valeur d'une châtaigneraie par transition entre deux états d'occupation du sol. *Revue internationale de géomatique* 5(1): 53-71.
- Gautier, D. 1997. La prise en compte des dynamiques spatiales pour modéliser la mise en valeur des espaces ruraux. *Cybergeo, Revue européenne de Géographie* 25.
- Genre-Grandpierre, C. 2003. *Du diagnostic des tensions à la géoprospective*. Page consultée le 25 juillet 2003. http://www.umrespace.org/pages/Axe_3.html
- Gerardin, V. et Ducruc, J.-P. 1996. *Le paysage derrière le paysage*. Notions de paysage et modèles d'analyse. Journée de formation organisée par les états généraux du paysage québécois, Trois-Rivières.
- Germino, M.J., Reiners, W.A., Blasko, B.J., McLeod, D. et Bastian, C.T. 2001. Estimating visual properties of Rocky Mountain landscapes using GIS. *Landscape and Urban Planning* 53(1-4): 71-83.
- Gessler P.E., Moore I.D., McKenzie N.J. et Ryan P.J. 1996. Soil-landscape modelling in southeastern Australia. In: Goodchild, M.F., Steyaert, L.T., Parks, B.O., Johnston, C., Maidment, D., Crane, M. et Glendinning, S. (eds.): *GIS and environmental modeling: progress and research issues*. Fort Collins: GIS World Books. 53-58.
- Giblin, B. 1978. Le paysage, le terrain et les géographes. *Hérodote* 9: 74-89.
- Gibson, J.J. 1977. *The perception of the visual world*. Westport: Greenwood Press.
- Gibson, J.J. 1986. *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale N.J., London: L. Erlbaum.

- Gillen, R.L., Krueger, W.C. et Miller, R.F. 1984. Cattle distribution on mountain rangeland in northeastern Oregon. *Journal of Range Management* 37(6): 549-553.
- Gillet, F. 1992. *La phytosociologie synusiale intégrée: une méthode d'approche des niveaux d'intégration du paysage*. Journée thématique de l'Antenne romande du FNP, Lausanne.
- Gillet, F., Besson, O. et Gobat, J.-M. 2002. PATUMOD: a compartment model of vegetation dynamics in wooded pastures. *Ecological Modelling* 147(3): 267-290.
- Gimblett, R. 1989. Linking perception research, visual simulations and dynamic modeling within a GIS framework: the ball state experience. *Computers, Environment and Urban Systems* 13(2): 109-123.
- Gimblett, R.H. 1990. Visualizations: linking dynamic spatial models with computer graphic algorithms for simulating planning and management decisions. *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association*: 26-34.
- Gimblett, R.H. et Ball, G.L. 1990. *Dynamic spatial models and artificial worlds: a perspective on advances in GIS into the 21st century*. UGISA Indiana State GIS Conference, Indianapolis.
- Gimblett, R.H., Richards, M.T. et Itami, R.T. 1998. A complex systems approach to simulating human behavior using synthetic landscapes. *Complexity International* 6.
- Gimblett, R., Daniel, T., Cherry, S. et Meitner, M.J. 2001. The simulation and visualization of complex human-environment interactions. *Landscape and Urban Planning* 54(1-4): 63-79.
- Girardin, P. et Weinstoerffer, J. 1999. *Indicateur paysage*. Laboratoire d'agronomie, INRA, Colmar.
- Golay, F. 1992. *Modélisation des systèmes d'information à référence spatiale et de leurs domaines d'utilisation spécialisés: aspects méthodologiques, organisationnels et technologiques*. Thèse EPFL. Lausanne: EPFL.
- Golay, F., Gnerre, D. et Riedo, M. 2000. *Towards flexible GIS user interfaces for creative engineering*. International Workshop on Emerging Technologies for Geo-Based Applications, Ascona.
- Golay, F. et Riedo, M. 2001. NTIC et systèmes d'information territoriale. In: Vodoz, L. (ed.): *NTIC et territoires*. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 11-30.
- Golledge R.G. 2003. Reflections on Recent Cognitive Behavioural Research with an Emphasis on Research in the United States of America. *Australian Geographical Studies* 41(2): 117-130.
- Gombrich, E.H. J. 1966. *Norm and form*. Londres: Phaidon Press.
- Gonzales, M.L. 1999. Spatial Image: Conquering Geography. *DB2 Magazine*, Spring 1999.
- Goodchild, M.F., Parks, B.O. et Steyaert, L.T. (eds). 1993. *Environmental modeling with GIS*. New York - Oxford: Oxford University Press.
- Goodchild, M.F., Steyaert, L.T., Parks, B.O., Johnston, C., Maidment, D., Crane, M. et Glendinning, S. (eds). 1996. *GIS and environmental modeling: progress and research issues*. Fort Collins: GIS World Books.
- Gorgeu, Y. et Jenkins, C. 1995. *La Charte paysagère: outil d'aménagement*

- de l'espace intercommunal*. Paris: La Documentation Française.
- Grabaum, R. et Meyer, B.C. 1998. Multicriteria optimization of landscapes using GIS-based functional assessments. *Landscape and Urban Planning* 43(1-3): 21-34.
- Gremminger, T., Keller, V., Roth, U., Schmitt, H.-M., Stremlow, M. et Zeh, W. 2001. *Esthétique du paysage. Guide pour la planification et la conception de projets*. Berne: OFEFP.
- Grosjean, G. 1986. *Ästhetische Bewertung ländlicher Räume am Beispiel von Grindelwald*. Berne: Geographisches Institut der Universität Bern.
- Guillaumin, A., Dockès, A.-C. et Perrot, C. 1999. Des éleveurs partenaires de l'aménagement du territoire: des fonctions multiples pour une demande sociale à construire. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 38: 5-22.
- Gustafson, E.J. 1998. Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? *Ecosystems* 1: 143-156.
- Guyon, J.P., Le Louët N., Diepstraten M. et Orazio, C. 2004. *Les représentations sociétales de la forêt d'Aquitaine*. ENITAB-IEFC.
- Hadrian, D.R., Bishop, I.D. et Mitcheltree, R. 1988. Automated mapping of visual impacts in utility corridors. *Landscape and Urban Planning* 16(3): 261-282.
- Haines-Young, R., Green, D.R. et Cousins, S. 1993. *Landscape ecology and geographic information systems*. London: Taylor & Francis.
- Haines-Young, R., Barr, C.J., Firbank, L.G., Furse, M., Howard, D.C., McGowan, G., Petit, S., Smart, S.M. et Watkins, J.W. 2003. Changing landscapes, habitats and vegetation diversity across Great Britain. *Journal of Environmental Management* 67(3): 267-281.
- Hamilton, W.G. 1980. *Utilizing humanistic field methods in objectifying sense of place: a scenic landscape analysis in the North Okanagan Valley, British Columbia*. Ann Harbor: University Microfilms International.
- Hammer, M. 1987. Actualité du paysage capturé par la peinture. *Hérodote* 44: 126-136.
- Hanna, K.C. et Culpepper, R.B. 1998. *GIS in site design: new tools for design professionals*. New York: Wiley and Sons.
- Harrison, R. 1992. *Forêts. Essai sur l'imaginaire occidental*. Paris: Flammarion.
- Hart, R.H., Bissio, J., Samuel, M.J. et Waggoner, J.W. 1993. Grazing systems, pasture size, and cattle grazing behavior, distribution and gains. *Journal of Range Management* 46(1): 81-87.
- Hart, R.H., Samuel, M.J., Test, P.S. et Smith, M.A. 1988. Cattle, vegetation, and economic responses to grazing systems and grazing pressure. *Journal of Range Management* 41(4): 282-286.
- Harts, J.J., Ottens, H.F.L. et Scholten, H.J. (eds). 1994. *EGIS '94, vol.2, Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*. Utrecht: EGIS Foundation.
- Heady, H.F. 1949. Methods of determining utilization of range forage. *Journal of Range Management* 2(2): 53-63.
- Heit, M., Parker, H.D. et Shortreid, A. (eds). 1996. *GIS applications in natural resources 2*. Fort Collins: GIS World Books.

- Herrmann, S. et Osinski, E. 1999. Planning sustainable land use in rural areas at different spatial levels using GIS and modelling tools. *Landscape and Urban Planning* 46(1-3): 93-101.
- Hertig, J.-A. 1999. *Etudes d'impact sur l'environnement*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Hervieu, B. et Viard, J. 1996. *Au bonheur des campagnes (et des provinces)*. Marseille: L'Aube.
- Herzog, F. et Egli, A.E. 1998. L'agroforesterie pour un développement rural durable en zone tempérée. *Journal Forestier Suisse* 149(9): 735-739.
- Hewitt, C. 1991. Open Information Systems Semantics for Distributed Artificial Intelligence. *Artificial Intelligence* 47(1-3): 79-106.
- Hirsch, E. et O'Hanlon, M. (eds). 1995. *The anthropology of landscape: perspectives on place and space*. Oxford studies in social and cultural anthropology. Oxford: Clarendon Press.
- Hitier, P. 1998. *Le projet de convention européenne du paysage*. Strasbourg: Conseil de l'Europe.
- Hughes, J.R. 1999. 3-D modeling gains ground in GIS. *GeoWorld* 12(3): 8.
- Hull, R.B. et Stewart, W.P. 1995. The landscape encountered and experienced while hiking. *Environment & Behavior* 27(3):404-426.
- Hunziker, M. 1993. Les transformations du paysage: un risque pour le tourisme. *Heimatschutz/Sauvegarde* 1: 22-25.
- Hunziker, M. 1993. *Recolonisation spontanée de terres agricoles abandonnées: perception et appréciation esthétique*. Journée thématique de l'Antenne romande du FNP, Lausanne.
- Hunziker, M. 1995. The spontaneous reforestation in abandoned agricultural lands: perception and aesthetic assessment by locals and tourists. *Landscape and Urban Planning* 31(1-3): 399-410.
- Hunziker, M., Buchecker, M., Schenk, A. et Kienast, F. 1998. Sozialwissenschaftliche Zugänge zu einer modernen Landschaftsgestaltung - Approche sociologique du modelage des paysages. *Schweizer Wald/Forêt Suisse* 4: 19-24.
- Hunziker, M. et Kienast, F. 1999. Potential impacts of changing agricultural activities on scenic beauty – a prototypical technique for automated rapid assessment. *Landscape Ecology* 14(2): 161-176.
- Hunziker, M. 2000. *Einstellungen der Bevölkerung zu möglichen Landschaftsentwicklungen in den Alpen*. Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt WSL.
- Jacquat, M.S., Monbaron, M., Gobat, J.-M. et Tensorer, J.-M.L. 1997. *Paysage calcaire de l'arc jurassien: du minéral au vivant*. Symposium principal de la 177e assemblée de l'ASSN, La Chaux-de-Fonds.
- Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, D.K. et Saxena, R. 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 4: 1-10.
- Jankowski, P. et Nyerges, T. 2001. *Geographic information systems for group decision making: towards a participatory, geographic information science*. New York: Taylor & Francis.
- Jiang, B. 1999. SimPed: simulating pedestrian flows in a virtual urban environment. *Journal of Geographic Information and Decision analysis* 3(1): 21-20.

- Joerin, F. 1998. *Décider sur le territoire: proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritère*. Lausanne: EPFL.
- Johnston, C.A. 1993. Introduction to quantitative methods and modeling in community, population and landscape ecology. In: Goodchild, M.F., Parks, B.O. et Steyaert, L.T. (eds): *Environmental modeling with GIS*. New York - Oxford: Oxford University Press, 276-283.
- Joliveau, T. 1994. La gestion paysagère de l'espace rural: questions, concepts, méthodes et outils. *Revue de Géographie de Lyon* 69(4): 325-334.
- Joliveau, T., Bessenay, C., Dupuis, B. et Santacatterrina, N. 1994. Déprise agricole et gestion des paysages, l'apport des SIG. In: Harts, J.J., Ottens, H.F.L. et Scholten, H.J. (eds). 1994. *EGIS '94, vol.2, Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*. Utrecht: EGIS Foundation, 1447-1456.
- Joliveau, T. 1996. Gérer l'environnement avec des SIG. Mais qu'est-ce qu'un SIG? *Revue de Géographie de Lyon* 71(2): 101-110.
- Joliveau, T. et Etlicher, B. 1998. Les SIG pour une gestion environnementale des territoires. Eléments de méthode à partir de deux expériences. *Revue internationale de géomatique* 8(3): 91-104.
- Joliveau, T. et Michelin, Y. 1998. *Approche méthodologique de la gestion paysagère concertée d'un espace avec un système d'information géographique: l'exemple de la commune de Viscomtat (63)*. Actes du Colloque «Gestion des territoires ruraux: connaissances et méthodes pour la gestion publique», Clermont-Ferrand: Cachan, Cemagref.
- Joliveau, T. 2003. *Analyse des paysages dans un contexte d'aménagement. L'intérêt des outils géomatiques*. Géoévénement, Paris.
- Joly, D. et Brossard, T. 1998. *Enjeux paysagers et SIG, présentation d'un itinéraire méthodologique et technique*. Actes du séminaire: Paysage et systèmes d'informations, Clermont-Ferrand: ENGREF/ENITAC.
- Journaux, A., Pelissier, P., Raison, J.-P. et Verger, F. 1976. Les tâches de la science géographique dans les conditions actuelles de la révolution scientifique et technique. *Geoforum* 7(5-6): 335-342.
- Kaplan R. 1975. Some methods and strategies in the prediction of preference. In: Zube, E.H., Brush, R.O. et Fabos, J.G. (eds): *Landscape assessments: values, perceptions and resources*. Stroudsburg, Pennsylvania, Dowden, Hutschinson & Ross, pp. 118-129.
- Kaplan, R. et Kaplan S. 1989. *The experience of nature. A psychological perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kazemi, Y. 1994. *Etude exploratoire et qualitative sur l'attitude des gens envers la forêt et la gestion forestière à l'exemple de La Chaux-de-Fonds*. Zurich: ETHZ.
- Kennedy, J.J., Thomas, J.W. et Glueck, P. 2001. Evolving forestry and rural development beliefs at midpoint and close of the 20th century. *Forest Policy and Economics* 3(1-2): 81-95.
- Kienast, F. 1993. Analysis of historic landscape patterns with a Geographical Information System - a methodological outline. *Landscape Ecology* 8(2): 103-118.
- Kienast, F. et Hunziker, M. 1997. Vom Photoexperiment zur Karte der

- Schönheit von Landschaften. *Informationsblatt des Forschungsbereiches Landschaft, WSL* 34: 1-3.
- Korte, G.B. 1997. *The GIS Book: understanding the value and implementation of geographic information systems*. Santa Fe: OnWordPress.
- Krause, C.L. 2001. Our visual landscape. Managing the landscape under special consideration of visual aspects. *Landscape and Urban Planning* 54(1-4): 239-254.
- Kroh, D.P. et Gimblett, R.H. 1992. *An Investigation of On-Site Experience as a Method for Articulating Dynamic, Multi-Modal Variables Effecting Landscape Preference*. Ball State University.
- Krönert, R., Steinhardt, U. et Volk, M. 2001. *Landscape balance and assessment*. Berlin - New York: Springer-Verlag.
- Lacoste, Y. 1977. A quoi sert le paysage ? Qu'est-ce qu'un beau paysage ? *Hérodote* 7: 3-41.
- Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O.T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T.A., Vogel, C. et Xu, J. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond myths. *Global Environmental Change* 11(4): 261-269.
- Lange, E. 1994. Integration of computerized visual simulation and visual assessment in environmental planning. *Landscape and Urban Planning* 30(1-2): 99-112.
- Langran, G. 1992. *Time in Geographic Information Systems*. London: Taylor & Francis.
- Larcher, J.-L. et Gelgon, T. 2000. *Aménagement des espaces verts et du paysage rural*. Paris: Tec & Doc.
- LaSIG. 2003. *Etude préalable pour la détermination du taux de boisement à l'aide des modèles numériques d'altitude de la mensuration officielle (MNT-MO et MNS-MO)*. Lausanne: EPFL.
- Laurini, R. et Thompson, D. 1992. *Fundamentals of spatial information systems*. London: Academic Press.
- Lebart, L., Morineau, A. et Piron, M. 1997. *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Paris: Dunod.
- Lecoœur, C. 1987. Le paysage comme cadre physique. *Hérodote* 44: 45-50.
- Lee, J.T., Elton, M.J. et Thompson, S. 1999. The role of GIS in landscape assessment: using land-use-based criteria for an area of the Chiltern Hills Area of Outstanding Natural Beauty. *Land Use Policy* 16(1): 23-32.
- Lenclud, G. 1995. L'ethnologie et le paysage. Questions sans réponses. In: Voisenat, C. (ed.): *Paysage au pluriel: Pour une approche ethnologique des paysages*. Paris: Editions de la Maison des sciences de l'homme, 3-17.
- Létourneau, F., Bédard, Y., Proulx, M.J. 1997. Data warehouse-based system for the optimized selection of spatial data (SOS-DS: système optimal de sélection des données spatiales couplé à un data warehouse), *D-Lib Magazine, The magazine of Digital Library Research*, mars 1997.
- Leverington, D.W., Teller, J.T. et Mann, J.D. 2002. A GIS method for reconstruction of Late Quaternary landscapes from isobase data and mod-

- ern topography. *Computers and Geosciences* 28: 631-639.
- Ley, E. 2001. *Rapport d'enquête: «la perception du paysage du Jura»*. Travail de stage, non publié. Lausanne: WSL-AR.
- Lim, K. et Deadman, P. 2000. *An agent-based simulation of Amazonian land use change*. GIS 2000, Metro Toronto Convention Centre, Toronto, Ontario.
- Limp, W.F. 2000. Put the "Fizz" into "Data Viz". *GeoWorld* 13(9): 40-45.
- Lizet, B. et de Ravignan F. 1987. *Comprendre un paysage. Guide pratique de recherche*. Paris: INRA.
- Lohisse, J. 1998. *Les Systèmes de communication. Approche socio-anthropologique*. Paris: Armand Colin.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. et Rhind, D.W. (eds). 1999. *Geographical information systems - vol. 1 & 2*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. et Rhind, D.W. (eds). 2001. *Geographic information systems and science*. Chichester: Taylor & Francis.
- Lowenthal, D. (ed.). 1967. *Environmental perception and behavior*. Chicago: Department of Geography, University of Chicago.
- Luginbühl, Y. 1991. Le paysage rural. La couleur de l'agricole, la saveur de l'agricole, mais que reste-t-il de l'agricole ? *Etudes rurales*, 121-124.
- Luginbühl, Y. 1999. Perception paysagère des espaces en déprise et des boisements spontanés des terres agricoles. *Ingénieries EAT* Numéro spécial: Boisements naturels des espaces agricoles en déprise: 11-23.
- Luginbühl, Y. 2002. Identification, qualification du paysage et objectifs de qualité paysagère. *Naturopa* 98: 17.
- Lynch, J.A. et Gimblett, R.H. 1992. Perceptual values in the cultural landscape: a spatial model for assessing and mapping perceived mystery in rural environments. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems* 16: 453-471.
- Lynch, K. 1960. *The image of the city*. Cambridge: M.I.T. Press
- Lynch, K. 1982. *Voir et planifier. L'aménagement qualitatif de l'espace*. Paris: Bordas.
- Lyons, E. 1983. Demographic correlates of landscape preference. *Environment and Behavior* 15(4) : 487-511.
- Lyons, R.K. et Machen, R.V. 2001. *Stocking rate: the key grazing management decision*. Bryan: Texas Cooperative Extension.
- Lyons, R.K. et Machen, R.V. 2002. *Livestock grazing distribution: considerations and management*. Bryan: Texas Cooperative Extension.
- MacEachren, A.M. 1995. *How maps work*. New York - London: The Guilford Press.
- MacEachren, A.M. 1998. Visualization cartography for the 21st century. In: *Proceedings of the 7th Annual Conference of Polish Spatial Information Association*, Warszawa, Poland: Polish Spatial Information Association, 19-21.
- Magill, A.M., Rowntree, R.A. et Brush, R.O. 1980. Visual impacts in the urban-wildland interface. In: Elsner, G.H. et Smardon, R.C. (eds): *Our national landscape*. Incline Vil: Springfield, 25-30.
- Maguire, D.J., Goodchild, M.F. et Rhind, D.W. 1991. *Geographical informa-*

- tion systems, volume 1: principles and volume 2: applications.* Harlow: Longman Scientific and Technical.
- Mahdjoubi, L. et Wiltshire, J. 2001. Towards a framework for evaluation of computer visual simulations in environmental design. *Design studies* 22(2): 193-209.
- Manson, S.M. 2000. *Agent-based dynamic spatial simulation of land-use/cover change: Methodological aspects.* University Consortium for Geographic Information Science Annual Meeting, Portland, Oregon.
- Marcel, O. (ed.). 1989. *Composer le paysage: Constructions et crises de l'espace (1782-1992).* Seyssel: Champ Vallon.
- Mark, D.M., Freksa, C., Hirtle, S.C., Lloyd, R. et Tversky, B. 1999. Cognitive Models of Geographical Space. *International Journal of Geographical Information Science* 13(8):747-774.
- Martin, P.-L. 1996. *Les logiques de production du paysage: analyse historique d'un paysage riverain du Bas-St-Laurent.* Notions de paysage et modèles d'analyse. Journée de formation organisée par les états généraux du paysage québécois, Trois-Rivières.
- McCloskey, M. 1980. Litigation and landscape esthetics. In: Elsner, G.H. et Smardon, R.C. (eds): *Our national landscape.* Incline Vil: Springfield, 674-675.
- McGarrigal, K. et Marks, B.J. 1995. *FRAGSTATS. Spatial pattern analysis programme for quantifying landscape structure.* USDA Forest Service. Portland: Pacific Northwest Station.
- McHarg, L. 1969. *Design with nature.* New York: Natural History Press.
- McNoleg, O. 1996. The integration of GIS, remote sensing, expert systems and adaptive co-kriging for environmental habitat modeling of the highland haggis using object-oriented, fuzzy-logic and neural-network techniques. *Computers & Geosciences* 22(5): 585-588.
- McNoleg, O. 1998. Professor Oleg McNoleg's guide to the successful use of Geographical Information Systems (Ten ways to say nothing with GIS). *International journal of geographical information science* 12(5): 429-430.
- McNoleg, O. 2003. An account of the origins of conceptual models of geographic space. *Computers, Environment and Urban Systems* 27(1): 1-3.
- Mechoud, S., Hill, D.R.C., Campos, A., Orth, D., Carrere, P., Micol, D., Poix, C., Michelin, Y., Coquillard, P. et Dumont, B. 1998. *Simulation Multi-Agents de l'entretien du paysage par des herbivores en moyenne montagne.* Colloque SMAGET, Clermont-Ferrand.
- Meinig, D.W. (ed.). 1979. *The interpretation of ordinary landscapes. Geographical essays.* New York, Oxford: Oxford University Press.
- Mermet, L. 1992. *Stratégies pour la gestion de l'environnement: la nature comme jeu de société ?* Paris: L'Harmattan.
- Meyer, K. 1994. *How to shit in the woods. An environmentally sound approach to a lost art.* Berkeley: Ten Speed Pr.
- Meyer, W. 2002. Allier les intérêts économiques aux soucis de préservation. *Regio Plus Interreg Bulletin* 4: 4-6.
- Meyer, W.B. et Turner II, B.L. 1994. *Changes in land use and land cover: a global perspective.* Cambridge - New York (etc.): Cambridge University Press.

