

ANALYSE GEOGRAPHIQUE ET EVALUATION ECONOMIQUE DES PAYSAGES PERIURBAINS



Rapport final

Thierry BROSSARD^β
Jean CAVAILHES^α (responsable scientifique)
Mohamed HILAL^α
Daniel JOLY^β
François-Pierre TOURNEUX^β
Céline TRITZ^β
Pierre WAVRESKY^α

collaboration :
Jean-Christophe FOLTETE^β
Pierre FRANKHAUSER^β
Samuel CHALLEAT^α

Mars 2005

Cette recherche a bénéficiée du financement :
de la Région de Bourgogne et du Conseil général de la Côte-d'Or (convention Région-INRA-
Entreprise n° 015112C6 du 21/12/2001)
et de la Communauté d'agglomération de Dijon

(α) CESAER UMR INRA-ENESAD
CENTRE D'ECONOMIE ET DE SOCIOLOGIE APPLIQUEES A L'AGRICULTURE ET AUX ESPACES RURAUX
26 bd Dr Petitjean, BP 87999, 21079 Dijon cedex, ☎ 03.80.77.25.80 – Fax 03.80.77.25.71
www.dijon.inra.fr/esr

(β) ThéMA UMR CNRS – Universités de Franche-Comté et de Bourgogne
THEORISER POUR MODELISER ET AMENAGER
UFR Lettres SHS - 32 rue Mégevand, 25030 Besançon Cedex, ☎ 03.81.66.54.06 – Fax 03.81.66.53.55
thema.univ-fcomte.fr/

Analyse géographique et évaluation économique des paysages périurbains

Résumé

Dans le but d'évaluer le prix hédoniste de paysages périurbains, nous réalisons une modélisation des paysages qui permet de quantifier et de qualifier le paysage comme un volume scénique offert à la vue d'un observateur qui regarde tout autour de lui. Nous utilisons, pour cela, des images satellites et un modèle numérique de terrain afin de reconstituer le champ de vision et les objets qui s'y trouvent, par des méthodes trigonométriques et multi-échelles. La vue du paysage, ainsi que la soumission à la vue d'autrui (qui est la relation inverse mais non symétrique) se distinguent ainsi nettement de la vision (fictive) d'en haut, c'est-à-dire depuis le satellite. L'information paysagère ainsi produite est utilisée dans un modèle économétrique de prix hédoniste, estimé à partir de 4050 transactions immobilières de la région de Dijon (i.e. l'agglomération à l'exception de la ville de Dijon elle-même et une ceinture périurbaine d'une quarantaine de kilomètres). Les prix hédonistes obtenus diffèrent dans la banlieue de Dijon (où ils sont souvent voisins de zéro) et dans la ceinture périurbaine. Dans celle-ci, les forêts et l'agriculture ont des prix positifs et celui des routes est négatif lorsque ces objets sont à proximité immédiate des maisons, mais ces prix sont voisins de zéro lorsque ces objets sont situés au-delà de quelques dizaines ou centaines de mètres, ainsi que lorsqu'ils existent près des habitations mais qu'ils ne sont pas visibles. La composition paysagère dans des formes complexes ou fragmentées a également un prix positif dans la ceinture périurbaine. Être vu par autrui est une nuisance. Au-delà de 100 à 200 mètres, l'existence de plans de vision ou leur contenu n'influencent pas le prix des maisons. Le prix global des paysages de la ceinture périurbaine étudiée est de 2500€ environ, soit 2,3% du prix d'une maison, la médiane étant d'environ 1000€.

Geographical analysis and economic valuation of periurban landscapes

Abstract

A modelling approach is suggested for estimating the hedonic price of periurban landscape such as it is visible for everyone, in the three dimensions of its scenic volume. A major problem to solve is to establish a method able to provide, within the frame of an economic valuation, appropriate indices for qualifying and quantifying the visual properties of landscape. With this aim in view, the resources of Geographical Information Systems allow us, first to combine remote sensed data and a Digital Elevation Model, and then to restore the visual properties by means of trigonometric processing.

Let us notice that landscape taken as a visible area seen from the ground differs from landscape taken as a spatial pattern, seen from above through a cartographic point of view. Therefore, the visual indices need to enlighten many different features related to landscape perception. For instance, from any point, it is possible to catch a sight of landscape but any point can be also within the sight of surrounding points; these active/passive visual relationships which determine the so called "Intervisibility" are not completely symmetrical. The objects (buildings, fields, forests a.s.o.) such as they are positioned in the viewshed from the fore to the background for making different visual pattern, need to be taken into account as well.

The indices resulting from this landscape analysis are used in a hedonic price econometric model, which is estimated from 4050 real-estate transactions in the Dijon region (adding the suburbs and the periurban belt of Dijon makes a forty kilometres wide ring). Results show that the hedonic prices of suburb landscape attributes differ from the periurban belt ones. In the former, they are often close to zero. In the latter, forests and farmlands have positive prices whereas roads have negative ones when they are close to houses; between ten and one or two hundred meters the prices of the different visual components get a price close to zero, as if they were out of sight. The combination of visual features making complex or fragmented landscape patterns determines a positive hedonic price within the periurban belt. Being within the sight of neighbourhood is revealed as a nuisance. Beyond the limit of 100-200 m, the hedonic price of landscape is close to zero. The overall price of the landscape seen from a house in the study periurban belt is €2500 or so (2.3% of the real-estate price), the median being around €1000.

Avant - propos

Cette étude a été réalisée grâce à l'appui de la Région Bourgogne, du Conseil général de la Côte-d'Or et du Grand Dijon (Communauté d'agglomération) qui ont contribué à son financement. Les données utilisées sur les transactions immobilières ont été acquises auprès de la société PERVAL et géoréférencées avec l'appui du service cartographique du Grand Dijon et de la Direction des Services Fiscaux de Côte-d'Or.

D'autres partenaires ont également facilité ce travail, en fournissant des données ou en apportant des conseils ou des remarques utiles : la Direction départementale de l'équipement (DDE), la Direction départementale de l'agriculture et de la forêt (DDAF), la Chambre départementale des notaires, la Société d'aménagement foncier et d'équipement rural (SAFER) de Bourgogne. En particulier, les résultats ont été présentés au cours d'une réunion à laquelle participaient des notaires et des responsables du service des Domaines et de la SAFER.

Nous remercions l'ensemble de ces partenaires, qui ne sont évidemment pas engagés par les développements ou les conclusions de ce rapport, dont seuls les signataires sont responsables.

Ce travail est le résultat collectif de deux unités de recherche, le CESAER UMR INRA-ENESAD et ThéMA UMR CNRS-Université de Franche-Comté et de Bourgogne. Il est signé par : Thierry Brossard, Jean Cavailhès (responsable scientifique), Mohamed Hilal, Daniel Joly, François-Pierre Tourneux, Céline Tritz et Pierre Wavresky qui ont été plus particulièrement responsables de sa conduite. D'autres personnes ont également participé à sa réalisation : Jean-Christophe Foltête et Pierre Frankhauser (tous les deux chercheurs à ThéMA), Samuel Challéat (stagiaire INRA).

Table des matières

Introduction générale	9
Chapitre I - Données immobilières et paysagères	13
Introduction	13
1. La région d'étude	13
2. Le marché immobilier	17
2.1. Description des données et géoréférencement	17
2.1.1. La base de données immobilières	17
2.1.2. Géoréférencement des transactions	17
2.2. Les terrains nus	19
2.2.1. Caractéristiques du marché	19
2.2.2. Caractéristiques des acquéreurs	20
2.3. Les maisons individuelles	21
2.3.1. Caractéristiques du marché	21
2.3.2. Caractéristiques des acquéreurs	22
2.4. Les disparités géographiques	24
2.4.1. Localisation des transactions et taux d'ouverture du marché	24
2.4.2. Origine géographique des acquéreurs	26
2.4.3. Surfaces médianes échangées par commune	26
2.4.4. Lieux d'achat selon la catégorie socioprofessionnelle des acquéreurs	27
2.4.5. Variations géographiques du prix des terrains	28
3. L'information paysagère	30
3.1. Reconnaître l'occupation du sol pour appréhender le paysage	30
3.1.1. Adaptation des nomenclatures aux informations multi-échelles	31
3.1.2. Sources d'information et choix préalables	32
3.1.3. Des images satellites aux objets du paysage	34
3.1.4. CORINE Land-Cover et les données à basse résolution	46
3.2. Modèle numérique de terrain	49
3.3. Définition des unités morphologiques de paysage	50
3.3.1. Données	50
3.3.2. Les paysages et leur structure	53
3.3.3. Typologie des paysages par classification automatique	55
3.3.4. Définition des unités paysagères	57
Références citées dans le chapitre I	59

Chapitre II - Modèles géographiques et économiques	61
Introduction	61
1. Paysage et vue	62
1.1. Notions fondamentales et principes d'analyse	62
1.1.1. Le paysage vu du dessus	62
1.1.2. Le paysage vu du dedans	62
1.2. Exploration du champ visuel	64
1.2.1. Vu actif et vu passif	64
1.2.2. Échantillonnage du tour d'horizon	65
1.2.3. Ajustement de l'échantillonnage	67
1.3. Modélisation de la visibilité	68
1.3.1. Repérage des pixels vus et définition des hauteurs de sursol	68
1.3.2. Gestion des profondeurs de champ	69
1.3.3. Etablir une mesure de l'emprise visuelle par les surfaces angulaires.....	71
1.4. Paramétrage et mise en œuvre du protocole	74
1.4.1. Les bases et leur emboîtement d'échelle	74
1.4.2. Nomenclature de l'occupation du sol et des objets selon les bases	75
2. Paysage et évaluation économique	77
2.1. Comment fonder la valeur économique des paysages	77
2.2. Les méthodes d'évaluation des biens non marchands	78
2.3. La méthode des prix hédonistes	79
2.3.1. Le principe	79
2.3.2. Discussion des hypothèses et des problèmes	80
2.3.3. Comment interpréter les prix hédonistes obtenus ?	82
2.4. Méthode économétrique	84
2.4.1. Estimation en doubles différences	85
2.4.2. Estimation avec effet de groupe aléatoire	86
Références citées dans le chapitre II	87
Chapitre III - Résultats	91
Introduction	91
1. Caractérisation des paysages	92
1.1. Caractérisation globale par la carte	92
1.1.1. Le vu global	94
1.1.2. Vue proche sur le bâti de 0 à 70 mètres (plan 1)	97
1.1.3. Vue proche sur les feuillus de 0 à 70 mètres (plan 1)	99
1.1.4. Vue proche sur les routes de 0 à 280 mètres (plans 1, 2, 3)	101
1.1.5. Vue proche sur les cultures entre 70 et 280 mètres (plans 2 et 3)	103
1.2. Caractérisation ciblée sur les points de transaction	105
1.2.1. Paysage « vu du dessus »	105
1.2.2. Paysage « vu du dedans »	108
2. Le prix hédoniste des attributs non paysagers	114
2.1. La surface habitable	114
2.2. La surface du terrain	115
2.3. Prix des attributs des maisons	120
2.4. Prix de caractéristiques de la transaction.....	121
2.5. La date de mutation	122

2.6. Résumé et conclusions	124
3. Le prix hédoniste des attributs paysagers.....	125
3.1. Méthode	125
3.1.1. Définition des attributs paysagers	125
3.1.2. La méthode d'estimation du prix des attributs	128
3.1.3. Délimitations au sein de la région d'étude	129
3.1.4. Grille de lecture des résultats	130
3.2. Le prix hédoniste des attributs paysagers : résultats d'ensemble.....	131
3.3. Les plans de vision et les surfaces vues	136
3.3.1. Existence et superficie des plans de vision.....	136
3.3.2. Les plans de vision ont-ils des prix non nuls ?.....	138
3.4 L'occupation du sol dans le plan de vision	140
3.4.1. Le jeu de la vue et de la soumission à la vue : le bâti.....	140
3.4.2. Les couverts arborés	141
3.4.3. Les autres types d'occupation du sol.....	143
3.5. Les variables de composition paysagère	145
3.6. La topographie et la présence d'objets particuliers.....	148
3.7. L'importance de la vision.....	149
3.7.1. Voir et/ou être vu	149
3.7.2. Le dedans et le dessus	150
3.8. Le prix des paysages	152
3.8.1. Le prix des paysages vus depuis les maisons de l'échantillon.....	153
3.8.2. Cartographier la valeur économique des paysages.....	156
3. Perspectives	159
Références citées dans le chapitre III	161
Conclusion générale	165
Annexes	167
Annexe du chapitre I	167
Annexe I -1 : Rayonnement global	167
Annexe I -2 : Zonage en 13 unités de paysage	168
Annexes du chapitre III	169
Annexe III -1 : Comparaison du prix du terrain nu selon le type de transaction	169
Annexe III -2 : Combinaison des effets de la distance, population et revenu communal sur la rente foncière	171
Annexe III -3 : Prix hédoniste des différents champs de vision, de la vue et de la soumission à la vue	172
Annexe III -4 : Vue et soumission à la vue	174

Introduction générale

La question de la valeur économique des paysages, étudiée dans ce rapport, doit être replacée dans le contexte des évolutions démographiques contemporaines. La France connaît un mouvement d'extension des villes en direction des campagnes environnantes ou de zones rurales plus éloignées (Le Jeannic, 1997 ; Schmitt et al., 1998) que l'on retrouve également dans la plupart des pays européens (Caruso, 2002) ainsi qu'en Amérique du Nord. Ce processus s'est amorcé dans les années 1960 en Ile-de-France, puis étendu aux grandes métropoles de Province durant la décennie suivante, et s'est généralisé depuis autour des autres villes. Au cours des années 1990, le flux migratoire des villes vers les ceintures périurbaines, quoiqu'il ait perdu de son intensité par rapport à la décennie précédente, a gagné en extension spatiale. En 1999, l'espace périurbain couvre 33 % du territoire national (près de 15 000 communes) et 12,3 millions de personnes y habitent (Cavailhès et Schmitt, 2002). Entre 1990 et 1999, sa superficie a augmenté de moitié (gain de 6 millions d'hectares) et sa population de 3,5 millions d'habitants. C'est une extension remarquable pour une si courte période. Comparé aux années 1970-80, le solde migratoire s'est amoindri mais il reste dynamique avec un taux d'accroissement annuel moyen de 0,6 %.

Pour ce qui concerne l'aire urbaine de Dijon, au cours des années 1990, l'accroissement de la population a été de 2,8 % dans le pôle urbain et de 8,8 % dans la couronne périurbaine (délimitation de 1999). De 1982 à 1999, ce sont 19100 personnes qui ont déménagé du pôle urbain dijonnais vers la couronne périurbaine ; 12 000 personnes ont fait une migration dans l'autre sens, qui sont en large partie des jeunes poursuivant des études ou recherchant un emploi en ville. En superficie, cette couronne périurbaine est passée de 1508 à 2105 kilomètres carrés entre 1990 et 1999, pour une croissance de 40 %. L'ampleur de ce mouvement d'extension nous conduit à retenir une zone d'étude plus large que la ceinture périurbaine dans la délimitation de 1999, dans un souci d'anticipation. La première section du chapitre 1 décrit cette zone d'étude.

Ces mouvements expliquent que la question de leurs déterminants soit posée aux scientifiques. La littérature sur le sujet montre que la suburbanisation aux Etats-Unis a tout d'abord été expliquée, dans les années 1970, par le jeu de forces répulsives et attractives : d'un côté, une fuite loin des ghettos urbains et, d'un autre côté, la recherche de terrains bon marché permettant l'acquisition de vastes lots résidentiels (Mieszkowski et Mills, 1993). Par la suite, le rôle du cadre de vie rural offert par un habitat non urbain a été montré. Depuis quelques années, la plupart des auteurs soulignent le rôle des espaces ouverts et des aménités « vertes » pour expliquer ces mouvements migratoires. Geoghegan (2002) présente une synthèse de résultats sur les Etats-Unis. Pour la France, Le Jeannic (1997) parle du goût pour « vivre dans un cadre naturel loin de l'agitation des villes, dans des maisons spacieuses et pourvues de jardins, tout en conservant la source de rémunération qu'est l'emploi en ville ».

En effet, le choix résidentiel urbain ou périurbain résulte d'un arbitrage entre l'accessibilité à des emplois, à des biens et services et à des infrastructures publiques (écoles, etc.) associés aux villes et à des aménités environnementales et paysagères plus spécifiquement rurales. Une basse densité de population, le calme, la faible pollution, des espaces ouverts et récréatifs participent de ce cadre de vie périurbain, ainsi que les paysages entretenus par l'activité agricole et forestière (Donadieu et Dalla Santa, 1998).

Ce rapport traite de ce dernier point : nous nous proposons d'estimer le prix des paysages de campagnes résidentielles dans la région dijonnaise. Nous pensons, en effet, que les migrations

résidentielles depuis Dijon vers des communes périurbaines peuvent s'expliquer notamment par les paysages qui s'offrent à la vue depuis les maisons ou alentour. C'est un cadre de vie auquel les habitants donnent un prix, qu'il est possible d'évaluer par des méthodes de géographie quantitative (pour mesurer les paysages) et d'évaluation économique (pour en déterminer le prix). Notons que cette hypothèse de recherche se traduit par une première limitation du champ de la recherche : nous nous intéressons au prix des paysages résidentiels, c'est-à-dire ceux qui sont vus depuis les maisons où habitent les ménages, ce qui exclut les paysages récréatifs de sites où l'on se promène à l'occasion de loisirs ou de vacances. De plus, des valeurs patrimoniales, ou d'existence, de paysages sans valeur d'usage aujourd'hui, mais susceptibles d'en avoir une pour des générations futures, sont également hors du champ de la recherche.

Pour déterminer la valeur des paysages résidentiels, la démarche que nous adoptons relève d'un parti pris : elle vise à l'objectivité, par l'application de modèles quantitatifs et de méthodes reproductibles. L'interdisciplinarité entre géographie et économie, qui nous caractérise également, est rendue possible par cette posture scientifique commune. C'est un choix qui ne va pas de soi, puisqu'il s'agit d'évaluer un bien, le paysage, que l'on définit souvent d'un point de vue subjectif, celui d'un observateur particulier, qui voit ou contemple un paysage avec son éducation, son sens esthétique, les goûts et les préférences qui lui sont propres. Deux présupposés fondent le caractère objectif de notre démarche.

- Le premier est du domaine de la géographie et concerne la complexité du paysage. Nous considérons qu'il est possible d'en caractériser les composantes essentielles à partir du relief et des objets disposés au sol qui se présentent à la vue. La troisième section du premier chapitre décrit l'information paysagère utilisée à cette fin, et les trois premières sections du chapitre II le modèle géographique qui permet de mesurer le paysage, tel que nous l'entendons.
- Le second présupposé concerne l'économie : les paysages à usage résidentiel sont un attribut du bien immobilier, dont le prix se déduit de celui des maisons qui se fixe sur le marché immobilier. Sur ce dernier, la multiplicité des acheteurs et des vendeurs donne à ce prix un caractère objectif, quels que soient les goûts, les préférences ou les contraintes de chacun de ces agents : c'est un résultat objectif qui émerge d'un grand nombre de comportements subjectifs. Certes, il n'existe pas un marché du paysage, puisque c'est un bien non marchand. Mais le fonctionnement du marché immobilier permet de révéler le prix qu'un ménage donne au bien paysager résidentiel attaché à la maison dont il fait l'acquisition. La section 4 du chapitre II fait le point sur la méthode économique que nous utilisons, dite méthode des prix hédonistes.

Les résultats sont développés dans le chapitre III. Ils concernent, dans la première section, la quantification des paysages qui fait apparaître que la vue ordinaire, celle d'un observateur au sol et qui regarde autour de lui, est très différente de la vue d'en haut, celle d'une carte, d'une photo aérienne ou d'une image satellitaire. L'analyse porte sur 4 050 transactions de maisons, réalisées entre 1995 et 2002. Le prix de ces maisons est expliqué, d'une part, par les caractéristiques propres de la construction, de la transaction et de la localisation (section 2) et, d'autre part, par les caractéristiques des paysages que voient les habitants de ces maisons depuis chez eux (section 3). L'objectif essentiel de la recherche est de savoir si ces attributs paysagers ont des prix non nuls, ce qui contribuerait à expliquer le choix de cadres de vie résidentiels périurbains. La réponse est positive. Elle révèle ce qui a une valeur aux yeux des acquéreurs et ce qui n'en a pas, conclusions qui sont reprises dans la section 4 du chapitre, ainsi que dans la synthèse générale.

*

* *

Le plan de ce rapport s'est dégagé de la présentation qui vient d'être faite : le chapitre I présente la région d'étude, les données, les éléments descriptifs sur le marché immobilier ainsi que l'information paysagère et son analyse. Le chapitre II est consacré aux modèles géographiques et économiques. Les résultats sont développés dans le chapitre III. Dans celui-ci, après avoir quantifié le champ de vision et les objets qui s'y trouvent, puis estimé le prix des attributs non paysagers des maisons, l'essentiel est consacré aux résultats sur le prix des attributs paysagers : celui des plans de vision et des surfaces vues, de l'occupation du sol, des variables de composition paysagère, de la topographie et de la présence d'objets particuliers et, enfin, le prix des paysages vus depuis les maisons de l'échantillon, qui est calculé et cartographié.

*
* * *

Ce rapport marque la fin de la phase contractuelle de ces partenariats, mais il ne clôt pas les recherches ni, nous l'espérons, les collaborations avec les organismes et les personnes qui nous ont apporté aide et conseils. Des publications dans des revues sont en cours de rédaction ou sont prévues pour faire connaître à la communauté scientifique internationale ce travail, que nous considérons comme innovant. En particulier, deux articles vont être soumis prochainement à des revues académiques, l'un sur la modélisation géographique du paysage et le deuxième sur la modélisation et les résultats économiques. Leur contenu est, pour l'essentiel, déjà présent dans ce rapport. Cependant, ils apportent des développements qui complètent ou précisent les conclusions du rapport. D'autres méthodes et modèles seront ultérieurement utilisés dans des documents qui ne sont pas encore sur l'agenda. Nous communiquerons ces publications à venir aux partenaires qui ont contribué au financement de la recherche et nous les tiendrons, sur demande, à disposition des lecteurs de ce rapport.

Références citées dans l'introduction générale

- Caruso, G. (2002) – La diversité des formes de la périurbanisation en Europe – In: Perrier-Cornet, P. (ed.). *Repenser les campagnes*. DATAR, Editions de l'Aube, pp. 67-99.
- Cavilhès, J., Schmitt, B. (2002) – Les mobilités résidentielles entre villes et campagnes – In: Perrier-Cornet, P. (ed.). *Repenser les campagnes*. DATAR, Editions de l'Aube, pp. 35-65.
- Donadieu, P., Dalla Santa, G. (1998) – *Campagnes urbaines* – Actes Sud, ENSP, 219 p.
- Geoghegan, J. (2002) – The value of open spaces in residential land use – *Land Use Policy*, 19, 91-98.
- Le Jeannic, T. (1997) – Trente ans de périurbanisation : extension et dilution des villes – *Economie et statistique*, 307, 7 : 21-41.
- Mieszkowski, P., Mills, E.S. (1993) – The causes of metropolitan suburbanization – *Journal of Economic Perspectives*, 135-147.
- Schmitt, B. (éd.), Perrier-Cornet, P. (éd.), Blanc, M. (éd.), Hilal, M. (éd.), (1998) – *Les campagnes et leurs villes* - Paris : INSEE, 203 p. (Coll. Contours et Caractères)

Chapitre I

Données immobilières et paysagères

Introduction

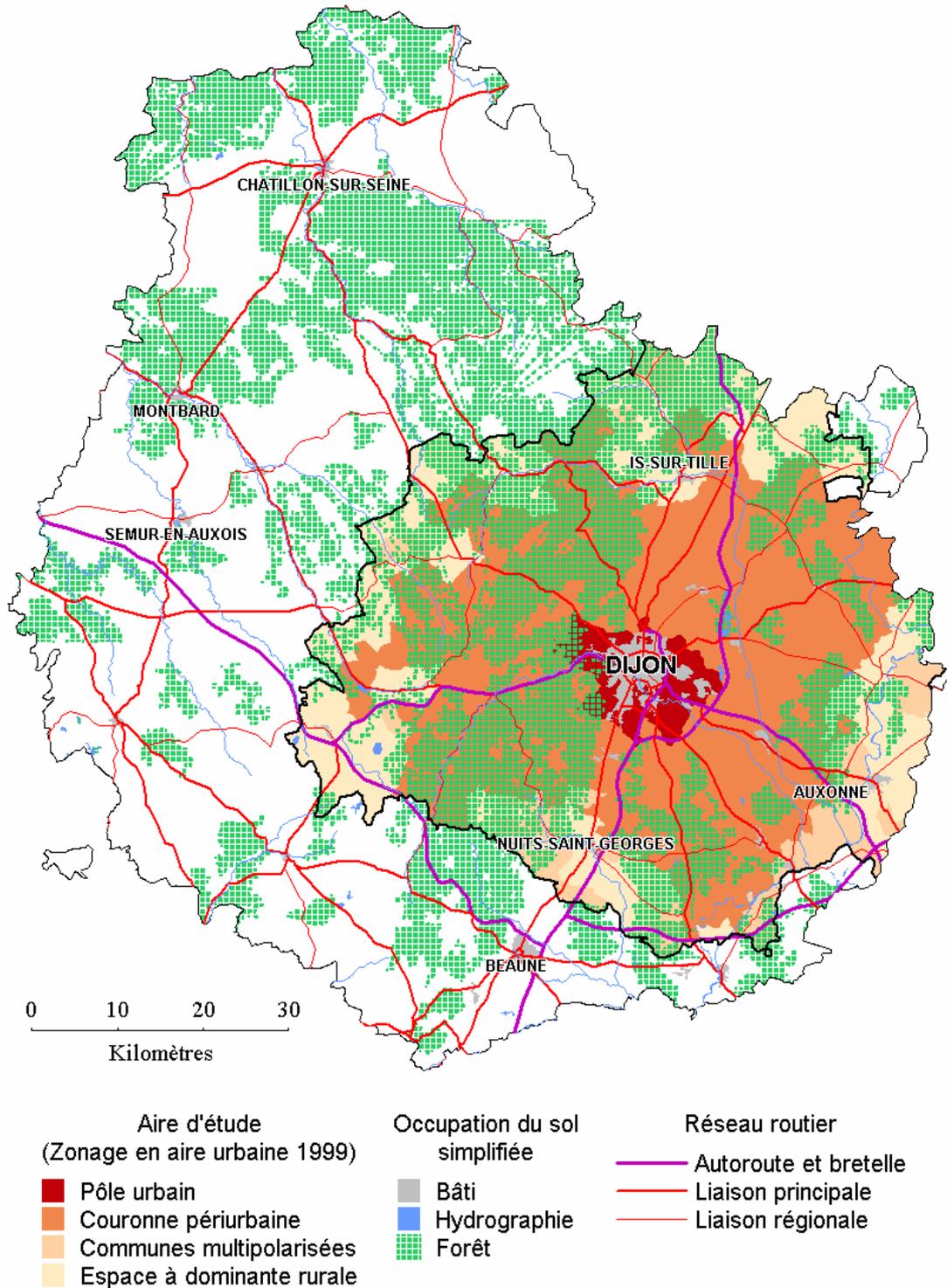
La première section de ce chapitre présente le territoire d'étude. Centré sur Dijon, celui-ci s'étend sur 3 570 kilomètres carré et rassemble 228 000 habitants. Il se compose de deux types d'espace : des communes de la banlieue de Dijon, à l'habitat collectif ou pavillonnaire dense ; des communes périurbaines ou rurales situées dans un rayon de 40 kilomètres autour de Dijon, avec un habitat ancien ou pavillonnaire peu dense.

La deuxième section présente les données et le marché immobilier. Les données proviennent de la base de données Marché immobilier des notaires (MIN) et portent sur les années 1995 à 2002. Afin de localiser très précisément les transactions foncières à l'intérieur du périmètre d'étude, chaque donnée a fait l'objet d'un traitement préalable permettant de lui attribuer ses coordonnées géographiques, exprimées en latitude et longitude. Les caractéristiques du marché immobilier et celles des acheteurs sont ensuite décrites en distinguant les transactions de terrains nus destinés à la construction d'une habitation individuelle et les maisons individuelles.

La troisième section présente l'information paysagère. Les bases de données numériques mises en place proviennent principalement d'images satellites et d'un modèle numérique de terrain. Le travail a consisté à produire une couche d'information géographique décrivant l'occupation du sol en 12 thèmes, pertinents pour l'analyse visuelle du paysage, avec une résolution de 7 mètres. Cette information a ensuite été déclinée dans des résolutions spatiales plus grossières et mise en relation avec les données CORINE LAND COVER. Les informations d'occupation du sol et le modèle numérique de terrain permettent enfin de repérer les principales unités morphologiques du paysage de la région étudiée.

1. La région d'étude

Le territoire d'étude, considéré dans ce document, est délimité par un temps d'accès à Dijon inférieur à 33 minutes ou une distance routière de moins de 42 kilomètres. Il englobe 14 communes de la banlieue de Dijon et 305 communes périurbaines ou rurales. La commune de Dijon, qui compte 150 000 habitants, soit une densité de 3 709 habitants par kilomètre carré, est exclue de l'étude. En effet, les modèles d'analyse du paysage mis en œuvre dans ce travail s'appliquent mal aux espaces à forte densité de bâtis urbains et à forte variabilité de la hauteur des immeubles comme c'est le cas à Dijon. Ils sont plus adaptés à l'analyse des paysages forestiers ou agricoles, ouverts ou fermés, susceptibles d'expliquer le mouvement de périurbanisation qu'a connu cette région depuis une trentaine d'années.



© INRA-CESAER / THÉMA

Figure I-1 : Aire d'étude

Plus précisément, la région d'étude regroupe deux ensembles distincts (figure I-1) :

- à l'exception de Dijon, les 14 communes de l'agglomération dijonnaise (au sens INSEE) sont retenues. Elles ont une population moyenne de 6 220 habitants par commune (de 1 043 à 16 257) et une densité moyenne de 693 habitants par kilomètre carré (de 86 à 2 485). Ces communes offrent souvent un environnement résidentiel assez semblable à

celui des communes périurbaines : habitat majoritairement en maisons individuelles, faibles densités du bâti, nombreux lotissements pavillonnaires, etc.

- Les seuils de 33 minutes et de 42 kilomètres autour de Dijon conduisent à retenir 305 communes, toutes en Côte-d'Or et incluses, pour reprendre la nomenclature de l'INSEE, dans l'aire urbaine de Dijon, à sa périphérie (communes multipolarisées) ou dans l'espace à dominante rural (EDR) immédiatement périphérique¹. Les communes y sont moins peuplées : la moitié ont moins de 230 habitants, la moyenne étant de 461 et l'écart-type de 733. La densité de population est également très faible puisque la moyenne est de 41 habitants par kilomètre carré avec une médiane de 26 et un écart-type de 135.

La région d'étude ainsi constituée rassemble 87 086 habitants dans l'agglomération (hors Dijon) et 140 703 dans la « ceinture périurbaine ». Entre 1990 et 1999, 19 123 personnes ont déménagé du pôle urbain vers la ceinture périurbaine et 11 964 personnes ont effectué le mouvement dans l'autre sens. Par ailleurs, 74 % des actifs occupés, résidant dans la « ceinture périurbaine », travaillent hors de leur commune de résidence. L'intensité des mobilités résidentielles et des déplacements domicile-travail quotidiens entre ces deux entités permet d'avancer l'hypothèse d'une certaine unicité du marché du travail et du marché immobilier dans la zone d'étude.

Au cours des années 1990, les communes de l'aire d'étude, en incluant Dijon, ont gagné 14 543 personnes, soit, exprimé en taux, un accroissement de + 0,4 % par an (INSEE, 2002²). Cette croissance repose exclusivement sur l'excédent naturel qui s'élève à 16 115 personnes. Les migrations sont déficitaires avec l'extérieur puisque 1 572 départs n'ont pas été remplacés. A l'intérieur de la zone, la croissance de la population suit un schéma d'étalement urbain : l'augmentation est d'autant plus forte qu'on s'éloigne de la ville centre. Entre 1990 et 1999, la population de Dijon croît de 0,2 % par an, celle de la banlieue de 0,4 % et celle de la « ceinture périurbaine » de 0,7 % (0,9 % pour les communes appartenant à l'aire urbaine). L'agglomération (Dijon et banlieue) gagne toujours des habitants. Cependant cet accroissement est dû au seul mouvement naturel, le bilan migratoire étant négatif : le mouvement de départ vers la périphérie est plus important que l'afflux de jeunes qui viennent étudier ou chercher un travail dans l'agglomération. La « ceinture périurbaine », quant à elle, bénéficie d'un accroissement important de population, soutenu par un bilan naturel et un solde migratoire excédentaires.

En 1999, l'ensemble de la région d'étude plus Dijon compte 175 082 logements, soit 12,6 % de plus qu'en 1990. Durant la période, la population n'augmente que de 4 %. L'évolution plus importante du nombre de logements s'explique par la diminution de la taille des familles, l'augmentation de la monoparentalité, la décohabitation et l'augmentation du nombre de personnes vivant seules. Les résidences principales représentent 90 % des logements et c'est dans le périurbain que leur nombre a le plus fortement augmenté (+ 16 %), notamment dans les communes de la Plaine de la Saône et du nord de Dijon. Si globalement, les maisons individuelles représentent 42 % des résidences principales, leur proportion augmente avec l'éloignement à Dijon : la part est de 18 % à Dijon, 47 % dans les communes de banlieues, 91 % dans le reste de l'aire urbaine et 79 % au-delà. L'étalement urbain renforce la présence des maisons individuelles : elles représentent 8 % des logements construits à Dijon depuis 1990, 45 % dans la banlieue contre 90 % dans la « ceinture périurbaine ». Les occupants propriétaires de leur logement sont d'autant plus nombreux qu'on s'éloigne de Dijon : 41 % à Dijon, 59 % dans les communes de banlieues et 74 % dans la « ceinture périurbaine ».

¹ Nous parlons de « ceinture périurbaine » pour désigner cet ensemble constitué de la couronne périurbaine (199 communes), des communes multipolarisées (34) et des communes de l'espace à dominante rurale (72) incluses dans la région d'étude.

² Les références bibliographiques sont regroupées à la fin du chapitre

La région d'étude présente quatre grands ensembles naturels et agricoles qui se différencient par la topographie et l'occupation du sol. Au nord de Dijon, s'étendent des plateaux calcaires avec de grandes exploitations céréalières utilisant peu de main-d'œuvre agricole. Au sud de Dijon, trois bandes se succèdent : à l'ouest, l'Auxois est une région d'élevage avec un paysage de bocage organisé en vallées herbagères et croupes forestières ; ensuite, l'Arrière-Côte forme un plateau calcaire coupé de vallées sèches où l'agriculture est diversifiée (fruits, céréales, élevage) ; enfin, les plaines de la Saône où voisinent des zones forestières et des terres labourées avec des productions agricoles intensives (maraîchage et grandes cultures). Un talus abrupt, sur lequel s'étend l'étroite bande viticole (la Côte d'Or) qui donne sa réputation au vin de Bourgogne, sépare l'Arrière-Côte de la Plaine.

2. Le marché immobilier

Les données foncières utilisées dans cette étude proviennent de la base de données Marché immobilier des notaires (MIN) et portent sur les années 1995 à 2002. Une convention conclue entre PERVAL (société émanant de la chambre des notaires) et l'INRA-CESAER a permis l'accès aux données.

2.1. Description des données et géoréférencement

2.1.1. La base de données immobilières

La base de données MIN contient :

- l'identifiant de l'acte ;
- la date de la transaction ;
- des variables décrivant les caractéristiques du bien : nature, adresse postale, références cadastrales, surface du terrain auxquels est adjoint un descriptif complémentaire dans le cas des maisons (surface habitable, éléments de confort, date de construction, etc.) ;
- le prix : prix net vendeur et montant des frais d'agence ;
- des variables décrivant les caractéristiques du vendeur : qualité, profession, sexe, statut matrimonial, âge, commune de résidence, nationalité ;
- des variables décrivant les caractéristiques de l'acheteur : qualité, profession, sexe, statut matrimonial, âge, commune de résidence, nationalité.

Le taux de couverture de la base PERVAL par rapport à l'ensemble des mutations foncières et immobilières de la zone d'étude n'est pas connu. Les notaires ne sont pas tenus d'alimenter la base de données. Cependant, les gestionnaires de la base déclarent un taux de transmission supérieur à 75 % et une nette amélioration qualitative et quantitative de la base au cours du temps.

Pour les besoins de la présente étude, seule une partie des données a été achetée en prenant soin de n'acquérir que les transactions pour lesquelles toutes les variables d'intérêt sont renseignées. Des tests de cohérence des surfaces et des prix ont permis d'écarter les transactions atypiques ou aberrantes. Au final, sont retenues : 1 714 transactions de terrains nus destinés à être bâtis en maisons individuelles pour un usage d'habitation et 4 734 maisons individuelles.

2.1.2. Géoréférencement des transactions

Les variables paysagères qui alimentent le modèle économique d'évaluation sont constituées pour des carrés élémentaires de 7 mètres de côté (plus petite unité à l'intérieur de laquelle l'information est distinguée). Ces carrés, assimilables à des points, sont repérés par leurs coordonnées géographiques exprimées en latitude et longitude. Afin de rendre possible l'évaluation du paysage autour des transactions immobilières, ces dernières doivent être situées précisément sur un carré ou un ensemble de carrés élémentaires. Le géoréférencement permet cette opération. Il consiste à rattacher à chaque transaction (terrain ou maison) des coordonnées géographiques (X, Y) dites « Lambert », du nom du système de référence utilisé

en France. Cette opération s'effectue à partir des données de localisation disponibles dans la base des notaires pour chaque mutation :

- le nom et le code géographique de la commune ;
- l'adresse postale du bien ;
- les localisants parcellaires (n° section et parcelle) qui permettent un repérage au cadastre.

Pour les communes de l'agglomération de Dijon, le service cartographique du Grand Dijon nous a permis d'utiliser ses plans cadastraux vectorisés. L'opération de géoréférencement s'est déroulée en trois étapes :

- Etape 1 : les numéros de section et parcelle des terrains et des maisons ont été extraits de la base notariale puis transmis au service cartographique du Grand Dijon (communauté d'agglomération).
- Etape 2 : celui-ci nous a envoyé en retour la couche parcellaire du plan cadastral, avec les polygones ayant comme identifiant les numéros de sections et parcelles des mutations. S'agissant du parcellaire, les polygones correspondent aux limites des terrains. Une seconde extraction a permis d'obtenir les polygones, de la couche bâtis, inclus dans les polygones du parcellaire. Les polygones du bâtis n'ont pas d'identifiant, ni cadastral, ni postal.
- Etape 3 : l'opération de géoréférencement, proprement dite, consiste :

pour les terrains

- à repérer dans la couche parcellaire les mutations de terrains ;
- à vérifier que la parcelle correspond à un seul lot ;
- à attribuer à la mutation les coordonnées Lambert X, Y du centroïde de la parcelle ;
- dans le cas où la parcelle contient plusieurs lots, une recherche supplémentaire, utilisant une couche d'adresse postale, a permis de situer approximativement le lot correspondant à la mutation sur la parcelle.

pour les maisons

- à repérer dans la couche parcellaire le terrain sur lequel est située la maison ;
- à vérifier que la parcelle contient une seule maison ;
- à attribuer à la mutation les coordonnées Lambert X, Y du centroïde du polygone figurant le bâti. Dans le cas où la maison possède plusieurs bâtiments, le centroïde du plus grand bâtiment construit en dur est retenu ;
- dans le cas où la parcelle contient plusieurs maisons, une recherche supplémentaire, utilisant une couche d'adresse postale, a permis de retrouver le polygone correspondant à la maison.

Pour les autres communes, le géoréférencement a été réalisé avec l'appui des Centres des impôts fonciers (CDIF) de Dijon et Beaune. La procédure a été adaptée aux plans cadastraux disponibles.

- Si le cadastre est vectorisé ou numérisé et calé, l'opération consiste à relever les coordonnées Lambert de la maison ou de la parcelle directement sur écran (application PCI-VECTEUR) puis à saisir ces informations dans un tableur.

- Pour le cadastre non calé (numérisé ou sur feuille), si le plan est lambertisé, l'opération consiste à interpoler les coordonnées Lambert de la maison ou de la parcelle à partir de l'échelle des latitudes et longitudes du plan (amorces Lambert II sur le bord du plan et croisillons d'intersection des latitudes et longitudes tous les 100 mètres à l'intérieur du plan).
- Pour les plans non lambertisés, une application développée sous Mapinfo permet de positionner approximativement la maison ou la parcelle en cliquant sur une couche d'informations calées (carte au 1/25 000 et image satellite) et en s'aidant du tracé de la voirie et de la position du bâti.

2.2. Les terrains nus

2.2.1. Caractéristiques du marché

Les 1 714 transactions portant sur les terrains nus représentent une surface de 1,8 millions de mètres carré et un volume financier de 402 millions de francs hors taxe (61 226 000 euros).