- Michelin, Y. 2000. Le bloc-diagramme: une clé de compréhension des représentations du paysage chez les agriculteurs. *Cybergeo, Revue européenne de géographie* 118.
- Miéville-Ott, V. 2000. Les éleveurs du Jura face à l'écologisation de leur métier. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 40: 75-84.
- Miller, D.R. 1995. Categorization of terrain views. In: Fisher, P. (ed.): *Innovations in GIS 2*. London: Taylor & Francis, 215-221.
- Miller, D. 2001. A method for estimating changes in the visibility of land cover. *Landscape and Urban Planning* 54(1-4): 91-104.
- Miller, H.J. et Han, J. (eds.). 2001. *Geographic Data Mining and Knowledge Discovery*. London: Taylor & Francis.
- Millot, M. 2001. Le schéma de desserte: une approche multifonctionnelle de l'aménagement de l'espace montagnard. *Journal Forestier Suisse* 152(4): 129-134.
- Miserez, J.-L. 1999. *Régionalisation et généralisation cartographique des données de la statistique de superficie*. Travail de diplôme. Lausanne: EPFL.
- Miserez, J.-L., Caloz, R., Riedo, M. et Golay, F. 1999. Utilisation cartographique des données de la statistique suisse de superficie. *Mensuration, Photogrammétrie, Génie Rural* 11: 7 p.
- Mondada, L., Panese, F. et Söderström, O. (eds). 1992. *Paysage et crise de la lisibilité: de la beauté à l'ordre du monde*. Lausanne: Université de Lausanne, Institut de géographie.
- Monmonier, M. 1991. *How to lie with maps*. Chicago: University of Chicago Press.
- Monmonier, M. 1993. *Mapping it out. Expository cartography for the humanities and social sciences*. Chicago: University of Chicago Press.
- Morin, E. 1977. *La Méthode 1. La nature de la nature*. Paris: Seuil.
- MosArt Associates. 2000. *Landscape assessment for windfarm planning and design: character and sensibility*. Wicklow: MosArt Associates.
- Mottet, J. (ed.). 2002. *L'arbre dans le paysage*. Seyssel: Champ Vallon.
- Mueggler, W.J. 1965. Cattle distribution on steep slopes. *Journal of Range Management* 18(5): 255-257.
- Mullon, C. et Boursier, P. 1992. Eléments pour une analyse critique des systèmes d'information géographique. *Revue des sciences de l'information géographique et de l'analyse spatiale* 2(2): 151-172.
- Nakamura, Y., Frieling, D. et Hunt, J.D. 1993. *Trois regards sur le paysage français*. Seyssel: Champ Vallon.
- Nasar, J.L. 1988. *Environmental aesthetics: theory, research, and applications*. New York: Cambridge University Press.
- Nassauer, J. 1980. Managing for naturalness in wildland and agricultural landscapes. In: Elsner, G.H. et Smardon, R.C. (eds): *Our national landscape*. Incline Vil: Springfield, 447-453.
- Navas, A. et Machín, J. 1997. Assessing erosion risks in the gypsiferous steppe of Litigio (NE Spain). An approach using GIS. *Journal of Arid Environments* 37(3): 433-441.
- Neuray, G. 1982. *Des paysages: Pour qui ? Pourquoi ? Comment ?* Gembloux: Les Presses Agronomiques du Gembloux.
- Nohl, W. 2001. Sustainable landscape use and aesthetic perception - preliminary reflections on future landscape aesthetics. *Landscape and*

- Urban Planning* 54(1-4): 223-237.
- Normandin, D. 1998. Opinions et attitudes des Lorrains par rapport à l'environnement et à la forêt. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 34: 92-94.
- O'Leary T. et McCormack, A.G. 1998. Development of Trans European public concerning forest landscape issues: a reflection of current research needs. In: *Public perception and attitudes of forest owners towards forest in Europe*. Commentaires et synthèses du groupe de travail COST E3 - WG1. Antony: Cemagref, 207-232.
- Obermeyer, N.J. et Pinto, J.K. 1994. *Managing Geographic Information Systems*. New-York: The Guilford Press.
- OCDE. 1998. *Examen des performances environnementales: Suisse*. Paris: OCDE.
- OCDE. 2001. *Indicateurs environnementaux pour l'agriculture. Méthodes et résultats*. Paris: OCDE.
- ODT. 2000. *Planification directrice cantonale durable*. Berne: ODT.
- ODT et OFEFP. 2001. *Le paysage sous pression. Suite 2*. Berne: EDMZ.
- OFAG. 2001. *Politique agricole 2007 ou comment la politique agricole poursuit son évolution*. Berne: OFAG.
- OFAG. 2002. *Délimitation des zones agricoles en fonction des difficultés de production en Suisse*. Berne: OFAG.
- OFAT (ed.). 1996. *Rapport sur les Grandes lignes de l'organisation du territoire suisse*. Berne: OFAT.
- OFAT et OFEFP. 1991. *Le paysage sous pression*. Berne: OCFIM.
- OFAT et OFEFP. 1994. *Le paysage sous pression. Suite*. Berne: OCFIM.
- OFAT et OFF (eds). 1984. *Paysages et éléments naturels indispensables à la vie. Suggestions pour l'aménagement du territoire dans les communes*. Berne: OFAT-OFF.
- OFEFP. 1991. *Protection de la nature et du paysage et protection du patrimoine (N/P+P) lors de l'élaboration de rapports d'impact. Recommandations pour l'auteur du domaine N/P+P*. Berne: OFEFP.
- OFEFP. 1998a. *Conception "Paysage suisse"*. Berne: OFAT.
- OFEFP. 1998b. *Le paysage entre hier et demain. Principes de base de la conception "Paysage suisse"*. Berne: OFAT.
- OFEFP. 2000. *Freizeit im Wald. Schlussbericht*. Berne: OFEFP.
- OFEFP. 2001. *Gélinotte des bois et gestion de la forêt*. Berne: OFEFP.
- OFEFP. 2001. *Grand Tétras et Gélinotte des bois: protection dans la planification forestière régionale. Guide pratique*. Berne: OFEFP.
- OFEFP. 2001. *Grand Tétras et gestion de la forêt*. Berne: OFEFP.
- OFEFP. 2002. *Conception "Paysage suisse". Mise en pratique. Exemples*. Berne: OFEFP.
- OFS. 1998. *L'utilisation du sol en Suisse et en Europe. Intégration de la statistique de la superficie dans le système européen CORINE Land Cover*. Neuchâtel: OFS.
- OFS. 1999a. *GEOSTAT. Le service fédéral des données spatiales*. Neuchâtel: OFS.
- OFS. 1999b. *GEOSTAT. Manuel de l'utilisateur*. Neuchâtel: OFS.
- OFS. 2002. *Environnement suisse 2002 - Statistiques et analyses*. Neuchâtel: OFS.
- O'Neill, R.V., Krummel, J.R., Gardner, R.H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAn-

- gelis, D.L., Milne, B.T., Turner, M.G., Zygmunt, B., Christensen, S.W., Dale, V.H. et Graham, R.L. 1988. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology* 1(3):153-162.
- O'Neill, J. et Walsh, M. 2000. Landscape conflicts: preferences, identities and rights. *Landscape Ecology* 15(3): 281-289.
- Olivier de Sardan, J.-P. 1999. L'enquête de terrain socio-anthropologique. In: *Corpus, sources et archives*. Actes des journées d'études de l'IRMC, Tunis, 29-30 janvier 1999, 63-81.
- Openshaw, S. 1991. Developing appropriate spatial analysis methods for GIS. In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F. et Rhind, D.W. (eds): *Geographical information systems, volume 1: principles*. Harlow: Longman Scientific and Technical, 389-402.
- Orland, B., Budthimedhee, K. et Uusitalo, J. 2001. Considering virtual worlds as representations of landscape realities and as tools for landscape planning. *Landscape and Urban Planning* 54(1-4): 139-148.
- O'Sullivan, D. et Turner, A. 2001. Visibility graphs and landscape visibility analysis. *International Journal of Geographical Information Science* 15(3): 221-237.
- Owens, M.K., Launchbaugh, K.L. et Holloway, J.W. 1991. Pasture characteristics affecting spatial distribution of utilization by cattle in mixed brush communities. *Journal of Range Management* 44(2): 118-123.
- Palang, H., Alumäe, H. et Mander, Ü. 2000. Holistic aspects in landscape development: a scenario approach. *Landscape and Urban Planning* 50(1-3): 85-94.
- Palmer, J.F. 1997. Stability of landscape perceptions in the face of landscape change. *Landscape and Urban Planning* 37(1-2): 109-113.
- Palmer, J.F. et Lankhorst, J.R.-K. 1998. Evaluating visible spatial diversity in the landscape. *Landscape and Urban Planning* 43(1-3): 65-78.
- Palmer, J.F. 2001. *Landscape perception*. NCGIA Workshop in Landscape Change, Santa Barbara.
- Panofsky, E. 1991. *La perspective comme forme symbolique et autres essais*. Paris: Editions de Minuit.
- Park, S.J., McSweeney, K. et Lowery, B. 2001. Prediction of soils using a process based terrain characterisation. *Geoderma* 103: 249-272.
- Pavé, A., Courtet, C. et Volatier, J.-L. 1998. Environnement: comment la communauté scientifique voit les problèmes. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 34: 109-114.
- Pearce, D.W. et Turner, R.K. 1990. *Economics of natural resources and the environment*. New York - London: Harvester Wheatsheaf.
- Pérec, G. 1991. Experimental demonstration of the tomatotopic organization in the Soprano. In: *Cantatrix Soprana L*. Paris: La Librairie du XXe siècle, Le Seuil.
- Peter, K. et Schaffner, M. 2000. *Diskussionsgrundlage Waldweiden. ARGE TWW - "Trockenwiesen und -Weiden der Schweiz"*. Bern: Puls.
- Pitte, J.-R. 1989. Paysages (Environnement), Paysages et géographie. In: *Encyclopedia Universalis*, 665-667.
- Pitte, J.-R. 1994. *Histoire du paysage français: Le profane du XVIIe siècle à nos jours*. Paris: Coll. Pluriel, Tallandier.
- Pleshikov, F.I., Ryzkova, V.A., Kaplunov, V.Y. et Usoltseva, J.V. 1998. A com-

- puter system for evaluating and predicting hurricane impact on forest. *Safety Science* 30: 3-8.
- Poix, C. et Michelin, Y. 2000. Simulation paysagère: un modèle multi-agents pour prendre en compte les relations sociales. *Cybergeog, Revue européenne de géographie* 116.
- Pornon, H. 1993. Utilisation et place des SIG dans les systèmes d'information des organisations. *Revue de géomatique* 3(1-2): 65-70.
- Porteous, J.D. 1990. *Landscapes of the mind. Worlds of sense and metaphor*. Toronto - Buffalo - London: University of Toronto Press.
- Porteous, J.D. 1996. *Environmental aesthetics*. London: Routledge
- Preece, R.A. 1991. *Designs on the landscape: everyday landscapes, values and practice*. London: Belhaven Press.
- Price, C. 1978. *Landscape economics*. London - Basingstoke: MacMillan Press.
- Pullar, D.V. et Tidey, M.E. 2001. Coupling 3D visualisation to qualitative assessment of built environment designs. *Landscape and Urban Planning* 55(1): 29-40.
- Purcell A.T., Lamb R.J., Peron E.M. et Falchero S. 1994. Preference of preferences for landscape ? *Journal of Environmental Psychology* 14(3): 195-209.
- Purcell, A.T. et Lamb, R.J. 1998. Preference and naturalness: an ecological approach. *Landscape and Urban Planning* 42(1): 57-66.
- Raba, A., Hunziker, M. et Bleistein, U. 1995. *Quel paysage désirons-nous ? Ramosch - un paysage rural en mutation*. Birmensdorf: Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage.
- Raffestin, C. 1978. Du paysage à l'espace ou les signes de la géographie. *Hérodote* 9: 90-104.
- Raper, J.F. et Kelk, B. 1991. Three-dimensional GIS. In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F. et Rhind, D.W. (eds): *Geographical information systems, volume 1: principles*. Harlow: Longman Scientific and Technical, 299-317.
- Rasmussen, W.O. 1993. Visual Space Index. *Journal of Environmental Management* 38(2): 145-155.
- Reichler, C. 2002. *La découverte des Alpes et la question du paysage*. Genève: Georg.
- Relph, E. 1976. *Place and placelessness*. London: Pion.
- Ribard, F. 1998. *Dualité du régime juridique des paysages*. Paris: Université Paris II.
- Rieben, E. 1957. *La forêt et l'économie pastorale dans le Jura*. Vallorbe: Forêts et Pâturages.
- Riedo, M. 1999. *Logiciels de SIG pour la gestion, le traitement et la visualisation de données géographiques tridimensionnelles*. Journées d'étude SIRS-EPFZ, Zurich.
- Riedo, M., Chételat, J. et F. Golay. 2002a. Les technologies SIG dans l'aménagement: vers la 3D. *urb.AO* 10: 31-33.
- Riedo, M., Gachet, G., Gnerre, D., Caloz, R. et Golay, F. 2002b. Perspectives pour l'exploitation des modèles numériques d'altitude à très haute résolution. *Mensuration, Photogrammétrie, Génie Rural* 6: 398-405.
- Rimbert, S. 1973. *Les paysages urbains*. Paris: Armand Colin.
- Ritter, J. 1997. *Paysage: fonction de l'esthétique dans la société moderne*.

- Besançon: Ed. de l'Imprimeur.
- Rivest, S., Bédard, Y. et Marchand P. 2001. Towards better support for spatial decision-making: defining the characteristics of Spatial On-Line Analytical Processing (SOLAP). *Geomatica, the journal of the Canadian Institute of Geomatics* 55(4): 539-555.
- Roath, L.R. et Krueger, W.C. 1982. Cattle grazing and behavior on a forested range. *Journal of Range Management* 35(3): 332-338.
- Roche, S. et Hodel, T. 2004. L'information géographique peut-elle améliorer l'efficacité des diagnostics de territoire ? *Revue internationale de géomatique* 14(1): 9-34.
- Roger, A. 1995. *La théorie du paysage en France (1974-1994)*. Seyssel: Champ Vallon.
- Roger, A. 1997. *Court traité du paysage*. Paris: Gallimard.
- Rolland-May, C. 2000. *Evaluation des territoires, concepts, modèles et méthodes*. Paris: Hermès.
- Ronai, M. 1977. Paysages. *Hérodote* 7: 71-91.
- Rotach, M. 1973. *Conception directrice de l'aménagement du territoire national CK-73. Une base de dialogue pour la Confédération et les cantons*. Berne: DFJP.
- Roth, I. et Frisby, J.P. 1986. *Perception and representation: a cognitive approach*. Milton Keynes: Open University Press.
- Rougerie, G. et Beroutchachvili, N. 1991. *Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes*. Paris: Armand Colin.
- Rouso, A. 1995. Le droit du paysage: un nouveau droit pour une nouvelle politique. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 26: 11p.
- Rouxel, F. et Rist, D. 2000. *Le développement durable. Approche méthodologique dans les diagnostics territoriaux*. Lyon: CERTU.
- Ruffy, V. 1998. La convention européenne du paysage. *Cahier de l'ASPAN - Suisse occidentale* 3: 4 p.
- Samson, R. 1996. *Le paysage comme objet de pensée: convergences et divergences*. Notions de paysage et modèles d'analyse. Journée de formation organisée par les états généraux du paysage québécois, Trois-Rivières.
- Sansoni, C. 1996. Visual analysis: a new probabilistic technique to determine landscape visibility. *Computer-Aided Design* 28(4): 289-299.
- Sansot, P. 1982. L'affection paysagère. In: Dagognet, F., Guéry, F. et Marcel, O. (eds): *Mort du paysage ? Philosophie et esthétique du paysage*. Seyssel: Champ Vallon.
- Santos, M. 1978. De la société au paysage. La signification de l'espace humain. *Hérodote* 9: 66-73.
- Sautter, G. 1979. Le paysage comme connivence. *Hérodote* 16: 40-67.
- Schärli, A. 1985. *Décider sur plusieurs critères. Panorama de l'aide à la décision multicritère*. Lausanne: Presses Polytechniques Romandes.
- Schmithüsen, F. et Kazemi, Y. 1995. Analyse des rapports entre les attitudes des gens envers la forêt et leurs attitudes envers la gestion forestière. *Journal Forestier Suisse* 146(4): 247-264.
- Schmithüsen, F., Kazemi, Y. et Seeland, K. 1997. Perceptions et attitudes de la population envers la forêt et ses prestations sociales. Analyse des enquêtes sélectionnées et des articles dans les principales revues forestières de l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse entre 1960 et

1995. *Journal Forestier Suisse* 148(1): 1-43.
- Schmithüsen, F., Wild, S. et Zimmermann, W. 1997. *Research on public perception of the importance of mountain forests and forestry in the context of Swiss Forest Policy Development*. XI World Forestry Congress, Antalya, Turkey.
- Schuler, M. 1984. *Délimitation des agglomérations en Suisse en 1980. Contributions à la statistique suisse*. Berne: OFS, IREC.
- Schuler, M. et Joye, D. 1997. *Die Raumgliederungen der Schweiz. Les niveaux géographiques de la Suisse*. Berne: OFS.
- Sell, J.L. et Zube E.H. 1986. Perception of and response to environmental change. *Journal of Architecture and Planning Research* 3: 33-54.
- Senft, R.L., Rittenhouse, L.R. et Woodmansee, R.G. 1983. The use of regression models to predict spatial patterns of cattle behavior. *Journal of Range Management* 36(5): 553-557.
- Senft, R.L., Rittenhouse, L.R. et Woodmansee, R.G. 1985. Factors influencing patterns of cattle grazing behavior on shortgrass steppe. *Journal of Range Management* 38(1): 82-87.
- SEREC. 2001. *Concept Paysage Vaud (CPV): Thème "Parcs"*. Lausanne et Château-d'Oex: SEREC, DSE-SFFN.
- Serres, M. 1985. *Les cinq sens*. Paris: Grasset.
- Serres, M. 1990. *Le contrat naturel*. Paris: F. Bourin.
- Serrhini, K. 2002. Nouvel algorithme de covisibilité. *Revue internationale de géomatique* 12(1): 27-48.
- Sheppard, S.R.J. 1999. Visualization software bring GIS applications to life. *GeoWorld* 12(3): 36-37.
- Simon, H.A. 1960. *The New Science of Decision Making*. New York: Harper & Row.
- Simon, M., Sanchez, S. et Garcia, I. 2000. Soil-landscape evolution on a Mediterranean high mountain. *CATENA* 39(3): 211-231.
- Smardon, R.C. 1980. The interface of legal and esthetic considerations. In: Elsner, G.H. et Smardon, R.C. (eds): *Our national landscape*. Incline VII: Springfield, 676-685.
- Smith, J., van Oploo, P., Marston, H., Melville, M.D. et Macdonald, B.C.T. 2003. Spatial distribution and management of total actual acidity in an acid sulfate soil environment, McLeods Creek, northeastern NSW, Australia. *CATENA* 51(1): 61-79.
- Société jurassienne d'émulation (ed.). 1979. *Panorama du pays jurassien. Portrait du Jura*. Porrentruy: Société jurassienne d'émulation.
- SRVA (ed.). 2002. *Boîte à outils CEP. Guide méthodologique pour les conceptions d'évolution du paysage*. Lausanne: SRVA.
- Steinitz, C. 1990. A framework for theory applicable to the education of landscape architecture (and other environmental design professionals). *Landscape Journal* 9(2): 136-143.
- Steinitz, C. 1993. Un modèle de raisonnement pour la planification paysagère. *Cahiers de l'IAURIF* 106: 38-46.
- Stobbelaar, D.J. et van Mansvelt, J.D. 1997. Introduction to Landscape values in agriculture: strategies for the improvement of sustainable production. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 63(2-3): 83-89.
- Stoddart, L.A. 1960. Determining correct stocking rate on range land. *Journal of Range Management* 13(5): 251-255.

- Stuth, J.W. et Lyons, B.G. (eds). 1993. *Decision support systems for the management of grazing lands: Emerging issues*. Man & the Biosphere Series. Paris - New York: Parthenon Publishing.
- StremLOW, M., Iselin, G, Kienast, K., Kläy, P. et Maibach, M. 2003. *Paysage 2020 - Analyses et tendances. Bases des principes directeurs «Nature et Paysage» de l'OFEFP*. Cahier de l'environnement n°352. Berne: OFEFP.
- Swanson, J. 1996. *The three dimensional visualization and analysis of geographic data*. Cartography and Geographic Information, Department of Geography / Geology, University of Nebraska, Omaha.
- Swisstopo. 2004. *Vector 25. Le modèle numérique du territoire*. Berne: Swisstopo.
- Taylhardat, V. 1996. *Apport des outils de simulation visuelle dans une méthode d'analyse de paysages forestiers*. Québec: Département des Sciences Géomatiques, Université Laval.
- Terrasson, D. 1998. *Public perception and attitudes of forest owners towards forest in Europe - Perception publique et attitudes des propriétaires envers la forêt en Europe. Commentaires et synthèses du groupe de travail COST E3-WG1*. Antony: Cemagref.
- Thériault, M. 1996. *Systèmes d'information géographique: concepts fondamentaux*. Québec: Université Laval.
- Thériault, M. et Claramunt, C. 1999. La modélisation du temps et des processus dans les SIG: une nécessité pour la recherche interdisciplinaire. *Revue internationale de géomatique, Numéro spécial sur les SIG spatio-temporels* 9(1): 67-99.
- Thwaites, R.N. et Slater, B.K. 2000. Soil-landscape resource assessment for plantations – a conceptual framework towards an explicit multiscale approach. *Forest Ecology and Management* 138: 123-138.
- Tiberghien, G.A., 2001, *Nature, art, paysage*. Paris: Acte Sud – Ecole Nationale du paysage – Centre du paysage.
- Tourneux, F.-P. 1985. De l'espace vu au tableau, ou les définitions du mot paysage dans les dictionnaires de langue française du XVIIe au XIXe siècle. *Revue géographique de l'Est* 4.
- Townshend, J.R.G. 1991. Environmental databases and GIS. In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F. et Rhind, D.W. (eds): *Geographical information systems, volume 2: applications*. Harlow: Longman Scientific and Technical, 201-216.
- Tuan, Y.-F. 1974. *Topophilia: a study of environmental perception, attitudes, and values*. Englewood Cliffs New Jersey: Prentice-Hall.
- Tuan, Y.-F. 1980. *Landscapes of fear*. Oxford: Basil Blackwell.
- Tufte, E.R. 1983. *The visual display of quantitative information*. Cheshire: Graphics Press.
- Turner, B.L. 1990. *The earth as transformed by human action: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Turner, M.G. et Gardner, R.H. (eds). 1991. *Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity*. New York - Berlin: Springer-Verlag.
- Ulbricht, K.A. et Heckendorff, W.D. 1998. Satellite images for recognition of landscape and landuse changes. *ISPRS Journal of Photogrammetry*

- and Remote Sensing* 53(4): 235-243.
- van Mansvelt, J.D. 1997. An interdisciplinary approach to integrate a range of agro-landscape values as proposed by representatives of various disciplines. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 63(2-3): 233-250.
- van Mansvelt, J.D. et van der Lubbe, M.J. 1999. *Checklist for sustainable landscape management*. Amsterdam: Elsevier.
- Veldkamp, A. et Lambin, E.F. 2001. Predicting land-use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 85(1-3): 1-6.
- Verbree, E., Maren, G.V., Germs, R., Jansen, F. et Kraak, M.-J. 1999. Interaction in virtual world views - Linking 3D GIS with VR. *International Journal of Geographical Information Science* 13(4): 385-396.
- Veuve, L. 1998. *La gestion du paysage*. Rapport établi dans le cadre du Plan directeur vaudois. Lausanne.
- Viceic, P. 2001. *Modélisation d'un système sylvopastoral à l'aide de l'environnement de simulation multi-agents*. Neuchâtel: Institut d'informatique et d'intelligence artificielle, Université de Neuchâtel.
- Vodoz, L. (ed.). 2001. *NTIC et territoires: enjeux territoriaux des nouvelles technologies de l'information et de la communication*. Communauté d'études pour l'aménagement du territoire (CEAT). Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Voisenat, C. (ed.). 1995. *Paysage au pluriel: pour une approche ethnologique des paysages*. Collection Ethnologie de la France, Cahier 9. Paris: Editions de la Maison des sciences de l'homme.
- Wade, T.G., Schultz, B.W., Wickham, J.D. et Bradford, D.F. 1998. Modeling the potential spatial distribution of beef cattle grazing using a Geographic Information System. *Journal of Arid Environments* 38(2): 325-334.
- Waich, G., Lautner, M., Alnes, L. et Pampapathi, R. 1999. Visualization takes flight. *GeoWorld* 12(9): 52-56.
- Walker, J.W. et Heitschmidt, R.K. 1986. Effect of various grazing systems on type and density of cattle trails. *Journal of Range Management* 39(5): 428-431.
- Walsh, S.J., Butler, D.R. et Malanson, G.P. 1998. An overview of scale, pattern, process relationships in geomorphology: a remote sensing and GIS perspective. *Geomorphology* 21(3-4): 183-205.
- Walter, F. (ed.). 2001. *Mobilité durable - Les contributions du PNR 41 «Transport et environnement»*. Berne: OFCL/EDMZ.
- Walter, F. 2004. *Les Figures paysagères de la nation. Territoires et paysage en Europe (16ème - 20ème siècle)*. Paris: Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales.
- Weber, C. 1991. Les systèmes d'information géographique: une mode ou un nouveau concept pour l'aménagement de l'espace ? *Revue des sciences de l'information géographique et de l'analyse spatiale* 1(1): 11-21.
- Weinstoerffer, J. et Girardin, P. 2000. Assessment of the contribution of land use pattern and intensity to landscape quality: use of a landscape indicator. *Ecological Modelling* 130(1-3): 95-109.
- Wettstein, J.-B. 1997. *Le Parc Jurassien Vaudois ou comment concilier exploitation agricole et sylvicole avec conservation du patrimoine*.

- Congrès de l'agriculture européenne, Lausanne.
- Wherrett, J. R. 1996. *Visualization techniques for landscape evaluation: Literature review*. Glasgow: MLURI.
- Wieber, J.-C. 1985. Le paysage visible, un concept nécessaire. In: Berdouloy, V. et Phipps, M. (eds): *Paysages et systèmes*. Ottawa: Université d'Ottawa.
- Wild-Eck, S. 2001. Wozu denn Wald? Der Wald und die Qualität des Lebens in der Stadt. *Journal Forestier Suisse* 152(3): 77-85.
- Williams, R.E. 1954. Modern methods of getting uniform use of ranges. *Journal of Range Management* 7(2): 77-81.
- Willis, K.G. et Garrod G.D. 1992. Assessing the value of future landscapes. *Landscape and Urban Planning* 23: 17-32.
- Workman, J.P. et Hooper, J.F. 1968. Preliminary economic evaluation of cattle distribution practices on mountain rangelands. *Journal of Range Management* 21(5): 301-304.
- Zachary, W.W. 1988. Decision support systems: designing to extend the cognitive limits. In: Helander, M.G., Landauer, T.K. et Prabhu, P.V. (eds): *Handbook of human computer interaction*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 997-1030.
- Zack, J.A. 1999. "See" possible landscape changes through visualization. *GeoWorld* 12(3): 40.
- Zebisch, M., Wechsung, F. et Kenneweg, H. 2003. Landscape response functions for biodiversity – assessing the impact of land-use changes at the county level. *Landscape and Urban Planning* 67(1-4): 157-172.
- Zlatanova, S., Rahman, A.A. et Pilouk, M. 2002. 3D GIS: current status and perspectives. *Proceedings of the Joint Conference on Geo-spatial theory, Processing and Applications*: 6 p.
- Zube, E.H., Brush, R.O. et Fabos, J.G. (eds). 1975. *Landscape assessment: values, perception, and resources*. Stroudsburg: Pennsylvania: Dowden, Hutchinson & Ross, Inc.
- Zube, E.H. et Pitt D.G. 1981. Cross-cultural perceptions of scenic and heritage landscapes. *Landscape Planning* 8: 69-87.
- Zube, E.H., Friedman S. et Simcox D.E. 1989. Landscape change – Perceptions and physical measures. *Environmental Management* 13: 639-644.
- Zube, E.H., Simcox, D. et Friedman, S. 1998. Desert riparian landscapes: Values and change, 1981-96. *Landscape and Urban Planning* 42(2-4): 81-89.

TEXTES LÉGAUX

- Code civil suisse (1907).
- Constitution fédérale de la Confédération suisse (1998).
- Loi sur l'aide en matière d'investissements dans les régions de montagne (LIM, 1974).
- Loi sur l'aménagement du territoire (LAT, 1979).
- Loi sur la protection de l'environnement (LPE, 1983).
- Loi sur la protection de la nature et du paysage (LPN, 1966).
- Ordonnance concernant l'inventaire fédéral des paysages, sites et monu-

- ments naturels (OIFP, 1977).
- Ordonnance concernant l'inventaire fédéral des sites construits à protéger en Suisse (OISOS, 1981).
- Ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement (OEIE, 1988).
- Ordonnance sur la gestion des exploitations d'estivage (2000).
- Ordonnance sur la protection de la nature et du paysage (OPN, 1991).
- Ordonnance sur la terminologie agricole et la reconnaissance des formes d'exploitation (OTerm, 1998).
- Ordonnance sur le cadastre de la production agricole et la délimitation de zones (Ordonnance sur les zones agricoles, 1998).
- Ordonnance sur les contributions d'estivage (OCest, 2000).
- Ordonnance sur les paiements directs versés dans l'agriculture (OPD, 1998).

GLOSSAIRE DES TERMES PRINCIPAUX

Ce petit glossaire a pour but d'apporter une explication succincte aux principaux termes, tels qu'ils sont utilisés dans le rapport. Cet exercice, forcément réducteur, ne doit cependant pas masquer leur complexité. Pour de plus amples détails sur le sens de ces notions, le lecteur se reportera au chapitres mentionnés en référence.

Analyse de visibilité: caractérisation de l'espace vu à partir d'un point d'observation. Voir *chapitre 8*.

Analyse d'intervisibilité: caractérisation des points dans l'espace dont relation de visibilité est réciproque, sachant que dans certains cas, l'observé ne perçoit pas forcément l'observant. Voir *chapitre 8*.

Bassin de visibilité: surface visible à partir d'un point d'observation particulier. Voir *chapitre 8*.

Classème: en analyse de contenu, ensemble de sèmes fondé sur des regroupements typologiques à l'intérieur d'une thématique. Voir *chapitre 5*.

Couverture du sol: description des caractéristiques physiques de l'environnement, en particulier de la morphologie du terrain et des éléments qui le recouvrent. Voir *chapitre 6*.

Diagnostic paysager: processus d'évaluation du paysage, reposant sur l'analyse de son état et de son évolution, en relation avec les pratiques sociales et économiques de la société. Voir *chapitre 3*.

Diagnostic territorial: «processus d'apprentissage du fonctionnement de systèmes complexes, qui nécessite l'acquisition de connaissances sur les rapports entre un territoire et une collectivité, à la fois en

termes d'atouts, de problèmes et de potentiels» (Roche & Hodel, 2004). Voir *chapitre 3*.

Environnement: 1. (*gén.*): ensemble des éléments naturels et construits qui constituent un lieu. 2. (*systémique*): contexte, portion de réalité extérieure au système étudié, mais qui interagit avec ce dernier.

Espace: terme générique neutre qui définit l'«ensemble des étendues, finies ou non» (Brunet *et al.*, 1992). «L'*espace géographique* est l'étendue terrestre utilisée et aménagée par les sociétés en vue de leur reproduction» (*ibid.*).

Espace perçu: «espace géographique tel que le voient et se le représentent une personne, un groupe» (Brunet *et al.*, 1992).

Espace vécu: espace «recréé selon les perceptions et les cartes mentales de chacun» (Brunet *et al.*, 1992), en fonction des pratiques effectives qui en sont faites.

Groupe social: «ensemble d'individus organisés à l'intérieur d'un même système de production, liés entre eux par une même pratique de la nature et qui produisent un ensemble cohérent de biens matériels et culturels» (Bertrand, 1978). Voir *chapitre 5*.

Milieu: ensemble des conditions morphologiques, bioclimatiques, etc. qui définissent un lieu particulier ou le champ d'action d'un être vivant (végétal, animal ou humain).

Occupation du sol: voir *couverture du sol*. Voir *chapitre 6*.

Paysage: «toute partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations» (Conseil de l'Europe, 2000). Voir *chapitre 2*.

Perception: «moyen par lequel une information assimilée par les organes sensoriels est transformée en expériences personnelles vis à vis d'objets, d'événements, etc.» (Roth et Frisby, 1986, traduction Guyon *et al.*, 2004). Voir *chapitre 5*.

Représentation: 1. (*visualisation*): présentation simplifiée de phénomènes complexes sous une forme graphique (schéma, croquis, carte, diagramme, etc.). 2. (*sociologie*): ensemble des images, des symboles, des modèles répandus chez les individus pour caractériser des catégories, des personnes, des situations, des objets, etc. Voir *chapitre 5*.

Sème: unité de sens fondamentale du discours (mot, expression, phrase) utilisée dans les analyses de contenu. Voir *chapitre 5*.

Système d'information géographique (SIG): «ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et de données à référence spatiale utilisés

pour saisir, conserver, transformer, analyser, modéliser, simuler et cartographier les phénomènes et les processus distribués dans l'espace géographique» (Thériault, 1996). Voir *chapitre 1*.

Technologies de l'information et de la communication (TIC): ensemble de moyens techniques issus de l'informatique, des télécommunications et de l'audiovisuel, utilisés pour traiter, modifier et échanger de l'information et plus spécifiquement des données numérisées. Voir *chapitre 1*.

Territoire: portion d'espace appropriée de façon consciente par une ou plusieurs populations, et dont les structures spécifiques témoignent de la présence d'activités, de rites et d'interactions sociales.

Utilisation du sol: description du territoire, du point de vue des fonctions que l'homme y exerce, que ce soit l'habitation, l'agriculture, la sylviculture, les transports ou encore les loisirs. Voir *chapitre 6*.

ANNEXES

I. L'INVENTION DU PAYSAGE

Dans le monde antique, la notion de paysage n'existe pas. Dans l'optique de la tragédie classique (Harrison, 1992), la société et la nature, régies par des lois divergentes, sont en opposition. La nature, dans sa manifestation la plus sauvage, est considérée comme effroyable et hostile, comme l'antithèse même de la civilisation (Appleton, 1975; Preece, 1991). Elle est appréhendée de manière viscérale, organique, et non en termes esthétiques (Roger, *in*: Dagognet, 1982). Par exemple, chez les citoyens romains fortunés, ce n'est pas un critère de beauté du cadre mais de bien-être qui intervenait dans le choix d'un emplacement pour construire leur habitation (Neuray, 1982). Dans le même ordre d'idée, les temples n'étaient pas conçus comme éléments de paysage, mais avant tout pour leur fonction religieuse (Béguin, 1995). De même, dans l'art gréco-romain, la nature n'est pas représentée pour elle-même, mais dans une perspective décorative ou symbolique (Clark, 1988; Porteous, 1996), au service du mythe. Elle apparaît ainsi sous une forme domestiquée, que ce soit celle des jardins, des champs, des vignes ou des pâturages bucoliques de l'Arcadie (Appleton, 1975).

Le mot «paysage» fait son apparition dans le courant du XVI^{ème} siècle dans les différentes langues européennes (Berque, 1991). Dès son origine, il a une très forte connotation de représentation. La première occurrence du terme français remonte à la publication du dictionnaire de Robert Estienne en 1549, où il désigne une peinture sur toile représentant une vue champêtre ou un jardin (Pitte, 1989). Tirant son étymologie de l'italien «*paesaggio*», caractérisant ce que l'on voit du pays, il se réfère explicitement à l'aspect visuel de l'espace. Apparus à la fin du XVI^{ème} siècle, les termes allemands et anglais sont, quant à eux, issus du nom «*landschap*» flamand, utilisé initialement comme terme technique par les peintres (Hirsch et O'Hanlon, 1995) pour désigner à la fois la représentation et le genre pictural. Peu à peu, la signification du mot va s'étendre dans les différents idiomes pour intégrer les notions de vue d'ensemble d'une étendue de pays et de médiation du regard.

Né à la Renaissance, le paysage se développe sous l'impulsion de deux phénomènes: la laïcisation de la nature et la découverte de la perspective (Roger, 1997). Sous l'influence monastique du Moyen-Âge, l'homme conçoit sa relation avec l'environnement comme une lutte pour tenter de lui redonner l'opulence dont il bénéficiait, avant d'être chassé du jardin d'Eden. La nature, symbole du péché originel, est ainsi vue comme le cadre d'un dur labeur (Clark, 1988). L'art se désintéresse du monde réel, qui est considéré dans la philosophie chrétienne comme le lieu futile du passage de l'homme sur terre (*ibid.*); la vision du monde ne passe pas par la figuration de son apparence, mais par l'idée même de sa conception, donnant à l'oeuvre sa fonction édifiante (Roger, 1997). Dans le prolongement de la tradition byzantine, la représentation de la nature est stylisée et subordonnée à une intention narrative ou morale, que ce soit dans les miniatures, les tapisseries, les fresques bibliques ou les allégories populaires (Conan, 1991; Porteous, 1996). Limitée à reproduire les objets qu'il était possible d'isoler intellectuellement de leur environnement, la peinture de l'époque s'en tenait

à signifier la nature sous la forme d'éléments symboliques agencés individuellement dans un espace sacré (Clark, 1988). Prise dans sa totalité, la nature, synonyme de désordre et de danger, ne peut être appréhendée. Le motif du jardin a permis à la fois de la circonscrire et de l'imaginer comme un ensemble cohérent. Au-delà de sa portée symbolique, le jardin a de plus dans la vie quotidienne une fonction utilitaire, de protection contre l'extérieur et de production de plantes comestibles et médicinales (Preece, 1991). L'homme, l'animal et la plante sont désormais inséparables du milieu et participent du même espace vital (Roger, 1997). Avec cet apprivoisement du monde extérieur apparaît une nouvelle forme de représentation de la nature, qui dépeint les travaux des champs avec poésie. Plus encore, elle va jusqu'à évoquer le plaisir et le bonheur que le milieu naturel peut procurer. Cette confiance nouvelle en la nature, traduite dans les calendriers tels que *Les Très Riches Heures du duc de Berry* (1412-1416) des frères Limbourg, établit une relation nouvelle de régulation entre l'homme et son environnement. La nature, perçue dans son ensemble et comme une manifestation de la réalité, comme par exemple dans les oeuvres topographiques de Witz, Dürer ou Bellini, est ainsi en voie de désacralisation (Roger, 1997).

Le nouveau sentiment d'espace, découlant de la recherche de réalisme, a contribué à la laïcisation de la nature. Il s'exprime de façons différentes en Flandres, où les artistes abordent l'espace de manière instinctive, avec une vision naturaliste, et en Italie, où les peintres florentins raisonnent avec un esprit plus mathématique (Clark, 1988). L'invention de la perspective par Brunelleschi, formalisée ensuite par Alberti, ainsi que le traitement nouveau de la lumière (*ibid.*) amènent la profondeur de champ et la succession des plans de visions. Le recul ainsi créé est encore accentué par l'utilisation de la fenêtre chez Van Eyck et Campin par exemple, assimilée par Cueco (1982) à un instrument de cadrage, aux dimensions humaines. En même temps qu'elle est une ouverture sur l'extérieur, elle délimite l'espace et institue le pays en paysage (Roger, 1997). Elle instaure par là-même une distanciation de l'individu par rapport au monde. Avec l'élaboration du regard profane, émerge le sentiment esthétique envers la nature (Prado, *in*: Mottet, 2002). La perspective atmosphérique amène un découpage de l'espace en trois plans, allant du brun-ocre pour le premier au bleu pour le lointain en passant par le vert pour le plan intermédiaire (Clark, 1988). Les bases du paysage sont ainsi posées; cependant, il est encore relégué aux arrière-plans ou aux productions mineures ou de petit format (Roger, 1997).

Dans la perspective d'apprivoisement de la nature, le paysage du XV^{ème} siècle est celui d'une campagne tranquille, tel que véhiculé dans la peinture flamande et italienne (Roger, 1997). En réaction à cette banalisation de l'image de la nature, certains artistes explorent son côté insoumis et mystérieux. Détachés par rapport aux peurs antiques, les paysages fantastiques de Grünewald, Altdorfer ou Bosch illustrent la force des éléments et la prétention des hommes à les maîtriser (Clark, 1988). Ce retour à une forme d'expression symbolique s'oppose à la recherche de réalisme en cours et témoigne de l'ambivalence récurrente des conceptions du monde en peinture (*ibid.*). Seuls quelques artistes, comme Dürer ou Léonard de Vinci, ont tenté un rapprochement entre l'imaginaire et le

concret. Ce changement prend place dans un contexte de crise et de remise en question des modes de pensée d'inspiration aristotélicienne. En même temps que la société est secouée par des croyances apocalyptiques, elle connaît une période de bouleversements importants: le développement du commerce et des techniques, les grandes découvertes ainsi que la révolution copernicienne amènent une nouvelle vision du monde. Avec le recul de l'Eglise, le motif du jardin d'Eden ne permet plus de satisfaire ni l'imagination, ni la curiosité scientifique des artistes de l'époque (*ibid.*). L'avènement de la vision panoramique (Roger, 1997), initiée par Le Tintoret et Le Greco dans leurs représentations maniéristes de vues à partir d'un point élevé, détermine le moment où le paysage commence à être traité pour lui-même (Clark, 1988).

L'inquiétude véhiculée dans les représentations du paysage s'estompe à la fin du XVI^{ème} siècle avec le renouveau du classicisme (Conan, 1991). Suite aux guerres de religion apparaît un sentiment de quiétude et de contemplation. L'attrait pour la science moderne influence des artistes tels que Seghers, Hobbema, van Ruysdaël et Koninck, qui renouent avec une forme de réalisme en peignant des vues de Hollande (Clark, 1988). Parallèlement, le paysage s'inscrit dans un idéalisme pictural qui cherche à exalter la beauté et l'idée de nature, à travers la quête de sa forme parfaite (Conan, 1991). Cette peinture, bien que d'inspiration savante et basée sur l'observation directe, ne représente pas la nature telle qu'elle est, mais au service de la visée morale de l'art (*ibid.*). Sans pour autant être des peintres de la réalité, des artistes comme Le Carrache, Le Caravage, Rubens ou Rembrandt brillent par leur capacité à restituer les détails de la nature dans un monde imaginaire chargé de sens (Clark, 1988). Cette illusion naturaliste sera poussée plus loin dans les paysages-portraits d'artistes, tels que Le Lorrain ou Poussin. Chez ces derniers, la nature fait l'objet d'études sous forme de croquis, qui alimentent leurs compositions paysagères. La peinture d'après nature est une des grandes nouveautés du genre, avec la codification de ses lois (Conan, 1991). Chez Claude Lorrain, le paysage se décline en quatre plans successifs, selon un modèle récurrent: au premier plan, une coulisse sombre s'étend sur un des côtés du tableau; au second plan apparaît le motif central; à l'arrière-plan s'étale le paysage proprement dit, mis en évidence par les lointains lumineux (Clark, 1988). A la poésie de Claude, qui fait référence à l'Âge d'Or virgilien, s'oppose l'esprit cartésien de Poussin, privilégiant la construction du paysage selon un schéma géométrique (*ibid.*). Il tente de donner une forme logique au désordre naturel apparent à travers la recherche d'une harmonie entre les verticales et les horizontales. Jusqu'au XVIII^{ème} siècle, le paysage continue à être traité de manière ambivalente, entre réalisme et imaginaire.

A la suite de cet engouement néo-classique pour la nature sont apparues deux approches nouvelles du paysage. La première, centrée sur les formes de la vie sentimentale, crée des scènes picturales où le paysage sert de cadre aux relations de séduction de la société (Conan, 1991). Watteau et Fragonard, peintres des «fêtes galantes», mais aussi Gainsborough, renforcent ainsi l'appartenance du paysage à un genre bourgeois. Parallèlement, le XVIII^{ème} siècle marque le rapprochement du sentiment

paysager à une philosophie de l'esthétique (Appleton, 1975). Jusque là, le paysage est le fait d'une élite artistique et savante qui l'édifie en objet de contemplation et d'identification (Luginbühl, 1991). Avec la mode du Grand Tour, les classes bourgeoises suffisamment nanties pour voyager s'approprient le paysage en visitant le monde et en découvrant les représentations picturales du genre (Appleton, 1975). A l'Âge des Lumières se mettent ainsi en place des rituels d'appréciation esthétique de la nature (Conan, *in*: Berque, 1994), définissant différentes catégories de paysages (Porteous, 1996; Roger, 1997). Burke identifie en 1757 deux types de sentiments esthétiques, qu'il lie à l'expression de passions humaines: premièrement, l'idée de sublime est attachée, dans une perspective kantienne, à des émotions fortes suscitées par le danger et la puissance et exacerbées par le désir ambivalent de découverte et de sécurité; deuxièmement, l'idée du beau renvoie aux qualités intrinsèques des choses, qui nous surprennent et éveillent nos sens, indépendamment de leur utilité (Appleton, 1975). A quelques rares exceptions près, la mer et surtout la montagne représentent jusqu'au XVIII^{ème} siècle un «pays affreux» pour le regard collectif (Roger, 1997). La rigueur de ces milieux ainsi que la symbolique biblique négative qui leur était associée ne faisaient pas d'eux des paysages. L'accession de ces milieux au rang de sublime, témoigne d'une profonde transformation de la sensibilité occidentale. Cependant, si l'approche est incontestablement esthétique, le plaisir est plus lié au panorama que le sommet permet de découvrir, qu'à la montagne elle-même (*ibid.*). Par opposition, le beau, que le mouvement romantique contribuera à développer, s'applique à des environnements plaisants et apaisés, dont la campagne est l'archétype (Appleton, 1975).

Une sous-catégorie du beau apparaît sous la dénomination de pittoresque, en réaction aux altérations de l'espace et aux visées radicales du paysagisme. En effet, les dégradations observées sur l'environnement et la perte du caractère individuel des lieux, sans réflexion prospective (Hirsch et O'Hanlon, 1995), commencent à devenir un sujet de préoccupations. De plus, le travail des architectes paysagistes, dominé par le style de Le Nôtre, est peu à peu rejeté (Appleton, 1975). L'aménagement géométrique de l'espace, répondant à des règles strictes de régularité et d'ordonnement, à l'image de Versailles, est en complète opposition avec le retour à la nature postulé par le pittoresque. L'idée est d'instaurer un juste milieu entre l'anarchie du milieu sauvage et le despotisme du jardin à la française (Roger, 1997), en tachant de lier le concept abstrait de beau et l'arrangement concret des éléments dans l'espace (Appleton, 1975). Découlant directement de la peinture, le pittoresque («*picturesque*» en anglais) postule que les règles de composition picturales appliquées au paysage peuvent être transposées dans la réalité (*ibid.*). Ainsi, les théories de Gilpin, Price et Knight, formalisées dans les travaux de Capability Brown, sont inspirées du style fantastique et plus encore des tableaux de Claude, de Salvator Rosa ou encore de Gaspar Dughet. Pour ceux-ci, la qualité du paysage réside dans sa texture rugueuse, ses formes curvilignes et irrégulières, l'accentuation des lignes naturelles, l'expression de l'inattendu et la force de l'impression qui en découle (*ibid.*). Bien qu'initialement de sensibilité naturaliste, le pittoresque consiste en une mise en conformité de celle-ci en fonction de modèles

picturaux (Hirsch et O'Hanlon, 1995). Avec l'avènement des jardins anglais, anglo-chinois et paysagers, la nature sert de forme de représentation pour elle-même (Conan, 1991); en d'autres termes, le paysage s'«artialise» (Roger, 1997). Cette ambiguïté entre l'objet et la forme de représentation, *i.e.* entre la nature et le paysage, s'est inscrite dans la culture européenne (Conan, 1991), jusque dans son prolongement actuel.