Un grand nombre de transactions ont été enregistrées entre 1998 et 2001, avec un tassement perceptible durant le premier semestre 2002. Le marché est particulièrement actif en juin de chaque année. Plus précisément, la base enregistre à peu près 150 transactions pour 1996-1997. Le nombre d'enregistrements approche 250 en 1998, puis il se stabilise autour de 300 transactions. Cette progression tient probablement à une meilleure alimentation de la base des données avec une amélioration d'autant plus nette qu'on s'éloigne de Dijon. Cet aspect peut créer un biais de sélection et explique, en partie, que les données de terrains ont été écartées dans la partie sur l'évaluation économique des paysages.

Les 14 communes de la banlieue dijonnaise enregistrent 20 % des transactions et la ceinture périurbaine 80 %, dont 58 % pour les communes incluses dans l'aire urbaine. Les surfaces correspondantes sont plus importantes dans la périphérie et notamment hors de l'aire urbaine du fait d'une plus grande taille des lots vendus. Les coûts d'acquisition sont plus élevés dans les communes de banlieue : en moyenne le prix des lots y est deux fois plus élevé.

	Volume de transactions		Surface échangée		Volume financier		
	nombre	%	hectares	%	milliers de francs HT	milliers d'euros HT	%
Banlieue de Dijon	337	20	24,70	13	122 827	18 725	31
« Ceinture périurbaines »	1 377	80	160,95	87	278 791	42 501	69
dont couronne périurbaine	997	58	105,83	57	230 667	35 165	57
dont autres communes	380	22	55,12	30	48 124	7 336	12
Aire d'étude	1 714	100	185,65	100	401 617	61 226	100

© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

Tableau I-1 : Répartition des transactions de terrains nus (1995-2002)

Seules 203 communes sur les 320 composant la zone d'étude enregistrent au moins une transaction durant la période étudiée. Le nombre de transactions est très faible (moins de 5)

dans 54 % des communes et il dépasse 10 transactions dans un cinquième d'entre elles, le maximum étant de 74 ventes à Auxonne (ceinture périurbaine).

La surface communale médiane échangée est de 5 357 mètres carré. Le quart des communes où le marché est le moins actif échangent moins de 2 301 mètres carré, les 25 % où le marché est le plus actif échangent, quant à elles, 21 618 mètres carré.

La médiane de la surface acquise s'élève à 828 mètres carré, avec un quart des transactions qui concernent des terrains de plus de 1 106 mètres carré et un quart moins de 702 mètres carré. La distribution statistique de la surface est ramassée du côté des petites surfaces et très étalée du côté des grandes. Le prix médian payé est de 200 000 francs hors taxes (30 000 euros), la moitié des prix se situant dans la fourchette 160 000 - 315 000 francs (24 000 - 48 000 euros).

2.2.2. Caractéristiques des acquéreurs

Les terrains nus, retenus ici, sont destinés à la construction d'une maison individuelle. Ils intéressent toutes les catégories socioprofessionnelles. Les professions intermédiaires acquièrent 29 % des transactions. Ils sont suivis par les ouvriers (27 %) et les employés (20 %). Ces trois catégories représentent 76 % des acheteurs, 74 % des surfaces et 70 % des volumes financiers hors taxe correspondant. Les cadres supérieurs font l'acquisition de 12 % des terrains nus et les artisans, commerçants, chefs d'entreprise de 7 %. Les volumes de surface et de prix correspondant sont proportionnellement plus importants.

	Volume de transactions		Surface échangée		Volume financier		
	nombre	%	hectares	%	milliers de francs hors taxe	milliers d'euros hors taxe	%
Agriculteurs	16	1	1,93	1	2 806	428	1
Artisans, commerçants, chefs d'entreprise	122	7	14,68	8	31 886	4 861	8
Cadres et professions intellectuelles supérieures	210	12	24,54	13	69 951	10 664	17
Professions intermédiaires	496	29	52,05	28	119 887	18 277	30
Employés	344	20	37,15	20	75 556	11 519	19
Ouvriers	459	27	47,76	26	84 065	12 816	21
Retraités	41	2	4,47	2	11 392	1 737	3
Autres	26	2	3,07	2	6 075	926	2
Ensemble	1 714	100	185,65	100	401 617	61 226	100

© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

Tableau I-2 : Catégories socioprofessionnelles des acquéreurs de terrains nus (1995-2002)

Catégories socioprofessionnelles	Nombre de transactions	Médiane de la surface des lots (m ²)	Médiane du prix des terrains		Médiane du prix du mètre carré de terrain	
			francs hors taxe	euros hors taxe	francs	euros
Agriculteurs	16	1 113	125 000	19 056	151	23
Artisans, commerçants, chefs d'entreprise	122	923	227 167	34 631	236	36
Cadres et professions intellectuelles supérieures	210	806	290 108	44 227	341	52
Professions intermédiaires	496	833	219 480	33 460	278	42
Employés	344	828	190 000	28 965	230	35
Ouvriers	459	803	170 648	26 015	195	30
Retraités	41	769	243 810	37 169	263	40
Autres	26	814	193 720	29 532	193	29
Ensemble	1 714	828	200 000	30 490	250	38

© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

Tableau I-3 : Valeurs médianes des surfaces et du prix des terrains nus selon la catégorie socioprofessionnelle de l'acquéreur (1995-2002)

Les médianes des surfaces acquises par les différentes catégories socioprofessionnelles sont assez proches de la médiane d'ensemble (828 mètres carré) à l'exception des agriculteurs et des artisans, commerçants, chefs d'entreprises dont les médianes des surfaces achetées sont de 1 113 et 923 mètres carré. En revanche les volumes et les médianes des prix payés varient fortement d'une catégorie socioprofessionnelle à l'autre. Les cadres supérieurs achètent les terrains les plus onéreux, les agriculteurs et les ouvriers les terrains les moins chers.

L'âge moyen des acheteurs est de 37 ans et la moitié d'entre eux ont entre 30 et 42 ans.

Près de 80 % des terrains sont achetés par une personne qui réside dans une commune différente de celle où est localisé le bien. Les distances entre le lieu d'acquisition du terrain et le lieu de résidence sont faibles : pour 25 % des achats, l'acquéreur réside à moins de trois kilomètres (à vol d'oiseau), pour la moitié la distance est inférieure à sept kilomètres et dans 90 % des cas elle ne dépasse pas 22 kilomètres.

2.3. Les maisons individuelles

2.3.1. Caractéristiques du marché

Le fichier retenu contient 4 734 ventes de maisons individuelles. La surface totale des lots vendus représente plus de 343 hectares pour un volume financier dégagé de 3 603 millions de francs hors taxe soit 549 millions d'euros.

Un grand nombre de transactions ont été enregistrées entre 1998 et 2001. Une transaction sur quatre a eu lieu durant les deux mois de juin et juillet avec des prix de vente plus élevés, ce qui correspond à une saisonnalité bien connue des professionnels de l'immobilier.

Les 14 communes de la banlieue dijonnaise enregistrent 37 % des transactions et la ceinture périurbaine 63 %, dont 46 % pour les communes incluses dans l'aire urbaine. Les surfaces des terrains échangés sont plus importantes dans la périphérie et notamment hors de l'aire urbaine du fait d'une plus grande taille des lots. Enfin, les coûts d'acquisition sont plus élevés dans les communes de la banlieue puisqu'en moyenne les maisons y ont des prix 18 % plus chère que dans la couronne périurbaine et 60 % plus que dans les communes rurales les plus proches.

Sur les 320 communes composant la zone d'étude, 296 enregistrent au moins une mutation de maison individuelle entre 1995 et 2002. Le nombre de transactions est très faible (moins de 5) dans 35 % des communes et il dépasse 10 transactions dans 38 % d'entre elles, le maximum étant de 211 maisons vendues à Fontaine-lès-Dijon (agglomération dijonnaise).

	Volume de transactions		Surface échangée		Volume financier		
	nombre	%	hectares	%	milliers de francs hors taxe	milliers d'euros hors taxe	%
Banlieue de Dijon	1 728	37	89,61	20	1 519 887	231 705	42
« Ceinture périurbaines »	3 006	63	353,76	80	2 082 816	317 523	58
dont couronne périurbaine	2 195	46	235,21	53	1 639 047	249 871	45
dont autres communes	811	17	118,56	27	443 769	67 652	12
Aire d'étude	4 734	100	443,37	100	3 602 703	549 228	100

© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

Tableau I-4 : Répartition des transactions de maisons individuelles (1995-2002)

La surface communale médiane échangée est de 8 699 mètres carré de terrain. Le quart des communes où le marché est le moins actif échangent moins de 3 852 mètres carré, les 25 % où le marché est le plus actif échangent 19 536 mètres carré.

La médiane de la surface des terrains échangés s'élève à 648 mètres carré, avec un quart des transactions qui concernent des lots de plus de 946 mètres carré et un quart moins de 397 mètres carré. La distribution statistique de la surface est ramassée du côté des petites surfaces et très étalée du côté des grandes. Le prix médian payé est de 710 000 francs hors taxe (108 000 euros), la moitié des prix se situant dans la fourchette 550 000 - 900 000 francs (84 000 - 137 000 euros).

La médiane de la surface habitable est de 100 mètres carré, avec la moitié des maisons qui disposent de 89 à 129 mètres carré ce qui correspond à quatre ou cinq pièces principales. Près d'une maison sur quatre dispose d'au moins deux salles de bains.

2.3.2. Caractéristiques des acquéreurs

Les professions intermédiaires achètent 29 % des maisons. Ils sont suivis par les employés (21 %) et les cadres supérieurs (21 %). Ces trois catégories représentent 71 % des acheteurs,

68 % des surfaces et 74 % des volumes financiers hors taxe. Les ouvriers représentent 15 % des acquéreurs, les catégories « artisans, commerçants, chefs d'entreprises » et « retraités » sont 6 % chacun.

La proportion de cadres est plus élevée parmi les acquéreurs de maisons individuelles (21 %) que parmi les acheteurs de terrains nus à bâtir (12 %). Pour les ouvriers, c'est l'inverse qu'on observe : ils achètent 27 % des terrains nus et seulement 15 % des maisons individuelles.

	Volume de transactions		Surface échangée		Volume financier		
	nombre	%	hectares	%	milliers de francs hors taxe	milliers d'euros hors taxe	%
Agriculteurs	50	1	6,94	2	30 848	4 703	1
Artisans, commerçants, chefs d'entreprise	273	6	32,96	7	224 502	34 225	6
Cadres et professions intellectuelles supérieures	947	20	94,92	21	920 248	140 291	26
Professions intermédiaires	1 387	29	127,53	29	1 056 778	161 105	29
Employés	996	21	78,83	18	681 696	103 924	19
Ouvriers	719	15	66,58	15	420 716	64 138	12
Retraités	290	6	29,17	7	219 110	33 403	6
Autres	72	2	6,43	1	48 806	7 440	1
Ensemble	4 734	100	443,37	100	3 602 703	549 228	100

© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

Tableau I-5 : Catégories socioprofessionnelles des acquéreurs de maisons individuelles (1995-2002)

Les médianes des surfaces des lots acquis par les différentes catégories socioprofessionnelles sont les plus élevées pour les agriculteurs (742 mètres carré) et les artisans, commerçants, chefs d'entreprise (739). Elles décroissent ensuite régulièrement : les cadres supérieurs (719) disposent de plus d'espace que les retraités (595), les employés (606) ou les ouvriers (617). Les prix payés ne respectent pas le même régularité : les cadres supérieurs achètent les maisons les plus chères et, rapporté au mètre carré de terrain, les prix payés par les retraités sont les plus élevés.

Catégories socioprofessionnelles	Nombre de transactions	Médiane de la surface des lots	Médiane du prix des maisons		Médiane du prix du lot au mètre carré de terrain	
			milliers de francs hors taxe	milliers d'euros hors taxe	francs	euros
Agriculteurs	50	742	593	90	725	110
Artisans, commerçants, chefs d'entreprise	273	739	750	114	1150	175
Cadres et professions intellectuelles supérieures	947	719	887	135	1359	207
Professions intermédiaires	1 387	648	730	111	1207	184
Employés	996	606	665	101	1205	184
Ouvriers	719	617	573	87	993	151
Retraités	290	595	700	107	1325	202
Autres	72	635	680	104	1224	187
Ensemble	4 734	648	710	108	1210	184

© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

Tableau I-6 : Valeurs médianes des surfaces de lot et du prix des maisons individuelles selon la catégorie socioprofessionnelle de l'acquéreur (1995-2002)

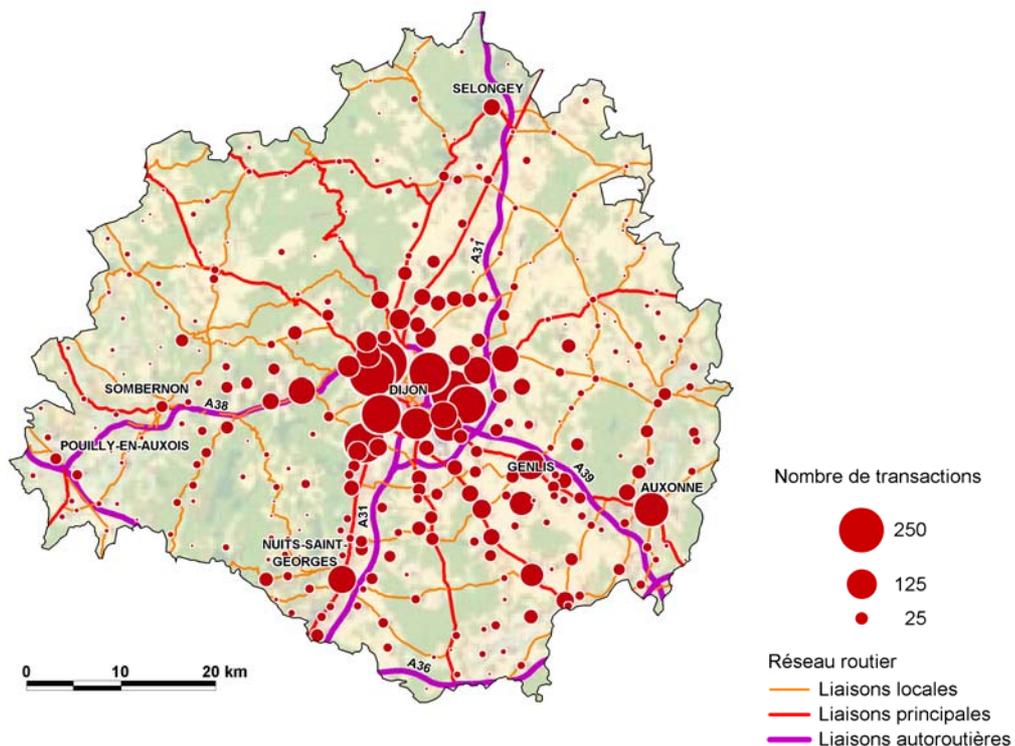
Les acheteurs sont âgés, en moyenne, de 40 ans et la moitié d'entre eux ont entre 32 et 46 ans.

Comme pour les terrains, 80 % des maisons sont achetées par une personne qui ne réside pas dans la commune où est localisé le bien. Les distances entre ce dernier et le lieu de résidence de l'acquéreur sont faibles : pour 25 % des achats l'acquéreur réside à moins de deux kilomètres et demi (à vol d'oiseau), pour la moitié la distance est inférieure à sept kilomètres et dans 90 % des cas elle ne dépasse pas 24 kilomètres.

2.4. Les disparités géographiques

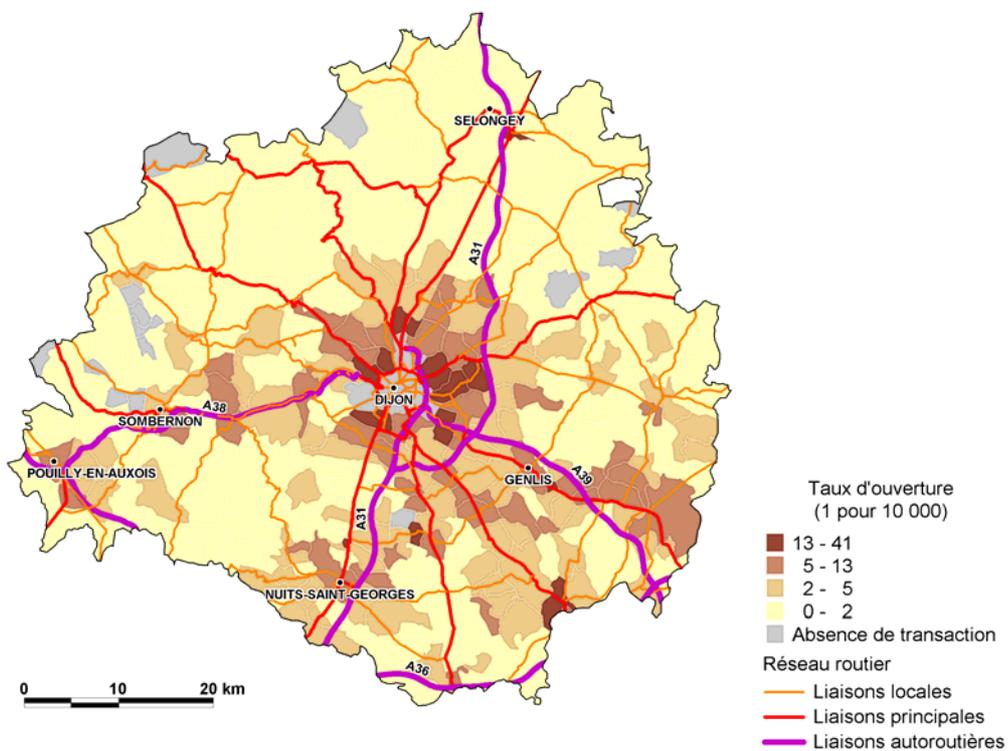
2.4.1. Localisation des transactions et taux d'ouverture du marché

Le marché foncier et immobilier est très actif dans les communes de la banlieue dijonnaise et dans les communes périurbaines proches de Dijon (fig. I-2). Nuits-Saint-Georges, Genlis et Auxonne sont également très dynamiques. Les communes desservies par l'autoroute A38 à l'ouest et par le faisceau routier et autoroutier du sud-est de l'aire urbaine enregistrent un nombre important de transactions et semblent s'ouvrir davantage à l'urbanisation (fig. I-3).



© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

Figure I-2 : Nombre de transactions échangées par commune (maisons et terrains)



© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

Figure I-3 : Taux d'ouverture du marché par commune
(surface résidentielle échangée par an / surface de la commune)

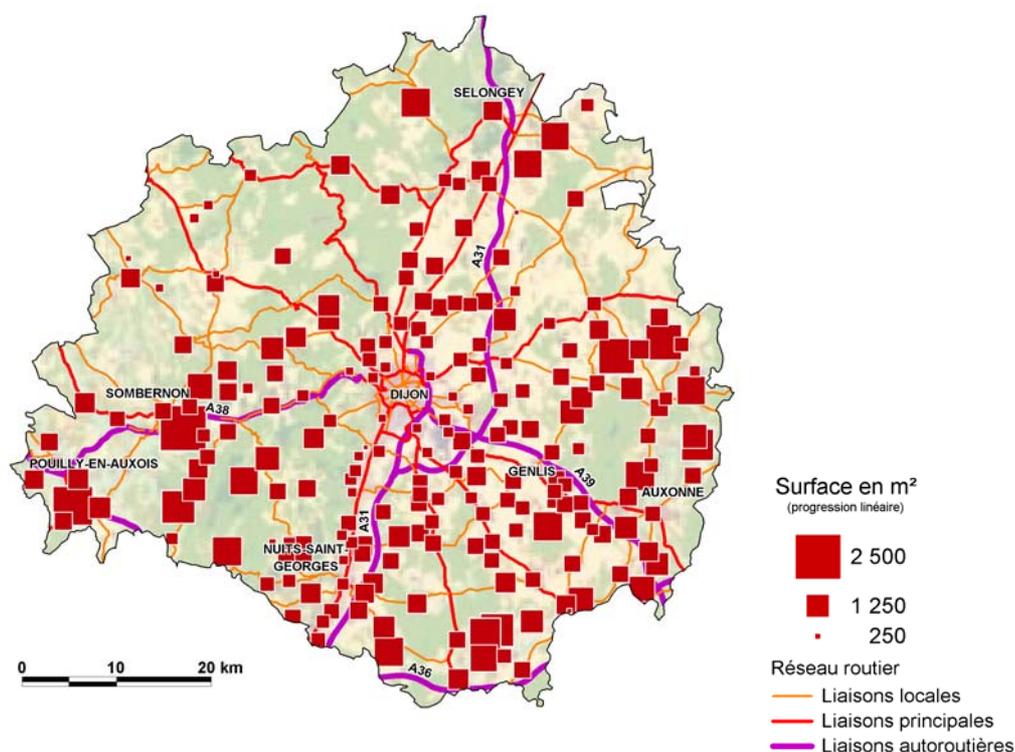
2.4.2. Origine géographique des acquéreurs

Les acquéreurs des maisons et des terrains résident pour 60 % dans l'agglomération dijonnaise (2 207 Dijonnais et 1 634 banlieusards) au moment de l'achat. Les périurbains représentent 27 % et les personnes venant de l'extérieur de l'aire d'étude 14 %.

Plus de la moitié des transactions acquises par les Dijonnais³ (61 %) le sont dans le périurbain, alors que les habitants de la banlieue sont 53 % à acheter un bien dans une commune de l'agglomération (hors Dijon). 92 % des périurbains ayant acheté un terrain ou une maison le font dans une commune périurbaine. C'est le cas également de 76 % des personnes venant de l'extérieur de la zone d'étude.

2.4.3. Surfaces médianes échangées par commune

Les surfaces vendues (terrains nus et parcelles des maisons) augmentent avec l'éloignement à Dijon : la valeur médiane est comprise entre 1 000 et 2 500 mètres carré dans les communes à la périphérie de la zone d'étude ; elle vaut 250 à 1 000 mètres carrés dans les communes proches de Dijon (fig. I-4). Au-delà de ce schéma général, les surfaces ont tendance à se réduire à proximité des bourgs et petites villes comme Genlis ou Nuits-Saint-Georges ; les surfaces sont également plus petites dans les communes au contact de l'Arrière-Côte et de la Plaine, le long de la Côte viticole (axe de la nationale 74 de Dijon à Beaune).



© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

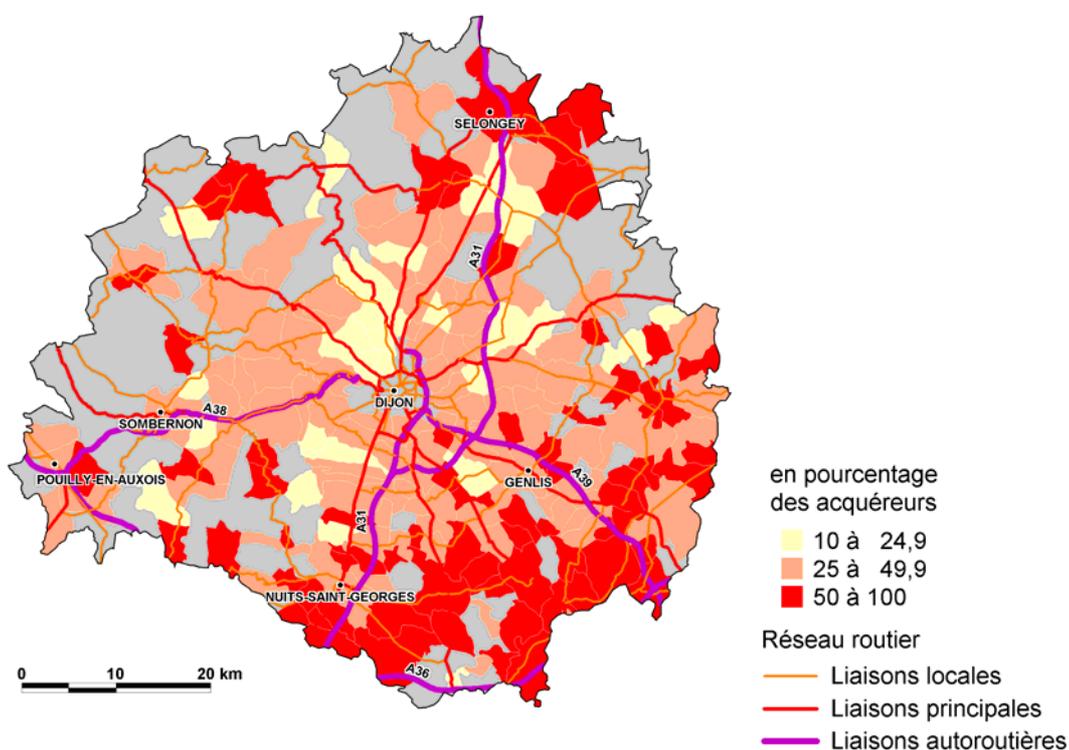
Figure I-4 : Surface médiane communale des parcelles des maisons et terrains nus

³ Hors transactions réalisées dans la commune de Dijon.

2.4.4. Lieux d'achat selon la catégorie socioprofessionnelle des acquéreurs

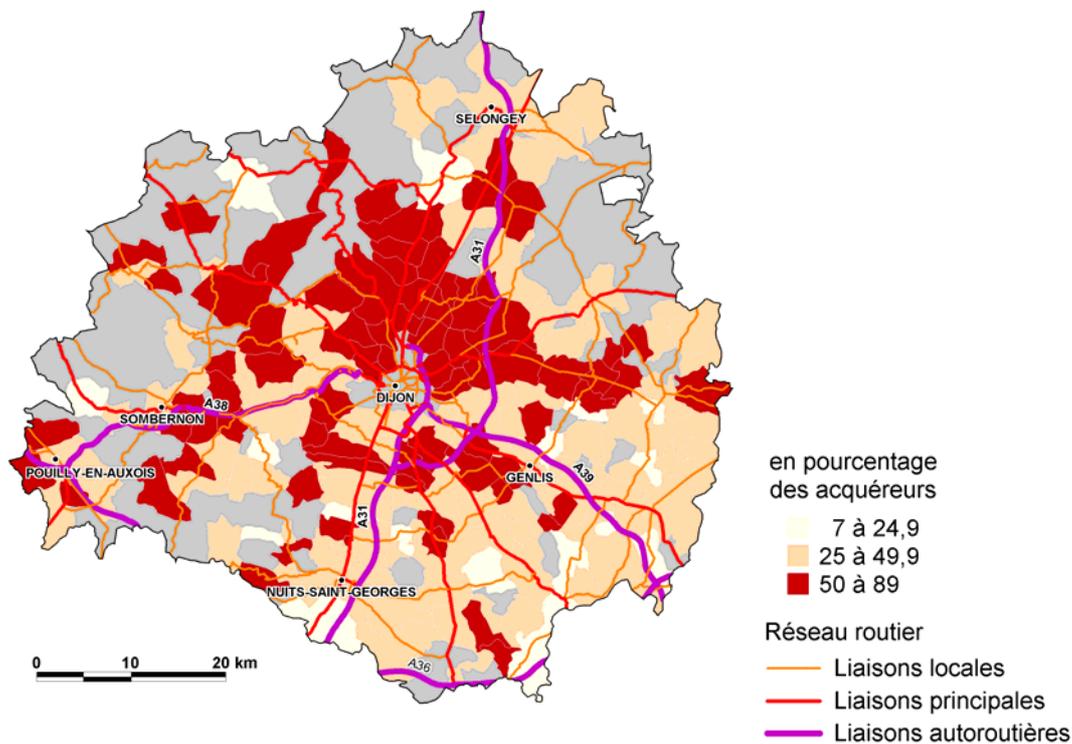
Les ouvriers et employés représentent plus de 50 % des acquéreurs dans les communes où traditionnellement ces deux catégories sont importantes : dans l'arc ouvrier du Val-de-Saône qui s'étend de Nuits-Saint-Georges à Pontallier-sur-Saône en passant par les cantons de Saint-Jean-de-Losne et Auxonne ; dans le secteur de Selongey et Is-sur-Tille (fig. I-5).

Les cadres supérieurs et professions intermédiaires sont nombreux à acheter dans les communes proches de Dijon et dans le nord de l'agglomération. Plus de la moitié des biens sont acquis par ces catégories socioprofessionnelles à Quetigny, Saint-Apollinaire, Fontaine-lès-Dijon et Talant, mais également dans les communes périurbaines proches situées au nord et au nord-est de Dijon (fig. I-6).



© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

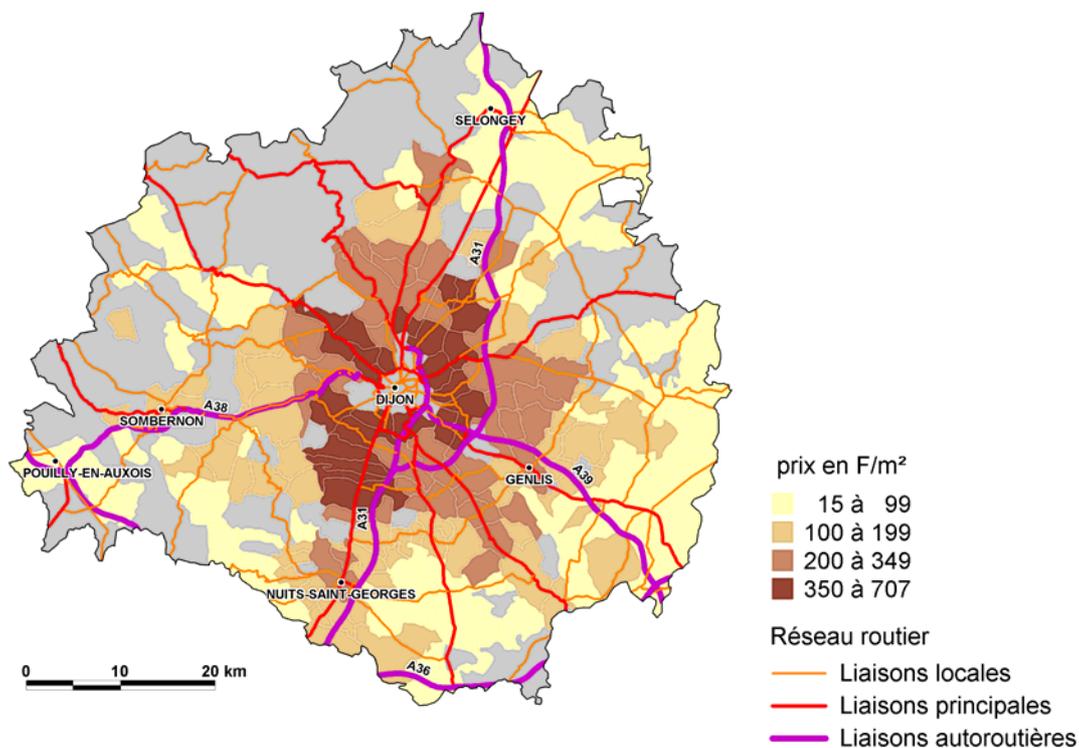
Figure I-5 : Part des ouvriers et employés parmi les acquéreurs de maisons et terrains nus



© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

Figure I-6 : Part des cadres supérieurs et professions intermédiaires parmi les acquéreurs des maisons et terrains nus

2.4.5. Variations géographiques du prix des terrains



© INRA-CESAER / THÉMA. Source : Perval.

Figure I-7 : Valeur médiane communale du prix des terrains

Le prix des terrains diminue en fonction de la distance au cœur de l'agglomération dijonnaise (fig. I-7). Le prix médian du mètre carré vaut de 350 à 707 francs (53 à 108 euros) dans les communes proches de Dijon et moins de 100 francs (15 euros) dans les communes les plus éloignées. La diminution du prix au mètre carré est plus rapide, à mesure qu'on s'éloigne de Dijon, dans les communes du plateau occidental et elle est plus lente du côté de la Plaine. Les prix demeurent plus élevés dans les communes bien desservies par le réseau routier ce qui permet un bon accès aux emplois et aux services de l'agglomération (cf. chapitre 3, section 1).

3. L'information paysagère

Pour répondre aux contraintes de la modélisation économétrique, l'information à produire sur le paysage repose sur la mobilisation de bases de données numériques qui n'ont pas été constituées dans ce but au départ ; il s'agit des trois types de sources suivants :

- l'occupation du sol que l'on tire d'images satellites ou aériennes, ou encore de bases constituées, renseigne sur la façon dont le paysage est «habillé» ou masqué par différentes classes d'objets au sol (végétation, bâti, réseau, cultures etc.) ;
- le modèle numérique de terrain (MNT) qui prend la forme d'une matrice d'altitude et dont on dérive, par le calcul, toutes sortes d'informations sur les structures et propriétés paysagères telles que pentes, orientation, énergie incidente, formes topographiques etc. ; le MNT sert également de base à la confection d'un modèle numérique d'élévation (MNE) dont les valeurs correspondent aux altitudes augmentées des hauteurs de l'occupation du sol ;
- des informations particulières peuvent également compléter les ressources nécessaires à l'analyse (monuments, implantation d'ouvrages, hydrologie, données foncières etc.).

Ces données ont été préalablement traitées pour les mettre sous la forme requise. Cette phase d'élaboration est tout aussi délicate que la modélisation proprement dite et mérite d'être présentée car elle constitue l'assise même de notre démarche en lui apportant son support objectif. Cette partie du travail tire profit des ressources offertes par les Systèmes d'information géographique (SIG) et par les concepts opératoires qui s'y rattachent, notamment le croisement de couches d'informations repérées dans l'espace (Brossard et al., 1995).

3.1. Reconnaître l'occupation du sol pour appréhender le paysage

L'occupation du sol est un des termes fondamentaux de la composition des paysages qu'elle contribue à définir tant dans leur configuration matérielle que dans leur physionomie. En effet, la topographie n'est pas seule à contribuer à la composition des volumes du champ de vision : un rideau d'arbres, la lisière ou la canopée d'une forêt, la façade d'une maison, forment autant de masques qui, simultanément, ferment la vue et remplissent le paysage. Cette information sur l'occupation du sol peut être obtenue directement de bases données déjà constituées comme la BD_Carto de l'Institut géographique national (IGN) ou la base européenne Corine Land Cover diffusée en France par l'Institut français de l'environnement (IFEN). Ces deux sources ont été effectivement mobilisées dans le fil du travail, dès lors qu'elles convenaient aux échelles d'analyse. En revanche, pour appréhender le paysage dans son organisation fine, d'autres solutions ont été trouvées grâce aux ressources de la télédétection en haute résolution. Le recours à cette technique fut possible dans la mesure où les compétences requises étaient présentes dans l'équipe réunie autour du projet. Les résultats obtenus du traitement d'image font donc partie des apports originaux de cette étude dont ils conditionnent une part essentielle de la pertinence ; la présentation qui vient permet d'en préciser la teneur.

L'objectif visé va au-delà d'une reconnaissance classique de l'occupation du sol. En effet, le paysage visible associe des objets proches et lointains, dont la reconnaissance demande des échelles, des nomenclatures et des méthodes différentes. Ces méthodes s'appuient sur des sources de données diverses (images satellites et bases de données thématiques) qui

nécessitent des choix préalables et plusieurs étapes de traitement : géométrie, identification thématique, agrégations et désagrégations d'objets.

3.1.1. Adaptation des nomenclatures aux informations multi-échelles

Echelles emboîtées et représentation matricielle

La vue d'un paysage embrasse l'espace dans un éloignement progressif, au sein duquel l'observateur peut reconnaître des objets différents suivant la distance qui le sépare d'eux. L'arbre vu à 20 mètres devient, à trois kilomètres, un simple élément d'une forêt. La prairie ou le champ de céréales, différenciés de près et suivant la saison, deviennent au loin de simples formations ouvertes. Les modélisations de la visibilité employées dans cette étude fonctionnent selon cette approche multiscalaire en faisant appel à quatre bases de données aux échelles emboîtées. Le détail des procédures requises sera présenté au chapitre II. En outre, ces données doivent être représentées en mode matriciel (ou « raster »), qui figure un découpage régulier de l'espace en carrés élémentaires (cellules ou « pixels »). Ce modèle permet de représenter des phénomènes aux variations continues dans l'espace, ce qui est le cas du relief et des volumes du paysage. Le terme de « résolution » désigne la longueur du côté des cellules. Cette résolution varie ici entre 7, 30, 150 mètres, et un kilomètre.

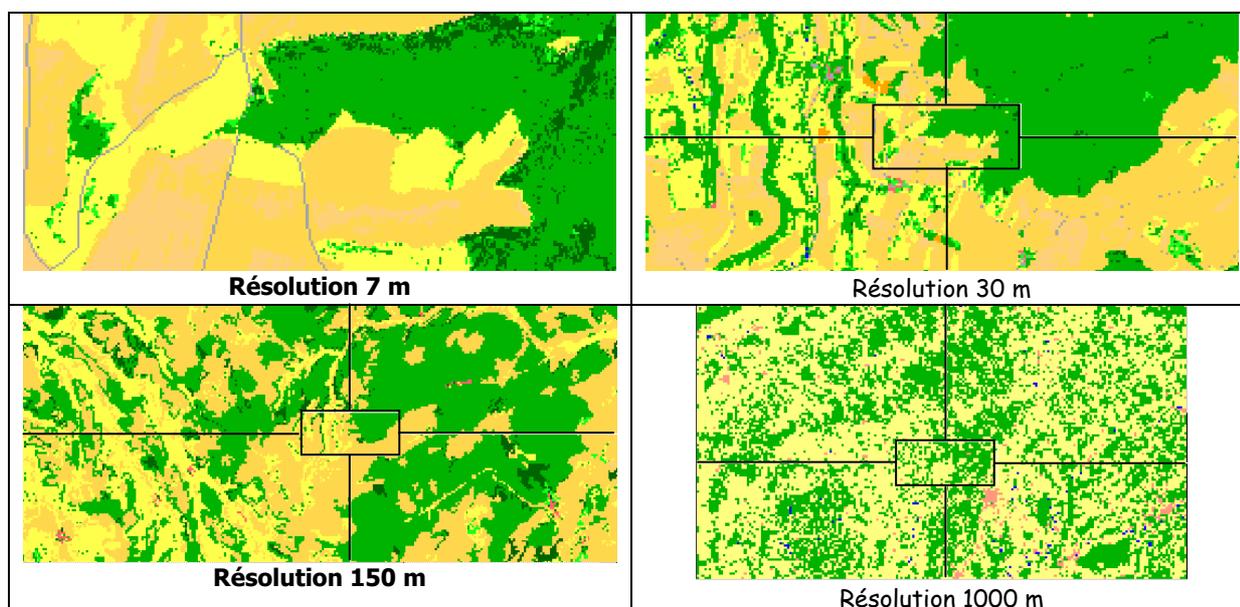


Figure I-8 : échelles emboîtées et modèle matriciel.

Nomenclatures et échelles

A chacune de ces échelles correspond une description de l'occupation du sol plus ou moins variée, passant de 12 types pour la résolution 7 mètres à quatre types pour la résolution de un kilomètre (cf. chapitre II, section 1.4.2, tableau II-4). Cette progression représente une baisse théorique de la discrimination de la vue suivant l'éloignement. Des échelles différentes, et des nomenclatures différentes, demandent généralement d'employer des sources d'information différentes. Les plus fortes résolutions (7 mètres, 30 mètres) demandent une précision géométrique et des différenciations thématiques élevées, mais leur couverture spatiale est limitée à l'environnement proche des points étudiés (ici, les lieux des transactions). Les faibles résolutions (150 mètres et un kilomètre) nécessitent des précisions géométriques

et thématiques moindres, mais pour une région beaucoup plus grande (les horizons lointains potentiellement vus depuis les lieux de transaction).

Découper l'espace en pixels : une option requise par la modélisation du paysage

Quelle que soit la résolution, chaque cellule ne peut contenir qu'une information (arbre ou pré ou route etc.). Or, un arbre ou une maison ne font ni 7 sur 7 mètres, pas plus que 150 sur 150 mètres. Les solutions habituelles à ce problème passent par des règles de majorité, ou de préférence en l'absence de majorité. Le cas présent appelle une méthode différente, dans la mesure où une attention privilégiée doit être accordée à la présence d'objets élevés, qui constituent autant de masques dans le paysage. Ainsi, les données obtenues ne doivent pas être considérées comme des cartographies classiques de l'occupation du sol, mais bien comme des modèles particuliers à cette approche paysagère. Toute exploitation passant par de simples dénombrements de cellules, pour obtenir des surfaces par type d'occupation du sol, serait ainsi totalement infondée.

Observation statique d'un paysage dynamique

Le paysage visible évolue au fil des saisons, mais aussi au fil des années qui voient l'érection de nouveaux bâtiments, l'avancée ou le recul des friches ou des forêts, l'extension des cultures etc. Les références de transactions immobilières utilisées pour cette étude retracent plusieurs années de ventes et d'achats, qui ont pu participer à la dynamique du paysage. Toutefois, il est difficilement possible de disposer de sources d'informations qui permettent de retracer ces évolutions dans la durée. Nous prenons donc le parti d'utiliser des informations statiques, dont les dates de validité sont choisies au mieux des disponibilités offertes et de la période totale des transactions considérées.

Ces quelques points résument les principaux pré-requis pour l'établissement de données représentatives du rôle de l'occupation du sol dans le paysage visible. Les rubriques suivantes exposent brièvement les étapes de leur mise en place.

3.1.2. Sources d'information et choix préalables

Plusieurs sources d'information peuvent renseigner sur l'occupation ou l'utilisation du sol, parmi lesquelles on peut établir quatre grandes catégories : les levés photogrammétriques, les cartes topographiques, les bases de données thématiques, les classifications d'images satellitaires. Ces types de données ont d'ailleurs des origines pour partie identiques, et peuvent être efficacement utilisées de concert.