La philosophie du XVIII^{ème} siècle a transformé la nature en un univers mécanique, obéissant aux lois de la raison (Clark, 1988) et de la classification systématique, dans le domaine de la botanique par exemple (Appleton, 1975). L'esprit de conquête a pris le relais de la sensibilité poétique (Roger, 1997). Le paysage réaliste, tombé au niveau de la description topographique, tout comme le paysage fantastique, détourné par le pittoresque, vont cependant connaître un nouveau souffle (Clark, 1988). Le XIX^{ème} siècle va en effet amener une réévaluation des rôles relatifs de la connaissance et de l'imagination (Appleton, 1975), que ce soit par le biais du romantisme ou du naturalisme. En réaction au rationalisme et au matérialisme qui caractérisaient les Lumières, le romantisme replace l'homme dans l'environnement et met l'accent sur l'appréciation subjective de la beauté du monde. Cela se traduit par un rejet des conventions au profit de la singularité de l'expérience. Dans cette recherche de vérité, l'émotion prend le pas sur la raison, l'imagination sur le factuel, faisant ainsi de l'individu le centre d'intérêt des artistes, particulièrement des auteurs anglais tels Wordsworth ou Coleridge. En peinture, cette sensibilité nouvelle se manifeste de diverses façons (Porteous, 1996). Que ce soit dans l'expression des formes de la culture populaire et de la vie rustique chez Constable (Clark, 1988) ou dans l'exaltation de la beauté sauvage et du danger (Neuray, 1982), exacerbée par des thèmes héroïques chez Turner, la vision créatrice de l'artiste est plus importante que la restitution fidèle de la réalité. Le romantisme influencera les grands peintres paysagistes de l'école de Barbizon, tels que Corot, Rousseau, Millet et Daubigny. En s'attachant à traduire une impression plutôt que la vérité dans un souci de franchise, ils poursuivront le travail de libération du genre paysager, avant même l'avènement des impressionnistes (Clark, 1988). L'école de Barbizon, de sensibilité naturaliste, peut être considérée comme le point de départ de la montée du souci paysager (Dagognet, 1982). L'idée de protection des sites naît en effet au cours du XIX^{ème} siècle (Luginbühl, 1991), sous l'impulsion d'artistes. En effet, la plus ancienne réserve naturelle française, créée sous le Second Empire (1861), vient de l'initiative d'un groupe de peintres (Dagognet, 1982). Cependant, l'importance de la sauvegarde, limitée à des espaces inutilisés ne créant ainsi pas de conflits d'usage, est toute relative (Luginbühl, 1991). Elle devient réellement effective lorsqu'une mesure de protection soustrait un espace de son exploitation économique (*ibid.*). L'esthétisme naturaliste, dégénérant ensuite dans une suite de stéréotypes populaires (Clark, 1988) et se mêlant aux doctrines hygiénistes, considérera comme beau le paysage propre et ordonné, conforme à une philosophie réfractaire au changement (Luginbühl, 1991).

La découverte du Nouveau Monde met à mal les canons esthétiques européens, associés à une culture paysagère séculaire, et par conséquent

inapplicables aux étendues sauvages des Etats-Unis (Appleton, 1975). L'idéal du paysage américain primitif émerge de l'oeuvre d'écrivains comme Cooper, Emerson, Thoreau, Hawthorne ou Whitman, qui voient dans l'environnement domestiqué le symbole de la combinaison des qualités inhérentes à la nature et du raffinement culturel (*ibid.*). Les pionniers adoptent une conception du monde selon laquelle Dieu aurait laissé la nature inachevée, à l'état brut, dans le but que l'Homme la parfasse (Lowenthal, *in*: Turner, 1990). La transformation du milieu est vue comme une amélioration qui permet de rendre la terre plus fertile, plus productive, et qui, par là-même, garantit le bien-être de la société puritaine. Le paysage modèle est celui du pays de cocagne, qui reflète la prospérité économique en même temps que l'harmonie sociale (Ambroise *et al.*, 2000). Cet optimisme pragmatique s'est traduit par une intervention croissante de l'homme sur le territoire, soutenue par les progrès techniques de l'agriculture et de l'industrie naissante. Conjointement au souci de compréhension et de rationalisation de l'espace, s'éveille une forme de conscience environnementale, qui prend le pas sur l'appréciation esthétique du paysage (Appleton, 1975). Cette nouvelle préoccupation envers la nature trouvera plus tard son prolongement dans l'émergence d'une vision écologique (Lowenthal, *in*: Turner, 1990). Ce divorce entre le sujet et l'objet est à la base de la notion contemporaine de paysage (Hirsch et O'Hanlon, 1995) et des confusions de sens qui en découlent.

Les courants de pensée du XIX^{ème} siècle ont défini les trois domaines qui participent actuellement à l'évaluation du paysage, à savoir la science, l'économie et l'esthétique (Neuray, 1982). Le mouvement romantique en a dessiné la première esquisse, dans l'exploration des relations entre la pensée, l'implication concrète de l'individu dans la nature et la perception de celle-ci comme cadre d'expérience. Les bouleversements sociaux et technologiques qui sont survenus ont contribué à renforcer la prise de conscience collective de la notion de paysage (Rougerie et Beroutchachvili, 1991). Les épopées coloniales, la popularisation des romans d'aventures et de la littérature régionale ainsi que l'essor de la presse, de la photographie et de la publicité ont ouvert une fenêtre sur le monde et favorisé sa découverte. Les progrès réalisés dans l'instruction et les développements de la science ont ensuite amélioré la connaissance et l'utilisation du territoire. La révolution industrielle, le développement de la ville et des moyens de déplacement ont finalement redéfini les modes d'appropriation de l'espace. En art, l'impressionnisme a institué le paysage en genre majeur en rejetant ses règles et a par là-même réorganisé la perception. A la suite d'artistes comme Turner, la grammaire picturale traditionnelle a été abolie pour ne retenir de la scène que les éléments nécessaires et les organiser dans une vision d'ensemble (Clark, 1988). En se détachant de la figuration, l'impressionnisme substitue à la syntaxe classique d'objets et de lignes une logique de composition plus libre. Le paysage est représenté sous la forme d'un assemblage de motifs, que les pointillistes pousseront à leur paroxysme, faisant ainsi éclater, avant même les cubistes, les conventions de la perspective (*ibid.*). L'impressionnisme, et son pendant tragique qu'est l'expressionnisme de Van Gogh ou Cézanne, marque le chant du cygne du paysage en peinture (Roger, 1997).

Le XX^{ème} siècle est une période de rationalisation et de croissance économique, qui va faire émerger le souci écologique, tout en rangeant de côté la valeur esthétique des choses. L'homme moderne s'est libéré de la domination de la nature et en a fait un objet de pouvoir et de consommation (Ritter, 1997). Au lendemain de la Première Guerre mondiale, l'émergence sociale du paysage est engagée avec la diminution progressive du temps de travail, la généralisation des congés payés et la démocratisation de l'automobile (Neuray, 1982). Un nombre croissant de personnes est ainsi attiré par la campagne. Dans le contexte productiviste de l'époque, l'optimisme technocratique prévaut: les transformations de l'environnement sont généralement considérées comme des améliorations, les dommages éventuels pouvant être réparés grâce à la technologie (Lowenthal, *in*: Turner, 1990). Cette perspective conservationniste, bien qu'influencée par les mises en garde de Marsh dans son ouvrage «Man and Nature» (1864), privilégie la production de ressources sur la protection du milieu, ignorant les effets secondaires des pratiques sur l'environnement (Lowenthal, *in*: Turner, 1990). Pour les opposants à cette vision, les impacts des activités sur le territoire doivent être évalués sérieusement, selon un modèle écologique (Bertrand, 1978): à condition de ne pas être dérangés, les biotopes évoluent naturellement vers un état d'équilibre (climax), qui leur garantit un maximum de diversité et de stabilité (Lowenthal, *in*: Turner, 1990). Ce mouvement de pensée et ses corollaires néo-malthusianistes, à savoir la défiance envers les développements technologiques, l'intolérance au changement et la croissance zéro, bientôt vont être institués en ordre moral (*ibid.*). Les utopies de la modernité cèdent le pas aux angoisses millénaristes. A la fin de la Seconde Guerre mondiale, et plus particulièrement à la suite d'Hiroshima, la vision du monde devient de plus en plus pessimiste, témoignant d'une peur en l'avenir. Dans les années 1960, les questions liées à la pollution et à l'épuisement des ressources naturelles deviennent un sujet de préoccupations (Neuray, 1982; Rougerie et Beroutchachvili, 1991). Au cours de la décennie suivante s'opère un glissement de la société productiviste d'après-guerre vers un monde plus sensible aux impacts écologiques et visuels des transformations paysagères (Lowenthal, *in*: Turner, 1990; Boerwinkel, 1996, cité dans Terrasson, 1998). On assiste à un phénomène généralisé de médiatisation et de socialisation des soucis paysagers (Rougerie et Beroutchachvili, 1991). L'écologie gagne de l'importance dans le monde scientifique, qui insiste sur son rôle à tenir dans l'aménagement du territoire (Neuray, 1982). L'opposition entre le technocentrisme et le biocentrisme est levée au cours des années 1980, avec la désagricolisation du paysage (Luginbühl, 1991; Boerwinkel, 1996, cité dans Terrasson, 1998). Avec le déclin économique des pratiques territoriales traditionnelles (agriculture, foresterie), l'entretien du paysage n'est plus garanti. Ainsi apparaît, dans une perspective de durabilité, la nécessité d'intégrer à la fois les dimensions socio-économique et écologique.

II. GUIDE D'ENTRETIEN COMMENTÉ

Entrée en matière

- Pouvez-vous, pour commencer, me rappeler brièvement vos activités professionnelles ?

Cette entrée en matière a pour but de mettre à l'aise l'interlocuteur en le faisant parler de son métier et de voir s'il aborde spontanément la notion de paysage, sachant que c'est le sujet central de l'enquête.

Description du paysage jurassien et définition du concept de paysage

- Comment décririez-vous le paysage du Jura ? Quels sont les éléments qui le caractérisent ?
- Vous n'avez pas abordé *tel ou tel* aspect. Cette notion ne fait-elle pas partie de votre définition du paysage ?

Le choix des termes «paysage» et «Jura» sont volontairement très vagues et généraux dans le but d'en obtenir une définition personnelle et spontanée. La question est posée de façon très large afin de laisser la liberté à l'enquêté de l'aborder sous l'angle de son choix. Si l'enquêté demande plus de précisions, l'éconduire subtilement en lui proposant d'en discuter suite à sa réponse, afin de ne pas biaiser sa réflexion.

Si certains aspects de description (héritage culturel et naturel, exploitation agricole et forestière, industrie et artisanat, tourisme et loisirs, etc.) sont omis par l'enquêté, lui soumettre et lui demander pourquoi il ne les a pas mentionnés.

Identification avec le Jura

- Quelles sont les limites géographiques du territoire dont vous me parlez ?
- Quelles sont les limites géographiques du Jura, d'après-vous ?

Ces deux questions ont pour but de voir quelles sont les échelles de perception du paysage et si l'interlocuteur associe l'image d'une région en particulier (paysage conscient) au paysage jurassien. La première question permet de voir à quel paysage l'interlocuteur faisait référence dans sa description; la seconde cherche à déterminer à quel territoire il identifie l'Arc jurassien et se sent par conséquent proche.

Critères d'appréciation du paysage (en général et du Jura en particulier)

- Qu'est-ce qu'un paysage de qualité selon vous ? Quelles sont les principales qualités et faiblesses du paysage du Jura ?
- Pouvez-vous identifier les critères ou les indicateurs sur lesquels vous basez ?
- Lesquels utilisez-vous régulièrement dans votre travail ?

Cet ensemble de questions cherche à déterminer, en particulier sur la base de l'exemple jurassien, comment les interlocuteurs construisent leurs appréciations, comment elles sont légitimées (critères esthétiques,

éthiques, biologiques, économiques, socio-culturels, etc.) et quel est leur niveau de formalisation dans les pratiques.

Conscience de l'évolution du paysage jurassien

- Percevez-vous des changements dans le paysage du Jura depuis une vingtaine d'années ?
- Quelles sont les raisons possibles de ces changements d'après-vous ?
- Dans votre métier de tous les jours, sur quoi vous basez-vous pour estimer l'évolution de ce paysage ? Pouvez-vous identifier des critères ou des indicateurs que vous utilisez ?

Cette série d'interrogations évalue la sensibilité des acteurs aux changements paysagers, à la fois en termes quantitatifs (combien et à quel rythme) et qualitatifs (quels effets positifs et négatifs). Parmi les causes possibles, identifier leur nature (matérielle, sociale, politique, économique, mixte, etc.). A nouveau, la dernière question cherche à définir s'il existe des critères ou des outils formalisés utilisés pour prendre la mesure des transformations paysagères dans les pratiques. Une réponse concrète est attendue ici.

Sens et prise en compte du paysage dans la gestion

- Aujourd'hui, quelle(s) utilité(s) voyez-vous à la valorisation du paysage ?
- A quel niveau d'importance placez-vous la prise en compte du paysage au sein de vos activités professionnelles ?
- Les moyens dont vous disposez sont-ils adaptés ?
- Le critère paysager peut-il parfois être contraire à la réalisation d'objectifs centraux de votre activité ?

L'idée est ici de déterminer quelle importance a le paysage aux yeux de l'enquêté, de manière générale et dans son activité de gestion, en essayant de différencier les objectifs contraignants (ce qu'il est obligé de faire) et volontaires (ce qu'il fait réellement). Des exemples d'applications concrètes sont attendus pour étayer les opinions. L'évaluation des moyens à disposition doit faire ressortir s'il y a des lacunes et des inadaptations. La dernière question, volontairement polémique, peut éclairer plus précisément les représentations de l'enquêté en apportant des critères d'appréciation non évoqués jusqu'ici.

Conclusion

- Avez-vous encore quelque chose à ajouter?

III. MODES D'AGRÉGATION DES DONNÉES D'OCCUPATION DU SOL

Classification originale*	Agrégation en 23 classes	Agrégation en 10 classes
9 Aires afforestées		
11 Forêt normale	1 Forêt dense	1 Forêt
14 Coins de forêt, petit bois		
12 Forêt clairsemée	2 Forêt clairsemée	
17 Bosquets, haies	3 Groupes d'arbres, bosquets	
19 Espaces boisés restants		
10 Surface de forêt dévastée	4 Surface de forêt dévastée	2 Boisé sur SAU
13 Forêt clairsemée sur SAU	5 Forêt clairsemée sur SAU	
18 Groupes d'arbres sur SAU	6 Groupes d'arbres sur SAU	3 Improductif
16 Arbustes, broussailles	7 Végétation improductive	
97 Végétation herbacée improd.		
71 Vignes	8 Vignes	4 Cultures spéciales
75 Plantations fruitières		
76 Plantations fruitières extensives	9 Vergers	
77 Arbres fruitiers dispersés		
78 Horticulture	10 Horticulture	5 Prés et terres arables
81 Prés et terres arables	11 Prés et terres arables	
82 Autres prés et terres arables		6 Pâturages locaux
83 Pâturages locaux	12 Pâturages locaux	
84 Pâturages locaux embroussaillés	13 Pâturages locaux embroussaillés	7 Alpages
88 Alpages favorables	14 Alpages favorables	
86 Alpages embroussaillés	15 Alpages embroussaillés	
89 Alpages rocailloux		
99 Rochers, sables, éboulements	16 Improductif	3 Improductif
69 Berges		8 Zones humides
95 Biotopes humides	17 Zones humides	
96 Végétation des rives		
91 Lacs		
92 Cours d'eau	18 Eau	9 Habitat
93 Ouvrages de protection des crues		
25 Maisons individuelles	19 Habitat	
26 Maisons alignées et en terrasses		
27 Immeubles résidentiels		
29 Autres bâtiments		
45 Terrains attenant à 25		
46 Terrains attenant à 26		
47 Terrains attenant à 27	20 Bâti sur SAU	
49 Terrains attenant à 29		
28 Bâtiments agricoles		10 Zones artificielles
48 Terrains attenant à 28		
20 Ruines	21 Zones industrielles et spéciales	
21 Bâtiments industriels		
24 Bâtiments sur zone spéciale		
41 Terrains attenant à 21		
61 Install. d'approv. et d'élim.		
62 Install. approv. en énergie		
63 STEP		
64 Décharges		
65 Extraction de matériaux		
66 Chantiers		
23 Bâtiments dans lieux de détente	22 Infrastructures de loisirs	
51 Installations sportives de plein-air		
52 Jardins familiaux		
53 Camping, caravaning		
54 Terrains de golf	23 Infrastructures de transport	
56 Cimetières		
59 Parcs public		
31 Autoroutes		
32 Bordures d'autoroutes		
33 Routes, chemins		
34 Parcs de stationnement		
35 Périmètre de gare		
36 Voies ferrées		
37 Aéroports (en dur)		
38 Aéroports (gazon)		
67 Bordures de voies ferrées		
68 Bordures de routes		

* Parmi les 74 catégories originales, seules celles présentes dans l'Arc jurassien sont répertoriées ici.

Source de données: Statistique de la superficie 1979/85 et 1992/97, OFS

Tableau 1: Agrégations utilisées pour l'analyse des données de la statistique de superficie.

IV. MATRICE DES CHANGEMENTS TERRITORIAUX

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Déficit
1	x	19	95	872	84	69	20	1	1	2	52	29	3	143	6	16	6	4	26	3	359	16	83	1909
2	262	x	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	1	271
3	236	6	x	0	14	55	14	3	2	0	160	25	0	89	0	0	10	7	55	3	53	11	43	786
4	76	30	2	x	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	114
5	548	26	12	5	x	76	1	1	0	0	13	1	0	130	4	0	1	1	4	0	0	4	1	828
6	178	6	96	0	122	x	15	2	8	1	293	111	1	357	3	0	0	0	89	31	41	7	14	1375
7	116	10	56	0	5	6	x	6	1	0	61	10	0	16	0	39	1	1	12	0	15	3	17	375
8	0	0	0	0	0	3	1	x	4	2	26	2	1	0	0	0	0	0	41	1	11	2	7	101
9	4	1	5	0	0	33	2	50	x	18	2148	366	0	15	0	0	0	0	437	89	91	28	49	3336
10	1	0	2	0	0	2	2	0	4	x	88	6	0	0	0	0	0	0	26	0	16	9	5	161
11	216	1	178	0	5	244	80	279	707	214	x	3040	38	476	0	32	38	14	2286	307	2012	427	851	11445
12	33	1	16	0	9	49	18	13	21	1	665	x	24	0	0	1	1	1	47	25	43	17	18	1003
13	9	0	3	0	1	1	7	0	0	0	3	9	x	1	0	0	0	0	5	0	6	1	0	46
14	234	9	48	0	79	369	70	0	3	1	1389	16	0	x	123	3	12	3	54	52	87	17	95	2664
15	26	4	3	0	15	14	19	0	0	0	3	0	0	34	x	0	1	0	0	0	0	0	0	119
16	11	1	8	0	0	1	21	0	0	0	19	0	1	4	0	x	1	1	0	0	0	0	0	86
17	14	5	43	0	0	0	2	0	0	0	12	1	0	0	0	0	x	13	0	1	10	0	7	108
18	3	0	5	0	0	1	1	0	0	0	6	1	0	0	0	0	28	x	1	0	20	6	18	89
19	3	0	1	0	0	2	1	1	5	1	37	6	0	0	0	0	0	1	x	5	166	28	93	350
20	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	18	4	0	3	0	0	0	0	78	x	19	1	5	132
21	231	5	44	0	1	13	30	15	12	4	481	29	3	22	0	1	7	2	422	22	x	88	245	1677
22	0	0	0	0	0	1	2	1	0	3	42	1	0	2	0	0	1	1	33	1	45	x	27	160
23	28	0	4	0	1	2	4	2	1	0	93	4	0	7	0	0	1	0	34	2	75	9	x	267
Gain	2229	124	621	877	337	943	310	374	772	248	5610	3662	71	1303	139	92	108	49	3650	542	3070	674	1597	27402

Source de données: Statistique de la superficie 1979/85 et 1992/97, OFS

Tableau 2: Matrice des changements des 23 classes d'occupation du sol.

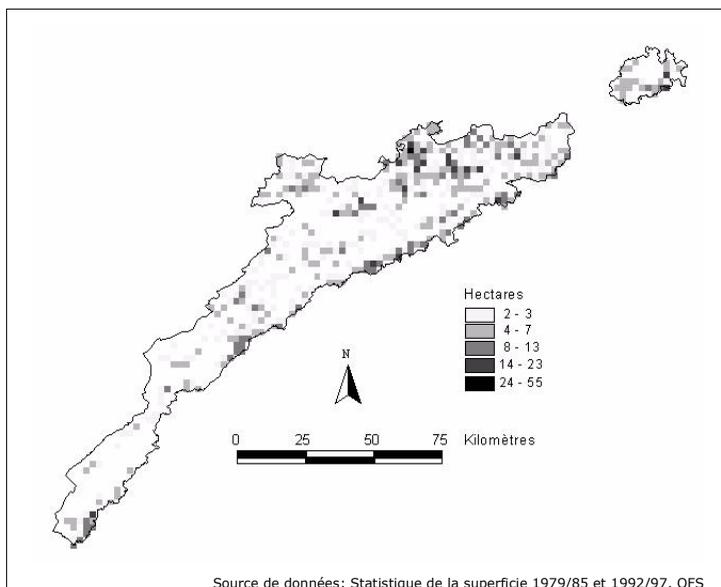
V. ATLAS DE CARTES DE LA DYNAMIQUE TERRITORIALE 1979-92

Figure 1: Augmentation de la surface d'habitat.

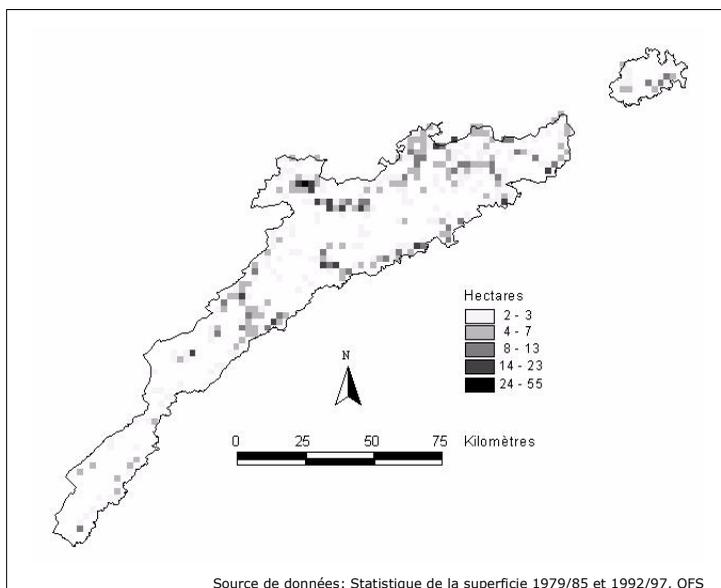


Figure 2: Augmentation de la surface des zones industrielles et spéciales.

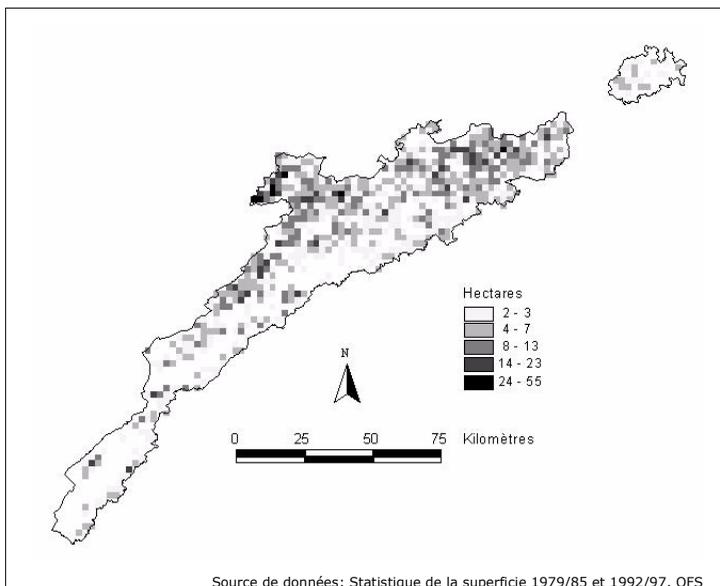


Figure 3: Augmentation de la surface de cultures (prés et terres arables).

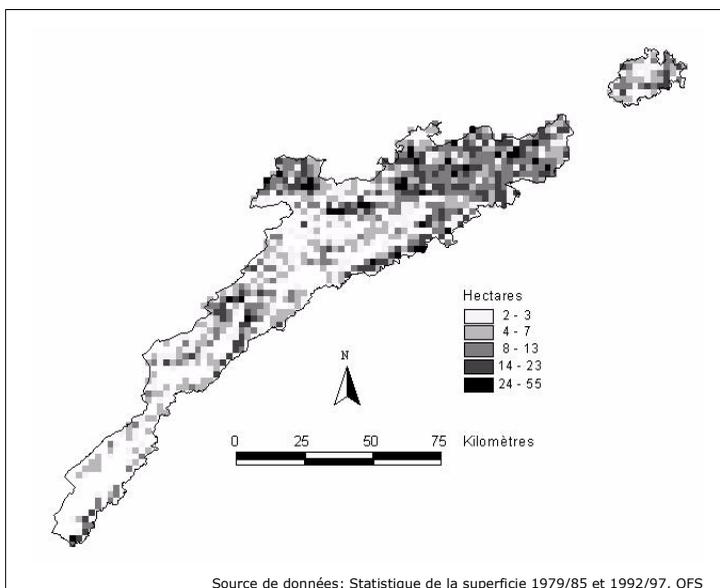


Figure 4: Diminution de la surface de cultures (prés et terres arables).

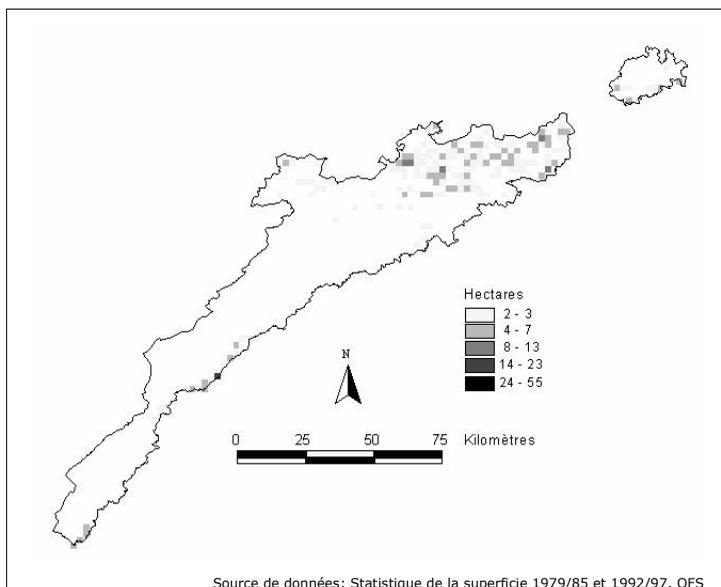


Figure 5: Augmentation de la surface de cultures spéciales.

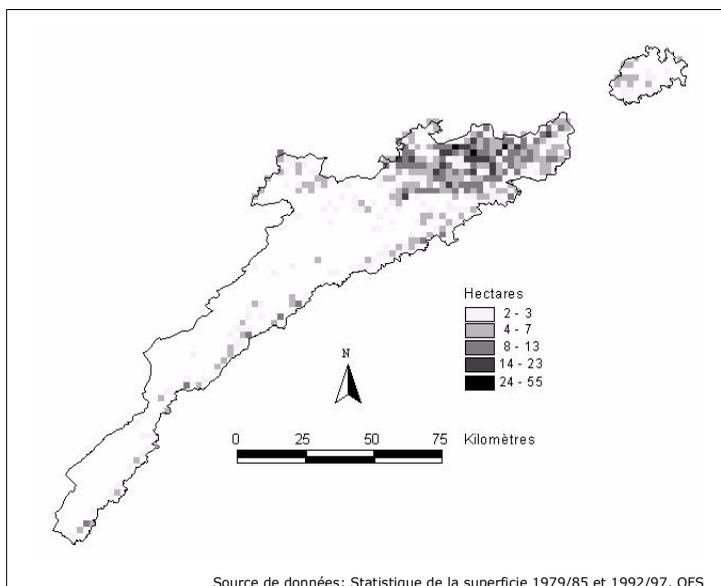


Figure 6: Diminution de la surface de cultures spéciales.

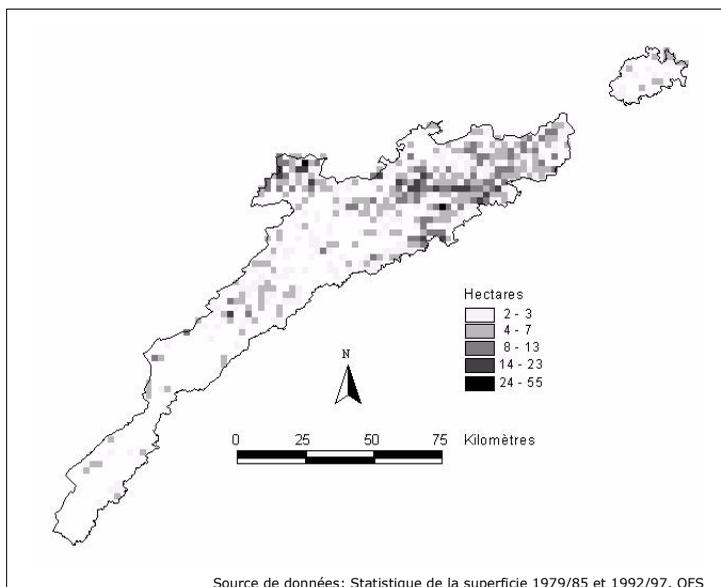


Figure 7: Augmentation de la surface de pâturages de plaine.

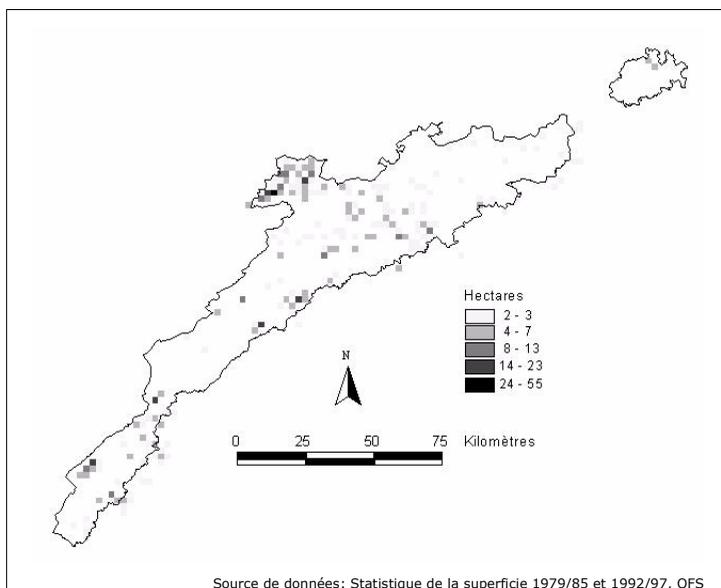


Figure 8: Diminution de la surface de pâturages de plaine.

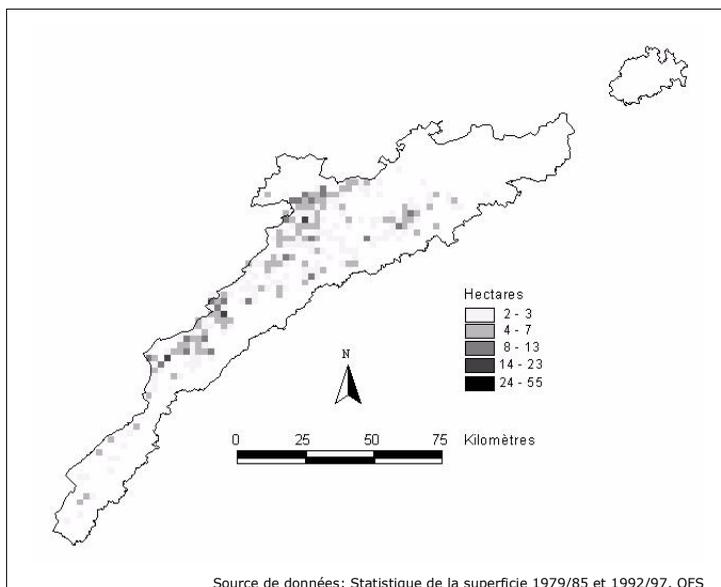


Figure 9: Augmentation de la surface d'alpages.

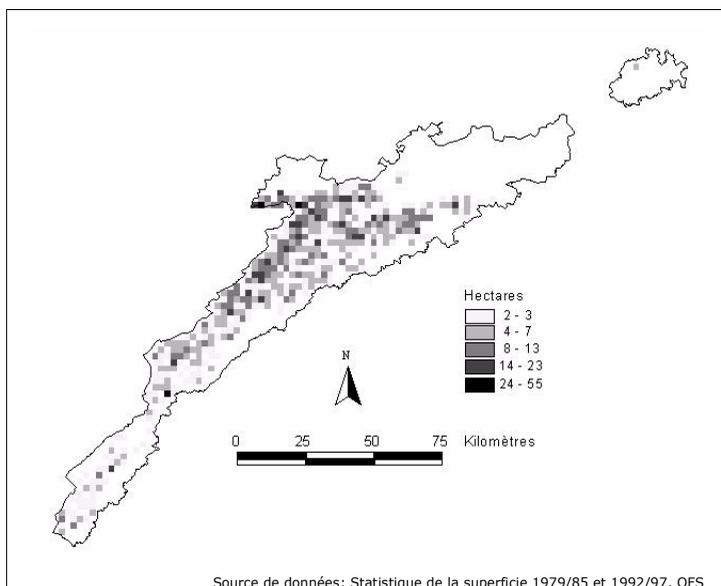


Figure 10: Diminution de la surface en alpages.

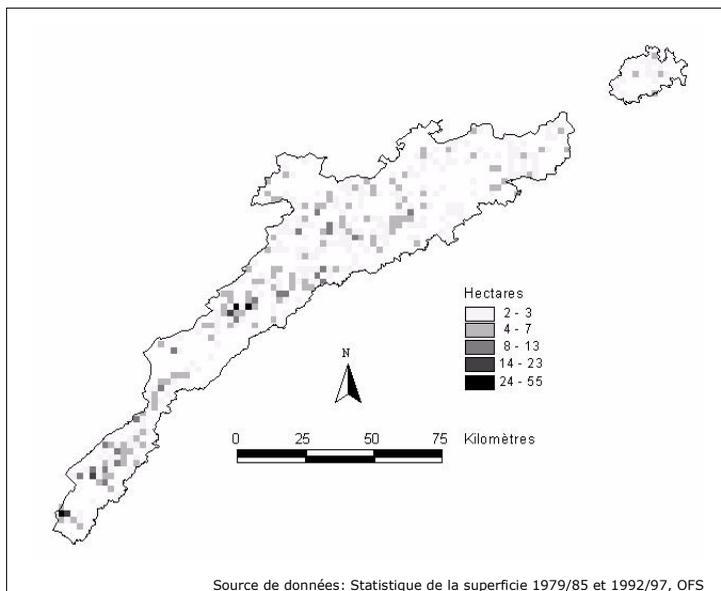


Figure 11: Augmentation de la surface forestière.

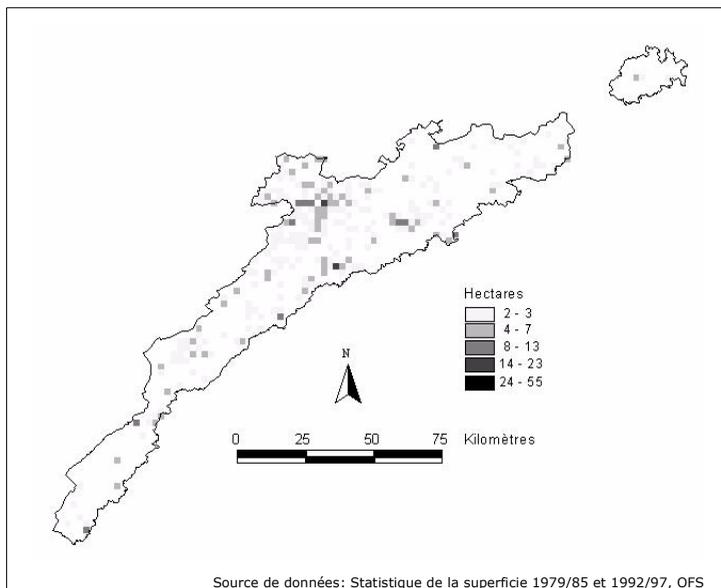


Figure 12: Diminution de la surface forestière.

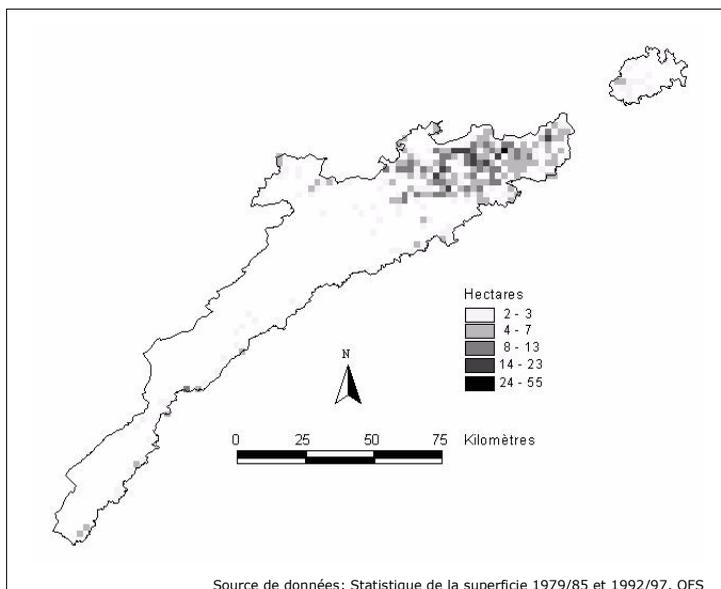


Figure 13: Conversion de vergers en prés / terres arables.

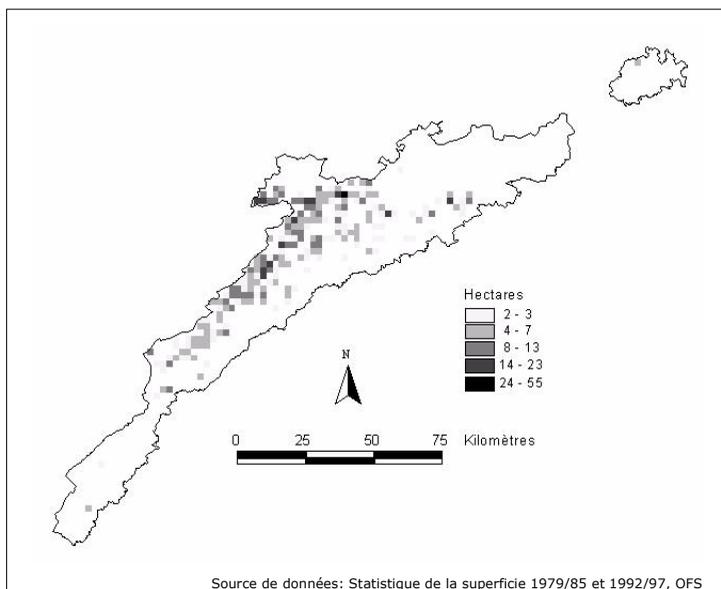


Figure 14: Conversion d'alpages en prés / terres arables.

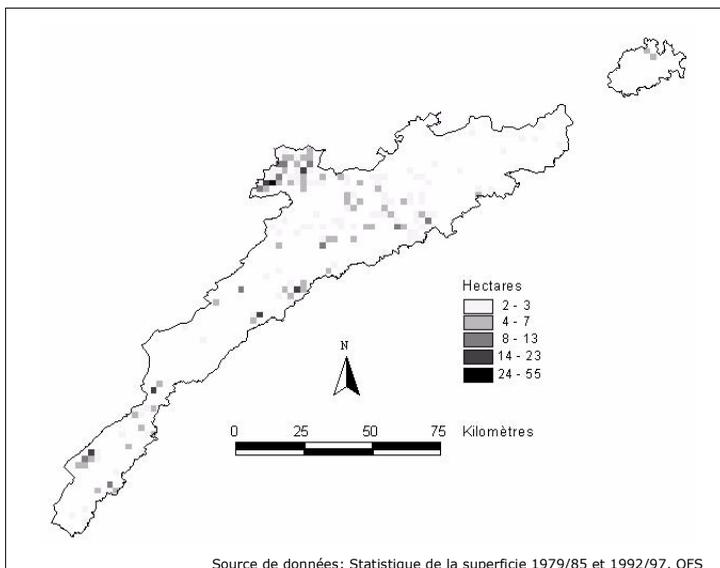


Figure 15: Conversion de pâturages en prés / terres arables.

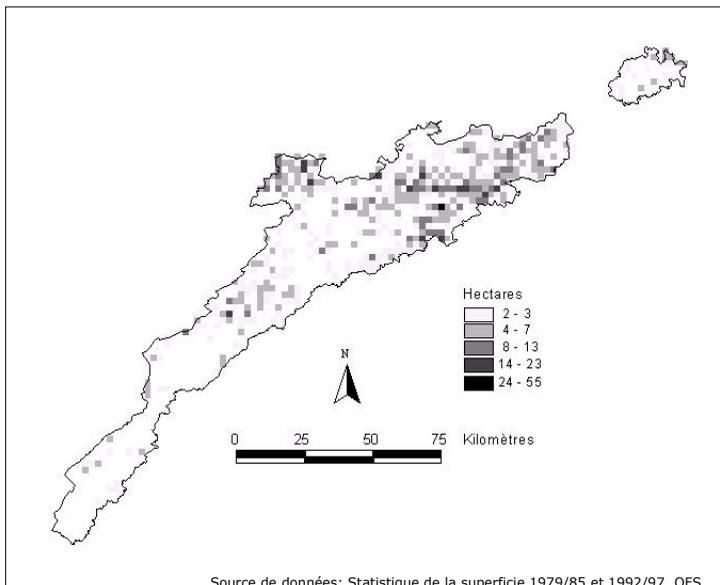


Figure 16: Conversion de prés / terres arables en pâturages.

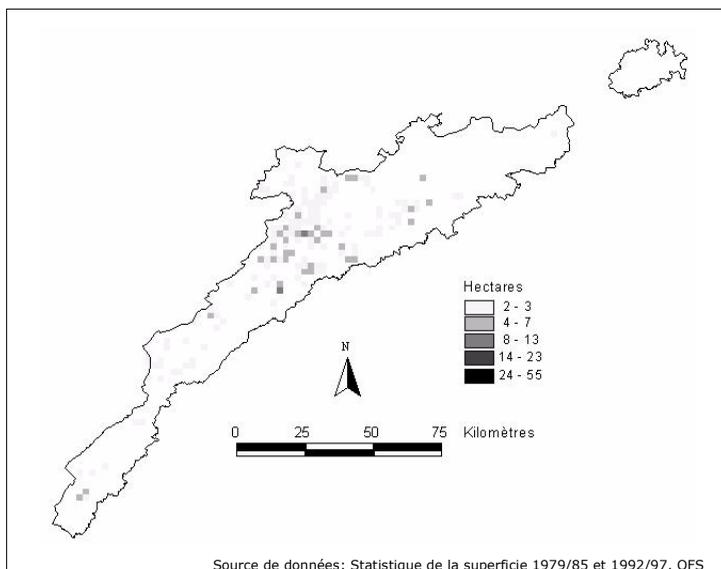


Figure 17: Intensification des zones pastorales.

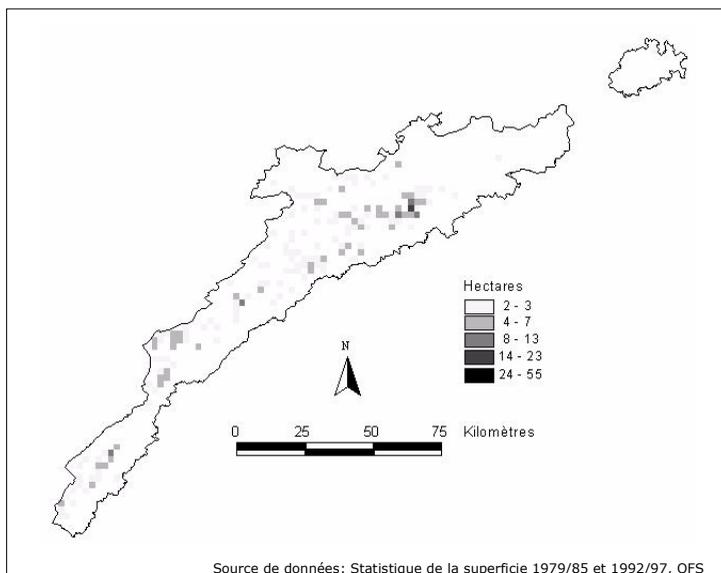


Figure 18: Extension des zones pastorales.

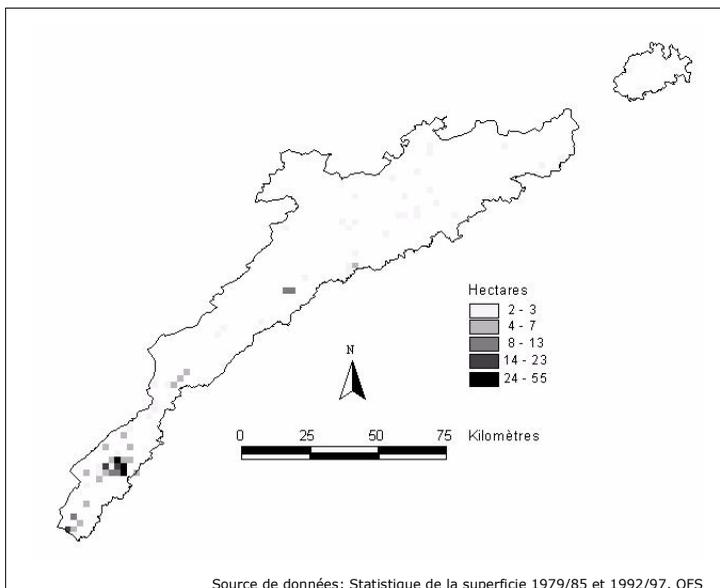


Figure 19: Densification de la forêt.

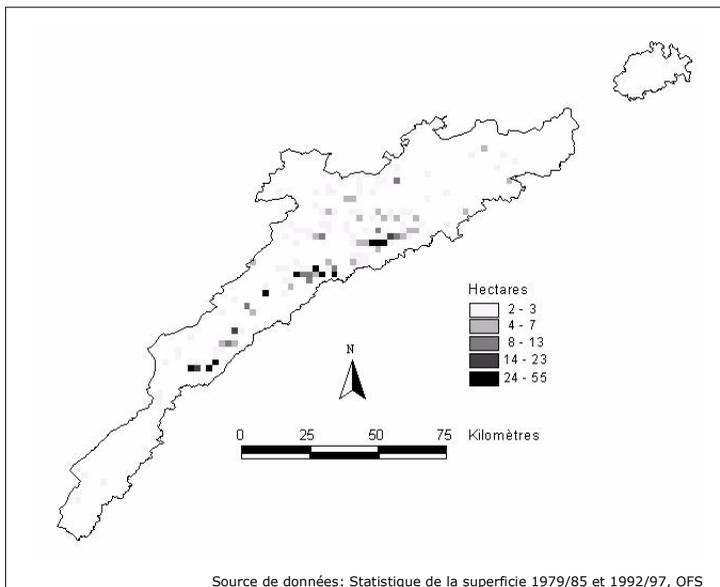


Figure 20: Eclaircie de la forêt.