Les levés photogrammétriques

Ceux-ci renseignent simultanément les objets et leurs volumes, à grande échelle. A priori, ils constituent la meilleure source de données, mais leur mise en œuvre se heurte pourtant à plusieurs difficultés :

- un coût élevé, particulièrement pour de grandes superficies ;
- de gros volumes de données, difficiles à gérer en bloc pour l'analyse du paysage ;
- une précision parfois illusoire : par exemple, un jardin est une surface totalement composite, où s'assemblent des volumes élevés et bas, des masques plus ou moins transparents selon la saison, etc.

Les cartes topographiques à grande échelle

Ces cartes (exemple : 1/25 000 IGN, pour partie reprises dans la BD-Carto IGN) présentent simultanément de bonnes qualités géométriques et une grande richesse thématique, mais n'offrent qu'un intérêt limité dans le cas présent :

- la représentation symbolique des éléments linéaires ou ponctuels conduit à des aberrations d'échelles (une route de un millimètre de large sur la carte ne fait pas 25 mètres de large sur le terrain, et il en va de même pour les maisons) ;
- les cartes voisines sont mises à jour selon des rythmes très différents, ce qui conduit à de forts hiatus aux limites des coupures ;
- la définition thématique reste faible sur plus d'un thème (ainsi, pas de distinction entre forêts de conifères et forêts caducifoliées ; de même le territoire ouvert est représenté de façon uniforme, sans distinction des prés ou des cultures).

Les Bases de données spécialisées

Des bases de données sur l'occupation du sol sont déjà constituées et disponibles. Toutes ne se prêtent pas à l'exercice : certaines ne représentent qu'une partie du territoire (exemple : l'Inventaire forestier national, IFN), d'autres procèdent par échantillonnage et ne sont significatives qu'au niveau de grands agrégats (exemple : Enquête sur l'utilisation du territoire, TERUTI), d'autres encore ne fournissent pas le niveau thématique souhaité (exemple : la couche « habillage » de la BD-Carto IGN). La base européenne CORINE Land-Cover (CLC), produite par l'Institut français de l'environnement (IFEN) et l'Agence européenne de l'environnement (EEA), constitue une bonne alternative à petite échelle, soit au 1/100 000 ou moins. Sa richesse thématique et son homogénéité spatiale en font une ressource de choix pour mettre en place les données à basse résolution (150 mètres, 1000 mètres). CLC pose toutefois le problème d'une nomenclature où beaucoup de types désignent des formes hétérogènes d'occupation du sol (« urbain discontinu », qui indique que le bâti n'est pas la seule forme d'occupation du sol, ou « territoires agricoles avec présence de végétation naturelle importante »). Nous avons choisi de retenir CLC (avec l'autorisation de l'IFEN), pour générer les bases de données aux résolutions de 150 mètres et un kilomètre, et en lui apportant un traitement adapté pour restituer l'hétérogénéité interne des différents thèmes de sa nomenclature.

Les images satellitaires

Celles-ci présentent de larges couvertures spatiales, observées de façon instantanée, et peuvent être parfaitement géoréférencées. Toutefois, ces atouts sont contrebalancés par quelques contraintes.

- Les capteurs à haute résolution oeuvrant sur de vastes couvertures (SPOT P, IRS P) ne donnent que peu d'information thématique (mode panchromatique mono-bande), et les capteurs à forte capacité thématique (SPOT XI, Landsat TM) n'offrent qu'une faible résolution spatiale. Ce problème peut-être résolu en utilisant des complémentarités entre instruments, qui permettent, sous conditions de dates d'observation, d'améliorer la résolution spatiale des images à forte résolution thématique en les fusionnant avec les images à forte résolution spatiale.
- Les dates d'acquisition conditionnent fortement le potentiel de reconnaissance thématique de chaque image. Dans le cas présent, la période optimale correspond à la fin de l'été (distinction entre cultures et prairies, entre feuillus et conifères).

Toutefois, la couverture nuageuse ne permet pas l'obtention d'images utilisables pour toutes les fins d'été !

- Les images satellitaires fournissent une information sur l'intensité du rayonnement électromagnétique réfléchi par la surface terrestre, qui n'indique pas directement des types d'occupation du sol. Il est donc nécessaire de procéder à un travail de reconnaissance thématique, par classification ou segmentation, qui permet peu à peu d'identifier les objets pertinents.
- Pour être efficaces, ces instruments n'en sont pas pour autant universels, et il est parfois impossible de différencier certaines surfaces (des champs récoltés et des toitures de hangars), de repérer certains éléments (une route en sous-bois), ou de lever certaines incertitudes (des feuillus sur un versant au soleil donnent la même image qu'une prairie plate). Il est donc généralement nécessaire de faire appel à des données extérieures (BD-Carto et BD-Alti IGN) pour affiner la reconnaissance thématique.

Les caractéristiques des objectifs à atteindre pour cette étude nous ont amenés à effectuer les choix suivants :

- l'imagerie satellitaire est retenue pour fournir les observations aux résolutions de 7 et 30 mètres, avec l'appui de données issues des BD thématiques de l'IGN ;
- CORINE Land-Cover est retenu comme base d'extraction des données aux résolutions de 150 mètres et un kilomètre.

3.1.3. Des images satellites aux objets du paysage

La préparation de l'imagerie et le travail de reconnaissance thématique passent par cinq phases principales :

- la réalisation d'un compromis entre les types de capteurs, les dates d'acquisition, et les objectifs à atteindre ;
- une mise en forme géométrique des images brutes, couplée à une amélioration de la résolution spatiale des données à forte résolution thématique ;
- l'identification des types d'occupation du sol recherchés, et leur complément par des bases de données thématiques ;
- le passage de la résolution 7 mètres à la résolution 30 mètres.

Capteurs et dates

Le capteur à haute résolution thématique (multispectral) retenu, en fonction de l'étendue de la zone d'étude et de la qualité des acquisitions, est le système ETM (Enhanced Thematic Mapper) embarqué sur le satellite Landsat 7, avec les caractéristiques suivantes :

- date d'acquisition : 11 septembre 2000 (fin d'été), couvrant l'ensemble de la zone étudiée (couverture totale 185 x 185 kilomètres, centrée sur Dijon) ;
- résolution 30 x 30 mètres pour six canaux TM (bleu, vert, rouge, un infra-rouge proche, deux infra-rouges moyens) ;
- résolution 15 x 15 mètres pour 1 canal simultané ETM-P (approximativement infra-rouge proche), permettant l'amélioration des six canaux précédents à la résolution artificielle de 15 x 15 mètres.

Le capteur à haute résolution spatiale monobande retenu est le mode panchromatique (lumière visible) du satellite IRS1-D. L'image correspondante (IRS1D-P) présente les caractéristiques suivantes :

- dates d'acquisition : 23 août 2000 pour la partie ouest de la zone d'étude, et 9 juin 2000 pour la partie est, chaque image couvrant 70 x 70 kilomètres, la limite est-ouest passant approximativement par la côte bourguignonne ;
- résolution 5 x 5 mètres pour un canal (domaine de la lumière visible).

Mise en forme géométrique et amélioration spatiale

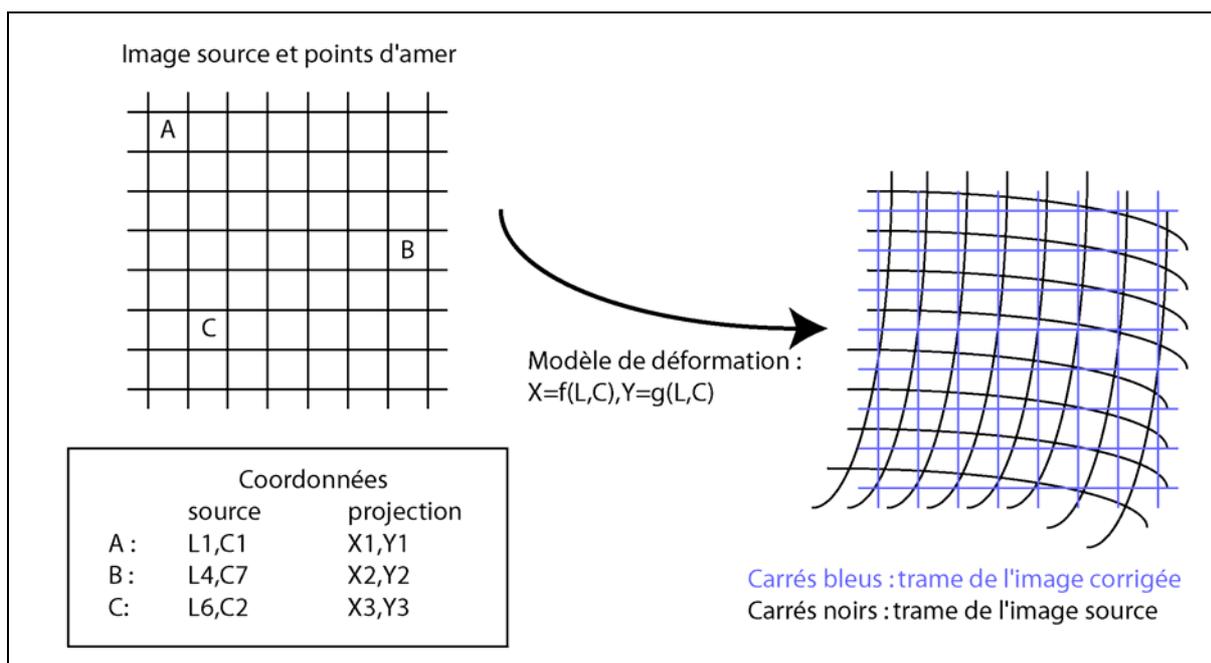


Figure I-9 : Principe simplifié d'une rectification géométrique

Cette phase vise, en un premier temps, à modifier la géométrie des images source de façon à la faire correspondre au plan de projection utilisé par les autres données de l'étude, à savoir le système Lambert conique conforme de l'IGN pour la France, zone centrale étendue, plus communément appelé système « Lambert 2 étendu ». Localement, cette opération ressemble à une rotation du plan de l'image sur quelques degrés. Dans les faits (Jensen, 1996 ; ERDAS, 1999), cette transformation procède par une déformation de l'image d'origine selon une fonction polynomiale établie en comparant les localisations de points homologues (points d'amer) repérés simultanément sur l'image et sur une carte, ainsi que le résume la figure I-9. La résolution des pixels de l'image corrigée peut être modifiée durant ce processus.

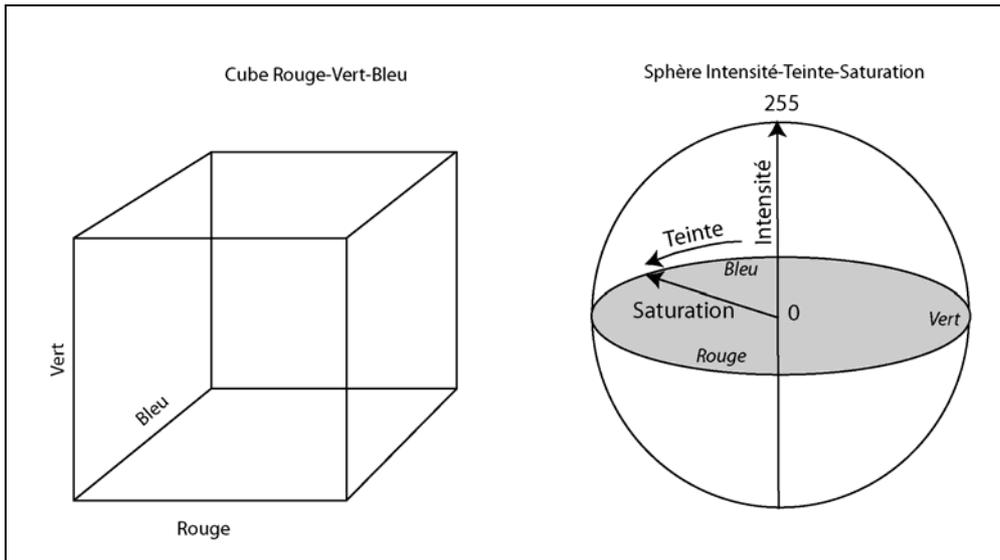


Figure I-10 : Espaces de représentation des couleurs employés pour l'amélioration de la résolution spatiale

Simultanément à cette rectification géométrique, cette phase préliminaire comprend une amélioration progressive de la résolution spatiale des données Landsat TM (qui offrent la meilleure résolution spectrale avec leurs six canaux, mais pour des pixels de 30 mètres de côté) en les fusionnant avec les données Landsat ETM (un canal à 15 x 15 mètres) puis les données IRS1D-P (un canal à 5 x 5 mètres). Le principe employé (Chavez et al., 1991) exploite les représentations de composition des couleurs sous forme cartésienne (composantes rouge, vert, et bleu ou RVB) ou sous forme sphérique (espace intensité-teinte-saturation ou ITS), ainsi que le présente la figure I-10. Dans le premier cas, chaque couleur est décrite comme la composée additive de trois composantes primaires apportant plus ou moins de lumière (le rouge, le vert et le bleu, comme sur un écran couleur). Dans le second cas, chaque couleur est décrite comme une teinte (donnée par un angle sur un disque) plus ou moins saturée (c'est-à-dire plus ou moins pure, la pureté étant indiquée par un éloignement au centre du disque) et plus ou moins intense (c'est-à-dire plus ou moins lumineuse, ou brillante, ceci étant donné par une position sur l'axe vertical de la sphère).

Le principe utilisé pour l'amélioration de la résolution spatiale consiste à :

- assigner à une image RVB trois canaux d'une image multispectrale basse résolution, suréchantillonnée ;
- transformer cette image RVB en image ITS ;
- remplacer l'axe d'intensité par une image monospectrale haute résolution, en veillant à ce que cette image présente une dynamique comparable à l'axe d'intensité ;
- transformer cette nouvelle image ITS en image RVB, puis réassigner chacune de ces composantes colorées à un canal « amélioré » de l'image multispectrale, qui acquiert ainsi la résolution de l'image monospectrale.

Le résultat de cette opération est une amélioration, qui ne présente pas toutes les qualités d'une acquisition directe en haute résolution, mais montre un gain très significatif de précision. Dans le détail, plusieurs étapes sont nécessaires pour traiter une image d'entrée à six canaux, et une attention particulière doit être accordée aux compositions RVB, à la signification de l'axe d'intensité, et aux dates d'acquisition des différentes images. Dans la pratique, ces

opérations demandent cinq grandes étapes de traitement, illustrées par la figure I-11 pour un petit secteur aux alentours de Savigny-sous-Mâlin (20 kilomètres à l'ouest de Dijon).

- Etape 1 : Correction géométrique : mise en correspondance de l'image Landsat TM avec le plan de projection « Lambert 2 étendu », et suréchantillonnage des pixels de 30 x 30 mètres à 14 x 14 mètres. Ce suréchantillonnage n'améliore pas la qualité de l'information, mais prépare les phases de traitement suivantes.
- Etape 2 : Correction géométrique : mise en correspondance de l'image Landsat ETM-P avec le plan de projection « Lambert 2 étendu », et suréchantillonnage des pixels de 15 x 15 mètres à 14 x 14 mètres. La résolution de 14 mètres est déterminée en fonction de la résolution finale souhaitée, à savoir 7 x 7 mètres
- Etape 3 : Amélioration de la résolution spatiale de l'image Landsat TM par fusion avec l'image ETM-P (deux traitements, pour cinq canaux, en deux fois trois canaux, l'infrarouge proche étant partie prenante des deux traitements).
- Etape 4 : Corrections géométriques : mise en correspondance des deux images IRS1-D panchromatiques (est et ouest) avec le plan de projection « Lambert 2 étendu », et sous-échantillonnage des pixels de 5 x 5 mètres à 7 x 7 mètres.
- Etape 5 : Seconde amélioration spatiale de l'image Landsat TM par fusion avec les deux images IRS1-D panchromatiques (deux images, deux traitements pour les cinq canaux de chaque image).

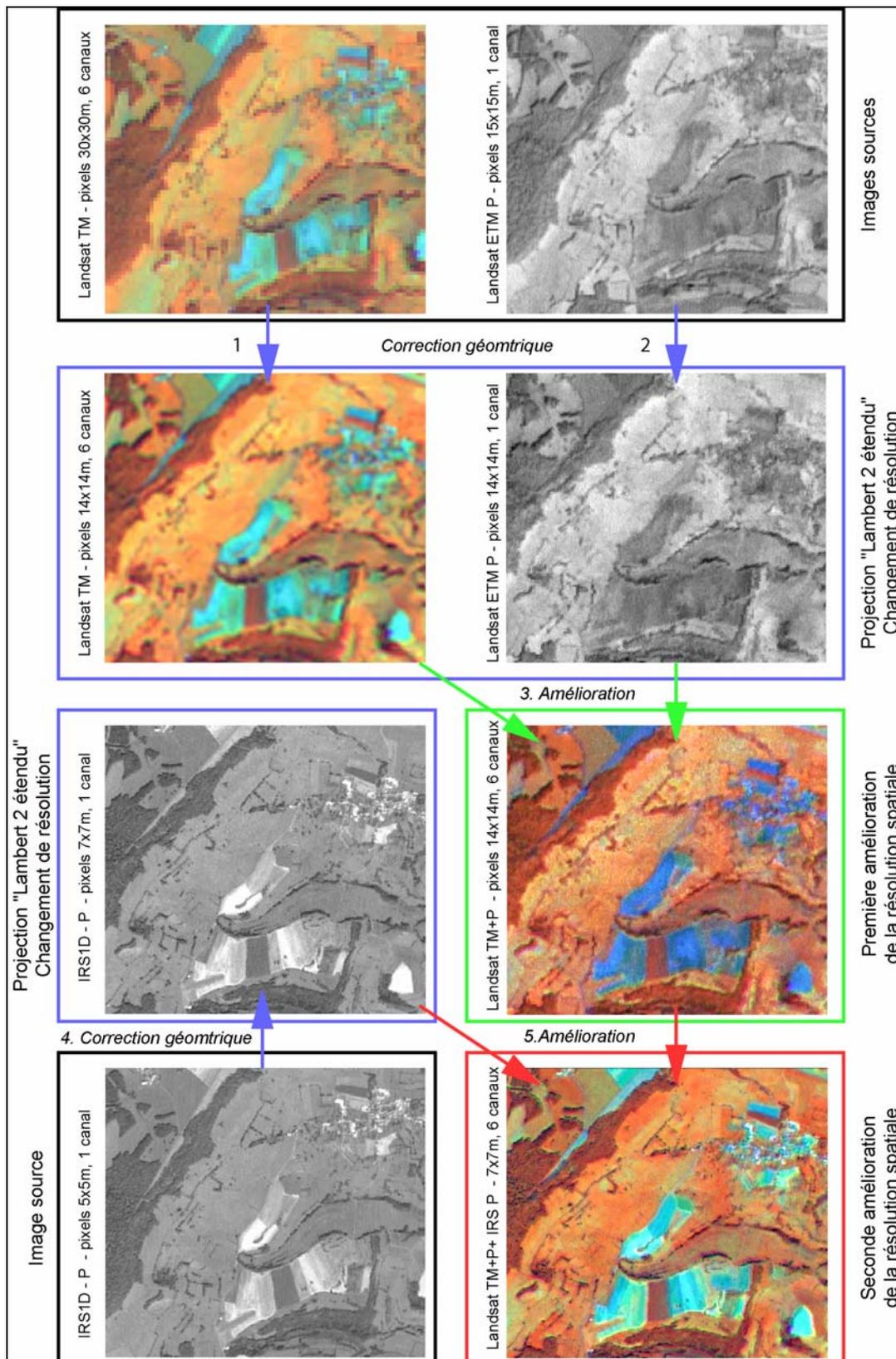


Figure I-11 : Mise en place de la base d'imagerie, exemple sur le secteur de Savigny-sous-Mâlin

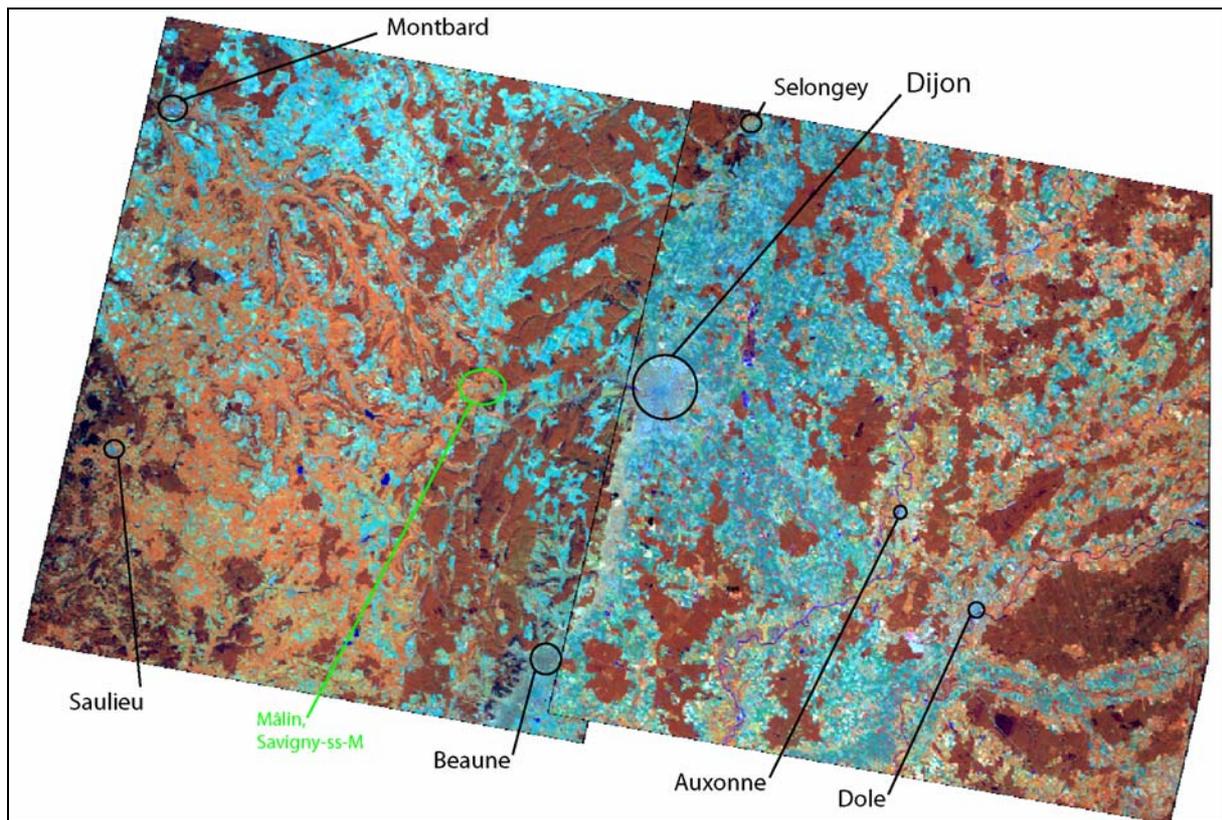
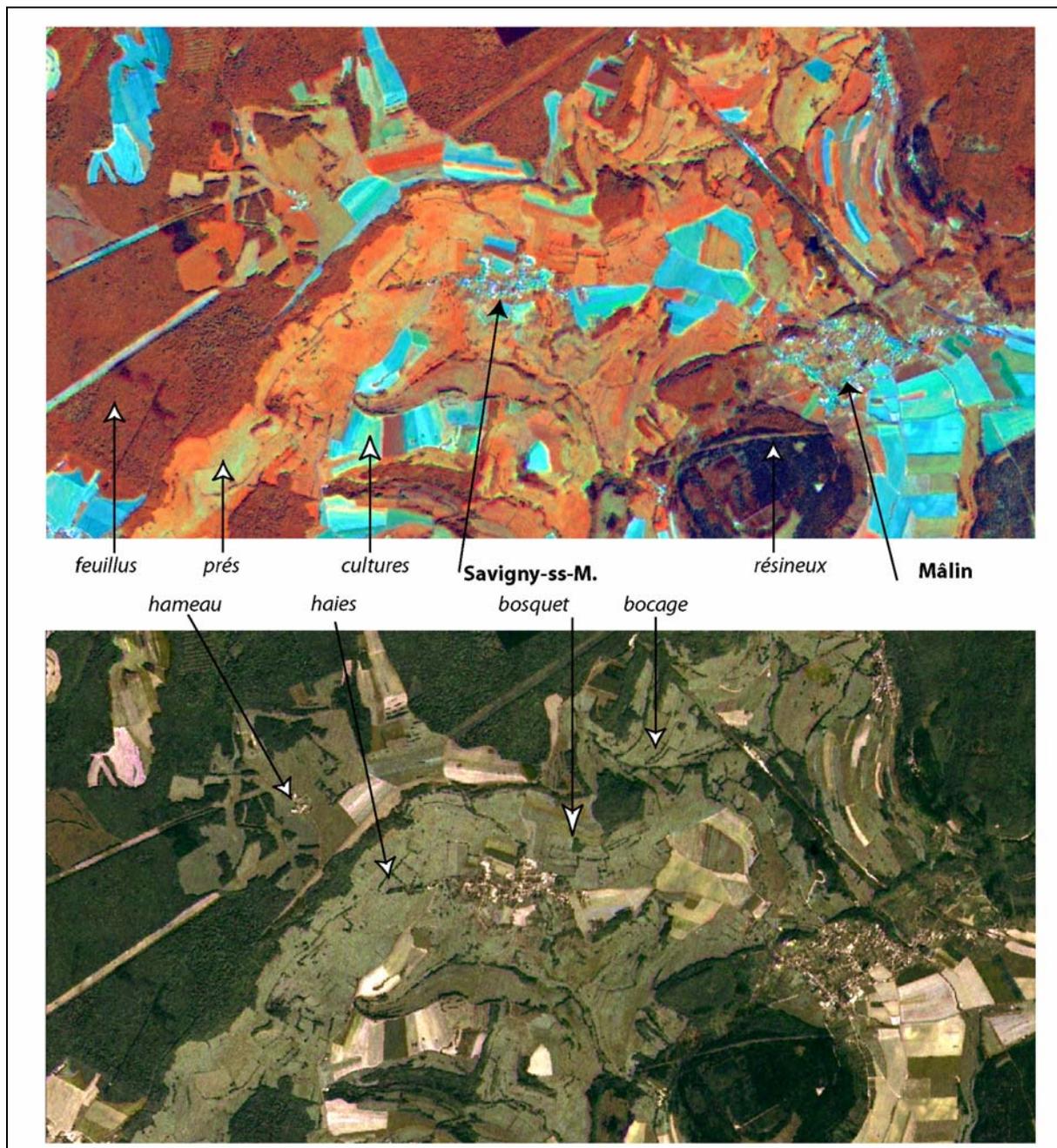


Figure I-12 : Base d'imagerie finale, vue générale (composition infrarouge)

Le résultat final est constitué de deux images multispectrales, une pour l'est et une autre pour l'ouest, à la résolution de 7 x 7 mètres, en projection « Lambert 2 étendu », conservant la diversité thématique des cinq premiers canaux Landsat TM, ainsi que le montre la figure I-12. Ces deux images peuvent être affichées simultanément, mais leurs caractéristiques intrinsèques demeurent différentes en raison de la différence de date d'acquisition entre les deux images IRS1-P : les traitements de reconnaissance thématique devront être menés de façon distincte pour les deux secteurs.

La figure I-13 reprend un détail de cet ensemble sur le secteur de Mâlin et Savigny-sous-Mâlin, avec deux compositions colorées différentes utilisant les cinq canaux TM améliorés. Les grandes masses faites de forêts, de prés et de cultures dessinent le cadre général de l'occupation du sol, mais, plus localement, on repère le dessin de haies et de réseaux de bocages, l'empreinte de petits bosquets, la marque de maisons isolées : ces éléments fins contribuent autant que les grandes masses à la construction du paysage visible.



*Figure I-13 : Base d'imagerie finale, vue de détail,
 composition colorée infrarouge (en haut) et couleurs naturelles (en bas)*

Reconnaissance thématique de l'occupation du sol, à 7 mètres de résolution

L'identification de l'occupation du sol d'après une image satellitaire peut passer par trois filières principales : la photo-interprétation, la segmentation ou la classification.

- La photo-interprétation réside, pour l'essentiel, en une analyse visuelle et un zonage manuel de l'image par un interprète, qui met au service de cette tâche sa connaissance de la région, son expérience de l'imagerie, et son décodage des couleurs, des structures, des textures, des formes ou des associations d'éléments de l'image. Cette méthode est extrêmement efficace, mais cadre mal avec l'identification d'un faible nombre de thèmes pour une grande précision spatiale, qui doit dans le cas présent descendre au niveau du pixel, par exemple dans le cas d'arbres isolés.
- La segmentation passe par des traitements numériques, qui permettent de reconnaître des secteurs particuliers, singularisés autant par leurs valeurs radiométriques (les couleurs de l'image) que par leurs configurations spatiales internes (textures, bordures, etc.). Cette méthode a pour avantage d'être complète, dans la mesure où elle intègre à la fois la distribution radiométrique et l'organisation spatiale, mais elle a souvent pour inconvénient de générer d'énormes quantités de zones, certes singulières, mais dont l'interprétation finale reste souvent complexe.
- Les classifications reposent essentiellement sur la radiométrie de l'image, travaillent pixel par pixel, et délaissent la part spatiale de l'information. Par exemple et analogie, on peut dire qu'un pixel rouge (radiométrie) est caractéristique de la forêt. Mais il a une chance d'appartenir à une forêt s'il est au milieu d'autres pixels rouges légèrement différents (texture de la canopée), ce que les méthodes de classification, héritées de la statistique, ne prennent pas en compte. Il s'ensuit de nombreuses incertitudes et confusions, qui ne permettent généralement pas de se satisfaire du résultat direct de ces méthodes, et demandent un travail ultérieur de reconnaissance à l'intérieur de chaque classe, d'après des critères spatiaux ou d'après la projection de données extérieures à l'image.

Le cas présent demande une faible ouverture thématique (une dizaine de classes), mais une forte discrimination spatiale, ce qui conduit à préférer la méthode de classification, qui singularise chaque pixel et permet potentiellement de détecter les éléments fins du paysage. Toutefois, c'est au prix d'un travail de post-classification conséquent que des termes précis pourront réellement être affectés à chaque classe.

Notons en outre quelques difficultés habituelles :

- tout l'espace doit être renseigné (chaque pixel doit appartenir à une classe), or toute image comporte de nombreux pixels mixtes, chevauchant par exemple un pré et une route ;
- la zone d'étude est vaste, et présente des aspects divers dans ses altitudes, dans le degré et l'orientation de ses pentes, dans l'humidité des sols, dans l'état de l'atmosphère au moment de l'acquisition de l'image, dans les pratiques culturelles etc., soit autant d'éléments qui freinent la généralisation des reconnaissances thématiques, et demandent de prendre en compte des particularités locales ;
- quelques nuages ponctuent les marges de l'image IRS d'est : l'image Landsat ETM est heureusement là pour éclaircir ces petites zones, au prix d'un traitement particulier ;

- la région est couverte par deux images IRS acquises à des dates différentes, d'où la nécessité de mener en parallèle deux classifications et post-classifications complètes, avant de rassembler les données thématiques finales dans une même couverture.

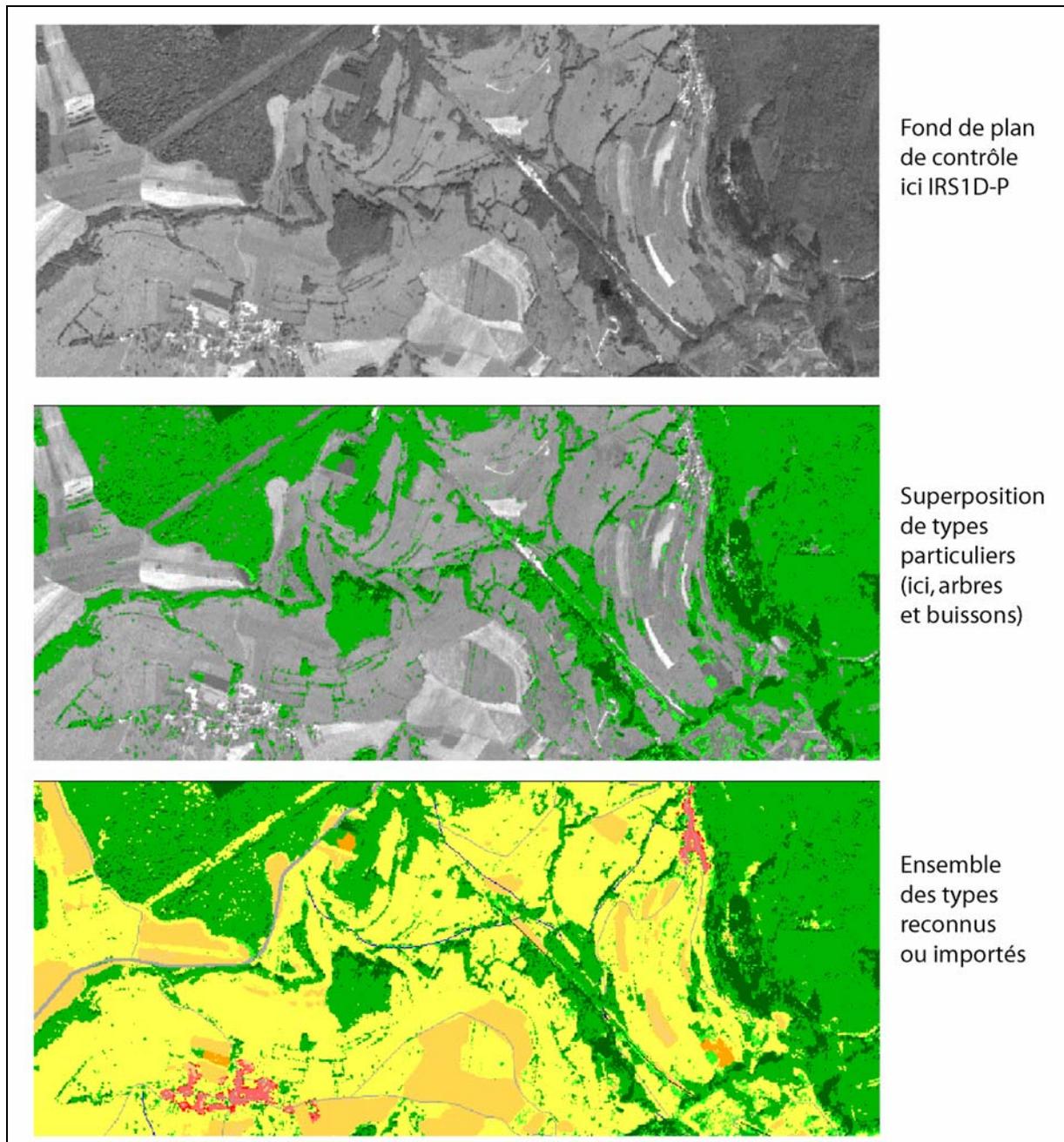


Figure I-14 : Classification sur le secteur de Savigny-sous-Mâlin

Dans la pratique, ces classifications ont été conduites selon le schéma suivant, et pour chaque image.

- Etape 1 : Calcul de deux classifications non supervisées : chaque classification repose sur un ensemble de canaux différents de l'autre, et distingue 20 classes à priori (étape de calcul *stricto sensu*). Le choix d'un système non supervisé correspond à la variété du terrain observé, et à l'adoption d'une phase de post-classification.
- Etape 2 : Ces classes font l'objet d'une première interprétation sommaire, qui permet d'identifier de grandes associations de confusions entre types.
- Etape 3 : Croisement des deux classifications, donnant en théorie 400 classes, et un peu moins de 200 en fait, et analyse classe par classe, permettant de simplifier de nombreuses confusions.
- Etape 4 : Recherche et mise en œuvre de critères spatiaux pour lever les confusions les plus fréquentes, groupe de classe par groupe de classe. Ainsi, un pixel indéci pré/arbre deviendra arbre s'il est au milieu d'autres arbres, sans quoi il restera indéci (il peut s'agir d'un arbre isolé, mais ce n'est pas sûr). Les critères employés font principalement appel aux notions de majorité conditionnelle et de texture, ils sont appliqués au cas par cas en fonction des confusions observées, et en tenant compte de voisinages adaptés en tant que de besoin aux effets d'échelles propres à chaque classe.
- Etape 5 : Prise en compte de l'illumination solaire au moment de l'acquisition de l'image par le satellite, par un calcul exploitant le modèle numérique de terrain, pour diminuer les confusions entre forêts et prairies, et, parfois, tirer parti des ombres d'éléments singuliers (arbres isolés).
- Etape 6 : Prise en compte de zonages de la BD-Carto IGN, couche habillage, précisés par photo-interprétation, sur les thèmes « bâti », « zones d'activité » et « vignoble ». Ces thèmes recouvrent des zones très hétérogènes, et incluent de nombreuses confusions : leur délimitation spatiale à priori permet de lever progressivement ces incertitudes.
- Etape 7 : Assemblage des parties est et ouest.
- Etape 8 : Intégration conditionnelle des éléments linéaires de la BD-Carto IGN (routes, voies ferrées, réseau hydrographique), après conversion de leurs arcs en mode matriciel, compte tenu des largeurs d'emprise précisées par l'IGN. Ces éléments sont inclus ou exclus selon le type d'occupation du sol prédéterminée qu'ils viennent recouvrir : ainsi, priorité sera donnée à un arbre plutôt qu'aux réseaux et ruisseaux, l'arbre constituant un masque dans le paysage. A l'inverse, priorité sera donnée à une rue ou une voie ferrée sur des bâtiments supposés, ces réseaux constituant des ouvertures visuelles potentielles, et le bâti étant parfois difficile à différencier des réseaux d'après une image à 7 mètres de résolution.

Les étapes 2 à 6 sont accompagnées de phases de validation, par examen de placettes réparties parmi les différents milieux régionaux, et documentés par des cartes topographiques. En outre, l'affichage en superposition de l'image d'origine et des classes en cours de validation permet d'évaluer la qualité des traitements opérés à chaque étape, ainsi que le suggère la figure I-14.

Au final, l'ensemble de la zone d'étude, ainsi que son environnement proche, est couvert par une couche thématique déclinant douze thèmes, à la résolution de 7 mètres, représentant environ 90 kilomètres d'est en ouest et 70 kilomètres du nord au sud. Précisons que huit thèmes d'occupation du sol sont définis sur la carte (fig. I-15) auxquels s'ajoutent des éléments de

repérage. Routes, carrières, voies ferrées et zones d'activité, qui font pourtant partie de la nomenclature retenue, ont été laissées de côté car leur seuil de représentation n'était pas compatible avec l'échelle de la carte. Pour la suite du travail, ces informations ont été conservées (cf. Chapitre II, tableau II-4).

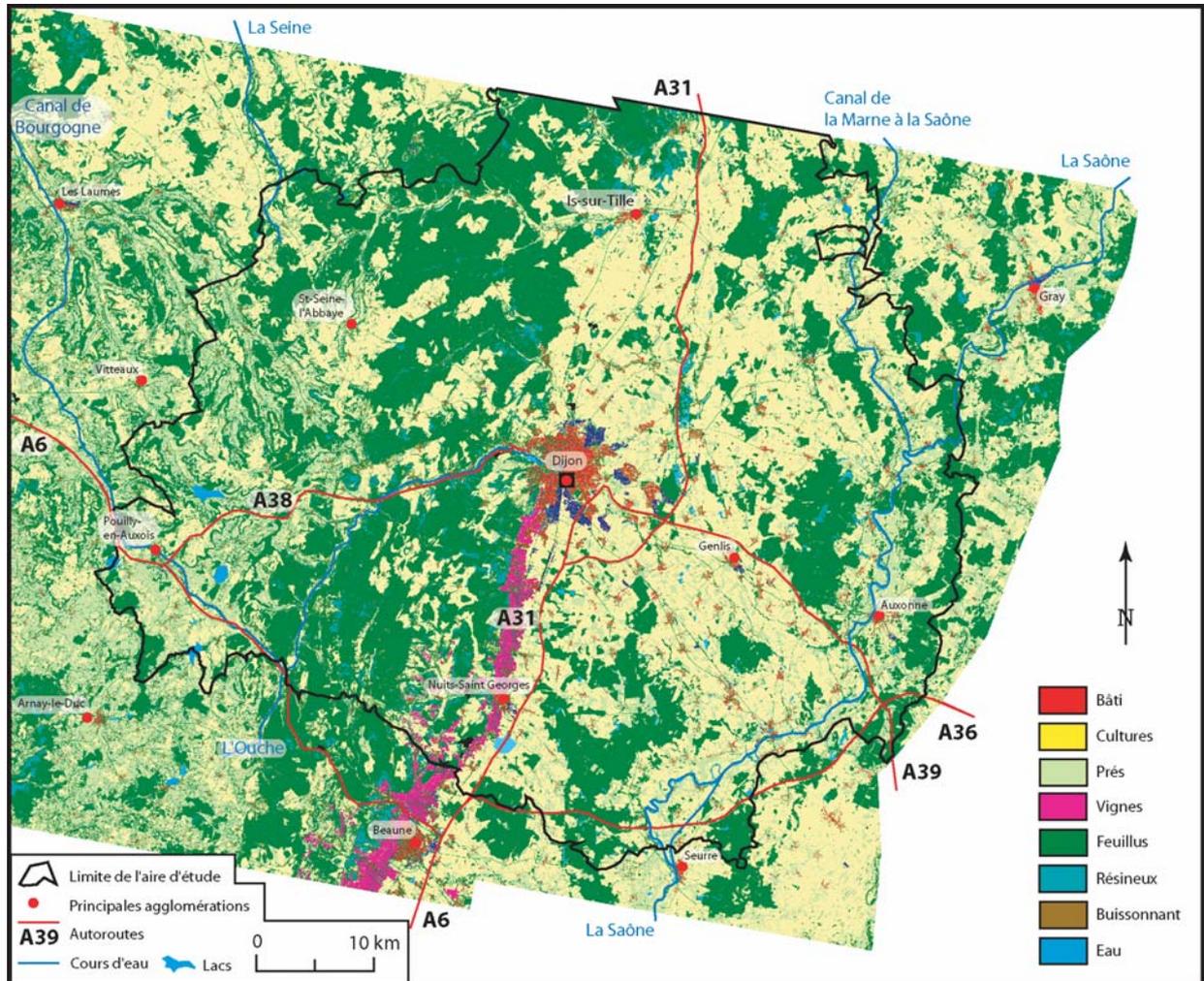


Figure I-15 : Classification d'ensemble, résolution 7 mètres

Généralisation de la résolution de 7 mètres à 30 mètres

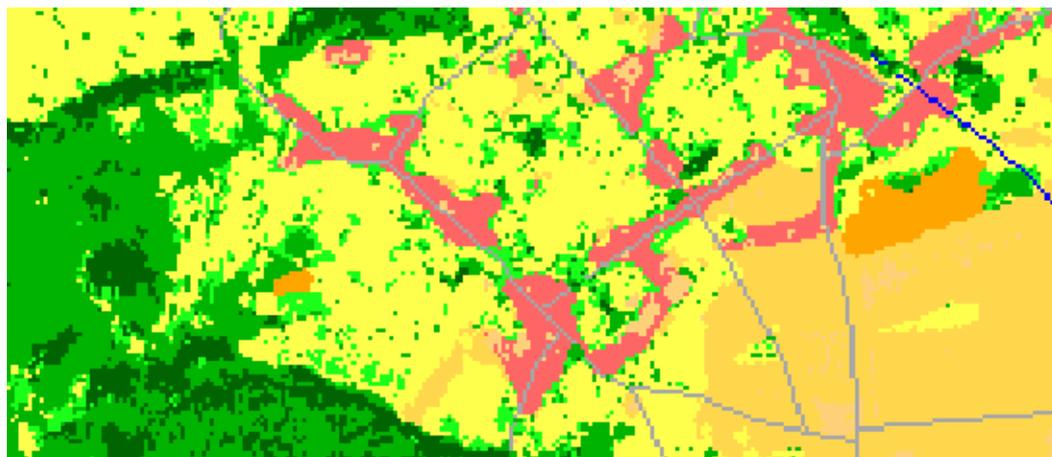
Le changement de résolution de données qualitatives est un problème classique des SIG matriciels, qui proposent de façon plus ou moins opaque de recourir à la méthode du rééchantillonnage suivant l'algorithme du plus proche voisin (ESRI, 1991). Ce choix se justifie dans la mesure où :

- rééchantillonner signifie modifier la géométrie et/ou la taille des cellules ;
- le système du plus proche voisin affecte à chaque nouvelle cellule la valeur de la cellule la plus proche dans les données d'origine : les données qualitatives ne permettent pas de pondérer, ou de convoluer, plusieurs valeurs ensemble, il faut donc trouver une règle pour choisir une valeur parmi plusieurs possibles.

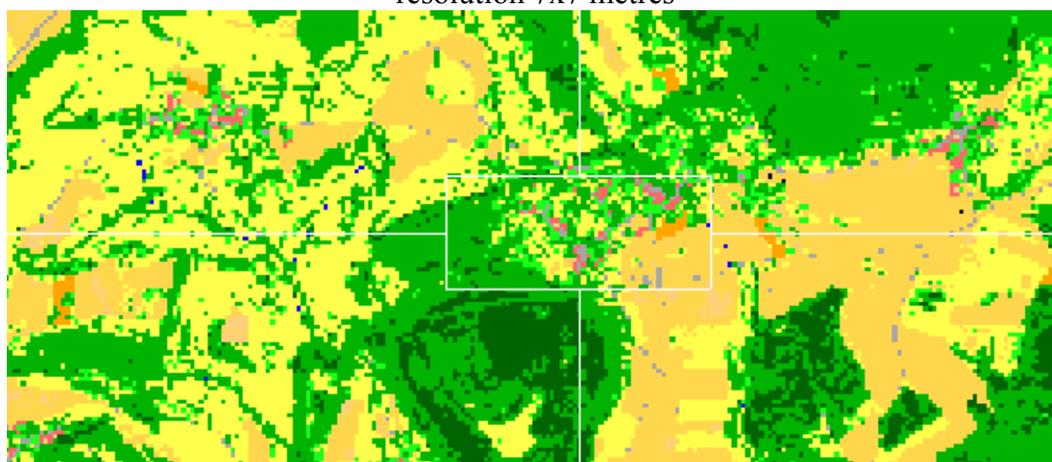
Ce système par défaut peut être amendé pour tenir compte de règles de majorité, et donner ainsi une sorte de priorité au thème le plus représenté. Dans le cas présent, ces solutions n'offrent qu'un intérêt mitigé, dans la mesure où les objets recherchés doivent surtout indiquer les fermetures ou les ouvertures du paysage (peu importe qu'il y ait des prés, le problème est qu'une ligne d'arbres coupe ces prés, et ferme potentiellement l'horizon). Le mode de changement de résolution retenu ici passe donc par plusieurs phases, répondant à des conditions locales d'ouverture et de fermeture de la vue.

- En premier lieu, la couverture 7 x 7 mètres est classiquement rééchantillonnée à 30 x 30 mètres, suivant la méthode du plus proche voisin.
- Ensuite, les thèmes « arbre », « buisson », « route », « voie ferrée », sont repris au cas par cas, pour restituer les masques arborescents en campagne et les fuites visuelles des réseaux en milieu bâti.
- Sur la base à 7 mètres, les arbres et buissons sont dilatés par un facteur trois sur leurs voisins (si une cellule est arbre, ses voisins deviennent arbre), et atteignent donc une résolution artificielle de 21 mètres. Cette nouvelle base est elle-même rééchantillonnée à 30 mètres, et son résultat superposé à celui du rééchantillonnage général. L'intérêt de cette transformation est de maintenir les marques de présence des masques végétaux, sans pour autant couvrir la région d'improbables forêts.
- Sur la base à 7 mètres, les routes étroites et les voies ferrées, situées dans des zones bâties ou des zones d'activités, sont également dilatées par un facteur trois. A nouveau, cette couverture intermédiaire est rééchantillonnée à 30 mètres, et surimposée aux pixels du rééchantillonnage initial si ceux-ci désignaient des formes bâties : on restitue ainsi l'aération de l'espace bâti par le dessin des réseaux viaires.

La figure I-16 donne un exemple du résultat de cette opération sur le secteur de Mâlin : le village, vu à la maille de 30 mètres, comporte encore quelques rues et maisons, et les arbres semblent occuper une forte partie de l'espace : cette proportion est exagérée si on considère les superficies d'occupation du sol, elle est en revanche pertinente si on s'intéresse au rôle des masques végétaux dans le paysage visible.



résolution 7x7 mètres



généralisation 30x30 mètres

Figure I-16 : Couvertures à 7 mètres et 30 mètres de résolution sur le secteur de Mâlin

3.1.4. CORINE Land-Cover et les données à basse résolution.

CORINE Land-Cover (CLC) a été choisi pour renseigner les couvertures à basse résolution spatiale (150 mètres et un kilomètre), en raison :

- de son extension spatiale, les horizons très lointains pouvant être décrits ;
- de sa richesse thématique, qui permet de distinguer feuillus et résineux, prés et cultures.

CLC est une base en format vectoriel, c'est-à-dire un découpage de l'espace en zones plus ou moins complexes, pertinente à l'échelle du 1/100.000, et comportant nominalelement 44 postes de légende. L'échelle du 1/100.000 est compatible avec une définition de 150 mètres (un millimètre et demi à cette échelle), mais les autres caractéristiques de CLC engendrent quelques difficultés.

- Le format vectoriel doit être transformé en mode matriciel pour s'adapter aux besoins de cette approche : une conversion par « rastérisation » est donc nécessaire.
- La richesse thématique excède fortement le niveau demandé. En fait, seuls 27 postes de légende sont représentés en Bourgogne (pas d'oliveraies ni de marais salants), mais les nomenclatures recherchées doivent comporter huit entrées pour la résolution 150 mètres, et quatre entrées pour la résolution un kilomètre. En outre, la plupart des thèmes CLC recouvrent des entités hétérogènes, au couvert mixte, qu'il sera nécessaire de désagréger.

La figure I-17 résume les différentes étapes de la construction des données à 150 mètres. En un premier temps, les zones CLC sont simplement rastérisées à la maille de 150 mètres, en conservant leur diversité thématique. Puis, en un second temps, chaque zone fait l'objet d'une désagrégation thématique et spatiale, pour arriver aux huit types demandés. Les exemples suivants illustrent cette opération.

- Le thème CLC-243, « agriculture et végétation naturelle », concerne des zones où les espaces agricoles sont fractionnés par de petits éléments de formations hautes. Conformément aux indications du « Guide Technique CLC » (Heymann, 1993), nous avons donc choisi d'attribuer 70 % des cellules de chacune de ces zones aux prés, et 30 % aux arbres feuillus, en suivant une répartition spatiale semi-aléatoire.
- Le thème CLC-112, « tissu urbain discontinu », indique une composition où le bâti n'est qu'un élément parmi des jardins, donc de l'herbe, des arbres etc. La désagrégation est effectuée sur la base des proportions suivantes : 50 % bâti, 20 % prés, 20 % feuillus, 10 % conifères.

Chaque thème est ainsi décomposé suivant les huit types recherchés, en accordant à nouveau une légère priorité aux objets les plus hauts dans le paysage. La figure I-18 représente simultanément le découpage des zones CLC et les cellules des huit thèmes de la base à 150 mètres : sous la simplification thématique, l'homogénéité ou la diversité des petites cellules fait ressortir la richesse thématique originelle de CORINE Land-Cover.

La couverture à un kilomètre de résolution, qui ne concerne que les parties les plus lointaines du paysage, est élaborée à partir du zonage CLC d'origine, par rastérisation, suivie d'un recodage direct en quatre classes synthétiques. En effet, à ce niveau de résolution, seules les masses comptent, ce qui rend inutile toute désagrégation.

Les quatre couvertures matricielles aux résolutions progressives sont ainsi constituées, conformément à ce qu'illustre la figure I-18. Leur mise en place a été guidée par le souci de révéler les masques du paysage, et non l'occupation du sol au sens traditionnel, et c'est ainsi qu'elles seront exploitées.

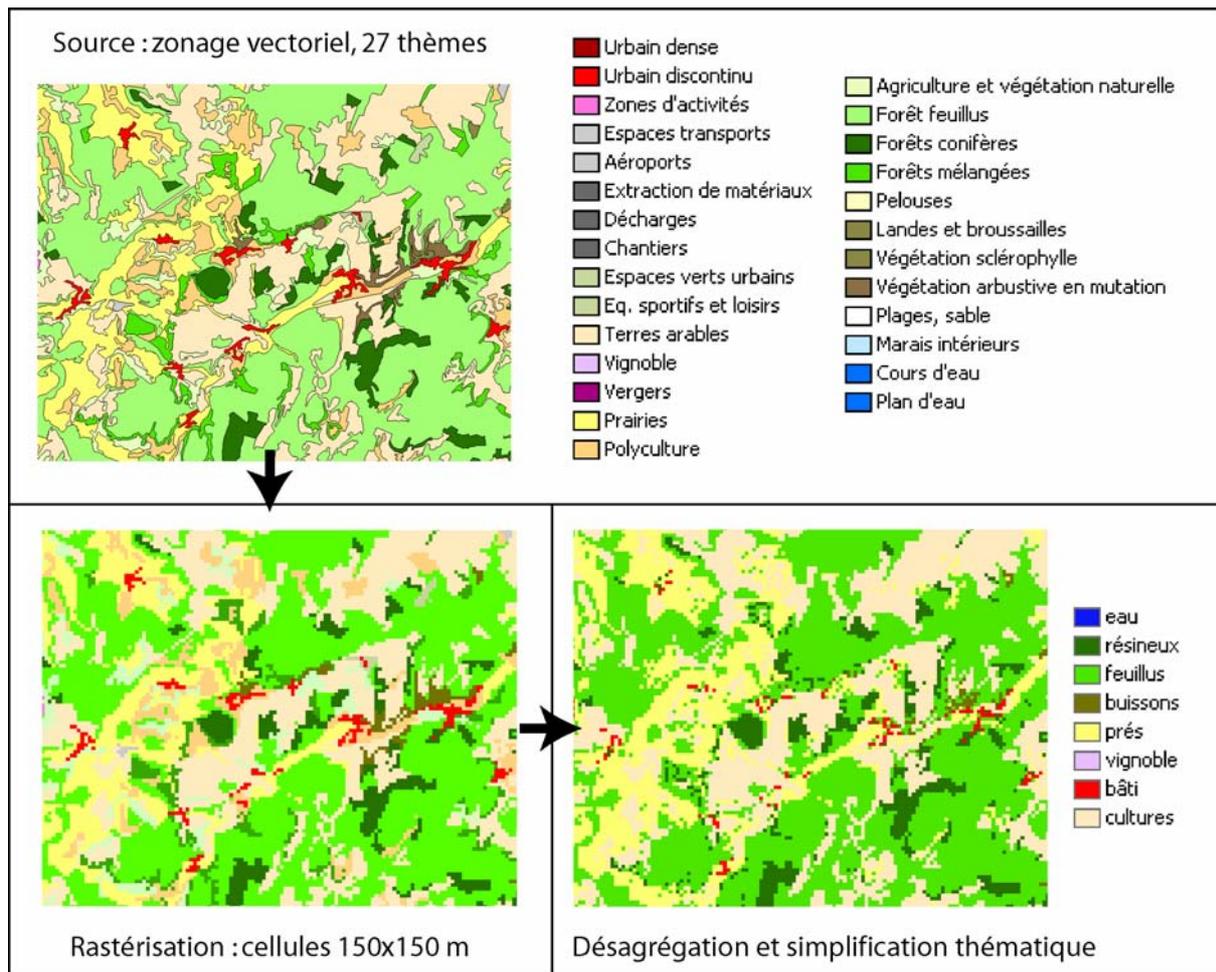


Figure I-17 : CORINE Land-Cover, du zonage aux objets du paysage à la maille de 150 m.

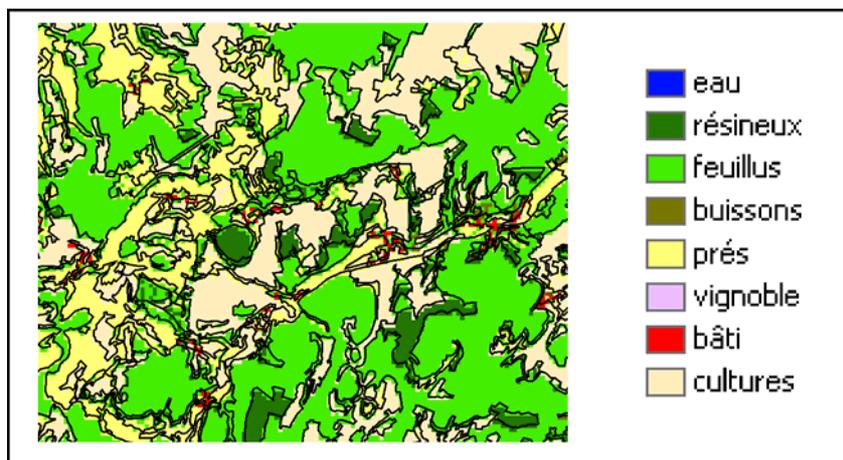


Figure I-18 : La maille de 150 m et le zonage d'origine

3.2. Modèle numérique de terrain

Le modèle numérique de terrain (MNT) constitue la seconde source d'information indispensable pour modéliser le paysage et sa structure (fig. I-19) ; il prend la forme de matrices d'altitude dont on dérivera, dans la suite des traitements, toutes sortes de termes d'analyse telles que pentes, orientation, formes topographiques, architecture visuelle. Le MNT, constitué en base de données (BD_ALTI), est commercialisé en France par l'Institut géographique national (IGN). La base en question délivre le MNT selon différentes résolutions allant de 50 à 250 mètres tandis que les valeurs d'altitude sont données au mètre. Dans notre application, nous aurons recours aux deux résolutions initiales de 50 et 250 mètres car la modélisation du paysage mise en œuvre ici prend en compte des différents plans tels qu'ils s'organisent dans la profondeur du champ visuel ; c'est pourquoi une modulation de l'information en quatre niveaux de résolution à 7, 30, 150 et 1000 mètres interviendra par la suite. Pour les résolutions les plus fines à 7 et 30 mètres, on procédera par interpolation (ajustement de polynômes locaux) ; pour les résolutions à 50 et 250 mètres, on procédera par agrégation.

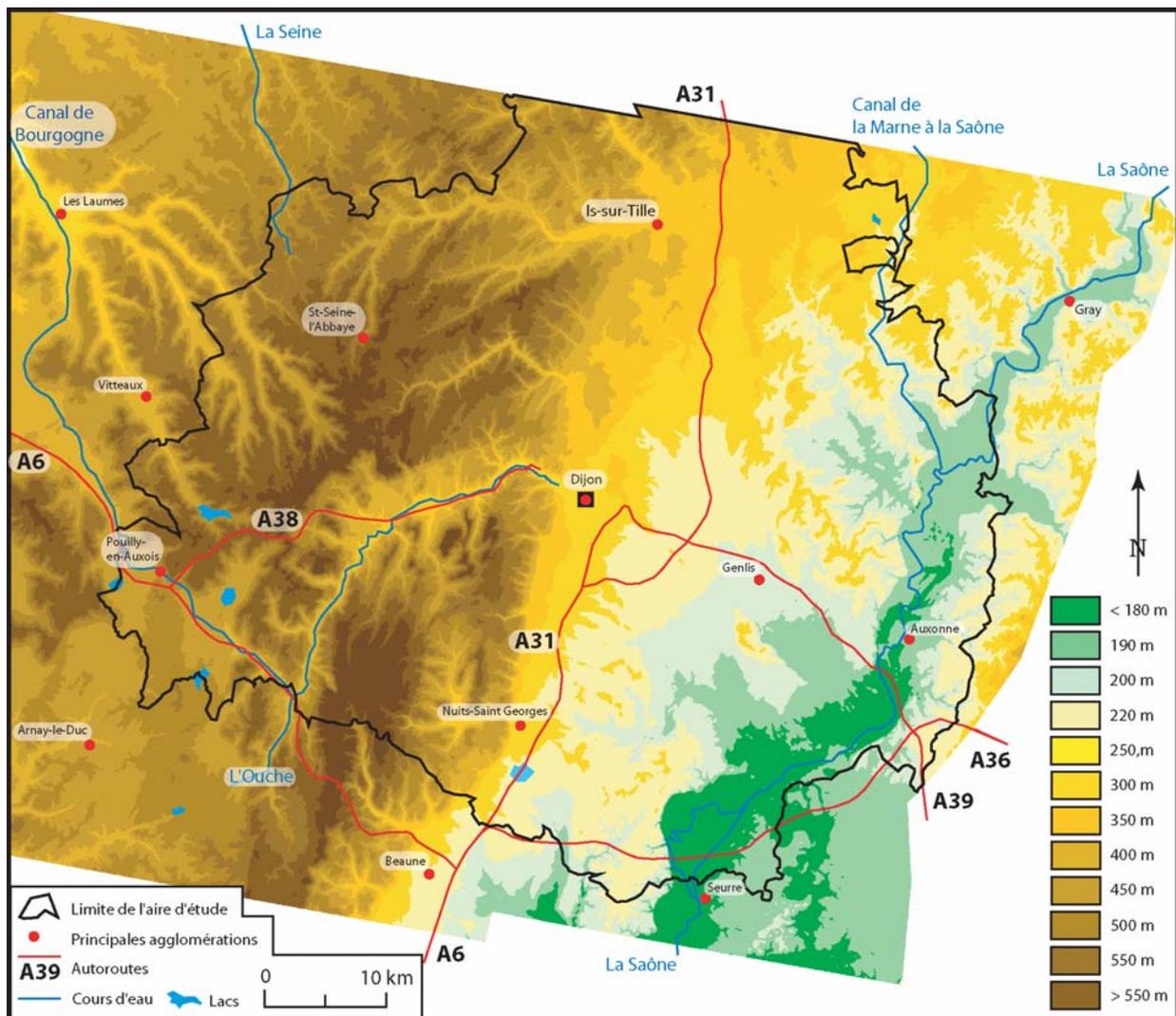


Figure I-19 : Carte d'altitude obtenue du modèle numérique de terrain (MNT)

Les valeurs, exprimées en mètres sur le MNT d'origine, ont été transformées en centimètres pour éviter les effets de « marches d'escalier » qui apparaissent inévitablement sur les fichiers résultant d'une dilatation. En effet, sur les espaces peu inclinés (glacis), deux courbes équidistantes de un mètre peuvent être fort éloignées l'une de l'autre. Ainsi, l'ensemble des pixels qui assurent le raccordement entre ces deux courbes est doté de la même altitude. Le passage à la valeur juste supérieure se fait alors brusquement, d'un pixel à l'autre, lors du franchissement de la courbe. Cet effet de marche est particulièrement gênant pour la modélisation des visibilitées qui interviendra par la suite ; c'est pourquoi l'interpolation effectuée sur des valeurs transformées en centimètres a permis de gommer cet effet indésirable

3.3. Définition des unités morphologiques de paysage

Au cours de leur mise au point, les modèles économétriques ont fait apparaître la nécessité d'un ajustement différencié par grands secteurs géographiques autour de Dijon. En effet, les termes de l'évaluation ne jouent pas de la même façon selon que l'on se situe dans la plaine de Saône ou dans l'Arrière Côte par exemple. Pour procéder à l'ajustement en question, il fallait disposer d'un zonage en unités cohérentes à l'échelle de l'aire étudiée. A cette fin, une méthode, déjà éprouvée à l'occasion de travaux antérieurs, a été reprise et adaptée. Cette méthode s'appuie sur le traitement de données numériques se rapportant aux composantes « objectivables » du paysage que sont la topographie et l'occupation du sol (Collectif, 2000-2001). Il s'agit de d'opérer la synthèse de ces informations grâce aux traitements multivariés. Les unités ainsi délimitées se définissent par des agencements caractéristiques de formes et de structures ; le paysage prend corps ici à travers la réalité matérielle de ses composants.

3.3.1. Données

Le modèle numérique de terrain et les images satellites dont nous disposons ont été mobilisés pour délivrer l'information nécessaire. Le **modèle numérique de terrain** a servi à dériver différents types d'information sur la structure et les aptitudes du paysage telles que l'altitude, la pente (fig. I-20), l'orientation (fig. I-21) ou le rayonnement solaire. En vue du traitement, nous avons procédé à une simplification de ces données : chaque plan d'information se réduit à cinq termes ou classes de description comme le montre le tableau ci-après. Les cartes élémentaires correspondantes sont fournies ci-après.

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Exposition (en quadrant)	nord	est	sud	ouest	sans
Pente (en degrés)	plat	1-2	3-5	6-9	9 et plus
Rayonnement (en kW)	40,0-56,9	57,0-58,9	59,0-59,9	60,0-60,9	61 et plus
Altitude (en mètres)	moins de 200	200-249	250-399	400-499	500

Tableau I-7 : Informations morphotopographiques dérivées du MNT et exprimées en cinq classes

La carte d'occupation du sol est reprise de la classification d'image présentée ci-dessus (fig. I-15, page 44). Les thèmes qu'elle comporte sont codés comme suit : 1=bâti, 2=cultures, 3=prés, 4=vigne, 5=feuillus, 6=résineux, 7=buissonnant, 8=eau.

De manière à alléger les traitements, un échantillon de 2 999 points a été extrait de la base par tirage aléatoire. Les points échantillonnés et les variables qui les décrivent (occupation du sol, exposition, pentes, rayonnement, altitude) sont mis en tableau (tab. I-8). La position du pixel dans l'image en ligne et colonne est également archivée pour les besoins des traitements.

Points	Occupation du sol	Exposition	Pente	Rayonnement	Altitude	Ligne	Colonne
1	5	5	1	3	3	4	1
2	5	2	2	3	3	20	117
3	5	5	1	3	3	31	26
4	2	5	1	3	3	35	234
5	5	1	2	2	3	47	111
6	5	4	2	2	3	50	4
7	2	2	2	2	3	59	298
8	2	5	1	3	3	59	436
9	5	2	2	3	3	68	148
10	5	5	1	3	3	70	380

Tableau I-8 : Données sur les composants du paysage (10 premiers points de l'échantillon)

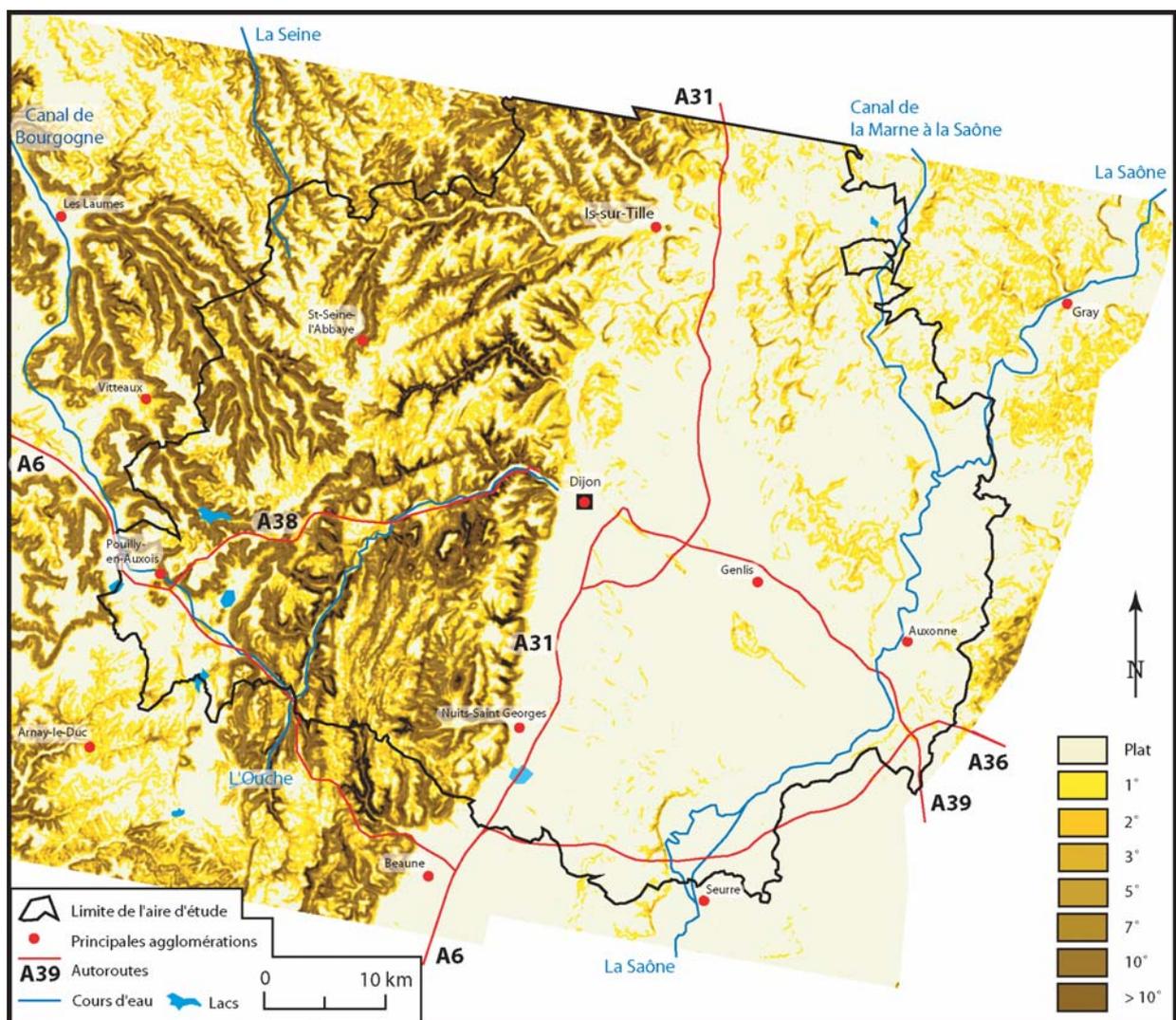


Figure I-20 : Carte des pentes dérivée du MNT par calcul

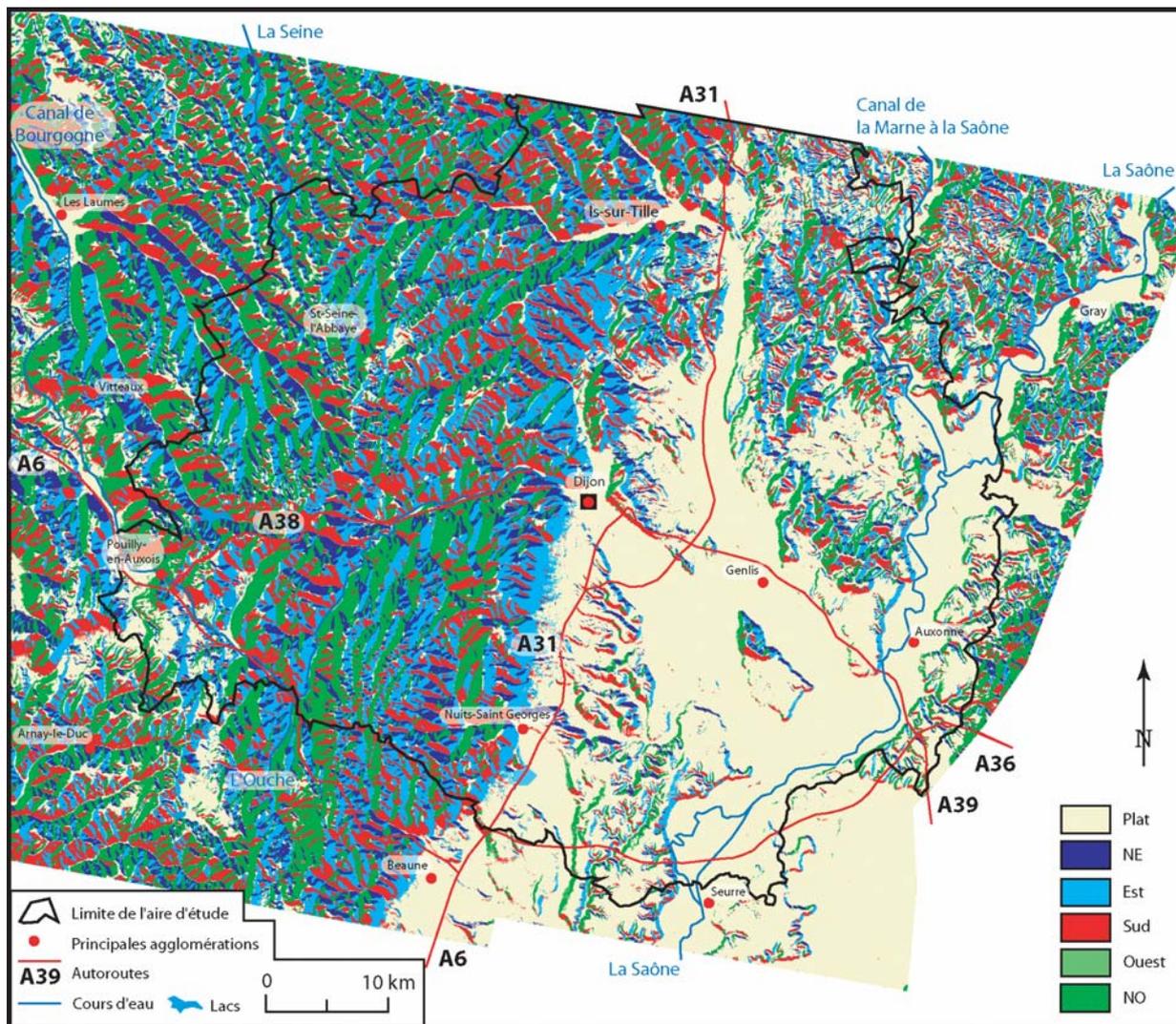


Figure I-21 : Carte des expositions dérivée du MNT par calcul

Comme les données dont nous disposons sont hétérogènes de nature (quantitatives ou qualitatives), nous les avons recodées sous forme binaire, opération qui conduit à réduire toute l'information en une suite de 0 et de 1 (tab. I-9). La matrice que l'on obtient comporte donc 2 999 lignes et 28 colonnes.

Points	BATI	CULT	PRAI	VIG N	FEUIL	RESI	BUIS	EAU	NOR D	EST	SUD
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Tableau I-9 : Recodage de l'information sous forme de matrice binaire

Cette transformation est un des moyens dont nous disposons pour réaliser la « mise à plat de l'information » et faciliter l'approche objective du paysage que nous recherchons.

3.3.2. Les paysages et leur structure

A l'issue de cette phase de préparation, les données se présentent sous la forme requise pour être soumise à divers traitements mathématiques destinés à faire apparaître les structures logiques qui organisent le paysage. A cet égard, l'analyse factorielle des correspondances constitue un outil intéressant puisque le résultat auquel elle conduit prend la forme de graphiques synthétiques dont l'interprétation aide à faire ressortir les structures logiques en question. C'est ce que montre la figure I-22.

On y voit comment les différents descripteurs du paysage que nous avons retenus se rapprochent en fonction des combinaisons les plus fréquentes qui s'observent sur le terrain. Ce type de traitement amène à reconnaître des principes organisateurs du paysage grâce à l'interprétation des axes qui structurent le graphique.

L'axe horizontal (axe 1) est celui qui est le plus significatif ; il ordonne les éléments de l'analyse en fonction de deux pôles : à gauche se trouve les paysages humanisés où cultures et bâti sont associés aux altitudes et aux pentes les plus faibles avec parfois la présence d'eau. A droite, se regroupent les caractères qui décrivent les paysages où la nature s'impose à la fois par la vigueur des formes (pentes, altitudes) et par le couvert végétal, constitué de forêts de feuillus ou de résineux. Entre ces ensembles opposés, les paysages de vignes, prairies et buissons prennent une place intermédiaire. Secondairement, l'axe vertical (axe 2) distingue, parmi les paysages à forte composante naturelle, ceux qui présentent une topographie relativement douce et ceux dont le relief s'exacerbe. Enfin sur un troisième axe qui n'est pas représenté ici, se différencie, toujours en fonction de la topographie, les paysages d'adret et d'ubac.

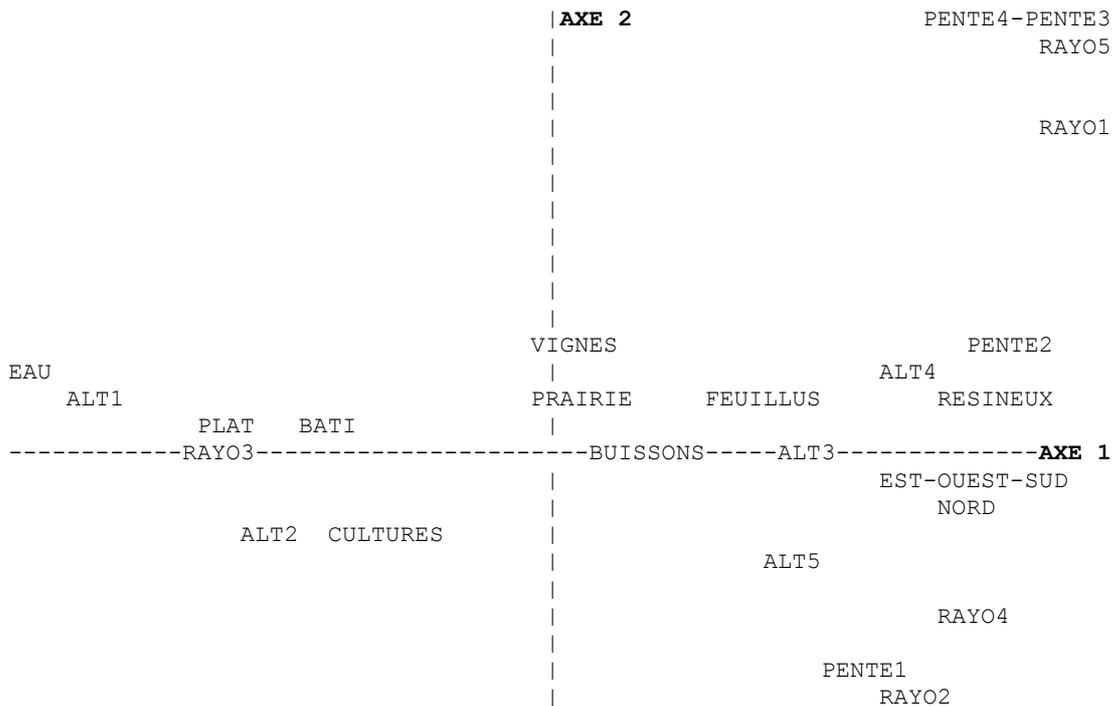


Figure I-22 : Graphe des axes 1 et 2 de l'analyse factorielle

La mise en ordre graphique qui résulte de l'analyse constitue un modèle de classement des paysages dont on peut étendre l'application à l'ensemble de la zone : chaque pixel, autrement dit chaque portion de terrain de 30 mètres de côté, peut être replacé dans le référentiel mathématique que constituent les axes factoriels. A la suite de cette opération, il est possible de faire correspondre à chacun des axes en question une représentation cartographique sous la forme d'une image en niveau de gris. Celle-ci explicite la façon dont l'axe et surtout la signification qui s'y rapporte structurent l'espace géographique. L'image de la figure I-23 opère la synthèse du graphe factoriel et transcrit les axes 1, 2 et 3 respectivement par les composantes rouge, vert et bleu.

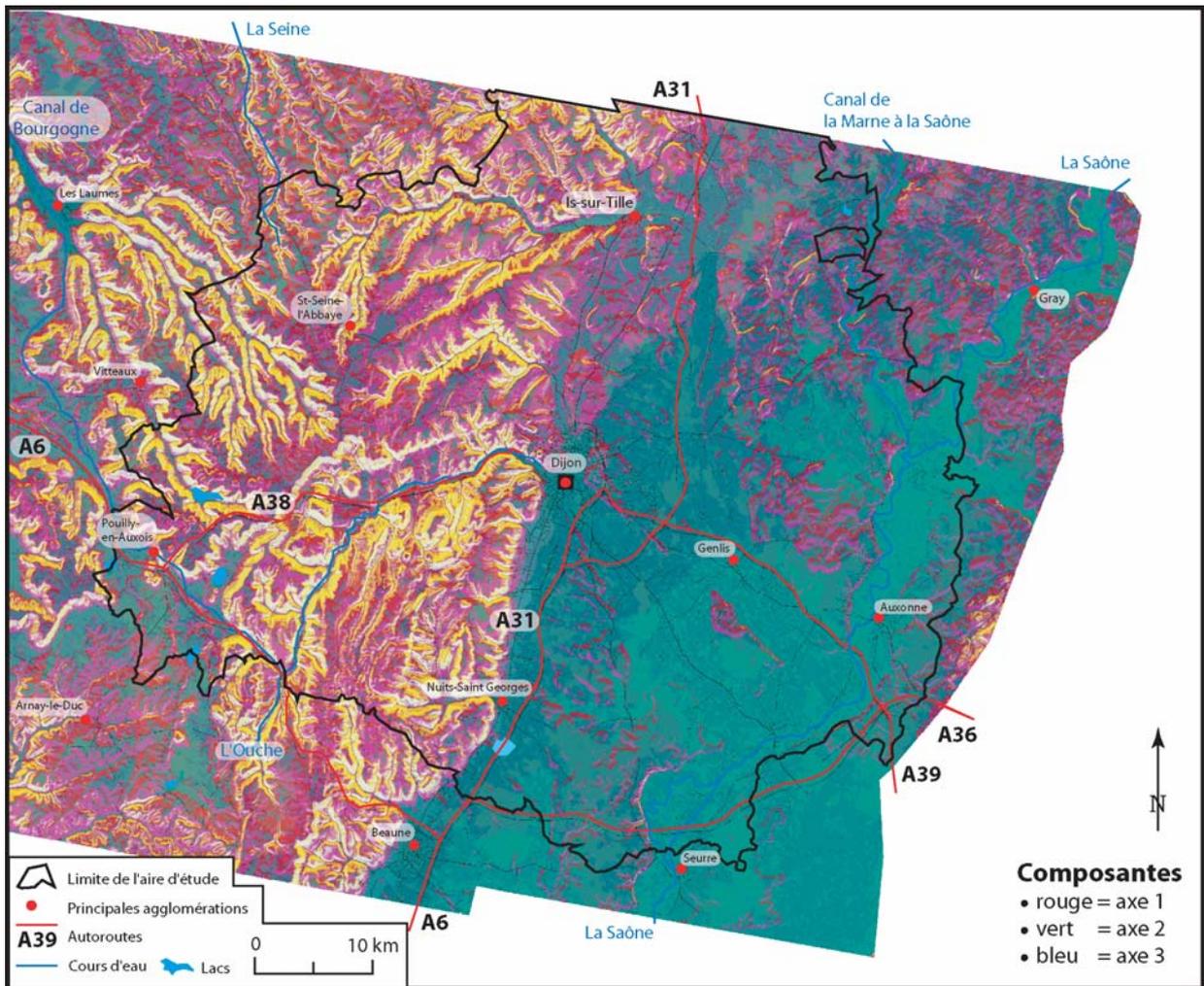


Figure I-23 : Représentation cartographique du résultat de l'analyse factorielle

3.3.3. Typologie des paysages par classification automatique

L'analyse des correspondances en générant des axes factoriels donne lieu à un nouveau système de coordonnées dans lequel se positionnent individus et caractères. Grâce à la matrice de distance ainsi construite, il est possible de procéder à une classification automatique. Dans le cas présent, la mise en œuvre de la classification conduit à reconnaître huit types de paysages dont la définition est en concordance logique avec les résultats de l'analyse factorielle (fig. I-24).