VI. PROCÉDURES D'ANALYSE DE VISIBILITÉ

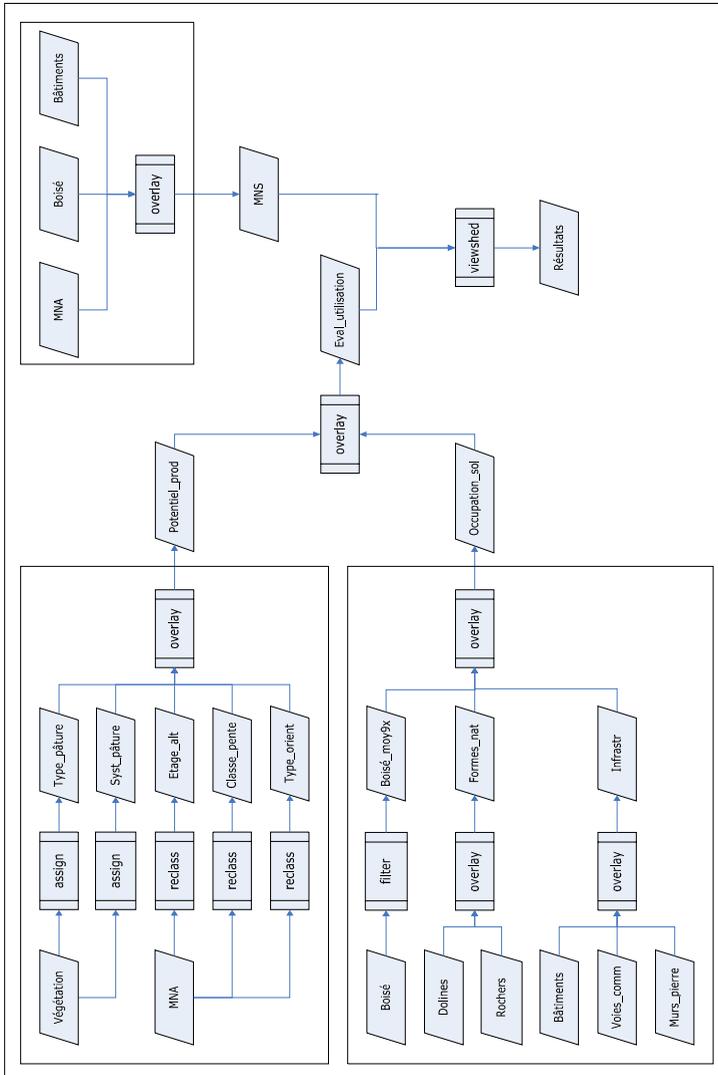


Figure 21: Diagramme des traitements pour la tendance conservatrice.

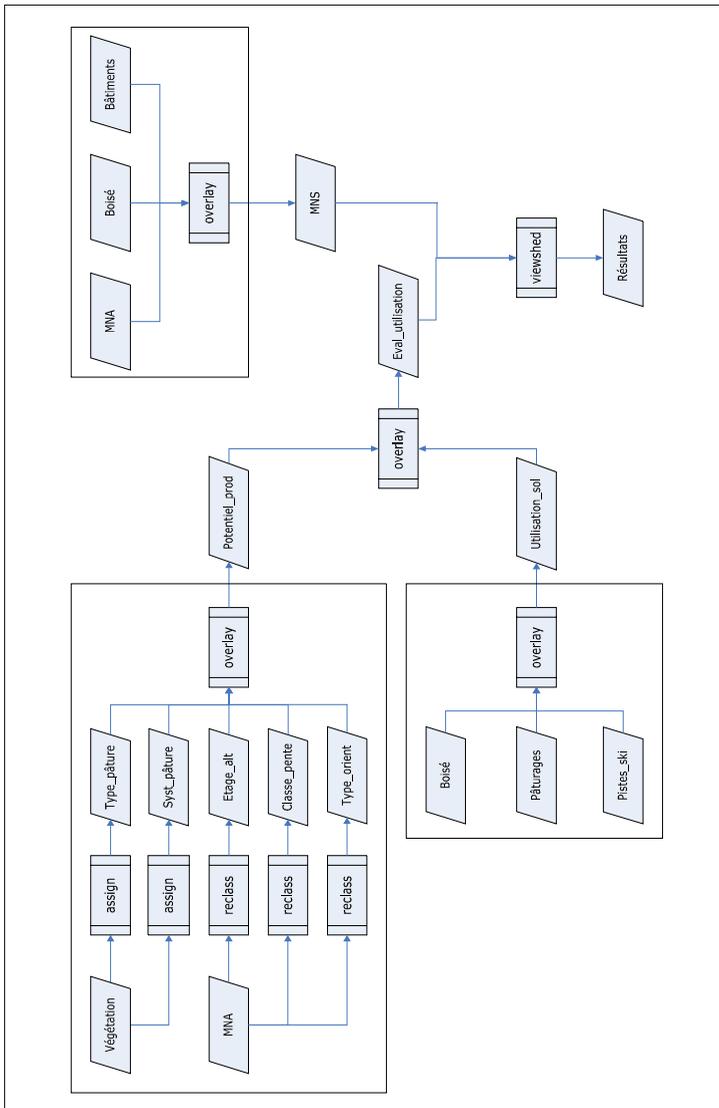


Figure 22: Diagramme des traitements pour la tendance pragmatique.

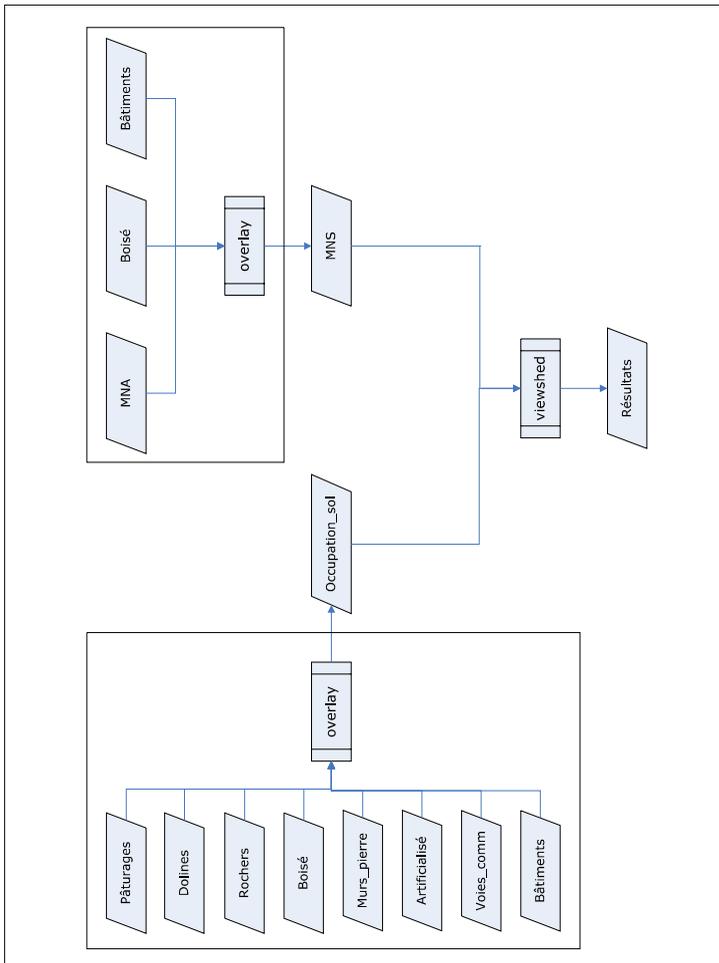


Figure 23: Diagramme des traitements pour la tendance romantique.

VII. LA 3^{ÈME} DIMENSION DANS LES SIG

Que ce soit dans les projets de planification urbaine, d'aménagements paysagers, de génie civil, de gestion des ressources naturelles, de prévention des risques, de développement régional et touristique ou encore de téléphonie mobile, la troisième dimension joue souvent un rôle considérable dans la prise de décision. Toutefois, le fait que les systèmes actuels soient relativement limités pour gérer l'espace en 3D, au profit de modélisations cartographiques plus conventionnelles, n'est pas sans raison. Une représentation tridimensionnelle du territoire implique l'acquisition de nouvelles données, souvent plus coûteuses, qui prennent en compte l'axe z (Swanson, 1996). Ceci a pour effet une augmentation considérable des volumes de données à traiter et a fortiori des problèmes de gestion et de stockage (*ibid.*). Cela se traduit du point de vue matériel par le besoin de systèmes informatiques plus performants en termes de mémoire et de processeur. Deuxièmement, l'intégration de la troisième dimension nécessite la définition d'un nouveau paradigme et de nouveaux modèles du territoire. Une réflexion dans ce sens, basée sur les questions de représentation de l'information, de fonctionnalités et d'interactivité spatiale, doit encore être approfondie.

LES OBJECTIFS DE LA 3D

Les problématiques territoriales et paysagères sont souvent complexes et les moyens de les aborder relèvent en grande partie de domaines de spécialistes (Gremminger *et al.*, 2001). Un défi majeur est de réussir à communiquer de manière claire les résultats des analyses effectuées. La visualisation de l'information apparaît comme un moyen intéressant pour transmettre un message (Zack, 1999), dans la mesure où le cerveau humain le traite beaucoup plus efficacement que sous forme textuelle, chiffrée ou diagrammatique (Tufte, 1983). D'une manière générale, le recours à la troisième dimension intervient pour répondre à quatre objectifs.

Le premier concerne la visualisation de l'espace dans un but de communication et de compréhension. Cette possibilité est particulièrement intéressante pour représenter l'état du territoire, localiser des zones d'intervention et d'aménagement ou encore effectuer des reconnaissances de terrain pour des missions. Selon les besoins et les connaissances de l'utilisateur, différents niveaux de réalisme peuvent être utilisés (*Figure 24*). Ainsi, il n'est pas forcément indispensable de toujours opter pour un degré maximal de détails pour bien communiquer son message (Joliveau, 1994; MacEachren, 1998; Sheppard, 1999). De même, selon les problématiques, le choix se portera sur la génération d'images statiques ou de scènes dynamiques.

Le deuxième objectif est celui de la modélisation du territoire et de la simulation de scénarios d'évolution. Si le résultat est visuel, il repose sur une connaissance approfondie du fonctionnement du territoire et de sa dynamique. On peut citer comme exemple l'évaluation de variantes d'aménagement dans le cadre d'études d'impacts sur l'environnement, la

reconstitution de sites archéologiques ou de paysages dévastés, ou encore la visualisation de modèles de régénération de zones de forêts. Dans ce dernier cas, la croissance des arbres peut être représentée par une série d'images indépendantes réalisées à différents intervalles, ou simulées en générant des animations qui intègrent la dimension temporelle.

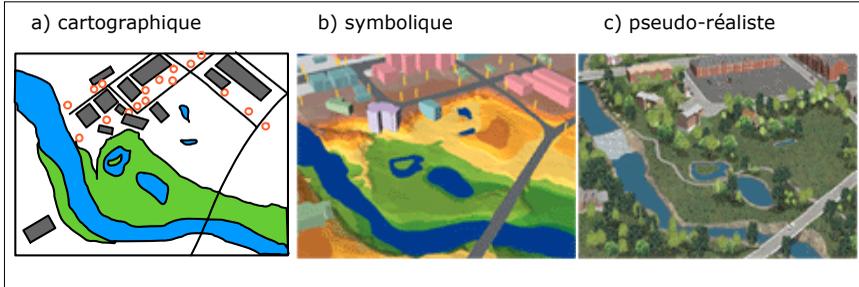


Figure 24: Différents types de représentation de l'information géographique.

Troisièmement, l'analyse en 3D est un objectif pour lequel il existe encore relativement peu de fonctions. Nombreuses sont les applications qui nécessitent cependant des opérateurs tridimensionnels. Les analyses de formes et de relations spatiales entre objets sont fondamentales en géologie, en géomorphologie ou encore en écologie. En milieu urbain, les problématiques de propagation de bruit ou d'identification d'obstacles aux performances de réseaux de téléphonie mobile font également appel à la 3D.

Pour terminer, la navigation interactive répond à un but plus élevé qui offre à l'utilisateur immergé dans un monde virtuel des fonctions de localisation spatiale et d'interrogation des informations stockées dans une base de données. Cet objectif n'est pour l'instant pas encore atteint, même si certaines expériences commencent à se développer, en particulier sur le *web*, notamment pour faire la promotion de régions touristiques.

APERÇU DES OUTILS POUR LA 3D

Il existe un ensemble relativement hétérogène de logiciels qui intègrent plus ou moins les fonctionnalités 3D évoquées ci-dessus. On peut globalement distinguer les outils d'acquisition de données tridimensionnelles des outils d'exploitation et de valorisation de l'information visuelle, même si certains produits permettent dans une certaine mesure de faire les deux.

Dans le domaine de l'acquisition de données, les logiciels de photogrammétrie offrent une panoplie complète de fonctions pour numériser la troisième dimension, tant pour des surfaces que pour des objets complexes sous forme vectorielle, en utilisant des couples d'images stéréos. Ces logiciels, tout comme les systèmes basés sur les technologies de CAO, ont de plus d'excellentes capacités de visualisation de données en 3D. Cependant, elles sont affichées comme de simples éléments graphiques et ne permettent généralement pas de les manipuler comme des objets géographiques avec un lien vers une base de données.

Les outils 3D plus spécialisés en aménagement du paysage fournissent en général d'excellents résultats en termes de représentation virtuelle. La modélisation des éléments de l'espace sous forme d'objets 3D, auxquels sont associés des textures et des contraintes spatiales (Berry *et al.*, 1998), amène une nouvelle grammaire pour la conception d'images tridimensionnelles. Ceux-ci, ainsi que le ciel, la lumière et les effets atmosphériques, sont générés par le calcul de fractales (Swanson, 1996). Plusieurs images successives peuvent créer des animations suivant un tracé prédéfini dans l'espace ou reflétant une dynamique temporelle dans un paysage. Certains d'entre eux, issus du graphisme et de l'animation, ne prennent toutefois pas explicitement en compte la composante géographique. Si d'autres ont une architecture similaire à celle des SIG, c'est-à-dire organisée en couches d'informations, ils ne proposent généralement aucune liaison possible avec une base de données, ni aucune fonction d'analyse.

Un pas supplémentaire est de créer de véritables mondes virtuels, offrant à l'utilisateur de réelles possibilités de navigation et d'interaction à l'intérieur d'un environnement 3D. Différents langages de modélisation de réalité virtuelle ont été développés dans ce but, à l'image de VRML et de GeoVRML pour les données géoréférencées. Mais les outils de navigation interactive sont actuellement en plein développement. Si les capacités de visualisation sont d'ores et déjà excellentes, y compris sur le *web*, les fonctions de requête et d'analyse en sont seulement à leurs débuts.

LA 3D DANS LES SIG

Profitant de l'émulation créée autour des technologies de l'information ainsi que des développements réalisés dans le domaine militaire et celui de l'industrie du jeu vidéo, particulièrement en avance dans le domaine de la 3D (Sheppard, 1999), les SIG connaissent une évolution progressive en la matière. Traditionnellement ancrés dans le paradigme cartographique, ils sont passés, ils proposent cependant des environnements de plus en plus complexes pour traiter l'information géographique.

Les SIG permettent essentiellement de modéliser l'espace en deux dimensions. Si la dimension *z* est quasiment devenue incontournable dans les systèmes d'information géographique, son intégration demeure néanmoins partielle (Swanson, 1996). Au contraire des coordonnées *x* et *y* qui sont continues sur l'ensemble d'une zone d'étude, l'élévation est traitée de manière discrète. Elle se limite généralement à l'altitude au niveau de la surface terrestre (modèle numérique de terrain). De plus, la hauteur des éléments du territoire, comme par exemple les bâtiments ou la forêt, est le plus souvent définie sous la forme d'un attribut constant (Raper et Kelk, 1991). Avec l'apparition de nouveaux jeux de données altimétriques, notamment par *laser scanning*, la description de l'élévation du sol ainsi que des objets spatiaux devient plus fine. Pour la plupart des applications, cette information, bien qu'incomplète, s'avère largement suffisante. En revanche, certaines disciplines, telles que la géologie, la pédologie, la climatologie ou encore la pollution atmosphérique, exigent un modèle tridimensionnel

continu de l'espace. De ce fait, elles font généralement appel à des logiciels spécialisés d'analyse.

Parmi la liste des fonctionnalités disponibles dans les SIG, seules celles permettant de localiser, d'interroger et de représenter des données sont actuellement permises en 3D. Du fait de l'absence d'un réel modèle de données tridimensionnelles, les fonctions d'édition ne s'appliquent ni à la construction, ni à la transformation de volumes. Par ailleurs, l'ensemble des opérateurs d'analyse, y compris ceux qui concernent les calculs de pente, d'orientation, de concavité, d'illumination ou encore de visibilité, repose sur des algorithmes 2D. La dimension z est prise en compte sous la forme d'un attribut, et non pas d'une coordonnée spatiale. Ainsi, des fonctions spatiales réellement 3D doivent encore être développées, sur la base de celles qui existent en 2D. Par exemple, la caractérisation des formes dans l'espace (calcul du volume, du centroïde, des surfaces projetées, etc.) et de leurs interrelations métriques (distance 3D, profondeur, etc.) et topologiques (intersection de volumes, positions relatives, etc.) sont toujours des objectifs à atteindre (Raper et Kelk, 1991; Riedo, 1999). L'intégration dans le présent travail des aspects liés à la perception visuelle, telles que les déformations dues à la perspective, va dans ce sens. La structuration des données tridimensionnelles est cependant encore très limitée et nécessite des modèles adéquats, tels que ceux orientés-objets (Swanson, 1996).

L'apport majeur de la 3D dans le monde des SIG se situe sans conteste au niveau de la représentation. L'interface cartographique traditionnelle offre une vue globale et orthogonale d'un espace ainsi qu'un mode d'interaction limité à des possibilités de zoom et de panoramique. La simple projection d'un modèle numérique d'altitude en 3D, que ce soit sous la forme de matrices ou de triangles de Delaunay, avec la possibilité de draper des images et des couches vectorielles, a amené un regard nouveau, oblique et détaché, de l'espace, ainsi que des possibilités de navigation inédites (translation, rotation). Simplifié à la représentation du relief sans prendre en compte les objets qui le recouvrent, ce type de visualisation, dit en 2D½, constitue un intermédiaire vers la véritable 3D. Chez la plupart des fabricants de logiciels, des extensions spécifiques ont été développées pour permettre d'intégrer des objets 3D, provenant de bibliothèques spécifiques ou de l'extrusion de données vectorielles, dans la création de scènes en perspective. L'ajout de textures et d'effets visuels permet par ailleurs d'améliorer la vue. Au-delà des possibilités d'interactivité déjà mentionnées plus haut, certains outils offrent des capacités d'immersion à l'intérieur de la scène. Les déplacements et mouvements dans l'espace peuvent être enregistrés pour créer des animations vidéos. Toutes ces formes de représentation de l'information géographique constituent en soi des modèles d'analyse visuelle, qui aident à la compréhension et à l'interprétation des phénomènes spatiaux.

Dans les SIG, les progrès en termes de 3D ne sont pas homogènes et restent largement orientés vers la visualisation (Sheppard, 1999; Verbree *et al.*, 1999). Comme on l'a vu, il n'existe pas concrètement de modèle tridimensionnel de données et, par conséquent, les fonctions d'analyse en la matière sont absentes. Pour qu'un SIG soit considéré comme un véritable

outil 3D, il doit être capable de gérer l'information sous la forme de surfaces (NURBS) ou d'objets géométriques 3D en mode vecteur (Raper et Kelk, 1991; Swanson, 1996), ou sous la forme de voxels (pixels cubiques) en mode raster (Raper et Kelk, 1991). L'utilisation de l'imagerie comme source d'informations spatiales doit par ailleurs être renforcée dans les techniques de visualisation.

CONCLUSION

Les SIG connaissent depuis quelques années une évolution technologique en même temps qu'un changement de référentiel, pour lesquels la 3D joue un rôle important. On a en effet pu observer le passage de technologies lourdes, de type expert, à des outils beaucoup plus accessibles et interactifs (Ervin, 1997; Sheppard, 1999; Limp, 2000). De même, l'approche traditionnelle, orientée sur la production de cartes statiques dans des domaines spécialisés, a évolué vers des représentations multidimensionnelles tournées vers le multimedia et la réalité virtuelle (MacEachren, 1998), qui valorisent la richesse de l'information par les potentialités d'interaction qu'elles proposent (Ervin, 1997; Orland *et al.*, 2001). La visualisation de l'espace en perspective, moins abstraite que la projection cartographique, amène ainsi un point de vue relatif et dynamique sur le monde, qui renforce la relation à l'espace.

Le défi majeur à relever dans la gestion de la 3D ne concerne pas tant les aspects technologiques que les modalités méthodologiques et sémiologiques (Cartwright *et al.*, 1999; Gahegan, 1999). A côté des questions de modélisation et d'analyse des données se pose la question de l'adaptation des formes de représentation graphique aux contenus des messages, en fonction des objectifs de communication. La cartographie traditionnelle reste une référence de codification en la matière, dont il est parfois difficile de se défaire (Swanson, 1996). Le paradigme tridimensionnel a son propre langage, dont l'étendue n'a pas été explorée dans sa totalité. Il apparaît donc nécessaire de renforcer les liens entre la 2D et la 3D (Riedo, 1999) pour identifier les points communs et les différences, que ce soit du point de vue de la modélisation, de l'analyse ou de la représentation.

Actuellement, les SIG fournissent des solutions partielles pour prendre en compte la troisième dimension. En l'absence de technologies intégrées qui soient totalement satisfaisantes pour répondre aujourd'hui à l'ensemble des besoins, il faut avoir recours à une solution mixte qui fait appel à plusieurs outils. Parmi toute la gamme de produits disponibles, il ressort une vraie complémentarité, entre ceux qui sont voués à l'acquisition de données, à la modélisation et la simulation de mondes virtuels, à l'analyse de l'espace et à la navigation interactive. Dans le contexte des technologies de l'information, le couplage des SIG avec des logiciels spécifiquement 3D est souhaitable pour améliorer les potentialités existantes (Cartwright *et al.* 1999; Limp, 2000). Cependant, pour garantir une bonne intégration des outils 3D, ceux-ci doivent être bien adaptés aux objectifs et aux dimensions du projet pour lequel ils sont mobilisés. Pour cela, ils doivent répondre de manière fiable aux besoins en termes de modélisation, d'analyse et de représentation et être

appropriés à l'échelle de travail et au niveau d'expertise requis (Gahegan, 1999; Sheppard, 1999; Gremminger *et al.*, 2001). Par ailleurs, il est important qu'ils garantissent un bon niveau d'interopérabilité, particulièrement en ce qui concerne le partage de l'information géographique avec les SIG ou l'accès à des bibliothèques d'objets 3D, de palettes et de textures (Sheppard, 1999). Finalement, leur prise en main doit être relativement aisée, grâce à une interface ergonomique et conviviale, ainsi qu'à une documentation claire (*ibid.*; Gremminger *et al.*, 2001).

Comme on l'a vu, la troisième dimension intervient surtout au niveau de la visualisation. Si la représentation en perspective constitue un outil d'évaluation important pour la gestion de l'espace, le message qu'elle véhicule n'est jamais totalement neutre. Il est vrai qu'elle facilite la compréhension des acteurs concernés et suscite leur participation effective dans les processus de négociation, en éveillant d'autres représentations dans la recherche de solutions (Gremminger *et al.*, 2001). Cependant, la visualisation fait intervenir une part de subjectivité, autant chez le producteur de vues que chez le spectateur de celles-ci. Les techniques existantes offrent en effet une multitude de possibilités dans la manipulation des images, qui peut aller très loin dans le détail (*ibid.*). Le recours à des représentations maquillées, qui masquent les atteintes d'un projet et mettent en valeur ses retombées positives, est un danger bien connu. Pour certains auteurs, la construction d'images 3D doit faire l'objet de standards et de lignes de conduite claires, dispensées dans le cadre de formations spécifiques (MacEachren, 1998; Sheppard, 1999). Afin de ne pas biaiser le message, les analyses visuelles devraient être confiées à des partenaires externes et neutres (Gremminger *et al.*, 2001). Du point de vue du spectateur, la 3D a un pouvoir de séduction énorme (Sheppard, 1999). Elle est la manifestation d'une esthétique post-moderne, propre et hyperréaliste, qui entretient la confusion des sens (Luginbühl, *in*: Marcel, 1989). Sous l'apparence d'une forme parfaite, elle véhicule un contenu tronqué. Derrière l'illusion, se cache l'ambiguïté du message, avec les biais de l'interprétation qui en découlent (Bécholey *et al.*, 1998). Ainsi, les aspects cognitifs liés aux nouveaux outils de visualisation méritent d'être étudiés plus en détail, pour mieux en maîtriser l'utilisation (Preece, 1991; MacEachren, 1998).