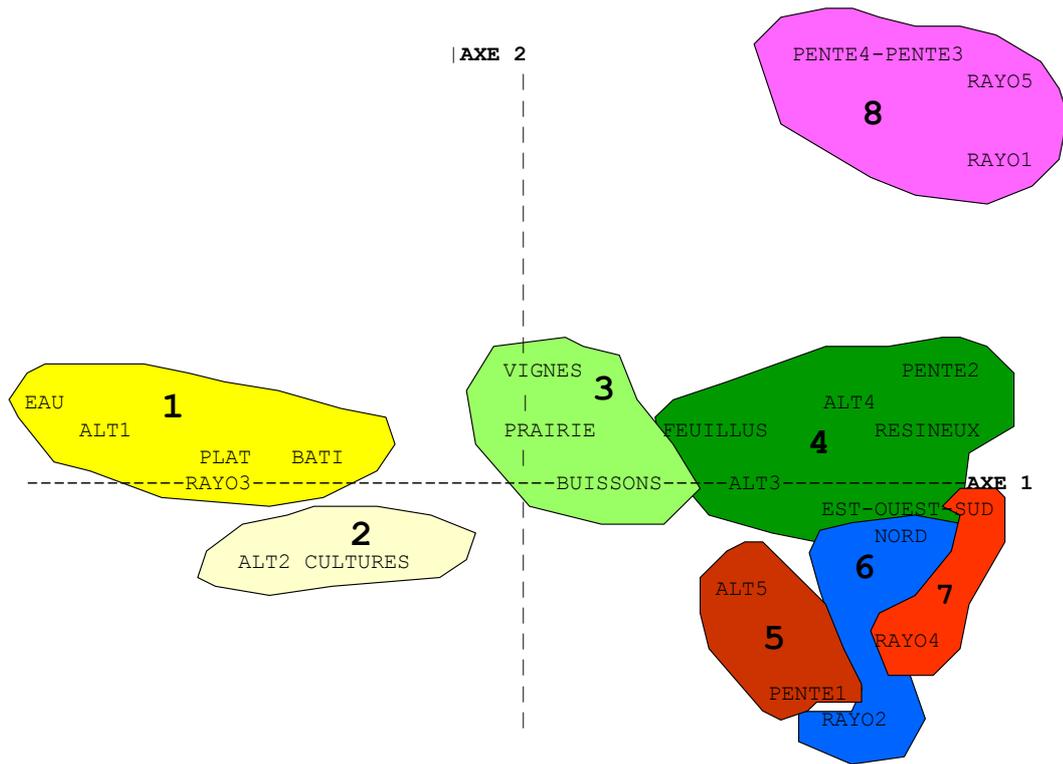


Figure I-24 : Mise en place de la typologie sur le graphe factoriel

La généralisation spatiale déjà mise en œuvre pour représenter les résultats de l'analyse factorielle, peut être reprise ici et donner lieu à la confection d'une carte des types paysagers (fig. I-25)

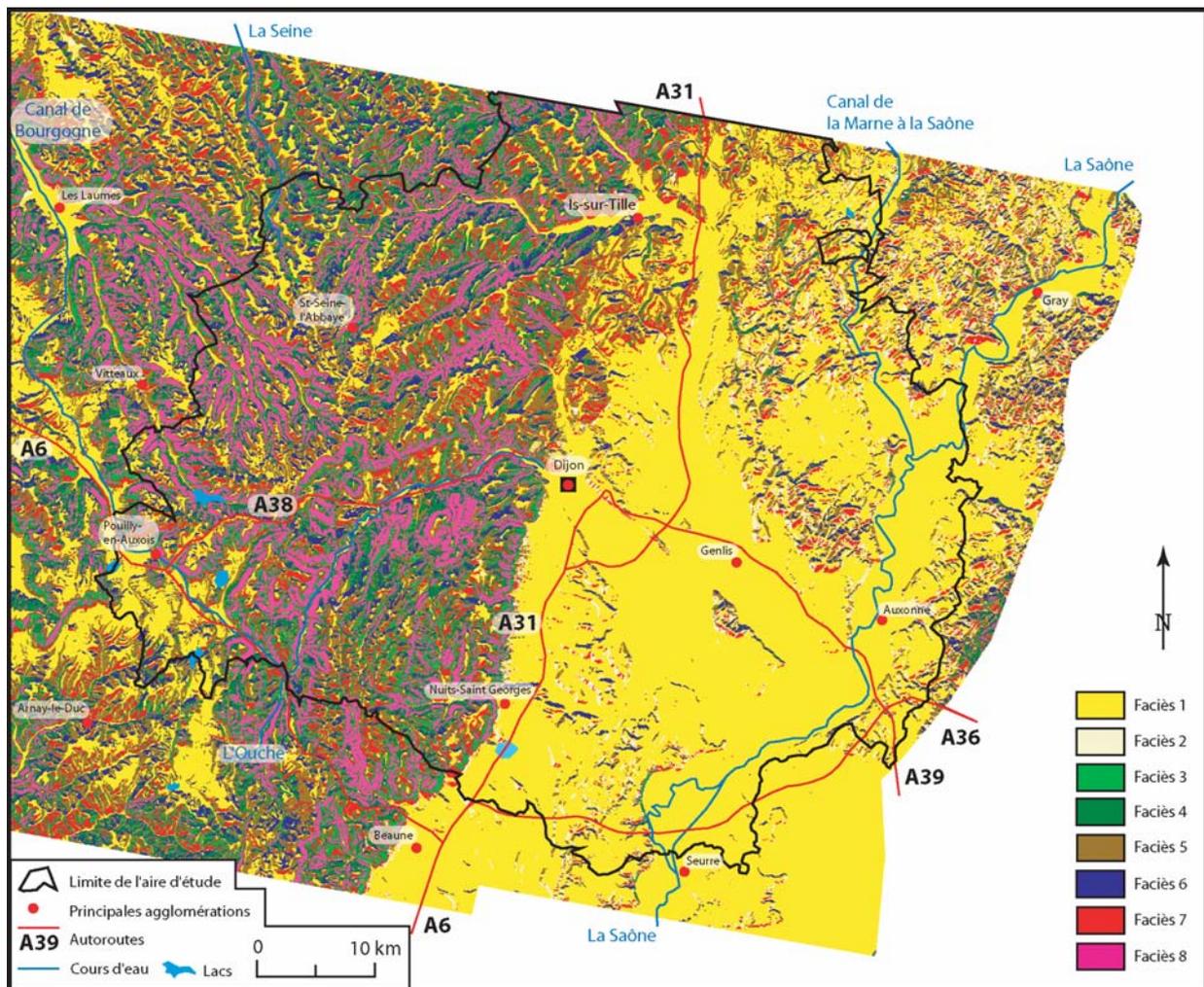


Figure I-25 : Carte des types paysagers issus de la classification automatique

3.3.4. Définition des unités paysagères

Les cartes auxquelles les différents traitements ont abouti nous permettent de repérer des « logiques de partition de l'espace ». Celles-ci procèdent d'associations locales de types ou de couleurs. La mise en place de limites strictes pour la définition d'unités spatiales cohérentes reste *in fine* confiée à l'interprétation visuelle : les processus d'automatisation restent très lourds à mettre en œuvre avec des résultats incertains.

L'analyse et la confrontation des documents nous ont amené à proposer deux cartes d'unités paysagères : la première, la plus précise, suit au plus près les indications visuelles tirées des cartes ; elle est renvoyée en annexe ; la seconde propose une simplification par regroupements spatialement cohérents formant sept unités paysagères (fig. I-26). L'information fournie par ce dernier document sera reprise pour procéder aux ajustements requis par la modélisation économétrique. Les ensembles identifiés s'établissent comme suit :

- Vallées alluviales (Saône, Ouche, Tille, Doubs), dénommé « Plaine dijonnaise » dans le chapitre III
- Collines dijonnaises, dénommé « Nord Plaine dijonnaise » dans le chapitre III
- Plaine de Cîteaux, dénommé « Sud Plaine dijonnaise » dans le chapitre III
- Côte d'Or et plateaux, dénommé « Arrière-côte et plateaux » dans le chapitre III

- Châtillonnais
- Auxois
- Morvan

Les unités paysagères ainsi désignées et délimitées concordent avec celles qui ont déjà été consacrées par l'usage. Cependant, ce détour par l'analyse numérique n'est pas superflu car il confère à ce zonage une assise objective qu'il était nécessaire de vérifier pour caler la modélisation économétrique.

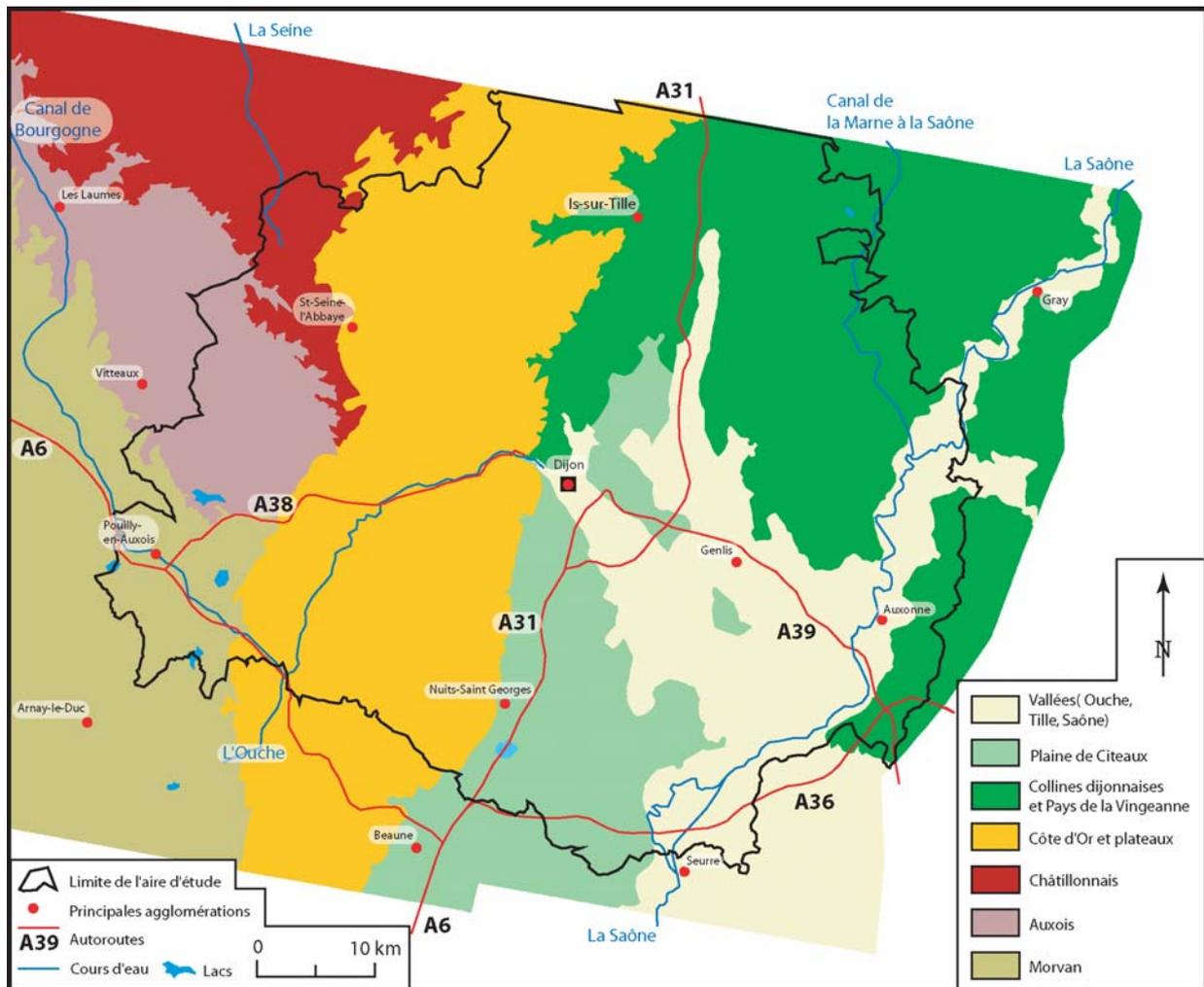


Figure I-26 : Unités paysagères de la zone d'étude

Références citées dans le chapitre I

- Brossard T., Joly D., Laffly, D., Vuillod, P. , Wieber, J.-C. (1995) - Pratique des systèmes d'information géographique et analyse des paysages - *Revue Internationale de Géomatique*, Vol. 4, n°3-4 :243-256
- Brossard, T., Joly, D., Ormaux, S., Tourneux, F.-P., Wieber, J.-C. (1995) - Les composantes du paysage ; le relief - In : *Atlas de France, Vol. 6, Milieux et ressources*, Reclus, La Documentation française, 19:30 et 118:127
- Chavez, P.S., Sides, S.C., Anderson, J. A. (1991) - Comparison of Three Different Methods to Merge Multiresolution and Multispectral Data: Landsat TM and SPOT Panchromatic. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 57, No. 3: 295-303.
- Collectif (2000-2001) - *Atlas des paysages de Franche-Comté* - Tome 1 Doubs, Tome 2 Jura, Tome 3 Haute-Saône, Tome 4 Territoire de Belfort, NEO ed. Besançon, 381, 278, 333, 237 p.
- ERDAS (1999) - *ERDAS Field Guide* - 5ème édition. Atlanta, Georgie, ERDAS Inc., 671 p.
- ESRI (1991) - *Cell-based modelling with grid* - ESRI, Redlands, California
- ESRI (1992) - *Understanding GIS : the Arc/Info Method* - ESRI, Redlands, California
- Heymann, Y., Steenmans, C., Croisille, G., Bossard, M., Lenco, M., Wyatt, B., Weber, J.-L., O'Brian, C., Cornaert, M.-H., Sifakis, N. (1993) - *CORINE Land-Cover guide technique* - Bruxelles-Luxembourg, Commission des Communautés Européennes, 144 p.
- INSEE (2002) - *8 aires urbaines en Bourgogne. Une approche du phénomène urbain* - INSEE Bourgogne Dimensions, Dossier n° 33, décembre 2002.
- Jensen, J.-R. 1996. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Rougerie, G., Beroutchachvili, N. (1991) - *Géosystèmes et paysages : bilans et méthodes* - A. Colin, Paris, 302 p.

Chapitre II

Modèles géographiques et économiques

Introduction

Les modèles géographiques et économiques de cette recherche sont, au sens habituel, des représentations simplifiées du monde réel qui en délivrent l'intelligence. La modélisation des paysages mobilise les théories et les instruments de la géographie quantitative. Elle permet de qualifier et de quantifier le paysage comme un volume scénique s'offrant à un observateur qui regarde autour de lui. Ce travail exploite les potentialités des systèmes d'information géographique (SIG), qui se sont considérablement étoffées du fait de la puissance de calcul des ordinateurs de bureau actuels. Il a également nécessité de développer des programmes informatiques ad hoc, plus élaborés que ceux existant dans les SIG du marché, afin d'effectuer tous les calculs tridimensionnels. Les modèles obtenus délivrent ainsi une représentation ordonnée, pensée et mesurée d'un paysage. Certes, cette représentation du paysage apparaîtra frustrer à des paysagistes, des architectes, voire aux promeneurs. Les travaux comparant cette approche numérique à des approches utilisant des photographies de paysage montre que la « simplification numérique » conserve l'essentiel de ce qu'est le paysage dans le monde réel.

La modélisation économique, qui suit ce travail, utilise les résultats du modèle géographique. Elle est exposée dans la seconde section de ce chapitre. L'économie pose, ici, que l'être humain est un agent optimisateur opérant sur un marché de concurrence parfaite, ce qui permet de déduire mathématiquement des propriétés de son comportement. En acceptant ainsi de réduire les individus à des agents économiques et le monde réel à un marché parfait, il est possible d'estimer le prix caché de biens qui n'ont pas de prix observable, comme un paysage. C'est, à nouveau, la qualité d'un modèle conceptuel de délivrer des connaissances et des prédictions que l'on ne peut directement observer dans le monde réel. Il faut, pour cela, passer de la théorie à la statistique, en utilisant des méthodes connues depuis longtemps mais qui, comme pour la géographie, ont bénéficié de l'avancée des connaissances et de la puissance de calcul des ordinateurs.

Les limites de cette démarche, il est bon de le souligner avant de l'exposer dans le détail, tiennent à la multiplicité des modèles que l'on peut légitimement élaborer et qui donnent des représentations différentes du monde réel, aboutissant à des mondes pensés différemment parce que ce ne sont pas les mêmes simplifications qui sont opérées. Mais ces limites sont une des qualités de la pensée scientifique, qui n'est jamais une pensée unique : d'autres méthodes, d'autres modèles pourraient être mis en œuvre pour produire des analyses géographiques et économiques des paysages différentes de celles que nous proposons ici.

1. Paysage et vue

Le terme de paysage est couramment utilisé et fait sens pour tous sans qu'il soit besoin de le définir. Cependant, dès que le paysage est posé comme objet d'investigation scientifique, il est nécessaire de préciser plus fermement la réalité que ce mot recouvre et que l'on cherche à comprendre. Dans le cas de la présente étude, on s'intéresse avant tout à la dimension visuelle du paysage tel qu'il s'offre au regard dans ses différentes configurations (Arthur et al., 1977 ; Brown, 1994). Ce qui relève de la perception, de l'interprétation individuelle n'est pas explicitement pris en compte dans notre démarche puisque nous cherchons à établir, à travers la modélisation, un lien entre des propriétés objectivables du paysage et le prix tel qu'il résulte de l'équilibre entre l'offre et la demande de maisons sur le marché immobilier qui est donc, lui aussi, objectif. Notre champ d'investigation se trouve ainsi bien circonscrit et implique d'en formaliser les termes d'analyse. Les objets géographiques disposés à la surface du sol peuvent être appréhendés visuellement selon deux types de point de vue, du dessus et du dedans (Rougerie et Beroutchachvili, 1991). En effet, l'angle et la distance de vue déterminent l'image sensorielle que l'on reçoit du paysage. La formalisation des rapports géométriques entre paysage et vue constitue le fondement de l'approche objective que nous visons (Brossard et Wieber, 1984).

1.1. Notions fondamentales et principes d'analyse

1.1.1. Le paysage vu du dessus

Selon le sens que nous lui donnons ici, la vue du dessus est essentiellement verticale ou zénithale et laisse de côté l'infinie variété des vues obliques qui font transition avec les vues délivrées depuis le sol. Le regard vertical porté sur le paysage est celui que privilégie le géographe puisqu'il rejoint le point de vue cartographique qui lui est familier (Lacoste, 1986). La vue verticale comporte des propriétés particulières intéressantes à relever. L'ensemble de l'espace considéré est accessible d'une manière équivalente en tous ses points ; ce qui donne au regard de l'observateur une forme d'ubiquité. Il s'agit d'une commodité qui peut assurément faciliter la synthèse scientifique ou éclairer la prise de décision de l'aménageur. En conséquence, ce mode d'appréhension global du paysage selon une vue verticale est implicitement ou explicitement repris dans beaucoup de travaux. Par exemple, l'analyse écologique procède le plus souvent par détection « du dessus » des configurations paysagères significatives : corridors, lisières, écotones etc. (Burel et Baudry, 1999) ; il en va de même des indices qui aident à caractériser les aptitudes écologiques de ces mêmes paysages : indices de compacité, de fragmentation, propriétés fractales etc. (Gustafson, 1998). Dans le domaine qui nous intéresse ici, celui de l'évaluation économique des aménités offertes par le cadre de vie, la plupart des variables et attributs retenus et testés pour caractériser les aménités en question, se réfèrent à un espace également vu du dessus (Bastian et al. 2002). Ce type d'approche a apporté les preuves de sa validité et se remarque aussi par sa grande efficacité opérationnelle. Il convient toutefois de relever que toute une partie de la réalité paysagère reste en dehors du champ d'analyse, celle qui relève de la vue « ordinaire » au sol et qui fonde, au premier chef, notre relation sensible au paysage (Berque, 1991 ; Meitner, 2004). Or cet aspect est à prendre en compte dans l'évaluation : il est au cœur de notre analyse.

1.1.2. Le paysage vu du dedans

De tout point de l'espace, il est possible de voir et d'être vu ; un observateur qui se déplace et les objets qu'il voit sont pris dans un réseau de relations visuelles complexes : il n'est pas

nécessaire d'être en ville pour voir du bâti, ni en forêt pour voir des arbres. La réalité visuelle du paysage prend corps dans l'infinité de ces liaisons (Wieber, 1985). Il serait, en principe, nécessaire de les prendre toutes en compte pour faire un état objectif du paysage tel qu'il s'offre au regard. Une telle opération est irréalisable en terme pratique. Cependant, grâce aux ressources de l'informatique, il est possible d'établir, au moins d'une manière approchée, un tel inventaire : les « propriétés visuelles » du paysage sont mise en évidence par des calculs trigonométriques appropriés (Germino et al., 2001 ; Bishop et al., 1994 ; Crawford, 1994). A cette fin, comme annoncé dans le chapitre I, on procède par croisement de deux sources d'information majeures :

- Le MNT dont on tire l'information sur le relief et donc sur le volume paysager ;
- l'occupation du sol qui permet de restituer les physionomies de surface en tenant compte des masques produits par les sursols (végétation, bâtiments, ouvrages...).

En mobilisant des méthodes de géographie quantitative et des outils informatiques *ad hoc*, on simule le regard d'un observateur virtuel parcourant systématiquement l'espace (Lange, 1994 ; Orland, 1994 ; Fisher, 1996). Chaque point est caractérisé en fonction de l'ampleur du panorama qu'il délivre, cette évaluation quantitative du potentiel visuel est appelée « vu actif » et peut être représenté sous forme cartographique. Symétriquement, le vu passif, ou soumission à la vue, résulte de l'opération inverse : chaque point est défini par sa « sensibilité » à la vue, autrement dit, par l'aire d'où il est potentiellement visible. Les différences entre vu actif et vu passif peuvent être intéressantes à considérer pour évaluer l'insertion visuelle d'un aménagement en projet par exemple. Cette quantification globale de l'intervisibilité mérite d'être précisée par l'intervisibilité sélective. Ainsi peut-on restituer les espaces vus depuis un point singulier ou depuis un même ensemble fonctionnel (Howes et Gatrell, 1993) : réseau routier, zones bâties, etc. Poursuivant la même logique, il est possible d'affiner les procédures pour faire apparaître l'espace couvert par le regard selon que l'on chemine dans un sens ou dans l'autre d'un sentier pédestre ou d'une voie navigable par exemple (Brossard et Joly, 1993 ; Brossard et al., 1998).



Figure II-1 : Paysage périurbain de l'agglomération dijonnaise recomposé par image de synthèse

L'exercice peut se prolonger en portant sur le contenu visuel des paysages ; ainsi, les cartes produites constituent une réponse aux questions du type suivant : d'où voit-on de la forêt, des corniches en abrupt, des cours d'eau, de la ville etc. ? Quel est l'impact visuel d'une autoroute, d'un lotissement, d'un ouvrage d'art ? La synthèse d'images à partir des données numériques constitue un autre moyen de simulation du paysage visible (Bishop et al., 1989). Afin de donner un certain réalisme aux images produites, les objets (résineux, feuillus, maisons...) sont stylisés et mis en scène dans le paysage (fig. II-1). Pour rendre compte de la succession des plans dans la profondeur du champ visuel, des bases de données à divers niveaux de résolution (Brossard et Joly, 1999b) sont traitées simultanément. Utile pour la caractérisation de paysages contemporains, la synthèse d'images sert aussi à restituer l'image de paysages disparus pour peu que nous connaissions l'état ancien de l'occupation du sol. Des simulations de paysages en devenir sont également possibles à partir de scénarios probables d'évolution de cette même occupation du sol.

1.2. Exploration du champ visuel

Dans cette opération, un des premiers points à considérer se rapporte à l'occupation du sol et aux objets paysagers qui composent le paysage donné à voir. Pour être mis en scène dans le paysage, les objets doivent être définis par leur nature, leur taille (emprise au sol et élévation), et leur position relative dans le champ visuel en fonction d'un angle et d'une distance à l'observateur. D'où une hiérarchisation de l'information visuelle délivrée par les objets en fonction de leur position mutuelle dans la profondeur de champ.

Les objets qui structurent le premier plan sont surtout le fait d'éléments singuliers tels que maison, arbre, buisson, clôture, etc. Au regard de leur taille, l'impact visuel qu'ils prennent est très important et va décroissant avec la distance pour devenir négligeable à mesure que l'on gagne l'arrière plan.

Symétriquement, ce sont des objets importants et composés qui structurent les plans lointains. En effet, lorsqu'on est sous forêt, la réalité visuelle globale de celle-ci échappe au regard qui se rompt sur les troncs en enfilade et la voûte feuillée (idem, par exemple, pour la ville et les édifices qui la composent). Ce n'est qu'en s'échappant du sous-bois et en prenant du recul que l'observateur peut, après l'avoir perçue comme telle, saisir l'impact visuel de la forêt dans sa globalité.

1.2.1. Vu actif et vu passif

Les rapports visuels qui s'établissent au sein du « paysage vu du dedans » jouent à double sens. Avec le vu actif, on mesure la surface que couvre du regard un observateur virtuellement placé en chaque point de l'espace et qui porte son regard sur les 360 degrés du tour d'horizon ; l'opération, qui fait appel au calcul trigonométrique, consiste à dénombrer les pixels vus alentour, du proche au lointain. Les résultats sont archivés sous la forme de valeurs définissant l'ampleur du panorama au point en question. Lorsqu'un point est traité, on passe au suivant jusqu'à ce que l'espace ait été parcouru dans toute son étendue. Le vu passif ou soumission à la vue correspond à l'opération inverse : on mesure la surface depuis laquelle chaque point considéré est vu. Ces deux opérations sont symétriques si l'altitude seule est prise en compte, sans les habillages et les masques qu'ils induisent. Dans ce cas, si A voit B, B voit A nécessairement ; vu actif et vu passif sont donc équivalents. En revanche, cet effet de symétrie n'est plus vérifié si l'on fait intervenir, avec leur hauteur, les objets qui se surimposent au relief. Par exemple, une forêt située sur un versant n'offre aucun dégagement visuel, elle est marquée, en terme de vu actif, par les arbres, ce qui se traduit par des valeurs faibles de la surface vue lorsque l'observateur est sous le couvert forestier. Mais, cette même forêt, en raison de sa position, peut être accessible à un bassin visuel étendu et présenter, de ce fait, des valeurs de vu passif élevées. Inversement, un fond de vallée dégagé peut s'ouvrir sur un panorama assez large tout en restant discret si les versants encadrants sont couverts de végétation. Les différences entre vu actif et vu passif peuvent être intéressantes pour prévoir, en première approche, l'insertion visuelle d'un aménagement en projet.

Les calculs de visibilités tels qu'ils viennent d'être établis délivrent des valeurs quantifiant globalement espaces vus ou soumis à la vue. Ces résultats peuvent être complétés en travaillant de manière sélective par types d'occupation du sol. Il suffit d'assortir de conditions particulières le décomptage des pixels au cours de la simulation visuelle. Ainsi, compte tenu de la position d'un point ou d'un ensemble de point d'observation connus (maison, village, itinéraire), il est possible de définir les caractéristiques des paysages rencontrés en terme d'ampleur et de contenu visuel (Brossard et al., 1999). De même, il est possible de mesurer l'impact visuel de

tout objet ponctuel, linéaire ou surfacique inscrit dans le paysage ; pour cela, il suffira de faire ressortir les points à la vue desquels l'objet en question est soumis (Joly et al., 2002).

Une difficulté qui ressort de la modélisation du paysage telle qu'elle vient d'être posée, tient au fait que la portée du regard est difficile à fixer dans ses limites. L'idéal serait de pouvoir se livrer à un test de visibilité exhaustif sur l'ensemble des points de la matrice de manière à prendre en compte intégralement les portées visuelles les plus longues. Dans la pratique, cette procédure n'est pas applicable quand elle amène à réitérer les calculs plusieurs millions de fois sur plusieurs millions de pixels. Voyons maintenant les solutions qui s'offrent pour dépasser cette limite.

1.2.2. Échantillonnage du tour d'horizon

La solution au problème précédent consiste à réduire le nombre d'itérations grâce à un échantillonnage du tour d'horizon par rayons divergents à partir du pixel de base (Goldstein et Nagel, 1971). L'écart entre chaque rayon (1° , 2° , ..., 15° , 30° , ...) fixe le taux d'échantillonnage (fig. II-2).

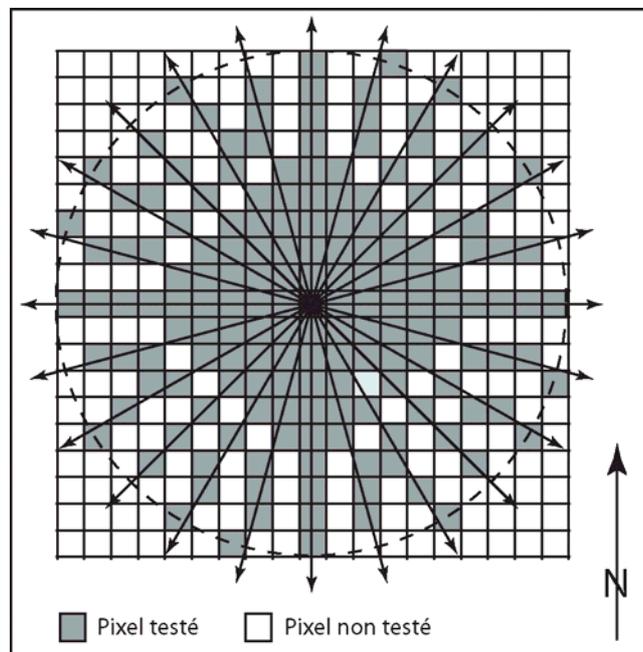


Figure II-2 : Pixels testés autour d'un point de base ; échantillonnage à 15° (24 rayons) avec une portée de neuf pixels

Celui-ci doit être optimisé de manière à concilier exigence de représentativité et gain de temps au calcul. Un échantillonnage lâche, 15° , permet une analyse exhaustive jusqu'à environ cinq pixels du point de base (fig. II-2). Au-delà, et jusqu'à l'extrémité du rayon, seuls les pixels situés sur la trajectoire du rayon sont testés. Aussi, entre deux rayons connexes, apparaît un espace constitué de pixels « non testés » (en blanc sur la figure II-2), dont l'ampleur augmente avec la distance. A 120 pixels de l'origine et en fixant l'écart entre deux rayons à 15° , 32 pixels ne sont pas pris en compte. Un resserrement de l'écart angulaire entre les rayons améliore la qualité du test ; un échantillonnage à 1° permet une analyse exhaustive jusqu'à 60 pixels. A cet égard, la figure II-3 et le tableau II-1 apportent des compléments d'information.

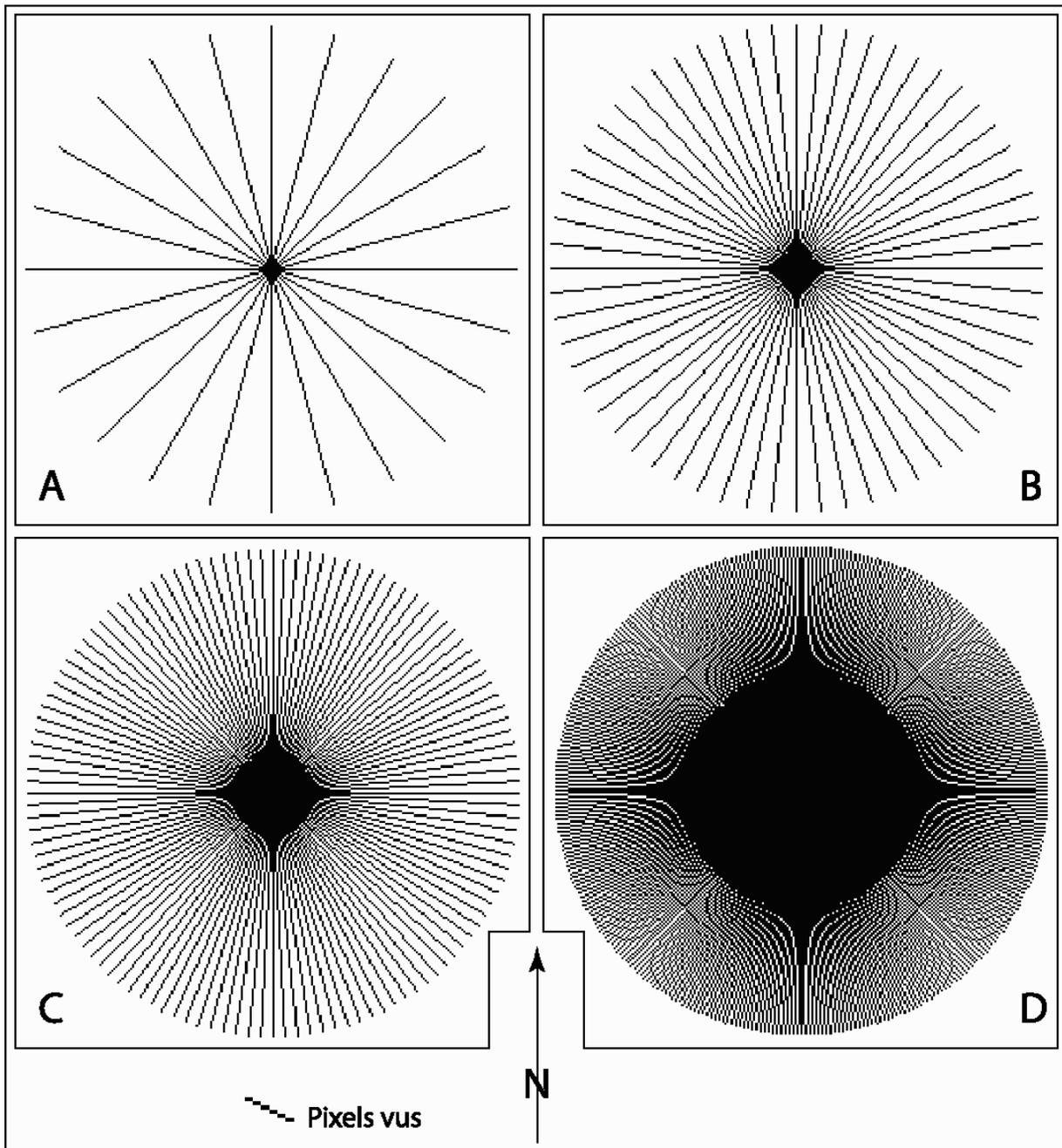


Figure II-3 : Pixels testés selon quatre échantillonnages : 15° (A), 6° (B), 3° (C), 1°(D) ; portée : 120 pixels ; le premier rayon est lancé en direction du nord

	1°	3°	6°	15°
A	63	21	12	5
B	1	5	10	32

Tableau II-1 : Limite de l'analyse exhaustive (A) et écart à l'extrémité de deux rayons voisins pour une portée de 120 pixels (B) ; les valeurs sont exprimées en nombre de pixels

La technique de modélisation du paysage ainsi énoncée présente deux inconvénients majeurs : l'échantillonnage réduit la probabilité que le modèle prenne en compte tous les objets offerts à

la vue et la portée limitée des tests fait que les plans lointains de certains panoramas échappent au calcul. Il convient de préciser que le premier inconvénient ne nuit pas à la précision de l'estimation économétrique ultérieure puisque le tirage de l'échantillon est indépendant de l'erreur de ce modèle.

1.2.3. Ajustement de l'échantillonnage

L'avantage de l'échantillonnage, surtout lorsqu'il est lâche, est de réduire les temps de calcul ; en contrepartie, certains objets potentiellement offerts à la vue ne sont pas pris en compte. Cet inconvénient reste acceptable tant que la distance au point de base reste réduite. Mais, avec l'allongement des rayons testés, le risque de passer à côté d'un élément de faible emprise devient important (fig. II-4A et II-4B) et oblige à resserrer l'échantillon pour prévenir ce défaut (fig. II-4C et II-4D).

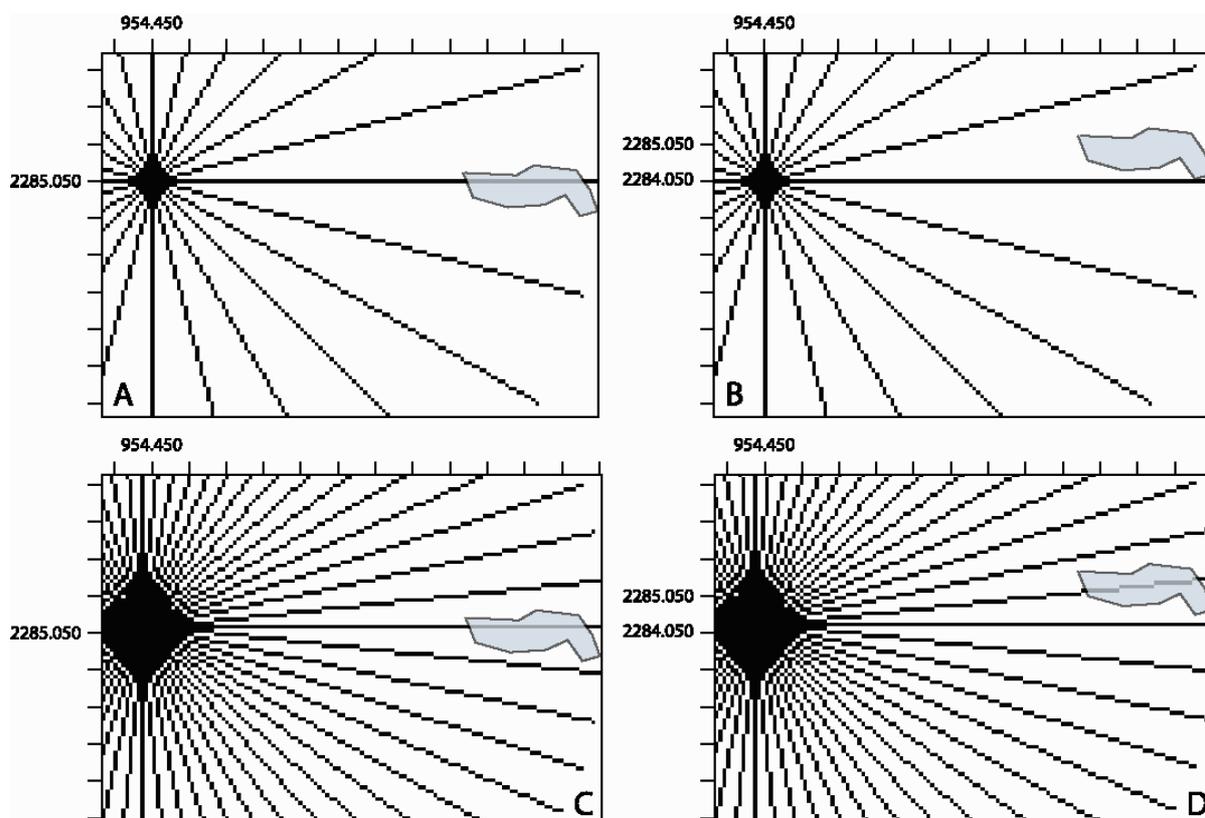


Figure II-4 : Echantillonnage et prise en compte d'un objet au cours de la procédure de test

Aussi convient-il de trouver le compromis qui, tout en optimisant le temps de calcul, permet une exploration satisfaisante du champ visuel. A cet égard, soulignons que la plupart des objets à faible emprise au sol (exception faites des ouvrages d'art à forte élévation ou des éléments en fort contraste de forme et de couleur) tendent à se confondre avec les éléments visuels plus vastes qui structurent les arrière plans. Dans le cas de expérience conduite ici où l'on travaille à sept mètres de résolution et avec un angle de 1° entre les rayons, la distance à partir de laquelle un « objet-pixel » peut échapper au test est de 400 mètres environ ; avec un angle de 3° , le seuil en question s'abaisse à 200 mètres.