Même si le potentiel de ces nouvelles technologies doit encore être développé et évalué, il annonce de belles perspectives dans le domaine de l'évaluation et de l'aménagement du territoire et du paysage.

VIII. MODÉLISATION DE LA DYNAMIQUE PASTORALE

PROBLÉMATIQUE DE DÉPART

Les pâturages, en tant qu'entités spatiales différenciées, montrent le plus souvent des structures inégales dans leur utilisation (Ganskopp, 2001). L'utilisation pastorale est définie comme étant le degré de prélèvement des herbages par le bétail, exprimé en pourcent du potentiel fourrager disponible (Heady, 1949). Le pacage n'est pas homogène sur l'ensemble de la surface (Stoddart, 1960), mais fait apparaître un gradient d'utilisation entre les zones les plus visitées par le bétail et celles laissées pour compte (Hyman *et al.*, in: Turner *et al.*, 1991). Ceci s'explique par une combinaison complexe de facteurs qui font intervenir à la fois les conditions du milieu, les performances animales et les modes de gestion (Williams, 1954; Stoddart, 1960; Cook, 1966; Gillen *et al.*, 1984; Owens *et al.*, 1991; Hart *et al.*, 1993; Lyons et Machen, 2001; 2002).

La gestion efficace du pâturage vise l'optimisation du revenu de l'élevage, tout en favorisant la régénération des herbages, sans remettre en question les conditions du milieu ni interférer avec d'autres utilisations du territoire (Stoddart, 1960). La distribution des troupeaux et l'utilisation des ressources par celui-ci sont dès lors fondamentales pour atteindre cet objectif de durabilité. Du point de vue opérationnel, il existe une relation directe entre la production et le chargement en bétail (*Figure 25*).

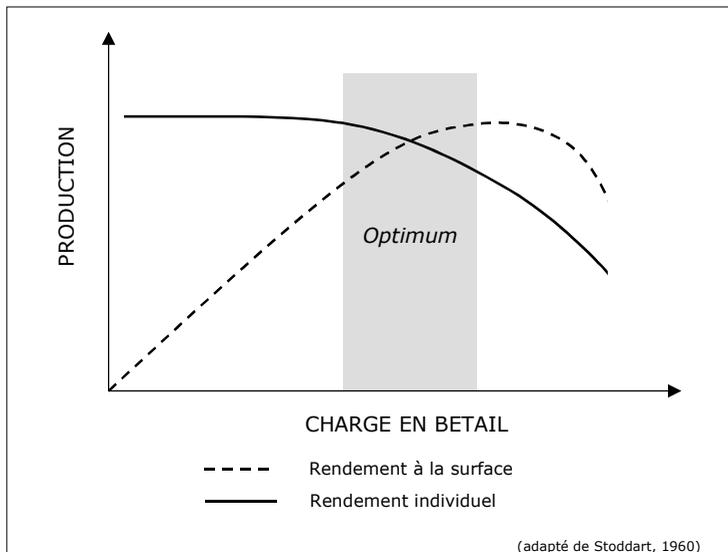


Figure 25: Schéma théorique de la relation entre la charge en bétail et la production animale.

Dans une certaine mesure, l'augmentation de la charge en bétail favorise le rendement à la surface. La réduction du nombre d'animaux va améliorer les

performances individuelles jusqu'à un certain point, mais la production par unité de surface diminuera. Ainsi, il existe un optimum de chargement qui maximise à la fois la production individuelle et à la surface.

Si l'inadaptation de la charge en bétail s'avère contre-performante pour l'exploitation, elle est aussi une menace pour l'environnement et pour la multifonctionnalité. Les effets de la surcharge se traduisent par la disparition des herbages les plus riches en nutriments, remplacés par une végétation moins productive (Lyons et Machen, 2001). En récupérant moins bien les précipitations, cette dernière diminue la capacité du sol à stocker l'humidité et remet en question la stabilité du substrat (Stoddart, 1960). A côté des risques d'érosion dus à un piétinement et un abroustissement intensifs (Blackburn, 1984 cité dans Bailey *et al.*, 1996; Walker et Heitschmidt, 1986), l'infiltration des déjections peut conduire à la pollution des sources d'eau (Stoddart, 1960; Bailey *et al.*, 1996). Par ailleurs, l'influence de l'utilisation des pâturages est largement reconnue dans le domaine de la conservation biologique et du paysage (Senft *et al.*, 1983; Coppolillo, 2001). La concurrence qui peut exister dans l'utilisation des ressources entre les animaux domestiques et la faune sauvage (Bailey *et al.*, 1996) est souvent négligée dans les pratiques de gestion (Stoddart, 1960). Ainsi, une sur-utilisation du pâturage par le bétail peut mener à l'insularisation de certains milieux, voire même à la disparition de certaines populations (Bailey *et al.*, 1996; Coppolillo, 2001). Du point de vue de la politique territoriale, l'importance de l'exploitation pastorale doit être évaluée relativement aux autres utilisations du sol (Stoddart, 1960). Les interférences dues à une inadaptation des pratiques amènent un manque à gagner et remettent en question la durabilité des activités. L'intensification de la production et ses corollaires, à savoir la fragilisation du milieu, la disparition des éléments patrimoniaux et la concurrence des activités territoriales, amènent une banalisation du paysage.

La sous-exploitation du pâturage a également des impacts importants sur les écosystèmes, l'économie spatiale et, en définitive, le paysage. L'abandon de certaines zones -qui ne sont pas forcément les moins rentables- par le bétail favorise la succession végétale. A mesure qu'elles s'embroussaillent, ces surfaces voient leur potentiel nutritif diminuer. De plus, la croissance de ronces, de buissons et d'arbres rend leur accès de plus en plus difficile. Certaines zones peuvent devenir impraticables si elles atteignent un niveau de biomasse élevé (Owens *et al.*, 1991). En termes écosystémiques, si une certaine hétérogénéité favorise la biodiversité à moyenne échelle, en fournissant par exemple des refuges aux espèces sensibles au pacage du bétail ou en améliorant la connectivité entre les milieux naturels (Bailey *et al.*, 1996; Coppolillo, 2001), cette dynamique d'enfrichement des terres mène à terme à une uniformisation du territoire. De plus, ce processus handicape l'exercice des autres activités territoriales, que ce soit l'exploitation du bois ou les loisirs en plein air, en limitant l'accessibilité dans l'espace. En se refermant, le paysage perd sa diversité et son attrait.

En augmentant la charge en bétail au-dessus de la valeur admise, le faible bénéfice en retour à court terme ne compense pas le risque de dégradation

durable du territoire (Hart *et al.*, 1988). A l'inverse, en la diminuant en-dessous du seuil optimal, la fonction d'entretien n'est plus assurée et le paysage se referme. A mesure que la pression diminue, le pacage devient de moins en moins homogène (Williams, 1954).

BESOIN DE MODÈLES D'UTILISATION DU PÂTURAGE

L'utilisation uniforme du pâturage est un objectif de gestion durable largement admis (Heady, 1975 cité dans Ganskopp, 2001; Owens *et al.*, 1991; Brock et Owensby, 2000). Comme on l'a vu précédemment, elle est liée d'une manière générale à la charge en bétail. Plus spécifiquement, l'homogénéité de la pâture dépend de la répartition des troupeaux dans l'espace et de la consommation locale des herbages disponibles. Or, s'il existe une abondante littérature à ce sujet, il manque réellement de connaissances quantitatives et prédictives sur les facteurs environnementaux qui déterminent ou influencent les structures spatiales d'utilisation du pâturage par le bétail (Senft *et al.*, 1983). Il n'y a pas véritablement de méthodes pour prédire la distribution du pacage, estimer la disponibilité des herbages et leur prélèvement, identifier les impacts écologiques et explorer les effets à long terme de l'hétérogénéité dans l'utilisation des ressources (Coppolillo, 2001). Il existe ainsi un réel besoin d'informations détaillées sur les modes d'utilisation du pâturage (Roath et Krueger, 1982).

Dans la pratique, l'utilisation du pâturage est généralement évaluée a posteriori. Le bilan de fin de saison détermine si le pâturage a été géré correctement ou s'il a été sur- ou sous-exploité. Ce type d'approche réactive, basée sur la perception et le jugement humain (Heady, 1949), fournit un indice global d'utilisation, mais ne permet pas d'identifier clairement des zones problématiques de surcharge ou en voie d'abandon. Les options d'ajustement de l'exploitation qui consistent à modifier la charge en bétail, la durée de pâture ou le système de rotation s'appliquent à l'ensemble du territoire et ne sont par conséquent pas des moyens satisfaisants pour résoudre le problème de l'hétérogénéité du pacage. Une connaissance plus approfondie de l'utilisation du pâturage est nécessaire pour mettre en place des mesures localisées pour améliorer l'efficacité de la gestion.

DESCRIPTION DES MÉCANISMES DE PÂTURE

L'utilisation du pâturage par le bétail est influencée par plusieurs composantes. La pâture est déterminée à un premier niveau par les conditions du milieu physique et biotique, qui accueille le bétail. Son activité dans l'environnement varie selon ses caractéristiques physiologiques et éthologiques (Senft *et al.*, 1985) et selon les modes d'exploitation. La mise en oeuvre de stratégies de gestion peut avoir des effets directs, en modifiant le comportement des animaux, ou indirects, en réorganisant les structures spatiales, sur la distribution du bétail dans le territoire. L'ensemble de ces

composantes, décrites ci-dessous, interagissent de manière complexe dans le processus de pâture (Figure 26).

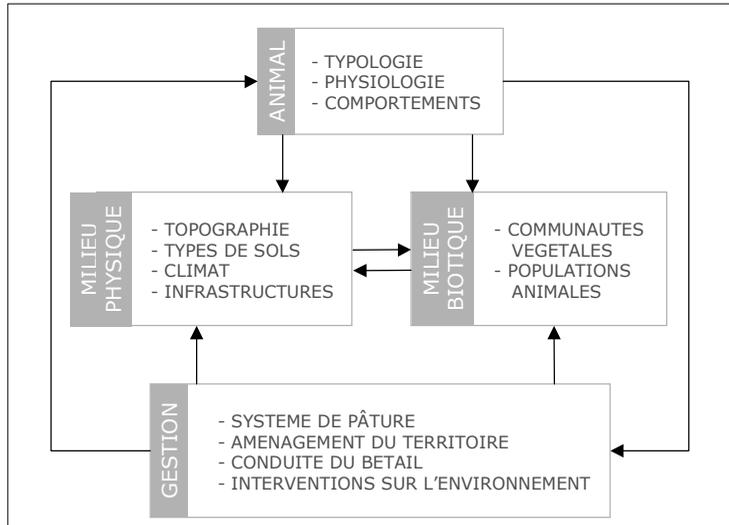


Figure 26: Interactions entre les différents mécanismes de pâture.

MILIEU PHYSIQUE

Les facteurs physiques ont une importance déterminante dans l'activité pastorale. La topographie, la nature du sol et les conditions climatiques conditionnent la répartition de la végétation dans l'espace ainsi que sa productivité en termes d'herbages. De même, ces facteurs influencent les mouvements du bétail dans le pâturage. Les déplacements sont principalement contraints par la pente, les obstacles et les conditions externes au milieu. Les cheminements les plus favorables se situent sur des terrains uniformément plats, dans les fonds de combe ou de vallée, ou le long des lignes de crêtes (Arnold et Dudzinski, 1978; Walker et Heitschmidt, 1986). Le bétail limite les changements d'élévation en se déplaçant de préférence parallèlement aux courbes de niveau (Mueggler, 1965; Cook, 1966; Bailey *et al.*, 1996; Lyons et Machen, 2002). Dans les endroits accidentés, il parcourt les pentes en diagonale afin de minimiser ses efforts, mais évite les pentes raides (Mueggler, 1965; Wade *et al.*, 1998; Ganskopp, 2001). La couverture du sol est également un élément contraignant. Certaines formes de terrain telles que les affleurements rocheux ou les dolines, qui sont des dangers potentiels pour le bétail, sont contournées. Les zones embroussaillées ou densément boisées ont tendance à être ignorées (Lyons et Machen, 2002), à moins que de grandes quantités d'herbages soient disponibles (Owens *et al.*, 1991) ou que les ressources du pâturage viennent à manquer. De même, les zones nues ou recouvertes de neige ne sont pas parcourues (Wade *et al.*, 1998). Les agents externes comme les précipitations, l'ensoleillement, la température et les vents dominants

peuvent modifier le rythme des activités du bétail et leur comportement dans l'espace (Roath et Krueger, 1982). En cas de grandes chaleurs par exemple, le bétail peut se déplacer vers les zones ombragées (Lyons et Machen, 2002) ou susceptibles de recevoir un peu de vent (Arnold et Dudzinski, 1978).

Par ailleurs, les activités du bétail se répartissent en fonction de la disponibilité en eau dans le pâturage. La localisation de l'eau est prépondérante dans la distribution du bétail (Bryant, 1982). Une carence d'eau s'accompagne généralement chez l'herbivore d'une sous-alimentation, ce qui a pour effet de réduire son activité physique et de diminuer la lactation et la natalité (Lyons et Machen, 2002). Les points d'eau, qu'ils soient naturels ou anthropiques, fonctionnent comme des centres d'attraction du bétail autour desquels il organise son activité et vers lesquels il revient souvent (Roath et Krueger, 1982). D'un point de vue physiologique, les herbivores concentrent leurs activités autour des abreuvoirs, l'eau étant considérée comme la ressource la plus limitante (Ganskopp, 2001). Ainsi, d'une manière générale, l'intensité de la pâture varie inversement avec l'éloignement des sources (Cook, 1966; Roath et Krueger, 1982; Owens *et al.*, 1991). Le bétail ne s'aventure pas au-delà d'une certaine distance, qui varie selon les cas.

MILIEU BIOTIQUE

En tant que composante principale du pâturage, la végétation joue un rôle important dans l'organisation des activités du bétail. La localisation des ressources nutritives a un effet positif sur l'utilisation du pâturage (Senft *et al.*, 1985; Owens *et al.*, 1991); elle nuance en effet l'influence des contraintes physiques dans la distribution du bétail. Celui-ci peut parcourir de plus grandes distances pour pâturer certains types de végétation particulièrement appréciés (Roath et Krueger, 1982). Il existe donc une utilisation différenciée du territoire en fonction de sa configuration spatiale et de la composition végétale. En conséquence, le bétail est attiré vers les sites qui lui permettent de maximiser son alimentation (Owens *et al.*, 1991). A l'inverse, les endroits comportant une grande quantité de plantes non-préférées ont un pouvoir de répulsion sur les troupeaux (*ibid.*). Le type et la densité de végétation influent sur la sélection des zones de repos et d'abri du bétail. Dans les climats tempérés, les sites de campement se situent dans les zones ouvertes, mais les facteurs précis qui influencent les choix des animaux sont mal connus (Arnold et Dudzinski, 1978). L'activité antérieure du bétail ainsi que les conditions météorologiques semblent jouer un rôle important (*ibid.*). Pour s'abriter de la chaleur et des intempéries, le bétail cherche logiquement des régions couvertes. Loin de n'être que des obstacles au déplacement ou un manque à gagner en termes de production herbagère, les arbres isolés ou en bosquets constituent des abris privilégiés pour les herbivores (Wade *et al.*, 1998).

Considérée comme ressource nutritive, la végétation est difficile à évaluer car sa valeur dépend de nombreux paramètres quantitatifs et qualitatifs qui évoluent dans le temps. La quantité d'herbages disponibles peut être mesurée en fonction de la diversité et l'abondance des espèces ou encore en termes de biomasse. D'un point de vue qualitatif, la valeur des herbages

dépend de leur contenu en nutriments, mais aussi de leur palatabilité et de leur digestibilité (Allison, 1985). Senft *et al.* (1985) ont mis en évidence que la mesure combinée de la quantité et de la qualité du fourrage est un bon prédicteur des préférences du bétail. À l'inverse, le calcul de la biomasse relative et de la fréquence des espèces sont de mauvais indicateurs (*ibid.*). Une difficulté supplémentaire dans l'évaluation des ressources nutritives est la variation de la disponibilité des herbages dans le temps, laquelle a des impacts sur la distribution du bétail (Arnold et Dudzinski, 1978). Quand bien même la composition floristique d'un pâturage ne se modifie globalement que lentement, l'offre en herbages évolue à court terme en fonction des rythmes biologiques saisonniers, des attaques des ravageurs et des prélèvements par le bétail. Cependant, les repousses étant particulièrement appréciées par le bétail, celui-ci peut retourner paître certaines surfaces déjà visitées (Lyons et Machen, 2002). Ainsi, au contraire des facteurs physiques qui sont relativement permanents (Senft *et al.*, 1983), les facteurs biotiques sont difficiles à prendre en compte de manière solide et fiable (Lyons et Machen, 2002).

ASPECTS PHYSIOLOGIQUES ET ÉTHOLOGIQUES

Le bétail se déplace dans l'espace en suivant des cheminements privilégiés qui relient les différentes ressources, limitées spatialement, dont les animaux ont besoin (Walker et Heitschmidt, 1986; Ganskopp *et al.*, 2000). D'une part, le bétail parcourt le territoire en empruntant des sentiers existants, tels que les chemins d'estive ou de desserte (Williams, 1954; Roath et Krueger, 1982; Mechoud *et al.*, 1998). D'autre part, il est largement admis qu'il crée des cheminements naturels définis par des trajets de moindre résistance entre les différentes zones d'intérêt (Arnold et Dudzinski, 1978; Ganskopp *et al.*, 2000). Les effets des variables environnementales sont spécifiques aux différents types de bétail (Holechek *et al.*, 1989, cités dans Bailey *et al.*, 1996). Le jeune bétail et les caprins utilisent de manière plus uniforme le pâturage. Ils sont moins sensibles à la rugosité du relief et explorent plus intensivement le territoire (Lyons et Machen, 2002). De même, les mécanismes de pâture dépendent de chaque espèce et de chaque race d'herbivore (Bailey *et al.*, 1996; Ganskopp, 2001; Lyons et Machen, 2001). L'âge, le sexe et l'état physiologique de l'animal amène une certaine variabilité du comportement. Bailey *et al.* (1996) distinguent les processus non-cognitifs et les processus cognitifs dans l'activité du bétail. Les premiers traduisent l'expression de leurs besoins et les mécanismes de base pour les satisfaire. Ils sont donc liés à l'instinct et ne demandent que peu de jugement de la part de l'animal. Ses activités élémentaires sont rythmées au cours de la journée selon des schémas (éthogrammes) qui varient d'une espèce à l'autre (Arnold et Dudzinski, 1978). Ses caractéristiques physiologiques déterminent à un premier niveau la manière dont ses activités sont pratiquées. En termes d'alimentation par exemple, les modes de prélèvement des herbages, le taux d'ingurgitation, la rapidité de broutage ou encore la vitesse de digestion sont autant de facteurs qui différencient les espèces entre elles. Les processus cognitifs traduisent des règles de comportement plus complexes qui font appel à la perception, à l'apprentissage et aux interactions sociales (Bailey *et al.*, 1996). Le bétail

sélectionne d'abord les ressources spatiales d'après leur visibilité dans le terrain (Lyons et Machen, 2001; 2002). A force de parcourir le pâturage, il acquiert de l'expérience et développe une stratégie de sélection des herbages correspondant mieux à sa diète et à ses préférences. L'efficacité du pacage est donc liée à l'apprentissage et à la connaissance du territoire (Laca, 1995 cité dans Bailey *et al.*, 1996): le bétail expérimenté optimise son alimentation en pâturant des sites de haute qualité, sans plante toxique (Provenza *et al.*, 1992 cités dans Bailey *et al.*, 1996), alors que les individus naïfs, qui consacrent plus de temps à la recherche de nourriture, consomment moins (Lyons et Machen, 2002). Pour se repérer dans l'espace, l'animal a recours à sa mémoire. D'une part, il se représente l'environnement un peu à la manière de cartes mentales où sont signalées les stations offrant de la nourriture (Hulse et O'Leary, 1982 cités dans Bailey *et al.*, 1996). En plus de cette mémoire de référence, il a recours à sa mémoire de fonctionnement (Lyons et Machen, 2002) qui enregistre les derniers sites visités pour éviter d'y retourner. L'organisation sociale des troupeaux joue également un rôle considérable dans le déroulement des activités de pâture. La vie du groupe est structurée en fonction du type de bétail et de la configuration du terrain. Certains animaux, comme les moutons, ont une cohésion sociale marquée due à un instinct grégaire très développé. Chez les bovins, une forte hiérarchie sociale se développe, avec ses meneurs et ses dominés (Bailey *et al.*, 1996). Les rapports mâles-femelles ainsi que leur corollaires (reproduction, maternité) tiennent également une place importante dans la définition des activités des animaux. Par ailleurs, Roath et Krueger (1982) ont mis en évidence l'existence de différents groupes à l'intérieur du troupeau dans les zones montagneuses. Les barrières visuelles dues à la topographie et aux obstacles créent un lien social fort entre les animaux (Hunter, 1964 cité dans Roath et Krueger, 1982). La structure du groupe ainsi que les interactions intra et interspécifiques influencent grandement le comportement spatial des animaux (Senft *et al.*, 1983).

STRATÉGIES DE GESTION

L'utilisation du pâturage dépend étroitement des techniques de management utilisées et du contexte politique et administratif dans lequel l'exploitation a lieu. La mise en oeuvre de stratégies de gestion et d'aménagement permet de s'affranchir de certaines contraintes environnementales. Le type de système de pâture adopté est un facteur important, bien que controversé, dans l'organisation de l'exploitation. Les systèmes tournants sont de plus en plus fréquents, aux dépens des pâturages permanents. Les techniques de rotation amènent une amélioration de la distribution du bétail (Williams, 1954; Stoddart, 1960), qui utilise de manière plus uniforme les herbages (De Young *et al.*, 1988 cités dans Hart *et al.*, 1993). Des bénéfices sont visibles au niveau de la productivité des pâturages: l'alternance permet la repousse de la végétation dans les parcs où le bétail est absent (Williams, 1954). Ainsi, de nouvelles pâtures sont rendues disponibles. Le rythme de rotation est cependant un facteur décisif et des erreurs peuvent avoir des conséquences importantes. Une entrée trop précoce dans le pâturage induit une compaction du sol et des risques d'érosion (Stoddart, 1960) alors qu'une attente trop longue amène une surcroissance des herbages, qui ne sont dès

lors plus comestibles (Gillen *et al.*, 1984). Il faut noter toutefois que le passage à un système de rotation, sans réorganisation des structures territoriales, n'affecte pas de manière significative l'utilisation du pâturage et les performances du bétail (Hart *et al.*, 1988). Pour qu'il soit profitable, il doit s'accompagner de mesures qui réduisent la taille des parcs et l'éloignement aux points d'eau (Hart *et al.*, 1993). En effet, le problème de l'utilisation uniforme du pâturage s'accroît en même temps que la taille des parcs (Williams, 1954). La construction de clôtures pour subdiviser des grands pâturages permet de concentrer l'activité du bétail sur de plus petites surfaces (Lyons et Machen, 2002), à condition que le terrain ne soit pas trop accidenté (Workman et Hooper, 1968). Les parcs doivent être délimités de manière aussi homogène que possible, en termes de relief et de végétation, pour obtenir un pacage uniforme (Bailey *et al.*, 1996). De plus, une telle entreprise nécessite une redistribution des ressources en eau et souvent l'aménagement de nouveaux abreuvoirs. L'utilisation d'un point d'eau commun à plusieurs parcs ne réduit pas la distance à parcourir par le bétail pour s'abreuver (Williams, 1954; Hart *et al.*, 1993). Le nombre, la localisation et l'espacement des sources est par conséquent un facteur critique dans l'aménagement du pâturage (Williams, 1954). Le cas échéant, en cas de manque de points d'eau fixes, l'exploitant peut avoir recours à des bossettes mobiles pour améliorer l'approvisionnement en eau du pâturage (Lyons et Machen, 2002). La disposition de sel dans les zones d'herbages productifs sous-exploitées est une pratique couramment utilisée pour encourager le pacage (Workman et Hooper, 1968). Cependant, les sources minérales, tout comme les points d'eau, ne sont pas toujours localisées dans les zones les plus stratégiques du point de vue de la distribution du bétail, mais dans les endroits commodes pour examiner et compter les animaux (Williams, 1954).