1.3. Modélisation de la visibilité

1.3.1. Repérage des pixels vus et définition des hauteurs de sursol

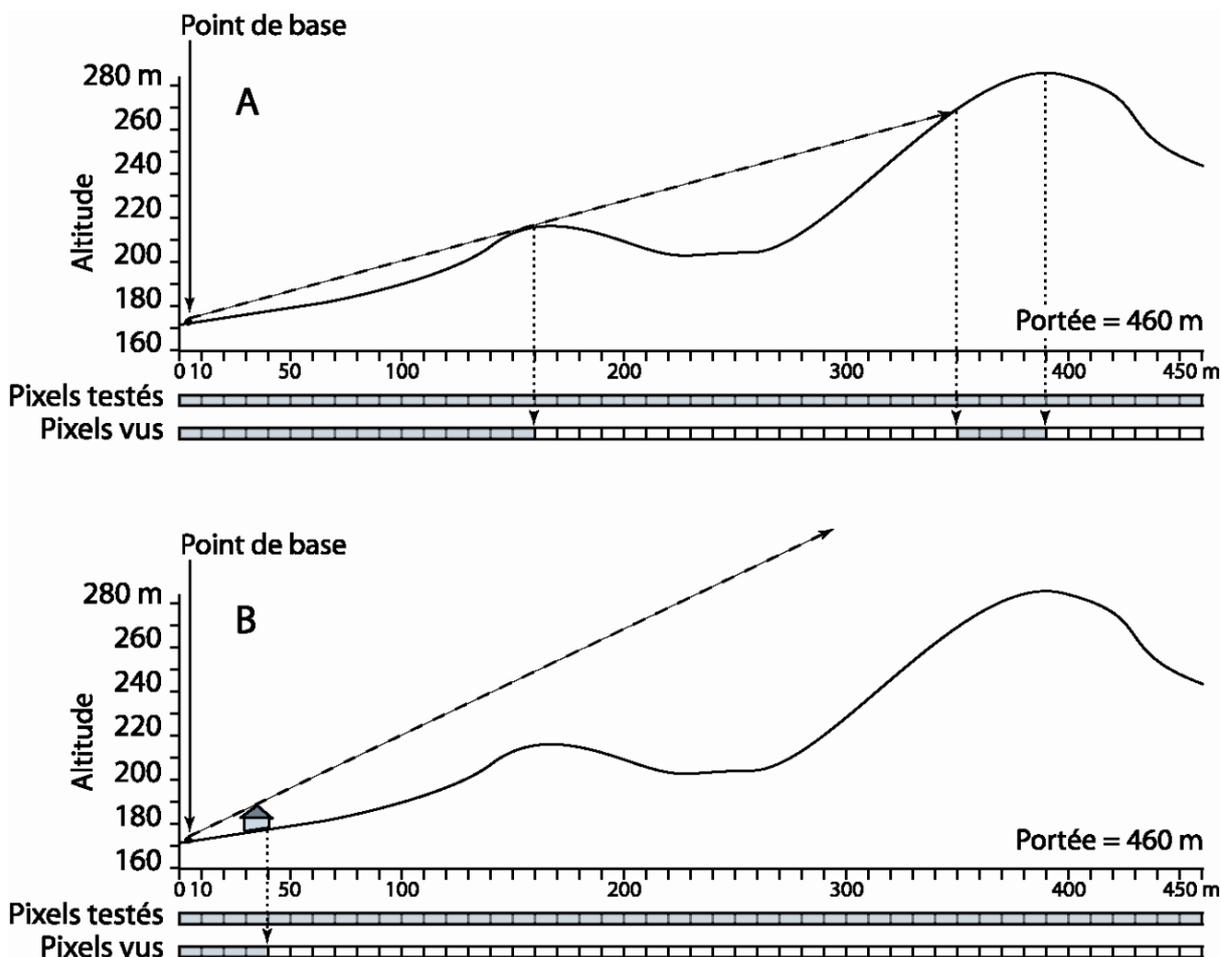


Figure II-5 : Pixels testés et vus le long d'un profil topographique avec (B) ou sans (A) occupation du sol

L'opération consiste à déterminer, par calcul trigonométrique, si les pixels recoupés par les rayons mis en place grâce à la procédure d'échantillonnage, sont vus ou non. Pour y parvenir, deux facteurs sont pris en compte : l'altitude (fig. II-5A) qui commande le relief et son organisation, l'occupation du sol à travers laquelle sont définis les objets qui « habillent » le paysage. Pour tenir compte des masques qu'elles imposent à la vue (fig. II-5B), les classes d'objet correspondant aux différents types d'occupation du sol sont affectées d'une hauteur donnée a priori par l'opérateur qui peut empiriquement moduler cette valeur. Pour la présente opération, eau, routes, voies ferrées et prés ont été affectés d'une hauteur nulle tandis que résineux, feuillus et bâti étaient élevés respectivement à 20 mètres, 15 mètres et 7 mètres. La figure II-5 illustre le déroulement de la procédure et la façon dont les masques visuels sont pris en compte pour déterminer si un pixel est vu ou non. La standardisation des hauteurs ainsi appliquée peut paraître une source d'approximations gênantes. Il faut toutefois relativiser l'incidence négative du procédé. En effet, d'un point à l'autre, les erreurs se compensent et surtout, la hiérarchie des rapports de visibilité entre les points d'une même aire d'étude reste valide. Autrement dit, la distribution cartographique des différentes zones de visibilité reste stable ; la modification des hauteurs d'objets ne joue qu'à la marge en faisant glisser quelque peu les valeurs de visibilité le long de gradients dont la pente reste inchangée.

1.3.2. Gestion des profondeurs de champ

La profondeur de champ constitue un autre élément fondamental à considérer dans la caractérisation visuelle des paysages. Il convient de voir comment cette question peut être également formalisée dans le cadre de l'approche numérique retenue.

Ampleur du champ visuel et résolution spatiale

L'information relative au paysage, qu'elle concerne l'occupation du sol ou la topographie, est rapportée à un espace systématiquement carroyé par des pixels dont la taille (ou résolution) peut être variable. La résolution détermine la précision de l'information qui est consignée dans les bases de données ; on comprend facilement qu'une résolution fine, à sept mètres, permet de distinguer, dans sa singularité, tout objet jusqu'à cette limite de taille. Avec les résolutions plus grossières, ce même objet ne pourra plus être distingué en tant que tel ; l'information qu'il représente sera considérée de trois façons :

- être purement et simplement ignorée : par exemple, une route devient, à une certaine distance, un mince ruban puis un trait si fin que le regard humain ne peut plus le discerner, avant qu'il ne disparaisse complètement du paysage ;
- être agrégée à une catégorie plus intégratrice faite d'éléments combinés : par exemple, tel bouquet d'arbres identifié à sept mètres de résolution avec l'image satellite viendra se fondre dans la catégorie « forêt et végétation arbustive » ;
- être maintenue malgré tout, s'il s'agit d'un objet remarquable que l'on veut continuer à faire apparaître ; l'opération revient à dilater arbitrairement l'objet en question jusqu'à ce qu'il atteigne la taille minimal compatible avec la résolution de la base (cf. section 3 du chapitre I).

Le protocole d'analyse du champ visuel par rayons divergents tel que nous l'avons défini peut s'appliquer à des bases de résolutions différentes. On pourrait penser *a priori* que les résolutions les plus fines permettent l'analyse la plus fidèle de la réalité visuelle du paysage puisque les objets qui composent celui-ci sont mieux pris en compte dans leur singularité comme nous venons de le voir. Or, cette déduction de bons sens n'est pas totalement exacte et mérite d'être nuancée.

- La haute résolution spatiale est effectivement bien adaptée pour saisir la réalité visuelle du paysage dans ses plans proches puisque le champ visuel y est balayé d'une manière exhaustive et que les objets y sont précisément repérés. En revanche, au-delà de 300 mètres et à mesure que l'on s'éloigne du point de vision central pour gagner les plans lointains, des secteurs de plus en plus larges du champ visuels échappent au test ; le gain de précision liée à la haute résolution perd progressivement de son intérêt puisqu'une part croissante de l'information contenue dans la base n'est plus prise en compte. On ne peut pas non plus resserrer indéfiniment l'angle d'échantillonnage du tour d'horizon car les calculs deviennent irréalisables pour une question de temps.
- Les résolutions spatiales plus grossières présentent évidemment une moindre pertinence pour l'analyse des premiers plans mais elles permettent de conserver, sur une plus grande profondeur, un balayage exhaustif du champ visuel. De plus, le repérage individualisé des objets de petite taille devient également moins utile puisqu'à mesure qu'ils s'éloignent du point d'observation, ces éléments singuliers tendent à se fondre visuellement dans leur contexte. La perte de précision des bases de données accompagne en quelque sorte la perte d'acuité du regard à mesure que celui-ci se porte vers l'arrière plan et la ligne d'horizon.

Le recours à plusieurs bases de données

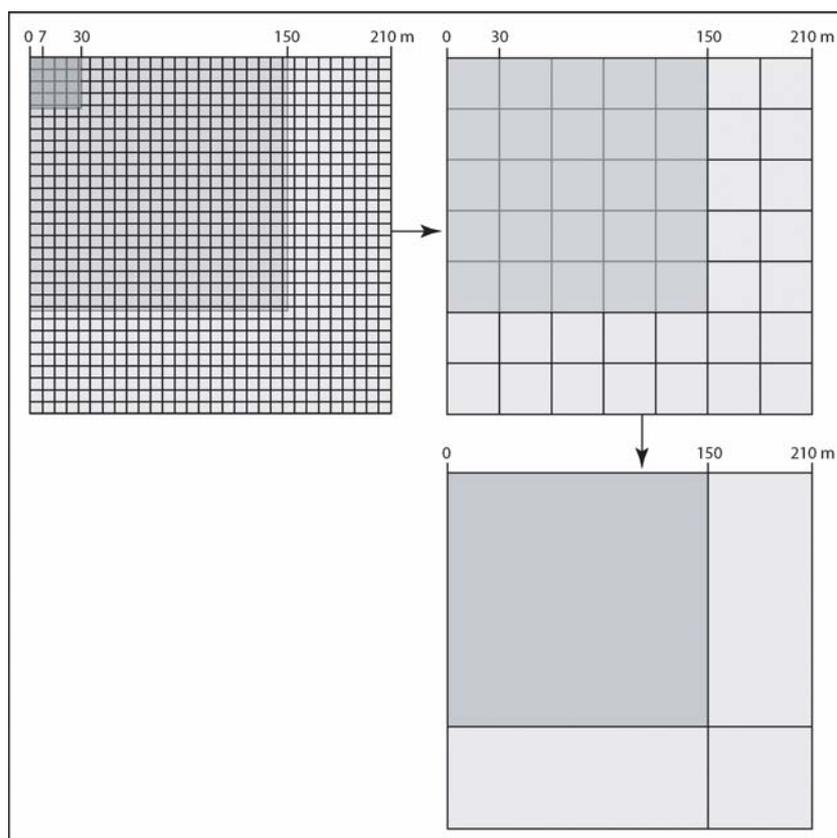


Figure II-6 : Résolution spatiale et précision de l'information à 7, 30 et 150 mètres

Il s'établit donc une sorte de concordance entre la précision de l'information différenciée selon la résolution des bases et l'acuité du regard différenciée selon la succession des plans dans la profondeur de champ. Or, la plupart des modèles éprouvés dans le domaine de l'analyse visuelle des paysages ne considèrent qu'une seule échelle d'information (Germino et al. 2001). Pour dépasser cette limite, la solution fut de travailler simultanément avec plusieurs bases en résolutions différentes. Le protocole de test a donc été complété dans ce sens : autour de chaque point d'observation, on définit plusieurs auréoles concentriques qui se réfèrent à des bases de données présentant chacune une résolution différente de manière à assurer au mieux la couverture spatiale du champ visuel et l'exploration thématique de son contenu. Pour la présente recherche, nous avons travaillé sur quatre bases intégrant altitudes et occupation du sol. Grâce à ce travail en échelles emboîtées, un inventaire des propriétés visuelles du paysage a été effectué avec une profondeur de champ allant jusqu'à 40 kilomètres. Au-delà de cette distance et au vu des objectifs de l'étude, il reste trop peu de points à offrir encore un potentiel visuel pour poursuivre l'investigation.

A partir de chaque point de base, l'espace environnant est testé en appliquant la méthode des rayons divergents aux quatre bases de données disponibles, l'une prenant le relais de la précédente, du centre vers la périphérie du champ visuel (fig. II-7). Précisons que les paramètres du test peuvent être contrôlés par l'utilisateur ; il s'agit des éléments suivants :

- le nombre de bases, et la taille des auréoles visuelles correspondantes ;
- la portée des rayons ;
- l'angle d'échantillonnage des rayons.

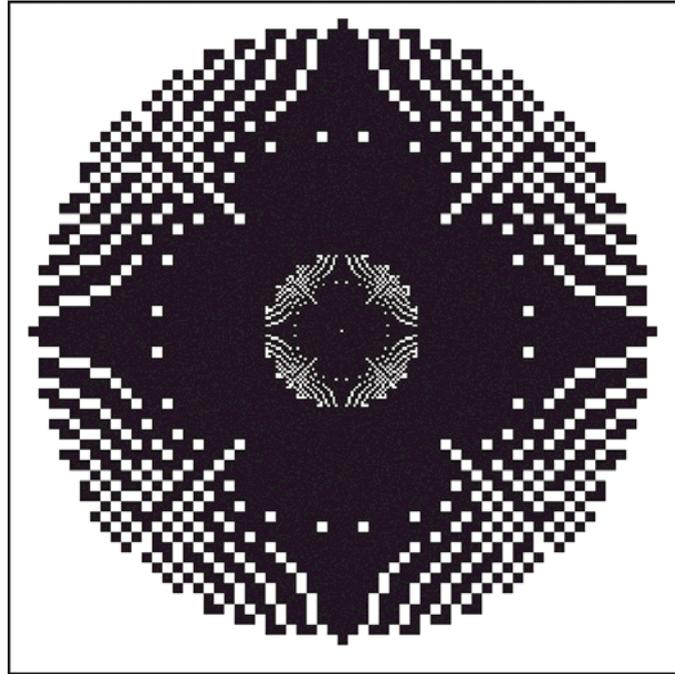


Figure II-7 : Analyse de la visibilité par couronnes concentriques et bases de données en résolutions différentes : exemple d'emboîtement d'échelle sur deux bases

1.3.3. Etablir une mesure de l'emprise visuelle par les surfaces angulaires

Le décompte des pixels vus exprimé en surface offerte au regard constitue un indicateur de l'ampleur visuelle. Malgré son intérêt, cette valeur n'appréhende qu'une partie des rapports de visibilité qui s'établissent entre observateur et paysage. Par exemple, une plaine cultivée vue au loin et rapportée à la surface couverte par le regard peut prendre une part importante du champ visuel lorsqu'on la mesure en kilomètres carré, mais cette même plaine, telle qu'elle s'inscrit dans le volume scénique du paysage, est perçue avec une angle incident très faible qui en réduit l'importance panoramique à un liseré étroit juste au-dessus de la ligne d'horizon. À l'opposé, une maison ou un arbre proches peuvent remplir toute la vue malgré une emprise au sol réduite. Pour tenir compte de la distorsion induite par la vue tangentielle, il convient de se référer à la notion « d'angle solide » qui donne lieu au calcul de surfaces angulaires restituant l'impact visuel des composants paysagers (Germino et al. 2001). La surface angulaire s'obtient en faisant le produit des composantes angulaires verticales et horizontales d'un objet.

Surface angulaire liée aux masques verticaux

La relation visuelle entre un observateur et un objet élevé (noté 1 sur la figure II-8) peut être schématisée par une figure conique dont le sommet \hat{o} correspond à l'œil de l'observateur et la base à la section visible de l'objet, assimilée ici à un carré ABCD. L'angle $A\hat{O}B$ détermine l'angle solide horizontal et l'angle $A\hat{O}C$, l'angle solide vertical de l'objet en question. Le calcul du produit $A\hat{O}B \times A\hat{O}C$ correspond à la surface angulaire de celui-ci. Dans l'exemple de la figure II-8 la résolution est de sept mètres. La hauteur de l'objet 1 est de 10 mètres et le pixel visé est situé à quatre pixels de l'observateur soit 28 mètres. Les angles solides $A\hat{O}B$ et $A\hat{O}C$ ouvrent respectivement à 14° et à $19,6^\circ$, ce qui permet d'attribuer à l'objet 1 une surface angulaire de 274 degrés carré. La procédure de calcul est réitérée pour calculer la surface angulaire de l'objet 2, partiellement masqué par le premier comme le montre le schéma.

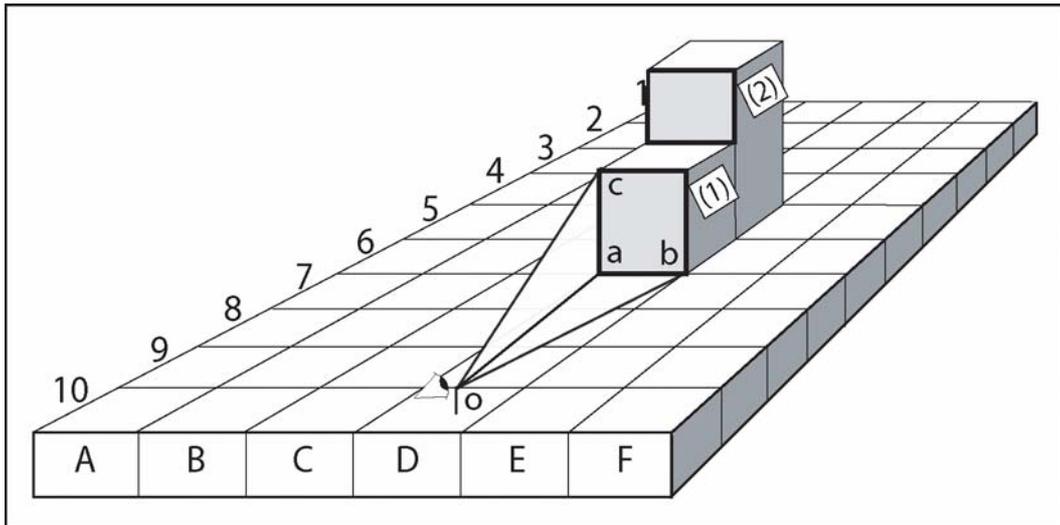


Figure II-8 : Surface angulaire des masques verticaux

Surface angulaire liée aux fuyantes horizontales

Une autre situation se présente lorsque les objets sont installés à plat dans la profondeur de champ et déterminent des surfaces horizontales fuyant au regard (plans d'eau, prés, cultures, ...). La figure II-9 illustre, schéma de gauche, la façon dont la surface angulaire (SA) d'un objet carré (ABCD) se définit à partir de ses deux composantes angulaires AÔB et CÔD. SA s'obtient par :

$$SA = A\hat{O}B * ((A\hat{O}B + C\hat{O}D)/2)$$

La surface angulaire dépend étroitement de la distance. Le schéma de droite sur la même figure II-9 explicite deux situations : pour l'objet-pixel situé en B4, à sept mètres de l'observateur, la surface angulaire s'établit à 1611 degrés carré ($45^\circ \times (45 + 26,6^\circ)/2$) tandis que pour l'objet-pixel situé en D1 à 28 mètres, cette surface n'est que de 177 degrés carré ($14^\circ \times 11,3^\circ$).

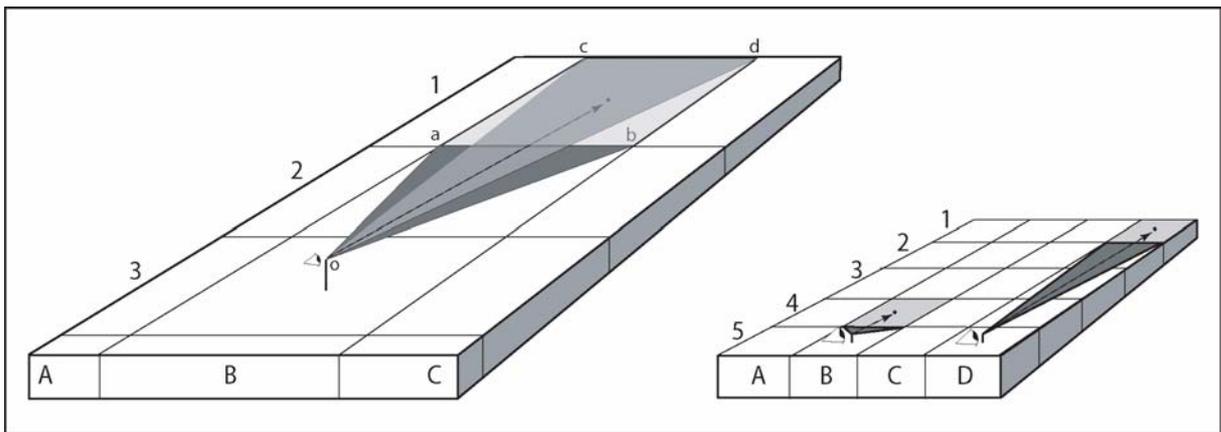


Figure II-9 : Calcul de la surface angulaire selon un plan fuyant

Surface angulaire et paramètres d'ajustement

Les deux exemples précédents ont servi à décomposer le calcul des surfaces angulaires selon les cas de figure primaires où les objets présents dans le champ visuel ont une hauteur ou sont plats. Dans la réalité, les surfaces angulaires effectives combinent le plus souvent les effets de ces deux situations simples. La figure II-10 précise comment la visibilité angulaire se modifie en fonction des rapports de visibilité entre observateur et objet : à gauche, les positions de

l'observateur (5B et 5D) varie selon la verticale tandis qu'à droite, c'est l'objet lui-même qui présente une élévation différente, positive (2B) puis négative (2D) par rapport au plan de référence.

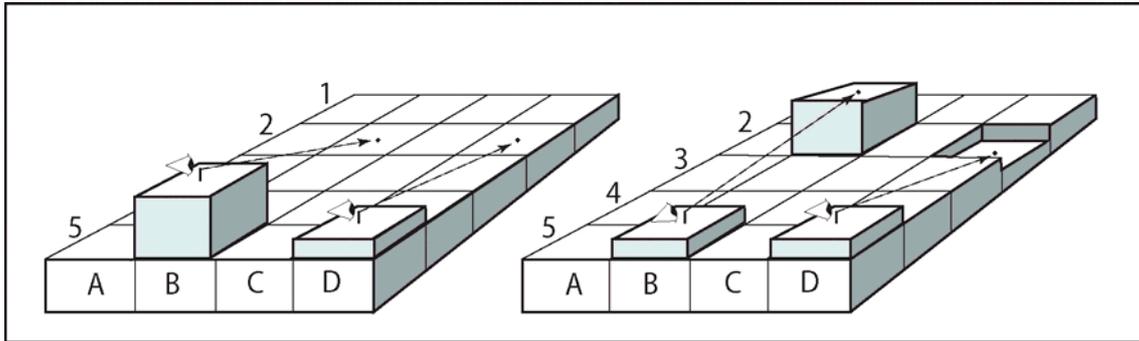


Figure II-10 : Rapports de visibilité entre observateur et objets

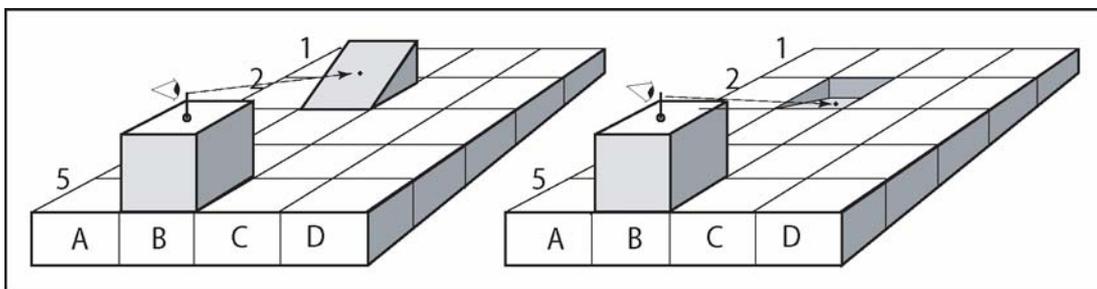


Figure II-11 : Rôle de la pente dans la définition de l'angle de vision

Ensuite, la pente (fig. II-11) ainsi que l'orientation (fig. II-12) de l'objet par rapport au vecteur de vision constituent les derniers paramètres utiles au calcul de la surface angulaire réelle. Plus l'objet considéré est redressé et orienté perpendiculairement à l'axe de vue, plus sa surface angulaire rapportée à sa taille est importante. Pour tenir compte de cette relation, une fonction sinus est appliquée aux valeurs de pente et d'orientation. Le produit des deux sinus permet de moduler la valeur de la surface angulaire en fonction des paramètres de pente et d'orientation. Le produit obtenu prend la valeur 0 quand la surface de l'objet n'offre aucune incidence au regard à la manière d'une feuille de papier vue dans son épaisseur ; ce produit vaut 100 dans la situation inverse quand l'objet est redressé et orienté perpendiculairement à l'axe de vue à la manière d'une feuille de papier tenue en main pour être lue.

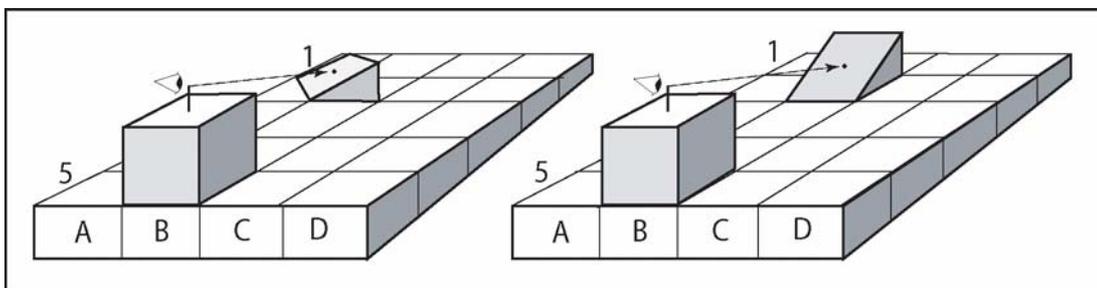


Figure II-12 : Rôle de l'orientation dans la définition de l'angle de vision

Surface angulaire résultante

La surface angulaire résultante pour un point d'observation donné est égale à la somme des surfaces angulaires établies pour tous les éléments qui composent son champ visuel.

Ainsi, à l'intérieur d'une zone bâtie où les maisons rompent immédiatement la vue, la surface couverte par le regard est minimale et se réduit au voisinage proche constitué des huit pixels

contigus au point de vision ; en revanche, en terme de surface angulaire, les valeurs calculées pour ce point deviennent élevés pour atteindre un total de 8 100 degrés carré. A l'opposé, certaines vues, comme en plaine de Saône, peuvent couvrir 1 000 kilomètres carré et n'offrir que des surfaces angulaires très faibles. Précisons que, à l'issue des tests effectués, l'indicateur de visibilité résultant du calcul de la surface angulaire n'a pas été retenu pour l'évaluation de prix hédonistes. En effet, comme ce fut le cas pour le vu global, il conviendrait sans doute d'affiner cette approche en tenant compte de l'éloignement. Il s'agit donc d'un nouveau champ d'investigation qui devra faire l'objet de développements ultérieurs.

1.4. Paramétrage et mise en œuvre du protocole

La méthode étant maintenant établie dans ses différentes phases, il convient d'en définir le paramétrage dans le cadre de l'application réalisée sur la région d'étude dijonnaise.

1.4.1. Les bases et leur emboîtement d'échelle

De la plus fine à la plus grossière, les quatre bases de données (chacune constituée d'un MNT et d'une image d'occupation du sol) que nous avons constituées prennent respectivement les résolutions suivantes de 7 mètres, 30 mètres, 150 mètres, 1 kilomètre. Le tableau II-2 précise la façon dont chaque base se relie à son intervalle opérationnel de distance en fonction de la profondeur de champ.

	Résolution	Borne minimale	Borne maximale
Base 1	7 m	0 m	280 m
Base 2	30 m	280 m	1200 m
Base 3	150 m	1200 m	6000 m
Base 4	1000 m	6000 m	40 km

Tableau II-2 : Paramétrage des quatre bases

Au cours du travail expérimental auquel cette recherche a donné lieu, il est apparu que la première couronne de visibilité variant de 0 à 280 mètres et analysée à l'aide de la première base à sept mètres de résolution devait être segmentée en trois plans de manière à mieux différencier, en la hiérarchisant, l'organisation visuelle des paysages autour de chaque point de transaction immobilière. En effet, le modèle économétrique a fait ressortir le rôle déterminant des vues proches dans la formation du prix hédoniste des paysages ; il fut donc nécessaire d'affiner l'analyse en travaillant selon six plans successifs dans la profondeur de champ, les trois premiers étant pris en compte par la base 1 et les trois autres respectivement par les base 2, 3 et 4. Le tableau II-3 résume la façon dont chacun des six plans en question se configure.

	Base	Résolution	Limite minimale	Limite maximale	Surface (km ²)	Nombre de pixels
Plan 1	1	7 m	0	70 m	0,015	316
Plan 2	1	7 m	71 m	140 m	0,046	940
Plan 3	1	7 m	141 m	280 m	0,18	3768
Plan 4	2	30 m	281 m	1200 m	4,3	4772
Plan 5	3	150 m	1201 m	6000 m	108,6	4828
Plan 6	4	1000 m	6001 m	40000 m	4913	4912

Tableau II-3 : Paramètres géométriques des six couronnes concentriques

1.4.2. Nomenclature de l'occupation du sol et des objets selon les bases

	Nature de l'objet	Base 1	Base 2	Base 3	Base 4
1	Eau	x	x	x	x
2	Résineux	x	x	x	Forêt
3	Feuille	x	x	x	Forêt
4	Buisson	x	x	x	
5	Culture	x	x	x	Ouvert
6	Pré	x	x	x	Ouvert
7	Vigne	x	x	x	
8	Route	x	x		
9	Bâti	x	x	Bâti	Bâti
10	Carrière	x	x		
11	Voie ferrée	x	x		
12	Zone d'activité	x	x	Bâti	Bâti
Nombre de types		12	12	8	4

Tableau II-4 : Types d'occupation, du sol pour chacune des quatre bases

Comme nous l'avons indiqué, l'occupation du sol est obtenue à partir de différentes sources, les images satellites pour les bases à 7 et 30 mètres, Corine Land Cover pour les bases à 150 et 1 000 mètres.

Du proche au lointain, la composition du paysage se modifie : les espaces couverts par le regard se dilatent en même temps que leur contenu se simplifie puisque certaines nuances ne se distinguent plus, qu'ils s'agissent d'éléments ténus (objets singuliers) ou visuellement proches au point de se confondre. Il a donc fallu procéder à un ajustement de la précision thématique des bases en fonction de leur résolution. Ainsi à 1 000 mètres de résolution, seules quatre classes subsistent : formations ouvertes, forêt, vigne et ville. Les objets, tels les buissons, les routes ou les carrières, dont l'emprise au sol est trop faible ont été progressivement éliminés. Le tableau II-4 résume la façon dont la nomenclature thématique s'est ajustée entre les quatre bases.

2. Paysage et évaluation économique

2.1. Comment fonder la valeur économique des paysages

Les biens publics non marchands sont l'objet d'une attention croissante de la part des pouvoirs publics, ce qui explique le développement de travaux de recherche destinés à éclairer les choix des décideurs. Pour l'économiste, la fourniture de biens publics a généralement un coût et elle apporte des avantages aux usagers. Le choix doit être fait en comparant avantages et coûts. La difficulté provient non des coûts, généralement assez faciles à calculer, mais des avantages : il faut donner à un bien public une valeur que l'on ne peut observer directement sur un marché.

Les paysages, qui font partie des biens publics non marchands, relèvent de cette logique. Ils procurent des avantages (ou des désavantages) aux consommateurs, sous la forme de plaisirs esthétiques, de sentiments qu'ils éveillent (ou du désagrément de vues gâchées), etc. Le fait que ces avantages soient subjectifs, propres à chaque individu, et qu'ils soient de l'ordre du qualitatif, comme la beauté, l'ordre, le mystère, etc. d'un paysage n'est pas une difficulté : les œuvres d'art s'apprécient subjectivement par des critères esthétiques et elles ont une valeur marchande assez rigoureusement connue par le marché des salles des ventes ou le montant des assurances souscrites. La difficulté est que, contrairement à une toile de maître, un paysage n'est pas vendu sur un marché : c'est cet aspect non marchand qui pose problème et non pas la dimension subjective et esthétique du bien.

Les paysages sont des biens publics que l'on qualifie d'impurs du fait de leur localisation dans l'espace, propriété qui peut permettre de résoudre le problème de l'évaluation de leur valeur. Rappelons qu'un bien public pur réunit trois caractéristiques :

- il n'est pas possible d'en exclure des bénéficiaires ; l'archétype en est la défense nationale, puisque, sur le territoire d'une Nation, nul ne peut être exclu de la protection du système de défense dont elle s'est dotée ;
- ce bien n'est pas détruit dans l'acte de consommation. L'éclairage public est un autre exemple classique, puisqu'il reste le même quel que soit le nombre d'usagers qui passent sous les lampadaires, alors que la plupart des biens ordinaires sont détruits lorsqu'on les consomme ;
- il n'y a pas rivalité d'usage. L'archétype est ici les ondes hertziennes, puisque ce n'est pas parce que quelqu'un écoute une radio que d'autres personnes ne peuvent pas capter la même radio, alors que les biens privés appartiennent en propre à un agent économique.

Ces caractéristiques définissent les biens publics purs. En première approximation, un paysage les réunit : on ne peut empêcher de le voir, il n'est pas détruit du fait d'être regardé et il peut l'être par plusieurs personnes. Cependant, il n'en est pas tout à fait ainsi. Il est possible d'édifier un mur pour empêcher de voir un paysage, qui peut aussi être abîmé par les visiteurs ou bien encore inapprochable si trop de monde cherche à s'y rendre. La non-exclusion, la non-destruction et la non-rivalité n'ont pas la même pureté que pour la défense nationale, les ondes hertziennes ou l'éclairage public. On parle alors de biens publics impurs. Entre les biens publics purs et les biens privés, qui sont caractérisés par l'exclusion des bénéficiaires et la destruction dans la consommation (la rivalité découlant de ces deux caractéristiques), il y a un continuum et les paysages, en tant que biens publics impurs, sont situés sur celui-ci, plus proches des biens publics purs que des biens privés.

Les paysages sont des biens publics impurs parce qu'ils sont localisés en des points particuliers de l'espace, ce qui limite la non-exclusion (l'accès à un point particulier de l'espace peut être interdit), la non-destruction (ce point peut être congestionné, sur-fréquenté, ce qui peut gâcher le paysage) et la non-rivalité d'usage. Il en résulte que, même s'il n'y a pas de marché spécifique les concernant, il y a des cas où les paysages s'achètent et se vendent à travers l'achat des points de l'espace d'où ils peuvent être vus. L'exemple classique est celui d'une station balnéaire où des chambres d'hôtel, strictement identiques par ailleurs, donnent soit côté mer soit côté ville. La différence de prix entre ces chambres, identiques en tout sauf la vue, est imputable à cette différence : c'est le prix de la vue, et c'est le marché qui détermine ce prix. C'est le fondement de la méthode des prix hédonistes, sur laquelle nous allons revenir. Notons qu'un promeneur du front de mer peut bénéficier gratuitement de la vue : le caractère de bien public impur du paysage apparaît sur cet exemple.

En résumé, retenons que, pour l'économiste, un paysage est un bien public impur qui, du fait qu'il est localisé dans l'espace, procure une utilité à un consommateur (celui qui regarde ce paysage). Dans certains cas, il revêt une valeur économique qui s'exprime sur un marché. Ainsi définie, cette valeur économique d'un paysage a peu de choses à voir avec sa valeur esthétique, sa valeur écologique, etc.

2.2. Les méthodes d'évaluation des biens non marchands

Il existe plusieurs méthodes économiques permettant d'évaluer les biens non marchands. Nous allons en dire quelques mots avant de nous arrêter plus en détail sur celle qui est retenue dans cette étude, la méthode des prix hédonistes. Nous ne traiterons pas ici des biens non marchands qui sont utilisés dans la production d'autres biens, qui relèvent de méthodes d'évaluation particulières, mais seulement de ceux qui sont consommés par un utilisateur final.

Pour ces derniers, les économistes disposent de trois grandes familles de méthodes :

- Les méthodes des **préférences révélées** permettent de déduire le prix d'un bien non marchand du prix d'une dépense consacrée à son acquisition. Il s'agit, principalement, de la méthode des prix hédonistes et de celle des coûts de transport.
- Les méthodes des **préférences déclarées** consistent en des enquêtes directes auprès d'agents économiques pour qu'ils déclarent cette valeur. Parmi celles-ci, la méthode d'évaluation contingente est la plus répandue.
- Les méthodes du **coût de reconstitution du bien**, de sa remise en état ou de sa réparation sont le dernier groupe, appliqué, par exemple, lorsqu'il s'agit de nettoyer une plage polluée. Nous n'aborderons pas ici ces méthodes car, d'une part, il s'agit d'un calcul économique classique et, d'autre part, il est rarement praticable en matière de paysage.

La **méthode des prix hédonistes** permet de décomposer le prix global d'un bien, comme une habitation, pour obtenir le prix de chacun de ses attributs, en particulier celui des attributs liés à la localisation auxquels on s'intéresse. La **méthode des coûts de transport** mesure la dépense consentie pour aller visiter un site. Les prix hédonistes s'appliquent donc surtout à des biens résidentiels et les coûts de transport à des biens récréatifs. L'idée est que le bénéfice procuré par la visite d'un site est égal ou supérieur à la dépense en transport, car sinon le visiteur n'aurait pas fait le déplacement. On déduit de la somme des dépenses faites par tous les visiteurs la valeur récréative globale de ce site.

La **méthode d'évaluation contingente** procède par enquête, en décrivant à un enquêté un scénario qui implique le bien non marchand d'intérêt. Par exemple, il s'agit de proposer la réhabilitation d'un site dégradé, l'amélioration de services récréatifs d'un lieu touristique, la

mise en place d'un dispositif anti-bruit le long d'une autoroute, la protection d'une espèce animale en voie de disparition, etc. Le coût de la mesure est précisé et, après une présentation détaillée du scénario, on demande à l'enquêté son consentement à payer pour sa réalisation.

La précision de ce scénario et le réalisme de la question (en particulier : quel moyen de paiement est-il proposé et comment faire déclarer un montant monétaire ?) sont les grandes difficultés de cette méthode. Il est, en effet, fréquent que l'enquêté n'ait pas conscience du problème, qu'il ne soit pas utilisateur du service récréatif proposé, qu'il ait du mal à apprécier l'avantage, qu'il estime que ce n'est pas à lui de payer, etc. De plus, comme il s'agit d'un raisonnement hypothétique (si ... combien payeriez-vous ?), l'enquêté peut avoir du mal à rentrer dans le jeu et à déclarer la somme qu'il débourserait s'il était réellement en situation. Nous ne nous arrêterons pas davantage sur ces problèmes (Amigues et al., 1996).

Si plusieurs méthodes d'évaluation sont couramment utilisées, c'est parce qu'aucune d'entre elles ne s'est imposée comme la meilleure. La raison est, en particulier, que les valeurs estimées ne sont pas les mêmes dans les méthodes de préférences révélées et déclarées. Avec les premières, on obtient des valeurs d'usage du bien non marchand : par exemple, le visiteur a fait un déplacement pour se rendre sur un site récréatif et il a consommé celui-ci. Les préférences déclarées permettent d'évaluer également des valeurs de non usage, comme : (i) les valeurs d'existence (i. e. la valeur que procure à un agent économique le fait de savoir qu'un bien existe, même s'il ne le consomme pas) ; (ii) les valeurs de legs (la valeur attribuée au fait de savoir que des générations futures pourront avoir l'usage d'un bien) ; (iii) les valeurs d'altruisme (prendre plaisir à savoir qu'un autre agent économique a du plaisir) ; (iv), enfin, des valeurs écologiques qui se traduisent par des valeurs d'usage sociales ou collectives (air pur, eau non polluée, etc.). Les préférences révélées donnent donc un minorant de la valeur totale du bien non marchand. Cependant, on s'accorde pour reconnaître que l'estimation de valeurs de non usage est la partie la plus difficile et la plus controversable des méthodes de préférences déclarées.

2.3. La méthode des prix hédonistes

2.3.1. Le principe

Nous utilisons la méthode des prix hédonistes¹ pour attribuer un prix à diverses caractéristiques d'un logement. Cette méthode est d'usage courant dans la littérature économique internationale, d'où elle tire son nom, pour l'étude des valeurs immobilières. Elle est plus rarement employée en France où, cependant, elle connaît un développement récent.

C'est une méthode particulièrement utile dans l'étude du logement ou de caractéristiques non-marchandes attachées à la localisation résidentielle. C'est ainsi qu'aux États-Unis on calcule une valeur statistique des logements qui sert d'assiette aux impôts locaux (Evans, 1995). Des fonctions de prix sont également constituées pour permettre aux opérateurs du marché immobilier de calculer le prix d'un bien à partir de ses attributs. On l'utilise également pour évaluer les aménités ou les nuisances des lieux, qu'il s'agisse de connaître la valeur d'une caractéristique environnementale particulière ou de calculer des indices de la qualité du cadre de vie, régulièrement établis pour les grandes villes américaines (Blomquist et al., 1988 ; Jensen et Leven, 1997 ; Cragg et Kahn, 1997).