Une pratique répandue pour obtenir un pacage plus régulier des pâturages, qu'ils soient permanents ou tournants (Walker et Heitschmidt, 1986), est la conduite, accompagnée ou non, des troupeaux dans l'espace. L'exploitation pastorale est favorisée par le réseau de voies existantes (Workman et Hooper, 1968). La construction de cheminements permet, en diminuant localement l'effet du relief (Patton, cité dans Gillen *et al.*, 1984), de guider les animaux et de les mener dans des zones plus difficiles d'accès, qui sont généralement sous-exploitées (Williams, 1954; Stoddart, 1960; Roath et Krueger, 1982). Workman et Hooper (1968) ont montré le retour d'investissement positif que de tels aménagements procurent. Cependant, notons que, selon la charge en bétail, l'impact du piétinement sur les chemins peut être grand et amener des risques d'érosion, particulièrement dans les zones pentues ou très fréquentées, ainsi que dans les parties étroites des parcs (Walker et Heitschmidt, 1986). Les troupeaux peuvent également être guidés par un berger qui leur fait parcourir le territoire (Cook, 1966). Cette technique permet d'éviter que le bétail commence à pâturer les zones préférentielles et qu'il développe des préférences herbagères trop élevées (Lyons et Machen, 2002). L'utilisation du pâturage peut également être maximisée par l'élevage mixte. L'occupation simultanée des surfaces par différents types de bétail aux habitudes alimentaires complémentaires, permet un prélèvement optimal des herbages (Stoddart, 1960). La

complémentarité des diètes n'est toutefois jamais totale, mais il existe des recouvrements dans les préférences nutritionnelles des herbivores, à l'image des bovins et des chèvres qui partagent environ 50% des mêmes aliments (Allison, 1985).

L'exploitant peut intervenir directement sur l'environnement par des mesures préventives ou réactives de gestion des ressources végétales. Pour éviter l'enrichissement des zones sous-exploitées, qui constitue potentiellement une barrière au déplacement du bétail et un manque à gagner pour la pâture, le contrôle de l'embuissonnement est une solution courante (Owens *et al.*, 1991). Le fauchage ainsi que l'utilisation d'herbicides sont pratiqués afin d'obtenir artificiellement une utilisation uniforme du pâturage, en supprimant les mauvaises herbes et les refus. La repousse des herbages est ainsi favorisée (Williams, 1954; Lyons et Machen, 2002). L'application de fertilisants ainsi que les processus de brûlis, plus particulièrement utilisés dans les régions méditerranéennes et tropicales, sont complémentaires pour enrichir le sol et stimuler la croissance des végétaux (Stoddart, 1960; Bailey *et al.*, 1996; Lyons et Machen, 2002). Par ailleurs, les techniques d'essartage et d'ouverture de la forêt permettent, à condition qu'une végétation comestible s'installe, d'améliorer la distribution des troupeaux et ainsi de soulager les zones intensivement parcourues (Gillen *et al.*, 1984). Ces moyens sont particulièrement adaptés dans les zones périphériques, pour attirer le bétail friand d'herbages qui se développent dans des conditions ombragées (Williams, 1954). Toutefois, ces pratiques sont assez laborieuses et nécessitent d'un point de vue légal la participation du gestionnaire forestier.

SURVOL DES TECHNIQUES DE MODÉLISATION DE LA DISTRIBUTION DU BÉTAIL

Il existe dans la littérature un grand nombre de travaux concernant la distribution du bétail dans l'espace. Ceux-ci consistent pour la plupart en des analyses empiriques, qu'elles soient qualitatives ou quantitatives. La simple observation sur le terrain des effets des changements de pratiques de gestion amène à des constats généraux fondateurs. Ainsi, il est reconnu que l'approvisionnement en eau, la localisation de sel et de compléments à l'alimentation des animaux, l'application de fertilisants, le découpage de l'exploitation en parcs ainsi que le système de pâture et de gestion des troupeaux sont autant de facteurs qui influencent la répartition du bétail. Parallèlement, de nombreuses études statistiques ont tenté de mettre en évidence les relations entre les caractéristiques du milieu et les déplacements du bétail. Elles consistent le plus souvent, à partir d'expériences sur le terrain, à déterminer par régressions multiples la valeur explicative de variables environnementales. Il en ressort que les facteurs physiques, tels que la pente ou la distance aux points d'eau, s'avèrent les plus pertinents et ont un pouvoir prédictif plus grand que les facteurs biotiques sur la distribution des troupeaux (Bailey *et al.*, 1996). Ces analyses principalement descriptives trouvent leurs limites dans le fait qu'elles se fondent sur des hypothèses simplistes, qui ne considèrent pas les interactions entre les variables ni le comportement animal dans les

mécanismes de pâture (Coughenour, 1991). Par ailleurs, des variations géographiques parfois importantes ressortent des études, témoignant de spécificités régionales.

MODÈLES NON-CONTRAINTS

Étant donnée la complexité des relations entre les différents facteurs en jeu, il est difficile de prédire précisément les schémas de distribution du bétail (Gillen *et al.*, 1984). Cependant, plusieurs types de modèles ont été développés dans ce but. Les modèles non-contraints (Copolillo, 2001) ont une longue tradition dans la recherche agro-pastorale pour prévoir la répartition des herbivores dans l'espace. Ils partent du principe que chaque portion du territoire de l'exploitation est accessible de manière identique et que le séjour du bétail est fonction de caractéristiques absolues pour chaque point de l'espace, indépendamment de la valeur de ses voisins. Des variables telles que la pente, l'orientation, le type ou la densité de végétation sont corrélées avec la densité de bétail observée sur le terrain pour pouvoir prédire sa distribution. Basé sur la théorie de l'habitat (Coughenour, 1991) et la connaissance des mécanismes cognitifs chez l'animal (Bailey *et al.*, 1996), ce genre de modèles assume que les animaux ont une parfaite connaissance de la distribution des ressources dans le pâturage et se répartissent d'après le degré de convenance de chaque site à leur comportement de pacage. Qu'il soit déterministe ou stochastique, ce type d'approche mécaniste a l'inconvénient de considérer l'espace comme unidimensionnel et discret, dans la mesure où il est traité de manière séquentielle, comme une suite de points indépendants, et non comme un ensemble différencié et organisé.

MODÈLES CENTRE-PÉRIPHÉRIE

Pour intégrer la question de la relativité de l'espace dans le processus de distribution du bétail, d'autres modèles ont été développés en prenant comme point de départ la théorie des lieux centraux. Conçue dans un premier temps pour expliquer l'organisation spatiale et hiérarchique des villes dans le territoire (Christaller, 1966), cette dernière fait en même temps appel à des notions de géographie et d'économie spatiale. L'espace se caractérise par des centres qui, de par leur offre en ressources, régissent les échanges avec la périphérie. Dans le contexte inter-urbain, chaque ville constitue un centre de production de biens et de services qui polarise la population périphérique. L'offre disponible pour chaque centre détermine sa portée spatiale, c'est-à-dire la distance maximale d'où provient la demande. Il existe des centres de niveaux différents dont les zones d'influence s'emboîtent pour créer une hiérarchie spatiale. Dans la problématique pastorale, certains éléments spatiaux tels que le centre d'exploitation ou les points d'eau, de par leur pouvoir attracteur sur le bétail, fonctionnent comme des lieux centraux autour desquels s'organise la pâture. Différentes possibilités permettent de modéliser l'effet des centres sur leur environnement (Copolillo, 2001). La plus simple consiste en une fonction booléenne qui détermine une zone d'influence uniforme dont le rayon dépend de la portée du centre (*Figure 27a*). Tout point contenu à l'intérieur du cercle

d'influence subit la même attraction. Les modèles gravitaires vont plus loin en définissant l'effet du centre sur la périphérie en raison de sa force d'attraction et de la distance qui les sépare. Ils sont utilisés pour évaluer l'intensité de pâture, en posant par exemple l'hypothèse qu'elle décroît à mesure que l'on s'éloigne du centre de l'exploitation. L'éloignement peut être envisagé de deux manières: sur la base de la distance euclidienne, laquelle détermine une structure concentrique linéaire (Figure 27b) ou d'après le calcul d'une distance-coût, qui intègre les frictions et les obstacles au déplacement et qui rend compte de manière plus réaliste des efforts nécessaires pour parcourir l'espace (Figure 27c). Le plus souvent, plusieurs centres entrent en concurrence et leurs effets peuvent être évalués de manière combinée par un modèle gravitaire multiple (Figure 27d). Il consiste à attribuer à chaque point de l'espace la valeur d'éloignement la plus petite en fonction de la localisation des différents centres..

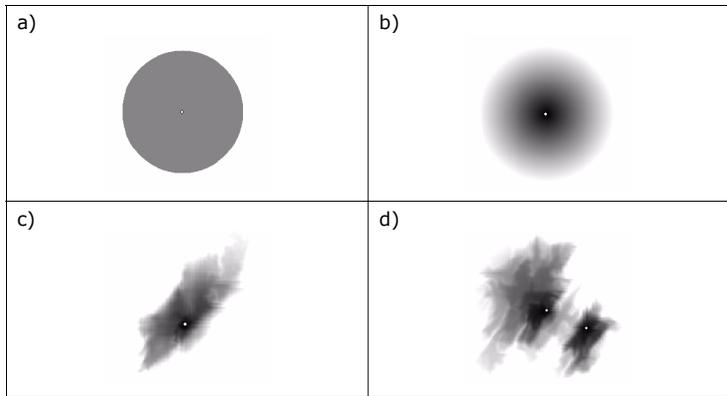


Figure 27: Modèles centre-périphérie dans l'analyse spatiale: (a) booléen, (b) distance euclidienne, (c) distance-coût, (d) centres multiples (distance-coût).

Si, parmi ces modèles de diffusion, aucun n'a été testé quantitativement, ils gardent intuitivement une pertinence générale dans la mesure où ils reposent sur des théories spatiales bien connues et traitent l'espace de manière continue. Leur potentiel d'amélioration repose sur une connaissance fine des processus et des comportements dans le territoire. Cependant, ils restent statiques puisqu'ils ne prennent pas explicitement en compte les mouvements du bétail dans l'espace ni l'évolution des structures spatiales dans le temps.

MODÈLES DYNAMIQUES

Quelques travaux de recherche ont cherché à inclure la dimension temporelle dans leurs analyses en proposant des modèles dynamiques qui intègrent la manière dont les éléments du système étudié évoluent et interagissent. Bailey *et al.* (1996) ont proposé une approche mixte qui combine un modèle classique avec un modèle individu-centré pour simuler la recherche de

nourriture d'un herbivore dans un pâturage. Les ressources spatiales, définies localement par le calcul d'un indice qui agrège la valeur fourragère et l'effet de facteurs physiques (pente, distance aux points d'eau, micro-climat), sont considérées constantes. L'animal est modélisé sous la forme d'une entité dynamique, qui se déplace de manière itérative dans un espace discrétisé, et dont le fonctionnement est régi par des règles de comportement. Son activité est déterminée par un modèle de choix qui repose sur la comparaison de la valeur nutritive du site rencontré avec la moyenne mobile de la valeur des endroits visités les quatre derniers jours. La règle de comportement adoptée ici se fonde sur un mécanisme cognitif selon lequel l'animal développe une mémoire spatiale qui le guide dans la pâture. Afin de simuler les activités du bétail dans un milieu changeant, certains chercheurs ont eu recours à la simulation multi-agent, reposant non plus sur une base de choix séquentiels, mais sur un contrôle distribué des actions (Hewitt, 1991). Dans ce type d'approches issues de la vie artificielle et de l'intelligence artificielle distribuée (Coquillard et Hill, 1997), l'ensemble des entités dynamiques d'un système peut être modélisé au niveau individuel, sous la forme de différentes classes d'agents à la fois autonomes, actifs et communicants (Ferber, 1995). Ceux-ci suivent des règles de fonctionnement simples, répondent aux stimuli de l'environnement et le modifient en conséquence. Le comportement global du système est défini par le jeu des interactions entre les agents (*Figure 28*). Dans le contexte pastoral, les propriétaires, les exploitants, les troupeaux, les associations végétales ou encore le gibier sont autant de classes d'agents potentielles. Cependant, les modèles présentés dans la littérature ne considèrent généralement que le bétail comme agents. Leur comportement est déterminé par leurs caractéristiques propres (famille, espèce, âge, sexe), leur mode de fonctionnement, les ressources spatiales à disposition et l'organisation sociale dont ils font partie. Le déroulement des activités du bétail dépend de l'état de ses besoins (faim, soif, repos, abri). Pour les satisfaire, il se déplace dans le pâturage en fonction de la disponibilité des ressources spatiales, évaluées sous la forme d'un indice d'aptitude (Mechoud *et al.*, 1998) ou d'un tableau de vecteurs indiquant la direction de la source la plus proche (Viceic, 2001). Si l'agent est autonome, ses choix dépendent pour une part de règles de comportement social, témoignant de conditions de vie grégaire. Par ailleurs, certains facteurs externes comme les conditions météorologiques peuvent influencer sur ses décisions. Certains travaux incluent de plus un facteur d'incertitude en utilisant les techniques de la logique floue (Mechoud *et al.*, 1998). La dynamique interne de la végétation est simulée par d'autres moyens que les agents, comme les modèles biologiques de croissance et de sénescence (*ibid.*) et les modèles à compartiment (Gillet *et al.*, 2002). Ainsi, les systèmes multi-agents considèrent les phénomènes analysés dans un environnement hétérogène, aussi bien d'un point de vue spatial que temporel (Coughenour, 1991). Le formalisme mathématique des modèles plus classiques est ici remplacé par une algorithmie complexe de décision (Coquillard et Hil, 1997), qui dépend largement des informations disponibles et de la connaissance des processus en jeu. Or, comme les règles de comportement éthologique et écologique sont relativement mal connues, les expériences sont réalisées le plus souvent dans des conditions contrôlées et se basent sur des assomptions simplificatrices. Bien qu'il existe un réel

potentiel pour ce genre d'approches exploratoires, elles restent cependant très exigeantes en termes de mise en oeuvre et d'utilisation (programmation, temps de calcul).

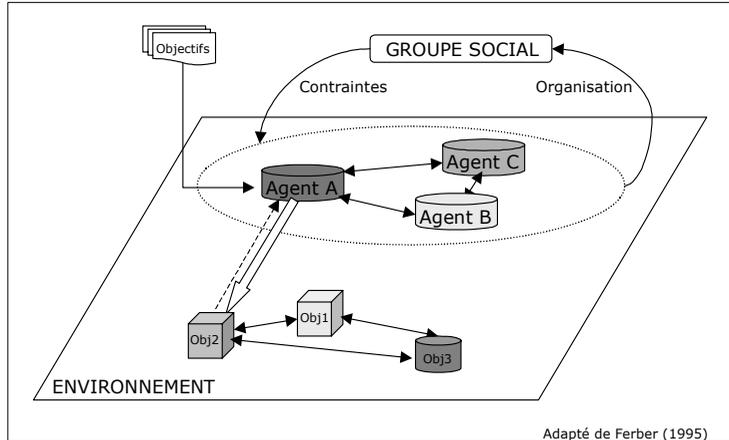


Figure 28: Paradigme multi-agent.

Selon ses objectifs propres, ses interrelations avec les autres agents et sa perception des objets de l'environnement, chaque agent intervient sur le système.

CONCLUSION

L'ensemble des modèles décrits ci-dessus offre des possibilités nouvelles qui permettent de mieux comprendre les modes de fonctionnement du système pastoral, dans une perspective d'amélioration de sa gestion. Toutefois, ce genre de recherches appliquées reste encore largement exploratoire et connaît certaines limitations. Le recours à de tels modèles dans la pratique nécessite

La plupart des approches existantes prend des raccourcis dans la modélisation de l'utilisation du pâturage. En effet, l'enchaînement des processus se base souvent sur des assumptions simplistes, concernant les relations entre la distribution du bétail, la disponibilité des herbages et leur prélèvement effectif. Une des difficultés majeures de la modélisation, qui peut déboucher sur des incohérences, a trait à la diversité des échelles spatiales et temporelles en jeu (Senft *et al.*, 1983; Brock et Owensby, 2000; Coughenour, 1991). Les conditions de déplacement du bétail dépendent de contraintes physiques relativement stables dans le temps qui sont généralement observées à l'échelle du paysage, à l'instar de la plupart des problèmes de gestion des pâturages comme la surpâturage (Bailey *et al.*, 1996; Brock et Owensby, 2000). En revanche, le prélèvement des herbages est souvent considéré à une échelle spatiale plus fine. La sélection des ressources végétales par les animaux est liée à des facteurs biotiques étudiés en détail tels que l'abondance, la diversité et la qualité de la végétation, qui de surcroît évoluent au fil de la saison (Stoddart, 1960). De plus, le

rendement fourrager varie d'année en année selon les conditions météorologiques, une saison pluvieuse amenant une production végétale plus élevée. De même, en fonction de ces aléas, le bétail peut se comporter de façons très différentes. A plus long terme, il est reconnu que la taille des vaches adultes a augmenté depuis les années 1950 (Lyons et Machen, 2001). Les réponses physiologiques des plantes au broutage peuvent ainsi varier énormément au cours du temps (Stoddart, 1960). Aussi faut-il être prudent dans le calcul de la charge en bétail pour un pâturage donné, sachant qu'il peut se révéler inadapté dans un contexte modifié (*ibid.*). S'il est difficile de prendre en considération l'ensemble des relations spatio-temporelles, étant donnée leur complexité, il est cependant important de garantir une cohérence au modèle, quel que soit son degré de simplification.

Une autre catégorie de facteurs, fondamentale dans la modélisation de l'exploitation pastorale, est liée au genre d'animaux utilisés ainsi qu'à leur règles de comportement. Le choix du type de bétail (bovin, ovin, caprin, équin) et même de l'espèce a une grande importance dans l'utilisation de l'espace et des ressources à disposition. Le nombre de têtes de bétail influence par contre peu la répartition des troupeaux (Mueggler, 1965), mais joue un rôle sur l'intensité de pâture. Contrairement à ce qu'on pourrait s'attendre, la modification de la charge en bétail n'amène pas un redéploiement des troupeaux dans le pâturage, sauf à des densités extrêmes où la disponibilité en herbages est épuisée (Senft *et al.*, 1983). Seule, la modification du chargement n'est donc pas un bon moyen pour aboutir à une utilisation uniforme du pâturage. Les connaissances portant sur l'éthologie des herbivores, en particulier les comportements grégaires et ceux faisant appel à la mémoire spatiale, sont encore lacunaires et nécessitent des recherches supplémentaires pour permettre de simuler de manière fiable les activités du bétail dans l'espace.

Plus globalement, les modèles développés de manière empirique dans la littérature souffrent généralement d'un manque de validation postérieure et de mise en perspective. Construits dans le cadre de dispositifs expérimentaux, ils sont généralement pensés spécifiquement en termes agronomiques, que ce soit du point de vue fourrager ou zootechnique. La pertinence économique des pratiques pastorales a rarement été déduite des résultats d'analyse, dans une optique prospective de gestion (Workman et Hooper, 1968). Plus encore, les modèles de simulation n'évaluent en principe pas les conditions d'exploitation agricole en regard des autres fonctions spatiales, que ce soit la protection de zones sensibles ou l'exercice d'activités touristiques (Stoddart, 1960; Lyons et Machen, 2001; 2002). L'intensité maximale théorique de l'exploitation pastorale est en effet définie sans tenir compte des autres implications sur le territoire. Plutôt que de postuler une approche sectorielle du pâturage, les modèles de simulation doivent se situer à l'interface des sciences appliquées et des stratégies de gestion (Roath et Krueger, 1982) et se tourner vers la prise en considération de la multifonctionnalité du territoire.

Malgré les quelques réserves mentionnées, les différents modèles de simulation de l'utilisation du pâturage par le bétail possèdent un potentiel

important d'aide à la décision. A la fois prévisionnels et spatialement explicites, ils permettent de faire ressortir localement les variations d'intensité de pâture et de tester les stratégies de gestion avant de les mettre en application. Par ailleurs, ils constituent un moyen scientifique pour justifier de nouveaux aménagements pastoraux (points d'eau, clôtures, chalets, etc.) et solliciter des aides financières auprès des services concernés. L'important est que la mise en oeuvre d'un modèle de simulation repose sur l'utilisation de données et d'échelles cohérentes ainsi que sur l'intégration de facteurs d'analyse clairement explicités, en fonction des objectifs de gestion. Au moment de l'interprétation des résultats, il faut de plus savoir garder à l'esprit les simplifications conceptuelles effectuées et prendre conscience des limites inhérentes au modèle.

CURRICULUM VITAE

Joël Chételat, né à Porrentruy (JU), le 10 juillet 1971

Nationalité suisse, marié, 1 enfant

Formation

- 1998 Master européen en ingénierie et management de l'environnement, spécialisation en systèmes d'information géographique, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
Travail de diplôme: «Développement d'un système d'information à référence spatiale pour les régions à vocation sylvo-pastorale: étude de cas de l'aire modèle du Parc Jurassien Vaudois».
- 1997 Diplôme de géographie, Université de Fribourg.
Travail de diplôme: «Signes et perspectives de la relation entre l'aménagement spatial et l'identité urbaine à Berlin: l'avenir dans le rétroviseur».
- 1989 Maturité de type C (scientifique), Lycée cantonal de Porrentruy.
-

Expérience professionnelle

- 1999-2003 Assistant-doctorant conjoint entre le LaSIG et l'Antenne romande de l'Institut fédéral de recherches WSL, à Lausanne: travail de thèse et appui ponctuel à l'enseignement des SIG dans la formation des ingénieurs ainsi que dans le cadre de postgrades à l'EPFL et dans les Universités de Lausanne, Genève et Neuchâtel.
- 1999 Consultant SIG pour le Bureau d'agronomie Jean-Bruno Wettstein à Ste-Croix: accompagnement du projet d'approvisionnement en eau des alpages du Parc Jurassien Vaudois.
- 1998-1999 Assistant de recherche à l'Antenne romande du WSL: développement d'un prototype SIG pour le Parc Jurassien Vaudois et mise en oeuvre dans la commune du Chenit; rédaction d'une esquisse de projet de recherche sur les paysages sylvo-pastoraux de Suisse.
- Remplaçant de géographie au Lycée cantonal de Porrentruy.
- Enseignant en histoire du cinéma, dans le cadre de cours d'histoire de l'art de l'Université populaire de Porrentruy.

Langues

Français (langue maternelle), Anglais (excellent niveau), Allemand (niveau moyen).

Principales publications

Chételat, J. (à paraître). Le rôle des technologies de l'information dans l'analyse et la gestion du paysage. *Actes du séminaire « La polyphonie du paysage »*, 24 avril 2003, Neuchâtel.

Chételat, J. & Ley, E. 2002. Intégration des représentations sociales dans la gestion du paysage jurassien. *Cybergéo, Revue Européenne de Géographie*, 228, 15 p.

Riedo, M., Chételat, J. & F. Golay. 2002. Les technologies SIG dans l'aménagement: vers la 3D. *urb.AO*, 10, p.31-33.

Chételat, J. 2000. Risque et qualité dans la gestion du paysage. *Résumé des conférences des Journées Scientifiques du DGR*. EPFL, Gruyères, 7-8 sept.