Cette méthode, appliquée au logement, part de l'idée que la décision résidentielle d'un ménage suppose de choisir un logement, qui est un bien complexe constitué d'attributs intrinsèques

¹ Le terme hédoniste tire sa racine du grec « hedonê », signifiant plaisir. En économie, il fait référence à l'utilité retirée de la consommation de biens et services.

(taille, date de construction, confort, équipements, etc.), et d'une localisation qui présente des caractéristiques particulières (on parle parfois d'attributs « extrinsèques »). Le prix du logement est une combinaison de la valeur de l'ensemble des attributs intrinsèques et extrinsèques. Tout se passe comme si les ménages, face à cet ensemble d'attributs, cherchaient à constituer un « panier » de leur choix, dans le respect de leur contrainte budgétaire, en faisant l'acquisition d'un logement dont les attributs sont en proportion optimale compte tenu de leurs prix respectifs. L'idée de départ est donc très simple : le prix d'un bien est égal à la somme des valeurs des attributs qui le composent. Cependant, l'étude du prix de ces attributs soulève des problèmes théoriques et statistiques compliqués, dès lors qu'ils ne s'observent pas directement sur un marché et qu'il faut les obtenir à partir d'un autre prix, celui du logement.

Résumons les fondements théoriques de cette méthode (Rosen, 1974). Un ménage j présente des caractéristiques α_j (il s'agit de ses caractéristiques démographiques, de son statut socio-professionnel, de son niveau culturel, etc.). Le postulat fondamental de la micro-économie est que ce ménage maximise ce qu'on appelle une fonction d'utilité U qui résulte de la consommation de biens, dont la combinaison lui procure cette utilité. Pour simplifier le problème, on suppose que ces biens sont constitués d'un logement H , lui-même composé d'un ensemble de caractéristiques x_i : $H=H(x_1, \dots, x_i)$ et d'un ensemble regroupant tous les autres biens, que l'on appelle « bien composite » Z . La fonction d'utilité U s'écrit : $U = U(Z, H, x_j)$. Le ménage j est évidemment contraint par ses ressources : ne pouvant pas dépenser plus qu'il ne gagne, il fait face à une contrainte budgétaire : $W_j = P(H) + p_z Z$, où W_j est le revenu, p_z le prix de Z et $P(H)$ le prix du logement.

La solution mathématique qui donne le maximum d'une fonction (l'utilité) sous une contrainte (le budget) est facile à obtenir. Nous ferons ici l'économie de la démonstration et accepterons la conclusion : le prix hédoniste p_i de la caractéristique x_i du logement H est égal à la dérivée du prix du logement $P(H)$ par rapport à cette caractéristique, c'est-à-dire la variation de ce prix qui s'observe pour une petite (rigoureusement : infinitésimale) variation de x_i . En termes mathématiques :

$$\frac{\partial}{\partial x_i} P(H) = p_i$$

2.3.2. Discussion des hypothèses et des problèmes

Arrêtons-nous quelques instants sur les principales critiques, objections et problèmes soulevés par cette méthode.

Les agents sont optimisateurs et rationnels

On reproche souvent à la microéconomie l'irréalisme de cette hypothèse à laquelle on oppose l'imprécision des perceptions des ménages, insensibles qu'ils seraient aux variables que les économètres font rentrer dans leurs équations. Cette critique n'est pas fondée, pour deux raisons. D'une part, la méthode s'applique à l'agent économique représentatif, qui est un agent fictif résultant de l'agrégation statistique d'individus qui ont, évidemment, des rationalités limitées (non optimisatrices, imprécises, etc.). Rien n'interdit de supposer que la somme de comportements non optimisateurs puisse être un comportement optimisateur, de même qu'en physique le mouvement brownien d'atomes peut engendrer un mouvement cohérent d'un gaz composé de ces atomes. D'autre part, si l'agent représentatif obéit à une rationalité qui n'est pas celle que leur prête l'économiste, ou s'il perçoit mal les caractéristiques des logements, le modèle économétrique indiquera que les variables qui ont été introduites ne sont pas

significatives. L'hypothèse de rationalité optimisatrice est réfutable et c'est, en ce sens, une bonne hypothèse.

La fonction d'utilité doit être bien spécifiée

Si une caractéristique du logement est omise, des variables explicatives du prix corrélées à cette variable omise donneront de mauvais résultats (biaisés). Reprenons l'exemple de chambres avec ou sans vue sur mer. Si la vue correspond à une orientation Sud, ce qui est un attribut recherché car il correspond à un meilleur ensoleillement, la différence de prix entre le côté mer et le côté ville (orienté au Nord) correspond donc à la somme du prix de la vue et du prix de l'ensoleillement. Si l'orientation n'est pas prise en compte, on commet une erreur en donnant à la vue un prix qui est la somme des prix des deux attributs.

Il n'y a pas de coût de transaction et l'ajustement sur le marché est instantané

Ce sont là des hypothèses à l'évidence irréalistes car les marchés ont un fonctionnement imparfait, qui connaît des inerties, des bulles, etc. Cependant, on peut montrer (Freeman, 1979) que ces imperfections diminuent la précision des estimations (en termes statistiques, elles accroissent leur variance) sans engendrer d'erreurs orientées dans un certain sens (un biais statistique). C'est donc, comme le premier point, une question empiriquement tranchée par le modèle puisque celui-ci nous renseigne sur la précision des résultats.

L'offre de logement est diversifiée et continue et le consommateur trouve sur le marché la combinaison d'attributs de son choix

En réalité, le logement, ainsi que beaucoup d'attributs qui le composent, est un bien discret, dont on acquiert des nombres entiers (pièces sanitaires, tout à l'égout ou fosse septique, localisation à côté d'un centre commercial ou au cœur d'une forêt, mais pas de panachage des deux, etc.). L'approximation faite en ignorant ces problèmes de tout ou rien, d'incompatibilité et d'indivisibilité des biens, est acceptable si les biens et leurs combinaisons sont nombreux : elle se traduit alors par une imprécision sans introduire de biais. Cependant, il peut y avoir des défaillances du marché, en particulier lorsque l'offre n'est pas produite. Pour prendre un exemple, on peut préférer respirer un air pur mais accepter de vivre dans le centre des villes, où il est pollué, parce qu'on recherche avant tout les aménités urbaines de ces centres-villes. Si, par hypothèse, on ne peut trouver un bloc de caractéristiques composé d'aménités de centre-ville et d'air pur, l'estimateur du prix hédoniste de l'air pur sera biaisé.

La non linéarité de la relation prix du logement - quantité d'attributs

On suppose habituellement que le prix d'un bien varie linéairement avec la quantité. Si tel était le cas pour la fonction de prix hédoniste $P(H)$, sa dérivée par rapport à la caractéristique x_i , donnée par l'équation présentée plus haut, serait une constante, égale au prix recherché p_i . Mais tel n'est pas le cas : la variation des prix n'est pas linéaire selon les quantités. Par exemple, le prix marginal d'une pièce dans un logement varie selon le nombre de pièces (le prix d'un logement de quatre pièces n'est pas quatre fois supérieur au prix d'un logement d'une seule pièce). La raison tient à l'existence de coûts fixes, de construction et de transaction.

Il en résulte que la dérivée de la fonction de prix hédoniste par rapport à la quantité du bien x_i n'est pas une constante. Le consommateur qui achète un logement choisit simultanément la quantité et le prix et ce dernier varie avec la quantité. Ce choix simultané des deux grandeurs entraîne un problème économétrique, du fait que l'une des variables est à gauche de l'équation (le prix) et l'autre à droite (la surface). Cela se traduit par ce qu'on appelle un biais de simultanéité (la variable expliquée x_i et le résidu de l'équation hédoniste estimée ne sont pas indépendants). Pour résoudre le problème, on utilise généralement une relation non-linéaire

entre le prix du logement et les quantités d'attributs (dans cette étude, c'est une relation logarithmique) ainsi qu'une méthode économétrique sur laquelle il n'est pas nécessaire de s'appesantir ici, la méthode instrumentale (Madalla, 2001).

Qualité des données

Finally, il faut insister sur la question de la qualité des données qui n'est pas toujours traitée aussi soigneusement qu'il le faudrait dans les travaux sur les prix hédonistes d'attributs du logement. Sheppard (1999), par exemple, regrette les insuffisances des enquêtes habituellement utilisées dans ce domaine, et il raille les économistes « qui s'enflamment du manque de consistance d'une estimation, dû à un mauvais usage des variables instrumentales, mais qui cherchent rarement de bonnes données pour que la méthode des prix hédonistes soit réellement un guide pour l'action ». Il se lamente aussi « en voyant les économistes habitués à prendre les données comme ils les trouvent, sans fioritures, se rongant les sangs pour les analyser avec des techniques optimales, même si la réduction de l'erreur ainsi obtenue est dérisoire en comparaison de celle due à la structure des données (ou à l'omission de variables) » (Sheppard, 1999). En effet, il manque presque toujours certaines variables importantes dans les bases de données disponibles.

2.3.3. Comment interpréter les prix hédonistes obtenus ?

Quelle est la précision des résultats ?

Il existe, tout d'abord, une marge d'erreur dans l'estimation statistique d'un paramètre, duquel on déduit un prix hédoniste. Le modèle reposant sur des lois de probabilité suivies par des variables aléatoires, il est possible de connaître, dans le cadre de ce modèle et des hypothèses formulées, la fourchette dans laquelle se situe la « vraie » valeur à un certain seuil de probabilité x , que l'on appelle intervalle de confiance à $x\%$: il y a x chances sur cent pour que la « vraie » valeur soit comprise entre la borne minimale et la borne maximale de l'intervalle de confiance.

Prenons quelques exemples. Premièrement, nous verrons que dans la ceinture périurbaine de Dijon, un pixel supplémentaire (de 49 mètres carré) de feuillus dans les 70 premiers mètres autour d'une maison a un prix hédoniste de 515 euros et que l'intervalle de confiance à 95 % est de 134 à 896 euros. Il y a 95 chances sur cent pour que le prix soit compris dans cette fourchette, qui varie assez largement autour de la valeur de 515. Deuxièmement, pour un autre attribut paysager, le fait d'être vu d'un pixel occupé par une route (de même dimension et dans le même cercle de distance que précédemment) a un prix hédoniste qui varie entre - 5 et - 101 euros (il est négatif car il s'agit d'une nuisance) : on peut dire qu'il y a 95 chances sur cent pour que ce prix soit significativement inférieur à zéro, mais en retenant la valeur la plus probable, qui est de - 48 euros, on risque une erreur importante s'il se trouve que le vrai prix est plus près de - 5 ou de - 101 euros. Enfin, troisième exemple, lorsqu'on est orienté d'un degré plus au nord que la moyenne d'un lotissement, le prix hédoniste correspondant, pour l'ensemble de la région d'étude, est de - 36 euros, avec un intervalle de confiance qui va de + 7,4 à - 79. Il n'est pas sûr à 95 chances sur cent que ce prix soit différent de zéro, puisque la valeur nulle appartient à l'intervalle de confiance. On dit que ce prix n'est pas significativement différent de zéro à 95 %, ou qu'il est statistiquement nul à ce seuil de probabilité.

Il faut, ensuite, garder présent à l'esprit que les prix hédonistes sont non linéaires en les quantités, ainsi que nous l'avons dit. Cette propriété a été justifiée par l'existence de coûts fixes (de transaction, de construction). L'ajout d'un second WC ne coûte pas autant que le premier, car le raccordement au tout-à-l'égout est déjà fait. La non-linéarité peut avoir d'autres causes en matière de paysages : un consommateur peut donner un prix positif élevé à la

vue d'un arbre, ou un bosquet mais, au-delà d'un certain seuil, une grande forêt aura un prix inférieur car il y aura un effet de saturation. Le prix peut même devenir négatif si le consommateur, exclusivement entouré d'arbres, éprouve un sentiment d'enfermement. Dans le modèle statistique utilisé, cette variabilité du prix unitaire des attributs est exprimée en fonction du prix des maisons. D'un point de vue mathématique, le prix p_i de l'attribut x_i s'écrit en fonction du prix de la maison $P(H)$:

$$p_i = [\exp(\beta_i) - 1]P(H)$$

où β_i est le paramètre estimé par le modèle économétrique.

Dans les résultats présentés dans le chapitre III (section 3.3), les prix correspondent à la valeur moyenne d'une maison (qui est de 109 000 euros). Le prix d'un pixel supplémentaire de 49 mètres carré de feuillus dans les 70 premiers mètres, pour lequel nous indiquons la valeur de 515 euros pour la ceinture périurbaine, n'est que de 250 euros pour une maison qui vaut la moitié de ce prix moyen et il est de 1030 euros pour une autre maison qui vaut deux fois plus, valeurs autour desquelles il faut calculer, comme précédemment, l'intervalle de confiance, ce qui fait descendre à environ 67 euros à un extrême et monter à 1792 euros à l'autre, soit 26 fois plus. La valeur moyenne de 515 euros est un résultat qu'il faut donc considérer avec prudence.

Finalement, il ne faut pas oublier que les résultats obtenus sont le fruit d'un modèle économétrique particulier (un autre aurait pu être choisi), qui est appliqué à des transactions d'une période donnée (1995 à 2002) pour une région particulière (une quarantaine de kilomètres autour de Dijon). Ailleurs, autrement et pour une autre période, des résultats très différents seraient sans doute obtenus. Les travaux qui comparent les résultats de recherches sur l'évaluation de biens non marchands montrent que les plages de variations sont encore plus importantes que celles que nous venons d'indiquer : des écarts de 1 à 100, voire au-delà, peuvent se rencontrer.

L'économiste est satisfait lorsqu'il peut dire qu'un résultat est significativement différent de zéro et qu'il est positif ou négatif, en étant capable d'interpréter le signe. Nous n'affirmons pas que le prix d'un pixel de feuillus vu à proximité dans la ceinture périurbaine est de 515 euros et celui d'une route d'où l'on est vu de - 48 euros, mais nous sommes à peu près sûrs que, pour cette région et cette période d'observation, le premier prix est positif et le second négatif et nous considérons également comme très probable que les feuillus vus à proximité ont, en valeur absolue, un prix hédoniste supérieur aux routes proches d'où l'on est vu.

Dans le cas qui nous occupe, différents modèles économétriques ont été utilisés. Ils conduisent à des résultats qui peuvent différer dans le détail, sans remettre en cause les grandes conclusions qui se dégagent de ce rapport. Nous avons, en particulier, réalisé des estimations qui ne portent que sur la ceinture périurbaine, avec un modèle légèrement différent de ceux qui sont utilisés dans ce rapport, en vue d'une publication dans une revue scientifique. Les résultats essentiels sont les mêmes, mais certaines variations de détail s'observent néanmoins. Nous en mentionnerons quelques-unes dans ce rapport, renvoyant le lecteur intéressé au document de travail pour l'ensemble des résultats (Cavailhès et al., 2005).

C'est donc avec une grande prudence qu'il faut examiner les résultats du chapitre III sur le prix hédoniste des attributs paysagers : ces prix donnent des ordres de grandeur vraisemblables. L'aspect qualitatif est plus sûr que les valeurs chiffrées elles-mêmes.

Qu'est-ce qui est mesuré ?

Blomquist (1988) montre que la méthode des prix hédonistes conduit à des valeurs supérieures à celles de la méthode d'évaluation contingente, dont nous avons parlé ci-dessus. La raison tient

à un mécanisme fondamental : le tri des consommateurs par le marché. Supposons qu'il existe deux types de ménages et que ceux du premier type (riches) évincent du marché ceux du second type (pauvres). Du fait de ce tri, une évaluation par la méthode contingente réalisée sur l'ensemble de la population donne une valeur du bien inférieure au prix hédoniste. En effet, le prix hédoniste est celui des ménages prêts à payer le plus cher. Le consentement à payer déclaré dans l'enquête contingente est la moyenne de ce prix (s'il a été honnêtement déclaré à l'enquêteur) et d'un prix inférieur, celui des ménages évincés du bien (qui ne sont pas prêts à payer autant que les premiers).

L'auteur a vérifié que la valeur de la vue sur le lac Michigan à Chicago correspondait à cette prédiction : d'une part, la valeur moyenne attribuée par les acheteurs (en leur demandant de combien il faudrait baisser leur loyer pour qu'ils consentent à se priver de cette vue) est supérieure au prix hédoniste (car certains d'entre eux auraient été prêts à payer plus cher) ; d'autre part, ceux qui sont privés de cette vue seraient prêts à payer, pour en bénéficier, un prix inférieur au prix hédoniste, qui est le prix du marché (la question était : combien seraient-ils prêts à payer pour en profiter ?) ; c'est pourquoi ils sont évincés du marché.

Cette propriété est importante pour une collectivité territoriale qui déciderait de fonder une politique environnementale, comme produire un bien non-marchand, sur le prix hédoniste révélé par le marché, en faisant financer cette production par l'ensemble des contribuables. Une telle politique serait inévitablement impopulaire, indépendamment du mécontentement de non consommateurs ayant participé au financement, car elle surestimerait le prix que l'électeur médian est prêt à payer pour ce bien.

Prix marginal

L'estimation de prix hédonistes est parfois utilisée pour évaluer le bien-être apporté par des biens publics locaux ou des biens environnementaux. Dans ce cas, on ne s'intéresse pas seulement au prix que le consommateur consent à payer pour obtenir une unité supplémentaire, mais on veut estimer le surplus généré par une variation de ce bien, qui est souvent importante. Or, la méthode utilisée ne le permet pas. La raison est que le prix hédoniste d'un attribut est égal à la dérivée du prix du logement par rapport à cet attribut : ce prix est calculé pour une petite variation, infinitésimale en toute rigueur. Pour une variation importante de la quantité, conduisant en un autre point de la courbe, la dérivée aura une valeur différente. La seule chose qui puisse être dite est que, pour les consommateurs ayant acquis l'attribut, le consentement à payer pour une variation non infinitésimale est inférieur au prix hédoniste.

En résumé, retenons qu'il n'est pas possible, à partir du modèle économique utilisé, d'extrapoler les prix hédonistes obtenus à des variations non infinitésimales d'un attribut paysager. Ces prix sont supérieurs au consentement à payer d'un consommateur pour une variation non infinitésimale et ils sont aussi supérieurs au prix moyen que l'ensemble des agents économiques (consommateurs et non consommateurs) seraient prêts à payer. Ils fournissent donc un majorant de la valeur d'usage des biens non marchands étudiés, mais peut-être un minorant de leur valeur totale s'il existe des valeurs de non usage.

2.4. Méthode économétrique

La méthode hédoniste qui est utilisée ici relève de l'économétrie des données de panel, dont on trouvera une présentation dans Sevestre (2002). On considère qu'une transaction immobilière (maison ou terrain à bâtir destiné à l'habitat) fait partie d'un groupe qui partage un certain nombre de caractéristiques. Ce groupe est un lotissement ou bien le reste d'une commune,

c'est-à-dire les maisons -ou les terrains- hors lotissement². Les transactions appartenant à un tel groupe ont en commun d'être à la même distance de Dijon et des accès aux grands axes de circulation (à quelques centaines de mètres près), de bénéficier des mêmes services publics communaux moyennant une politique fiscale communale identique. Ils sont dans une commune dont la taille, la composition socio-démographique et d'autres caractéristiques sont aussi les mêmes. Dans un lotissement, d'autres caractères encore sont identiques pour toutes les transactions, particulièrement lorsque ce lotissement est homogène, le cas extrême étant celui de lots de terrains à bâtir qui ne diffèrent que par très peu de caractéristiques (leur surface, leur micro-localisation).

Deux types de modèles économétriques sont utilisés, que nous présentons successivement.

2.4.1. Estimation en doubles différences

Dans le premier modèle, nous nous intéressons aux différences de prix entre deux biens appartenant à un groupe particulier. Un exemple illustre le raisonnement. Les maisons A et B d'un lotissement se vendent 100 000 et 110 000 euros. Les 10 000 euros de différence ne peuvent être attribués à la fiscalité locale de la commune, ni à des aspects d'accessibilité ou d'éloignement de cette commune, pas plus qu'à sa taille, à la présence ou l'absence d'école ou de terrain de sport, etc., puisque toutes ces caractéristiques sont identiques pour les maisons A et B. On peut donc les ignorer dès lors qu'on cherche à expliquer les 10 000 euros de différence de prix. Il est logique que ces 10 000 euros s'expliquent par des caractéristiques qui diffèrent entre ces deux maisons : A est de 10 000 euros plus cher que B parce que c'est une maison plus grande, sur un lot plus étendu, que son confort est meilleur, qu'elle est de construction plus récente, etc. Nous allons tester toutes les différences possibles entre A et B (celles qui sont renseignées dans la base de données) pour voir lesquelles expliquent le mieux cette différence de 10 000 euros.

Plus précisément, appelons *groupe* les transactions qui appartiennent à un lotissement ou à l'espace hors lotissements d'un IRIS (pour les communes qui connaissent cette subdivision) ou d'une commune (les autres). Soit j un tel Groupe, dans lequel des transactions i ont été réalisées durant la période étudiée (1995-2002). P_{ij} est le prix de la transaction i du groupe j et \bar{P}_j est le prix moyen des transactions réalisées dans j . Nous expliquons la différence $P_{ij} - \bar{P}_j$ (qui est exprimée en logarithme) par la différence entre des caractéristiques X_{ij} de la transaction i et des caractéristiques moyennes \bar{X}_j du groupe j . En termes statistiques, le modèle s'écrit :

$$\ln P_{ij} - \ln \bar{P}_j = (X_{ij} - \bar{X}_j)\beta + \varepsilon_{ij}$$

où les variables X sont les quantités des attributs expliquant le prix P , les β sont des paramètres permettant de déduire les prix hédonistes de chacun de ces attributs et ε_{ij} représente les caractéristiques inobservables de la transaction ij , c'est-à-dire la partie du prix qui n'est pas expliquée par le modèle.

C'est la méthode qui est adoptée dans l'estimation du prix hédoniste des attributs paysagers.

² Pour les communes où l'INSEE a distingué des IRIS, ce sont ces subdivisions qui constituent le groupe considéré.

2.4.2. Estimation avec effet de groupe aléatoire

Le modèle économétrique en doubles différences peut présenter deux inconvénients, ce qui nous amène à utiliser également une seconde méthode. Le premier problème est que des doubles différences ne permettent pas d'estimer les effets sur le prix immobilier de variations entre groupes (« effet inter-groupes ») puisque seules les différences « intra-groupe » sont prises en compte. Des variables aussi importantes que la distance aux emplois et l'accessibilité, la qualité sociale du voisinage, la fiscalité locale, la présence de services publics liés à la taille des communes, etc. sont ignorées par cette méthode puisque toutes ces variables ont la même valeur pour les maisons A et B du Groupe j .

Le second inconvénient, lié au précédent, est que cette méthode n'est adaptée que lorsque le prix des attributs qu'il s'agit d'estimer ne varie pas trop d'un groupe à un autre. Si le prix d'une piscine ou celui de combles est à peu près le même partout, l'estimation en doubles différences permet de l'estimer correctement. Mais si le prix d'un attribut, par exemple un mètre carré de terrain, dépend de la distance à la ville ou de la taille de la commune, le modèle en doubles différences n'est pas bien adapté. Il donne, en effet, le prix du mètre carré supplémentaire par rapport à la moyenne d'un groupe. Mais avoir 50 mètres carré de terrain de plus que la moyenne d'un lotissement proche de Dijon (où la rente foncière est élevée) n'a pas le même coût que 50 mètres carré supplémentaires dans un lotissement en périphérie de la zone d'étude (où la rente est plus faible). Il est possible d'en tenir compte en estimant des prix par couronnes de distance, comme nous le faisons dans le modèle en doubles différences. Mais la méthode devient vite ingérable si de nombreux attributs varient entre les groupes : le prix du terrain peut dépendre non seulement de la distance, mais aussi de la population de la commune, de sa qualité sociale, etc.

Le second modèle répond à ces objections et il est plus adapté à l'analyse des variations spatiales du prix d'attributs (effets inter-groupes). Pour le mettre en œuvre, il faut tenir compte de variables spatiales omises de la régression économétrique dont on sait qu'elles influencent le prix. Dans le premier modèle, en reprenant l'exemple des maisons A et B d'un lotissement, ces deux biens avaient la même fiscalité locale, la même accessibilité aux emplois urbains ou au collège, une école primaire d'une qualité donnée, etc., alors que ces attributs varient d'un groupe à un autre. Ces différences, inévitablement omises car impossibles à contrôler dans leur ensemble, apparaissent dans le modèle dans un terme d'erreur η_j qui, comme ε_{ij} pour les caractéristiques propres inobservées de la transaction i , représente la partie du prix non expliquée par le modèle qui correspond aux caractéristiques propres non observées du groupe j . Ce second modèle s'écrit :

$$\ln P_{ij} = \beta_0 + X_{ij}\beta + \eta_j + \varepsilon_{ij}$$

Ce second modèle permet une meilleure prise en compte de certains effets spatiaux, mais il repose sur des hypothèses statistiques plus restrictives que le premier. Nous sommes donc amenés à utiliser à la fois le modèle « en double différences » et celui « à effet aléatoire », qui ont chacun des avantages et inconvénients. La présentation des résultats de ces deux modèles a, en outre, l'intérêt de permettre de voir si les prix hédonistes estimés varient fortement selon le modèle.

Références citées dans le chapitre II

- Amigues, J.P., Desaignes, B., Vuong, Q. H. (1996) - L'évaluation contingente : controverses et perspectives - *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, n° 39-40
- Arthur, L.M., Daniel, T.C., Boster, R.S. (1977) - Scenic assessment: an overview - *Landscape Planning*, 4 : 109-129.
- Bastian, C. T., McLeod, D. M., Germino, M. J., Reiners, W. A., Blasko, B. J. (2002) - Environmental amenities and agricultural land values : a hedonic model using geographic information systems data - *Ecological Economics*, 40: 337-349
- Berque, A. (1991) - *Médiance de milieux en paysages* - Montpellier, Ed. Reclus, 163 p.
- Bishop, I.D., Hulse, D.W. (1994) - Prediction of scenic beauty using mapped data and geographic information systems - *Landscape Urban Planning*, 30: 59-70.
- Bishop, I.D., Leahy, N.P.A. (1989) - Assessing the visual impact of development proposals: the validity of computer simulations - *Landscape Journal*, 8: 92-100.
- Blomquist, G. (1988) - Valuing urban lakeview amenities using implicit and contingent markets - *Urban Studies*, 25, 333-340
- Blomquist, G. C., Breger, M. C., Hoehn, J. P. (1988) - New estimates of quality of life in urban areas - *American Economic Review*, 78 : 89-107
- Brookshire, D. S., Thayer, M. A., Schulze, W. D., D'Arge, R. C. (1982) - Valuing Public Goods: A Comparison of Survey and Hedonic Approaches - *American Economic Review*, 72: 165-176
- Brossard, T., Wieber, J.-C. (1984) - Le paysage, trois définitions ; un mode d'analyse et de cartographie - *L'Espace géographique*, 1:5-12
- Brossard, T., Joly, D. (1993) - Paysages au fil de l'eau : approche géographique et évaluation pour l'aménagement - In : Griselin M. (ed.), *Mélanges René Frécaut*, 365-373
- Brossard, T., Joly, D., Pierret, P. (1993) - Déprise agricole et fermeture des paysages - *Mappemonde*, 1993-2, 17-21
- Brossard, T., Joly, D., Wieber, J.C. (1998) - Analyse visuelle systématique des paysages de cours d'eau par deux approches complémentaires - *Revue Géographique de Lyon*, 73-4, 299-308
- Brossard, T., Joly, D. (1999a) - Les paysages de Chapelle-des-Bois hier, aujourd'hui et demain - *Images de Franche-Comté*, n° 18, 22-24
- Brossard, T., Joly, D. (1999b) - Représentation du paysage et échelles spatiales d'information - *Revue Internationale de Géomatique*, 1999, vol. 9, no 3, 359-375
- Brossard, T., Joly, D., Strasfogel, S., Venzac, L. (1999) - Evaluation et suivi des paysages par système d'information géographique. Exemple appliqué à l'arrière pays de Bourbonne-les Bains, Haute-Marne - In: Collectif, *Nature et Paysage*, Editions Champvallon Paris, 45-62.
- Brown, T. (1994) - Conceptualizing smoothness and density as landscape elements in visual resource management - *Landscape Urban Planning*, 30: 49-58.

- Burel, F., Baudry, J. (1999) - *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications* - Editions Tec&Doc : 359 p.
- Cavailhès, J., Brossard, T., Hilal, M., Joly, D., Tourneux, P. F., Tritz, C., Wavresky, P. (2005) - *Le paysage depuis chez vous : voir, ne pas voir, être vu. Une évaluation géographico-économique* - Dijon, Besançon, INRA-CESAER, CNRS-ThéMA, document de travail, 34 p.
- Cragg, M., Kahn, M. (1997) - New estimates of climate demand: Evidence from location choice - *Journal of Urban Economics*, 42: 261-284.
- Crawford, D. (1994) - Using remotely sensed data in landscape visual quality assessment - *Landscape Urban Planning*, 30: 71-81.
- Evans, A., W. (1995) - The Property Market: Ninety Per Cent Efficient ? - *Urban Studies*, 32: 5-29.
- Fisher, P.F. (1996) - Extending the applicability of viewsheds in landscape planning - *Photogrammetric Engineering and remote Sensing*, 62: 1297-1302.
- Freeman, A. M. (1979) - Hedonic Prices, Property Values and Measuring Environmental Benefits: A Survey of the Issues - *Scandinavian Journal of Economics*: 154-171.
- Germino, M.J., Reiners, W.A., Blasko, B.J., McLeod, D., Bastian, C.T. (2001) - Estimating visual properties of Rocky Mountain landscapes using GIS - *Landscape and Urban Planning* : 71-83.
- Goldstein, R.A., Nagel, R., (1971) - 3D visual simulation - *Simulation*, vol. 16, n°1, 25-31
- Gustafson, G. (1998) - Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art ? - *Ecosystems*, 1, 143-156
- Howes, D., Gatrell, A. (1993) - Visibility analysis in GIS: issues in the environmental impact assessment of windfarm developments - In Harts, J., Ottens, H.F.L., Scholten H.J. (Eds.) - *EGIS93: proceedings of the fourth European Conference on geographical Information Systems* - vol. 2, pp. 861-870.
- Jensen, M. J., Leven, C. L. (1997) - Quality of life in central cities and suburbs - *Annals of Regional Science*, 31: 431-449
- Joly, D., Brossard, T., Couderchet, L. (2002) - *Protocole d'étude des paysages. Définition dans le cadre des projets d'aménagements de lignes aériennes de transport d'électricité* - Presses Universitaires Franc-comtoises (avec le patronage des Services de Recherche d'EDF), 114 p.
- Lacoste, Y. (1986) - Réflexions d'un géographe sur les paysages réels - in : Zweyacker A. et Prélôt B. (eds), *Lectures du paysage*, collection INRAP, Foucher, 14-18
- Lange, E. (1994) - Integration of computerized visual simulation and visual assessment in environmental planning - *Landscape Urban Planning*, 30: 99-122.
- Maddala, G. S. (2001) - *Introduction to econometrics*, John Wiley & sons, Ltd, 636 p.
- Meitner, M.J (2004) - Scenic beauty of river views in the Grand Canyon : relating perceptual judgements to locations - *Landscape and urban Planning*, vol. 68, pp. 3-13
- Orland, B. (1994) - Visualization techniques for incorporation in forest planning geographic information systems - *Landscape Urban Planning*, 30: 83-97
- Rosen, S. (1974) - Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition - *Journal of Political Economy*, 82: 34-55

- Rougerie, G., Beroutchachvili, N. (1991) - *Géosystème et paysages* - Paris, Armand Colin, 302 p.
- Sevestre, P. (2002) - *Econométrie des données de panel* - Paris, Dunod
- Sheppard, S. (1999) - Hedonic analysis of housing markets - In Mills, E. S. and Cheshire, P. (eds): *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol 3, *Applied Urban Economics*: 1595-1635
- Wieber, J.C. (1985) - Le paysage visible, un concept nécessaire, In : Berdoulay V. et Philipps M. (eds.), *Paysages et systèmes. De l'organisation écologique à l'organisation visuelle*, Presses de l'Université d'Ottawa, 167-178

Chapitre III

Résultats

Introduction

La présentation des résultats dans ce chapitre s'organise autour du prix des paysages. L'objectif de la recherche est, en effet, de répondre à la question « combien d'euros vaut le paysage que l'on voit depuis telle ou telle maison ? » ou bien, dit autrement « combien le ménage qui a acheté cette maison a-t-il mis, dans son prix, pour voir ce paysage ? » ou bien encore « quelle est la part du prix global de la maison en question que l'on peut attribuer au paysage qu'elle offre à voir ? ».

Nous répondrons à ces questions à la fin du chapitre. Avant d'avancer un prix synthétique du paysage, il faut estimer le prix de chacune de ses composantes. Ainsi on peut déterminer ce qui a une valeur et ce qui n'en a pas. Est-ce l'agencement des arbres, pelouses et maisons proches de chez soi ? Que valent les dégagements visuels vers des horizons lointains ? Quels sont les éléments composant le paysage que l'on aime voir et ceux que l'on préfère ne pas voir ? Et donc, quel est le prix de ces éléments, positif dans le premier cas, négatif dans le second ? Certaines compositions et certaines formes paysagères particulières ont-elles un prix supérieur à d'autres ? L'essentiel de la troisième section du chapitre traite de ces questions.

Auparavant, la deuxième section est consacrée au prix des attributs non paysagers des maisons. En effet, pour déduire du prix global des maisons la fraction qui correspond au paysage, il faut au préalable estimer la valeur des autres caractéristiques non paysagères.

Achevons cette présentation à rebours du chapitre en expliquant comment ont été choisis les résultats caractérisant les paysages de la région d'étude présentés dans la première section. Cette section aurait de quoi surprendre le lecteur s'il n'était instruit de la logique d'ensemble du chapitre. Le modèle géographique élaboré permet de délivrer un nombre très élevé de résultats selon les variables que l'on choisit de représenter dans des cartes, graphiques ou tableaux. Le choix a été fait en fonction des résultats du modèle économique : ce sont essentiellement les variables qui ont des prix non nuls dans les estimations qui ont été retenues dans la première section. Par exemple, si les feuillus sont pris en considération et non les buissons c'est que les premiers ont un prix positif contrairement aux seconds. Les vues proches sont cartographiées plutôt que les plans lointains parce que les résultats économiques montrent que les ménages accordent une grande importance à la proximité immédiate.

1. Caractérisation des paysages

Le travail de caractérisation s'est effectué de deux façons, d'abord globalement à l'échelle de toute la zone, ce qui impliquait l'analyse de 127 699 495 points de vue (un par pixel de 7 mètres de côté), puis sélectivement en ne considérant que les seuls points de transaction (au nombre de 5 956¹). Dans le premier cas, les résultats prendront la forme de cartes ; dans le second cas, les valeurs obtenues seront organisées en tableaux ou exprimées en graphiques.

1.1. Caractérisation globale par la carte

Dans sa mise en œuvre pratique, la modélisation telle qu'elle est définie au chapitre II donne lieu à différentes représentations cartographiques mettant en évidence les propriétés visuelles du paysage dans toute son étendue. En effet, grâce au calcul trigonométrique, les procédures conduisent à projeter sur les deux dimensions du plan -celui de la carte- une information qui a été saisie dans les trois dimensions du volume scénique propre à chaque point de vue paysager. En quelque sorte, les cartes, qui résultent de cette opération de transfert entre 3D et 2D, donnent à voir du dessus le paysage tel qu'il s'offre à la vue du dedans. C'est donc une manière de dépasser les limites du regard comme vecteur de découverte du paysage, regard qui est toujours subordonné à une position singulière dans l'espace.

Les ressources ainsi offertes pour mettre au jour les propriétés visuelles du paysage sont quasi-illimitées et peuvent se moduler selon les besoins. Les cartes que nous avons choisi de montrer ici ont été produites en fonction des résultats économétriques ; leurs modalités d'élaboration s'inscrivent donc dans la logique d'un protocole expérimental qu'elles permettent d'illustrer. Pour l'intérêt de la démonstration, quelques zooms sur les environs de Genlis, restituant l'information avec plus de précision spatiale, figurent au côté des cartes de l'ensemble de l'aire d'étude. De manière à accompagner la lecture de ces cartes à grande échelle centrées sur Genlis, une image satellite du secteur correspondant est produite (fig. III-1). En raison de sa haute résolution, ce document fournit des éléments de repérage commodes à retrouver : emplacement des villes et villages, tracé des routes, emprise des masses forestières, parcellaire agricole.

¹ Seules 5 956 transactions, parmi les 6 448 transactions acquises et géoréférencées pour cette recherche, ont été utilisées pour l'analyse géographique des paysages. L'écart provient de l'élimination de quelques transactions situées dans la partie nord de la région d'étude, non couverte par les images satellites, et par le fait qu'une seule transaction a été retenue lorsqu'une même maison a été vendue plusieurs fois durant la période 1995-2002. L'analyse économique ne retient que les transactions concernant les maisons, sauf pour l'estimation de la rente foncière. Un apurement, fondé sur des contrôles de cohérence (prix au mètre carré...), sur l'élimination de transactions ayant des valeurs extrêmes et des cas pour lesquels on n'a qu'une transaction par lotissement ou par commune, nous a amenés à utiliser 4 050 observations de maisons pour les résultats économiques. L'estimation de la rente foncière a porté sur ces 4 050 observations, auxquelles ont été ajoutées les transactions afférentes aux terrains nus, soit 1 383 après apurement. Les estimations économiques des sections suivantes portent sur 4 050 transactions de maisons et excluent les terrains à bâtir.

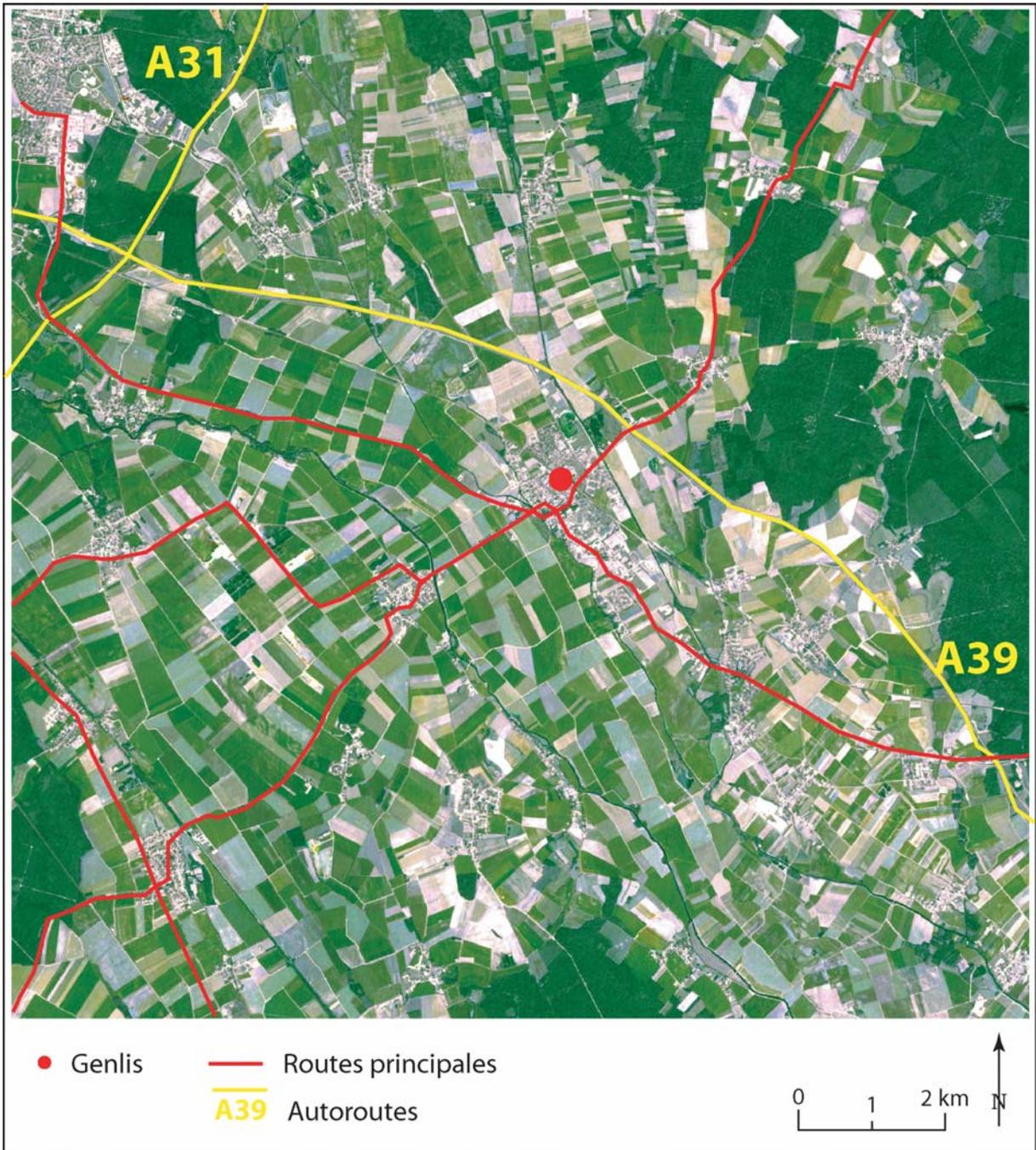


Figure III-1 : Image satellite du secteur de Genlis

Précisons aussi que dans la mise à plat cartographique qui suit, nous ne produisons que des cartes relatives au paysage visible. Pour les tests économétriques, nous avons repris d'autres indices usuellement employés en analyse écologique du paysage : indices de densité, de diversité, de forme, de contagion, etc. Nous y reviendrons, en situation, dans la suite du propos sur les résultats économétriques.

1.1.1. Le vu global

L'information délivrée par la figure III-2 est purement quantitative ; la gamme des couleurs fixée par la légende varie en fonction de l'ampleur globale du panorama délivré en chaque point. Cet indicateur fut testé parmi les premiers dans le modèle économique, les résultats montrant qu'il n'intervenait pas dans le prix des transactions. La variabilité du panorama est pourtant considérable. En grisé sur la figure, sont représentés les points dont la vue très fermée, ne porte pas au-delà des pixels adjacents, soit 441 mètres carrés ; dans ce cas, les masques proches sont constitués, soit par des bâtiments (c'est le cas de l'agglomération dijonnaise, de celle de Beaune, etc.) soit par des arbres (par exemple, la forêt de Longchamp à l'est de Genlis ou celle de Cîteaux à l'est de Nuits-Saint-Georges). Les transactions auxquelles on va s'intéresser dans la partie économique n'étant jamais situées au cœur des forêts, ce sont les masques bâtis qui importent. A l'autre extrême, les points d'où l'on voit plus de 5 ou 6 kilomètres carré, en marron foncé sur la figure, sont assez nombreux et prennent, ce qui est surprenant, plus d'importance à l'est qu'à l'ouest. En effet, sur cette partie faite de collines douces, de crêtes plus rigides et de vallons, les lignes et points hauts peuvent offrir de vastes panoramas, mais dès que l'on quitte ces positions dominantes, la vue se bloque en raison de l'agencement complexe de masques proches, topographiques ou végétaux. À l'est, en revanche, le paysage s'organise en grands ensembles dont la physionomie est très épurée : le regard glisse au premier plan sur la plaine cultivée et gagne au loin, sans rupture majeure, le revers du Jura d'un côté et l'escarpement de la Côte de l'autre. Il s'agit d'un constat souvent vérifié : l'ensemble des points situés dans un contexte topographique peu animé et ras offrent une couverture visuelle globalement plus large que l'ensemble des points d'une région au relief tourmenté dont les grandes échappées sont certes spectaculaires mais réservées à quelques sites d'exception. On mesure ici la différence qui s'établit spontanément entre, d'une part, des paysages amples mais répétés à l'identique et perçus comme ordinaires, et d'autre part, des hauts lieux dont les paysages rares font impression et restent dans les mémoires. Les cartes et les guides touristiques ne font que renforcer cette opposition à travers leurs recommandations qui oublient les premiers et exaltent les seconds. La carte de la figure III-2 rétablit en quelque sorte la vérité en faisant ressortir la rareté des grands panoramas à l'ouest et la banalité des vues larges à l'est.

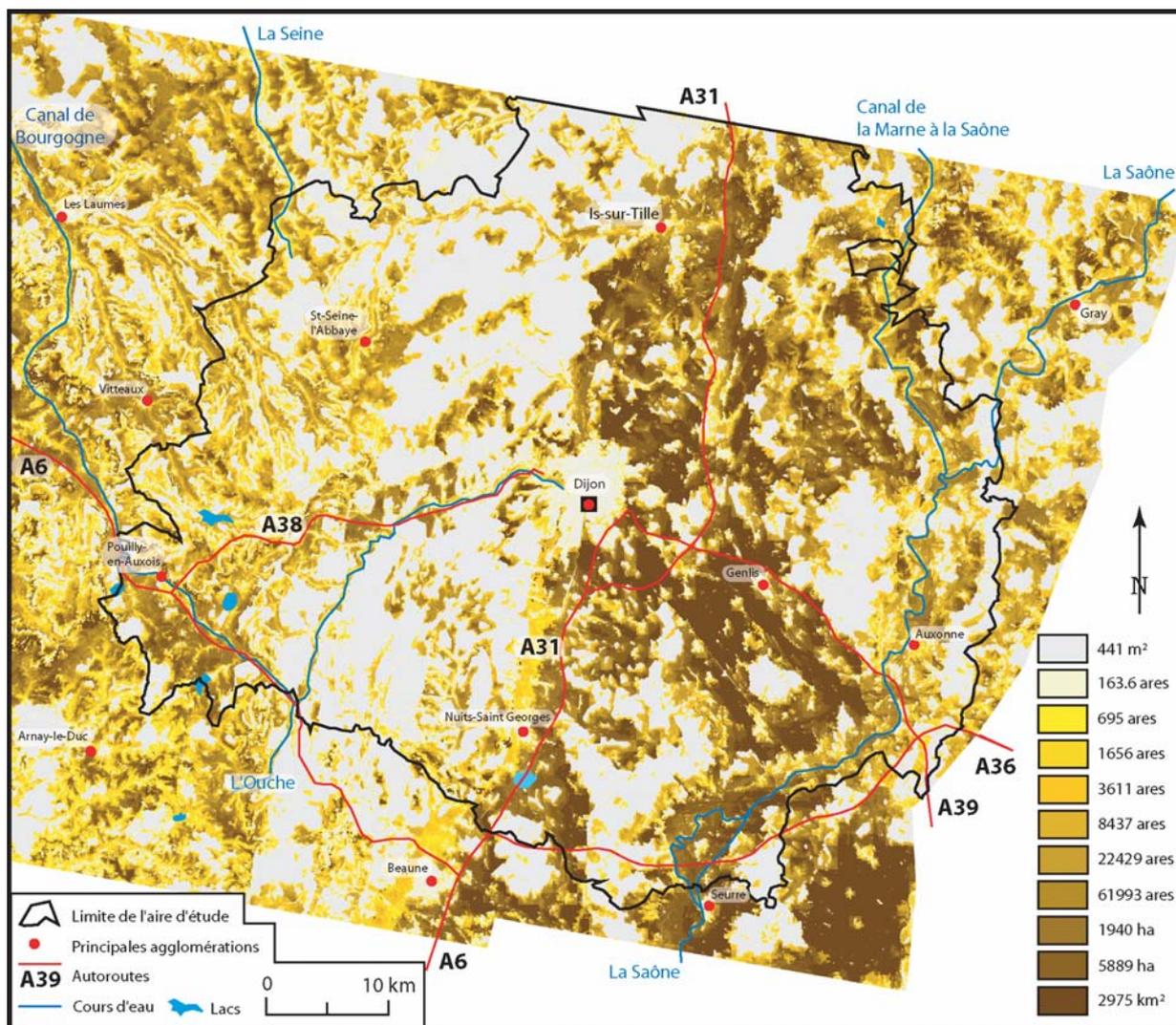


Figure III-2 : Le vu global sur l'ensemble de la zone d'étude

Cette carte est donc un moyen de mettre à plat une caractéristique essentielle de la ressource paysagère à l'échelle de la zone d'étude.

Du point de vue des valeurs paysagères résidentielles, la vue depuis un finage agricole ou une forêt est sans intérêt puisque la probabilité qu'une maison y soit construite est à peu près nulle. En revanche, les surfaces vues depuis les pixels déjà occupés par des maisons ou situés dans un périmètre proche susceptible d'être construit un jour valent d'être considérées. C'est ce que montre la carte de la figure III-3, centrée sur Genlis et ses environs. A l'analyse, trois faits majeurs ressortent.

- Tout d'abord, une opposition entre le cœur des villages où les vues, très fermées, portent rarement au-delà du premier cercle des 441 mètres carré, et les périphéries villageoises où le regard parvient à embrasser un panorama qui se mesure souvent en hectares voire en kilomètres carré.
- Ensuite, une opposition entre les faces ouest et est des villages : vers le couchant, la Côte viticole est souvent visible dans le lointain alors que, côté levant, le regard ne parcourt que la plate vallée de la Saône, accrochant rarement le massif du Jura, ce qui se traduit par des vues de moindre ampleur. Cette opposition livre une des clés de l'explication de la nullité du prix des visions lointaines que montrera le modèle économique : depuis la face ouest des villages de plaine, on voit assurément la Côte, mais elle n'est qu'un

mince ruban bleuté ou grisâtre qui se fond dans l'horizon ; par conséquent, il n'est pas étonnant que cette caractéristique visuelle, présente à l'est et absente à l'ouest des villages, ne change guère la qualité des paysages.

- Enfin, les pixels bâtis (ou que nous considérons comme constructibles) lorsqu'ils sont au voisinage de forêts offrent des vues relativement réduites, bloquées par les lisières proches, tandis que ceux qui bordent des champs cultivés étendus sont doués de panoramas plus vastes, que rien ne vient limiter, sauf dans le lointain. Voir loin et bénéficier d'une forêt près de sa maison apparaissent comme deux qualités paysagères contradictoires, qui seraient difficiles à réunir sur un même lieu s'il fallait, le cas échéant, répondre à cette double exigence.

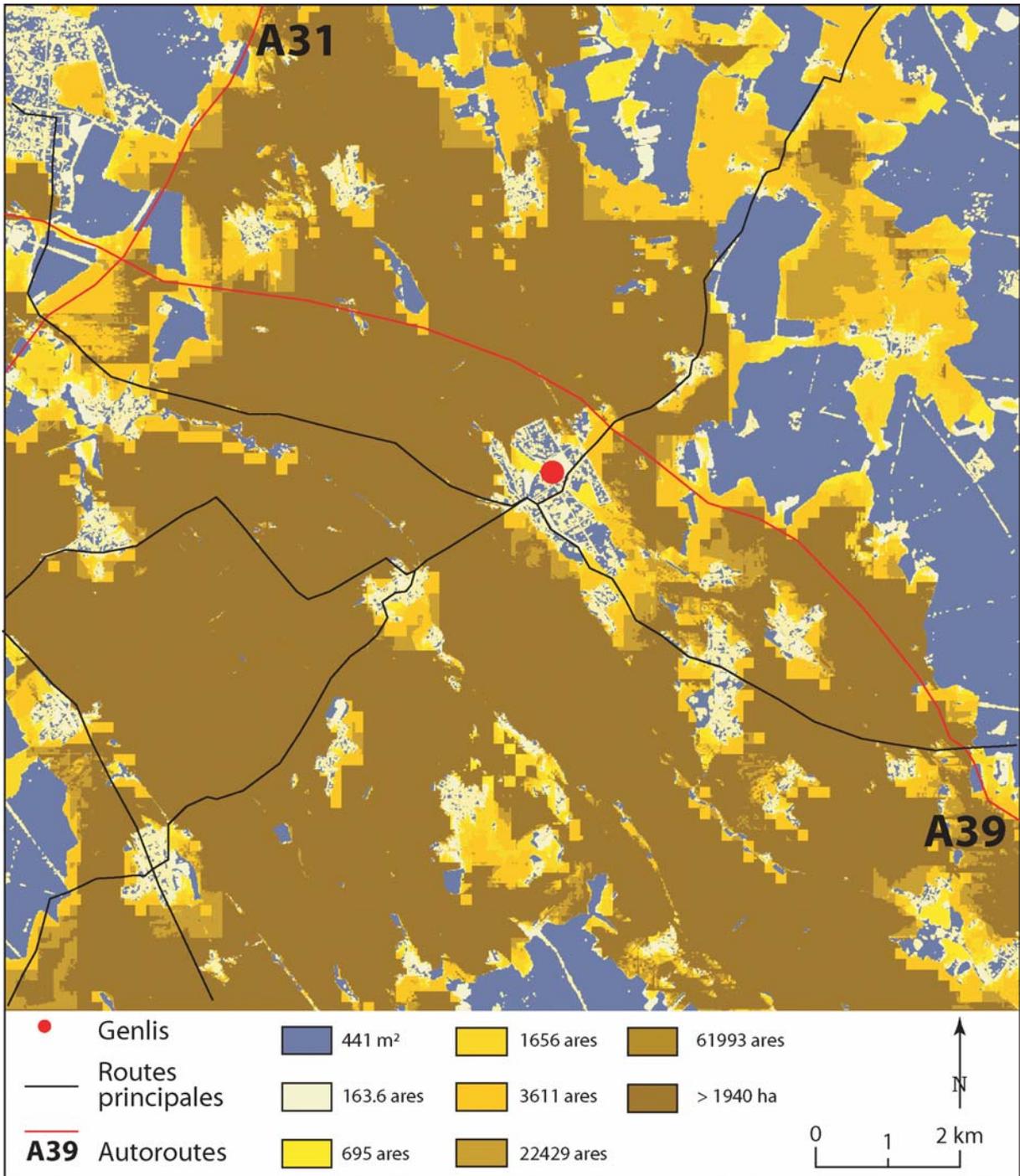


Figure III-3 : Le vu global sur l'ensemble de la zone de Genlis

1.1.2. Vue proche sur le bâti de 0 à 70 mètres (plan 1)

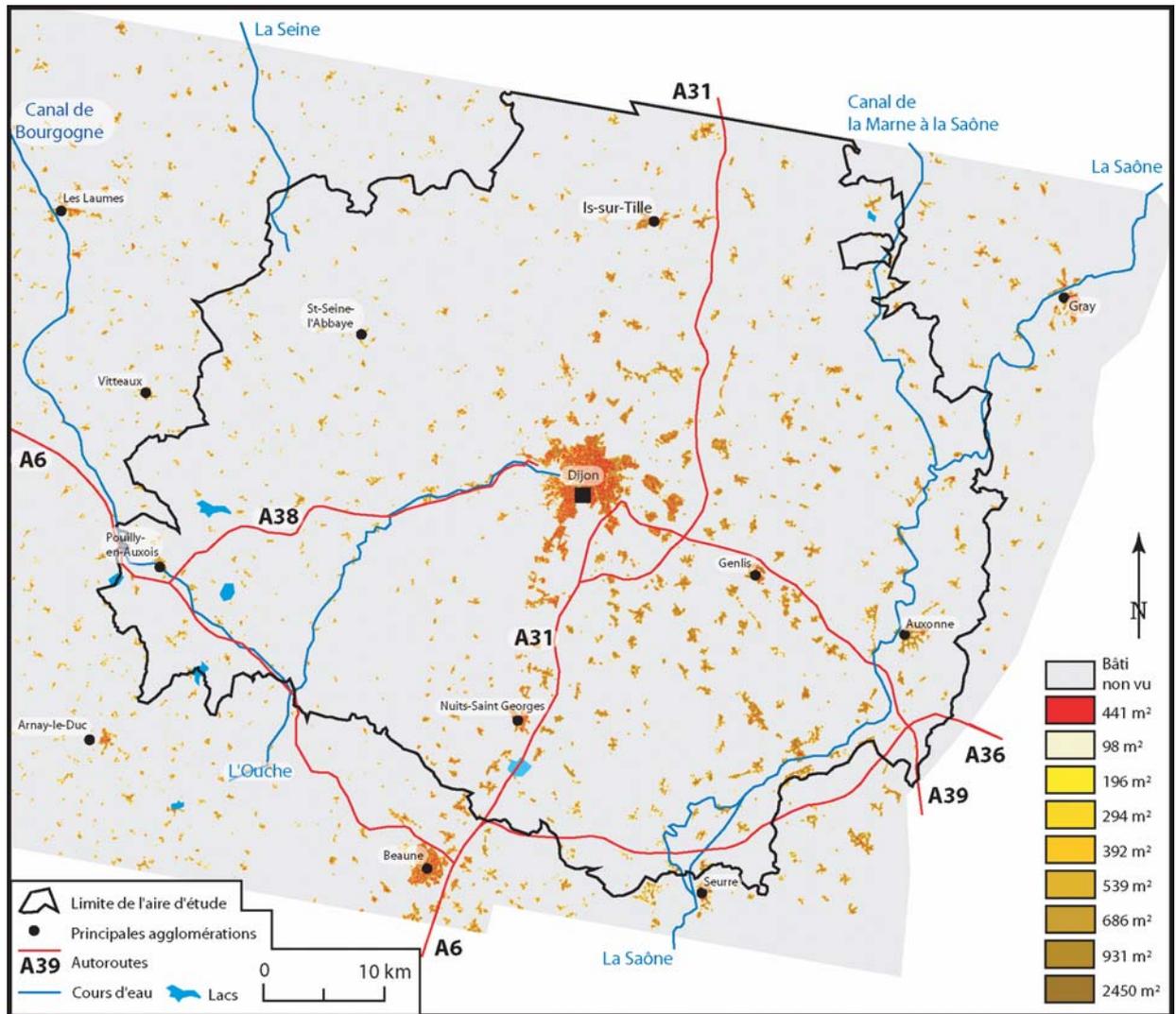


Figure III-4 : Vue proche sur le bâti (moins de 70 mètres), ensemble de la zone d'étude

Les résultats économiques montrent que l'information paysagère la plus significative en terme de prix est apportée par les plans proches, voire très proches. Cet aspect, qui sera évidemment repris et développé avec la présentation des résultats économétriques proprement dits, nous a conduit à nous intéresser plus particulièrement au disque de 70 mètres de rayon autour de chaque point, que nous avons appelé le plan 1 dans le chapitre II, et qui joue un rôle déterminant dans le prix économique des paysages. Dans ces conditions, il devient intéressant de produire des cartes qui permettent de visualiser point à point et sélectivement la manière dont les éléments qui composent cette partie rapprochée des paysages se distribuent à l'échelle de la zone. De la sorte, on procède à un inventaire cartographique de la ressource paysagère, inventaire ciblé cette fois-ci sur la part d'information la plus significative dans le modèle économique. La vue sur le bâti proche est un élément intéressant à considérer car les résultats économiques montrent, contrairement à ce qu'on pourrait supposer, que son influence sur le prix des maisons est positive : la présence d'un voisinage est bien ressentie.

La carte d'ensemble (fig. III-4) montre qu'il y a peu de points d'où l'on voit du bâti, ce qui est dû à l'habitat groupé qui caractérise cette région d'openfields de l'est de la France. Comparé à d'autres régions, le « mitage » de l'espace par des constructions apparaît limité : les points en grisé sur la figure, d'où l'on ne voit aucun bâtiment, dominant très largement. Les villes et villages sont, néanmoins, plus nombreux à l'est de la région qu'à l'ouest, ce qui nous conduit à effectuer un zoom sur la zone de Genlis (fig. III-5). Les points totalement enclavés dans du bâti ont été renseignés en rouge pour les distinguer des autres dont l'environnement tend à se diversifier et délivre des vues plus nuancées (jaune, orange).

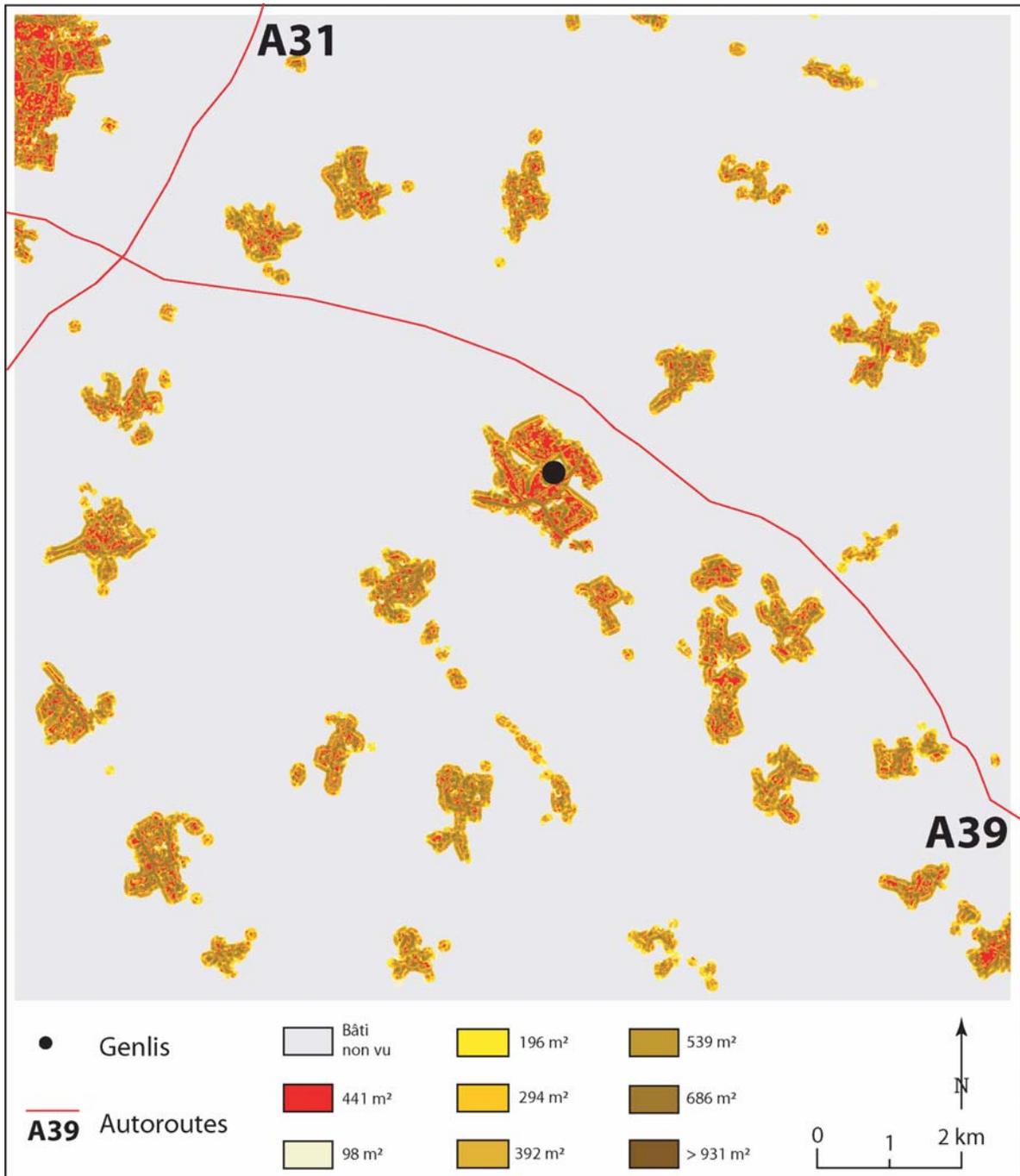


Figure III-5 : Vue proche sur le bâti, zoom sur Genlis et ses environs

1.1.3. Vue proche sur les feuillus de 0 à 70 mètres (plan 1)

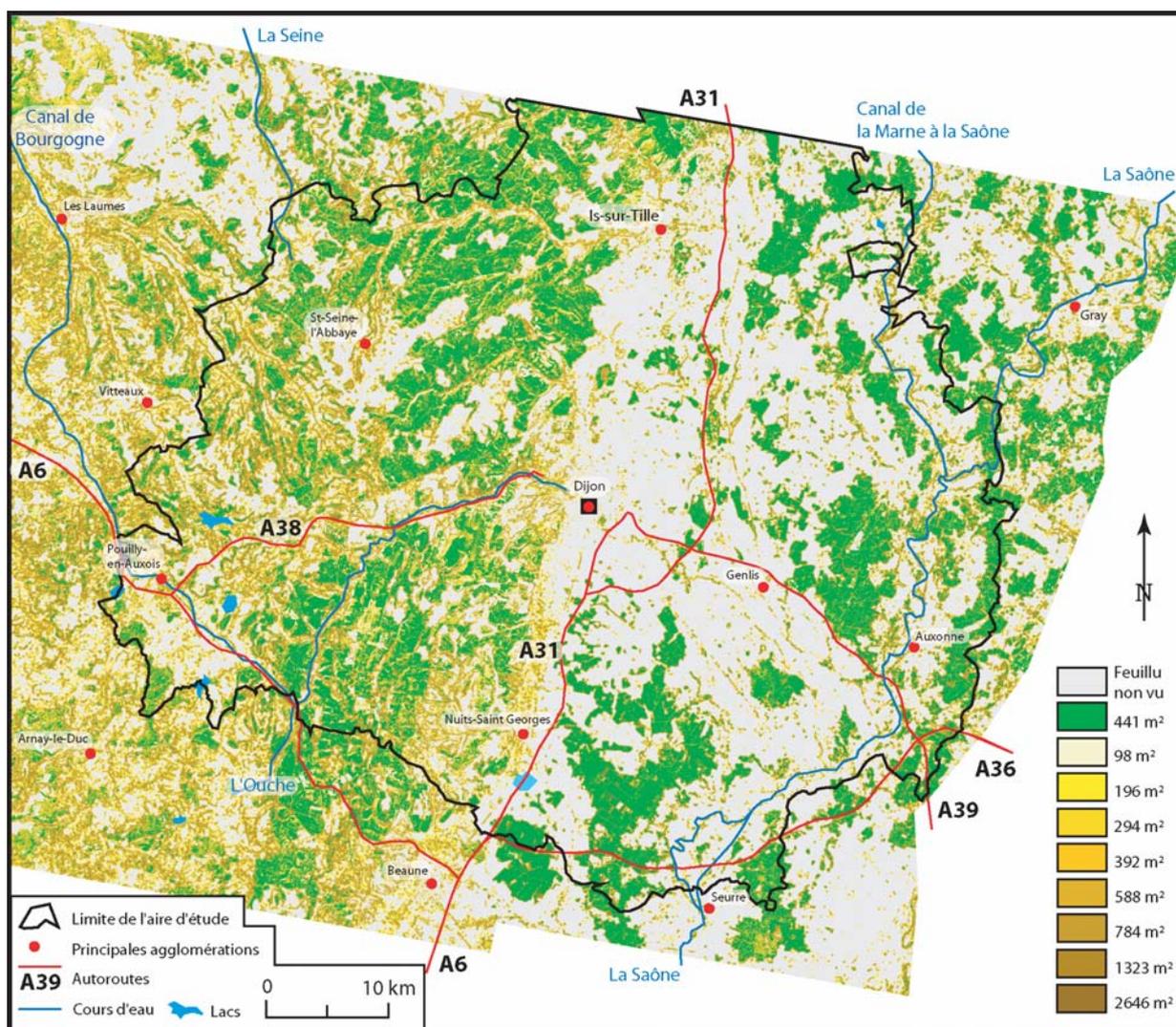


Figure III-6 : Vue proche (moins de 70 mètres) sur les feuillus, ensemble de la zone d'étude

Les feuillus ressortent comme éléments favorables dans la composition du paysage rapproché sachant qu'ils ne doivent pas y être exclusifs. Ils représentent d'abord un morceau de nature associé au cadre de vie familial ; ils jouent aussi un rôle en tant que masque visuel. Celui-ci se traduit par deux effets contradictoires, comme nous l'avons déjà remarqué : d'une part, les feuillus bloquent la vue et l'accès à de plus vastes panoramas mais, d'autre part, en confinant l'espace, ils y ménagent une forme d'intimité qui est bienvenue.

La carte d'ensemble (fig. III-6) montre que les feuillus sont presque toujours visibles à proximité dans l'ouest de la région alors que dans la plaine de Saône, à l'est, s'établit un contraste entre de vastes forêts dont la vue, confinée au sous-bois immédiat, ne comporte que des feuillus, et des zones agricoles dont le paysage proche reste sans arbres. L'agrandissement du secteur de Genlis (fig. III-7) illustre parfaitement les effets de lisière et de couvert : au cœur des forêts, la vue ne dépasse pas 441 mètres carrés, tous occupés par des feuillus, alors qu'elle se dégage en lisière, en intégrant un peu plus de forêt (mais, toutefois, il ne s'agit jamais de quantités importantes : rappelons que nous sommes limités à un disque de 70 mètres de rayon autour de chaque point). Les alignements de points d'où l'on voit quelques centaines de mètres carrés de feuillus s'ajustent le plus souvent sur des cours d'eau

(le lecteur familier de cette région reconnaîtra des diagonales qui, du sud au nord de la carte, suivent le canal de Bourgogne, l'Ouche, la Tille).

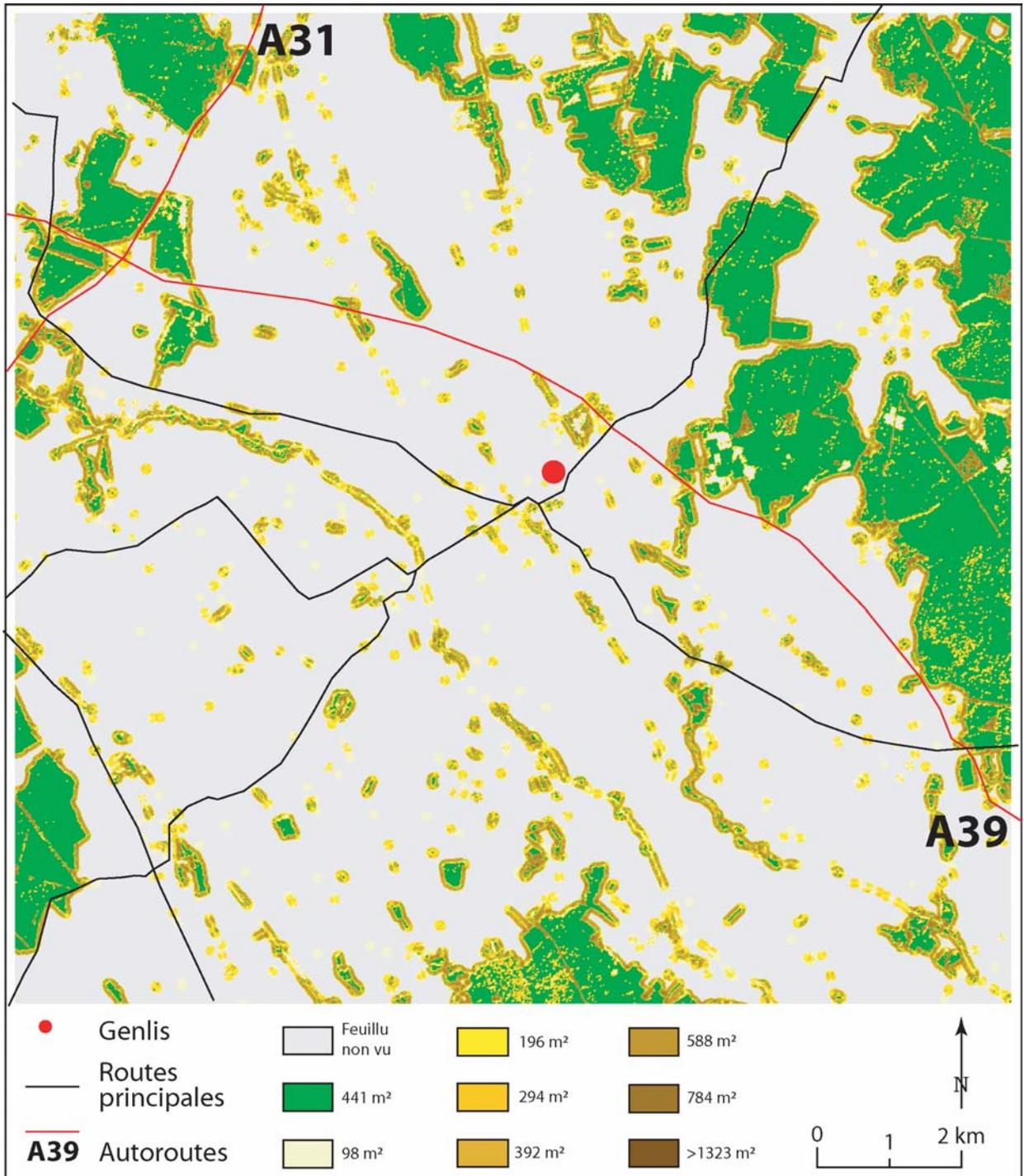


Figure III-7 : Vue proche sur les feuillus, zoom sur Genlis et ses environs

1.1.4. Vue proche sur les routes de 0 à 280 mètres (plans 1, 2, 3)

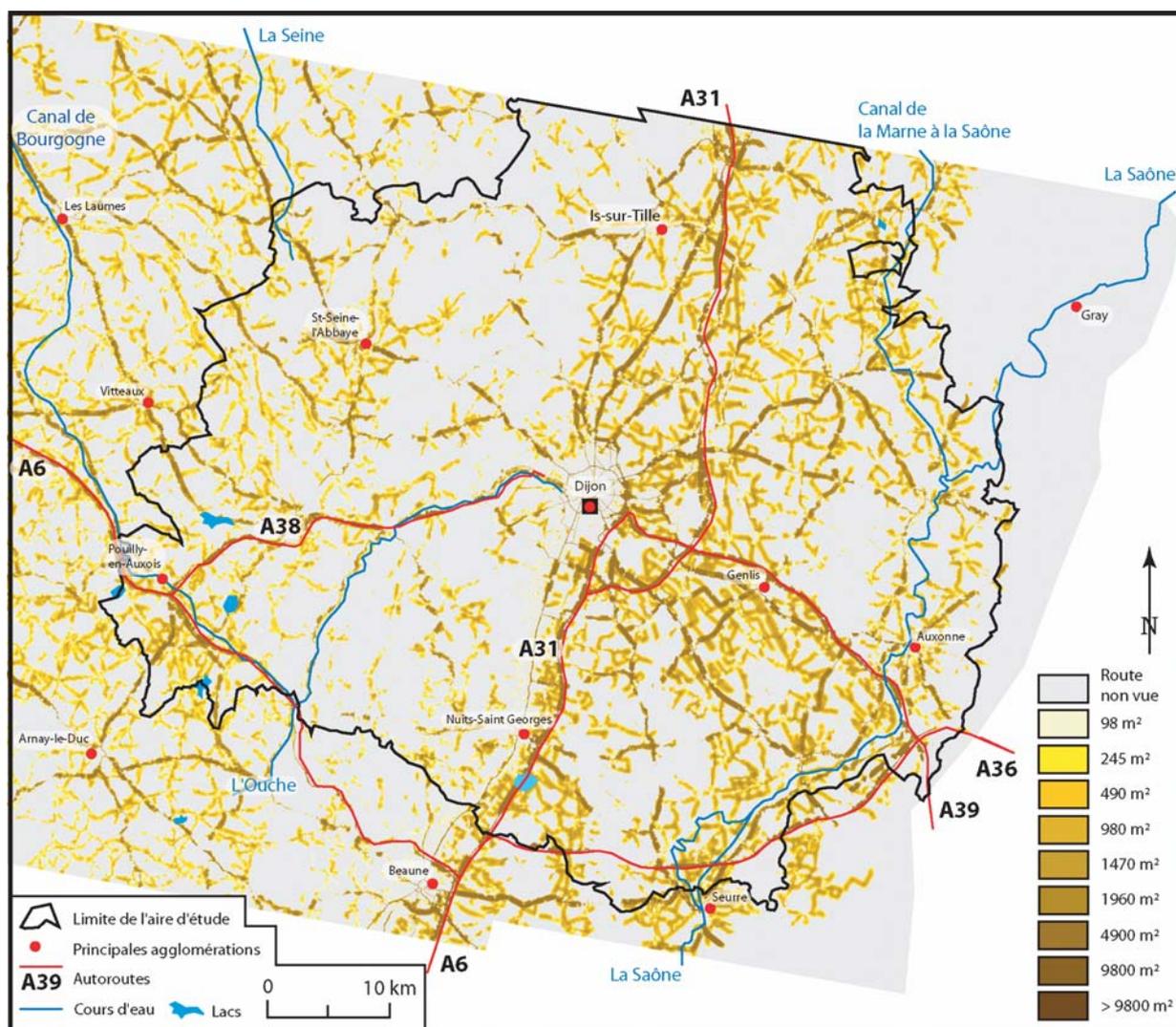


Figure III-8 : Vue proche (moins de 280 mètres) sur les routes, ensemble de la zone d'étude

Le statut des réseaux routiers est ambivalent. En tant que voie d'accès, ils sont un élément indispensable et la desserte d'une maison par le réseau constitue un point positif. En revanche, en tant que composante de l'environnement et du paysage, ils deviennent répulsifs en fonction des nuisances qu'ils engendrent (pollution atmosphérique et sonore, rupture visuelle). À ce sujet, les résultats économétriques montrent que l'effet de la route dans la composition des paysages était significativement négatif dans une profondeur de champ toujours réduite mais intégrant les trois premiers plans visuels jusqu'à 280 mètres. La figure III-8 montre que des routes ont une forte empreinte visuelle : les zones, en grisé, depuis lesquelles aucune route n'est visible sont plus réduites que celles d'où on ne voit aucun bâtiment (figure III-4) ; mais il est vrai que nous sommes ici dans un rayon de 280 mètres alors que la figure III-4 ne concernait que les 70 premiers mètres. L'image agrandie de la région de Genlis (figure III-9) montre que les routes sont généralement visibles de leur voisinage immédiat, inscrit de part et d'autre dans une bande de 280 mètres ; l'exception à cette règle concerne les villes et villages, comme Genlis, où les réseaux sont souvent masqués par des maisons. Logiquement, les autoroutes et des routes principales ont un impact visuel supérieur à celui du réseau secondaire en raison de leur largeur. En dernier lieu, remarquons qu'autour de Genlis, il y a un quasi équilibre entre les points qui, dans le fuseau proche des 280 mètres, voient de la route

et ceux qui n'en voient pas sachant ; cet équilibre serait toutefois rompu par la prise en compte d'un champ visuel plus large. Le quadrillage serré de l'espace par le réseau routier est évidemment nécessaire à l'activité économique mais, en contrepartie, cela se traduit par un fort impact dans le paysage, supérieur même à celui des bâtiments dont pourtant, la pollution visuelle est plus souvent mise en avant.

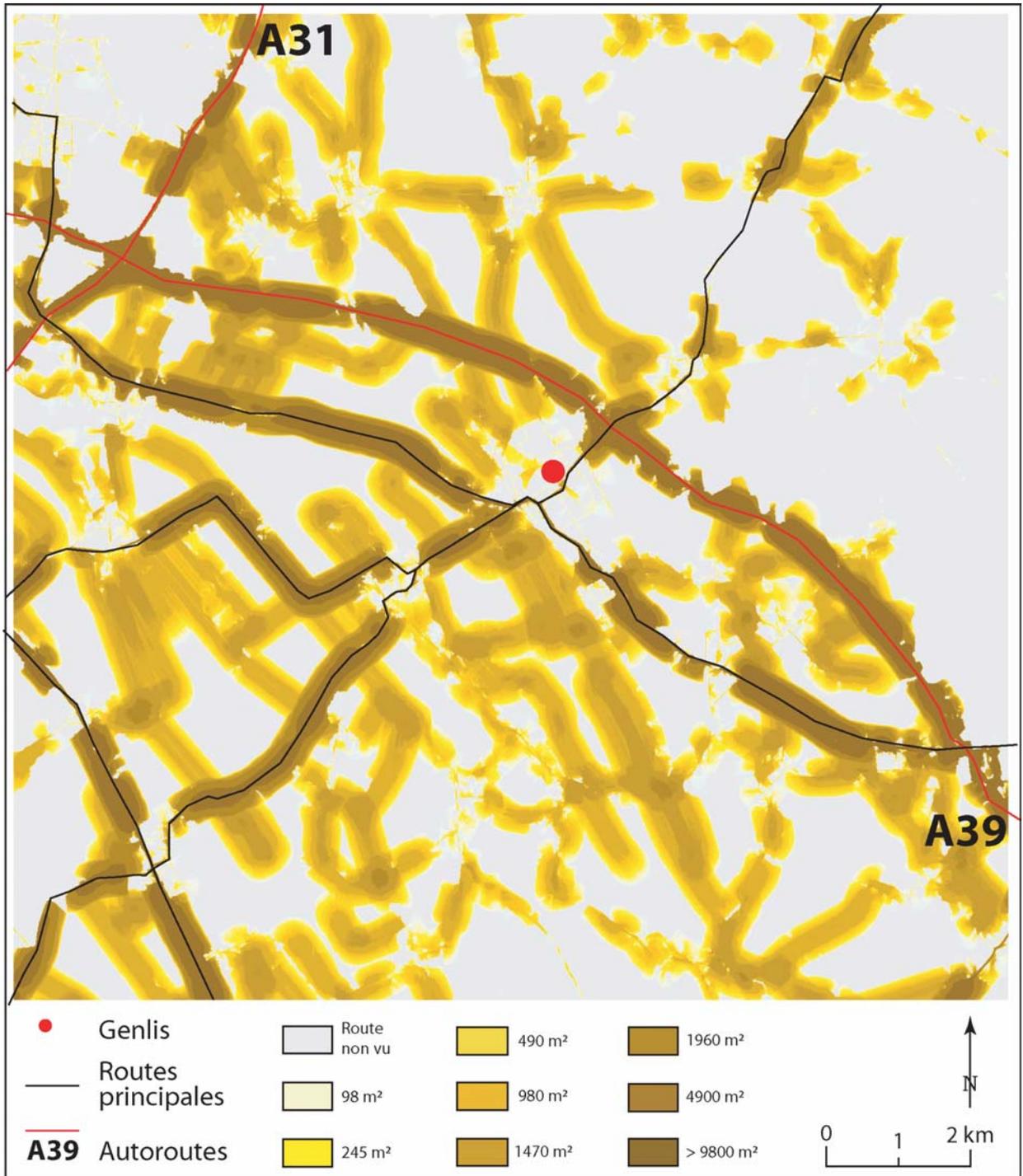


Figure III-9 : Vue proche (moins de 280 mètres) sur les routes, zoom sur Genlis et ses environs

1.1.5. Vue proche sur les cultures entre 70 et 280 mètres (plans 2 et 3)

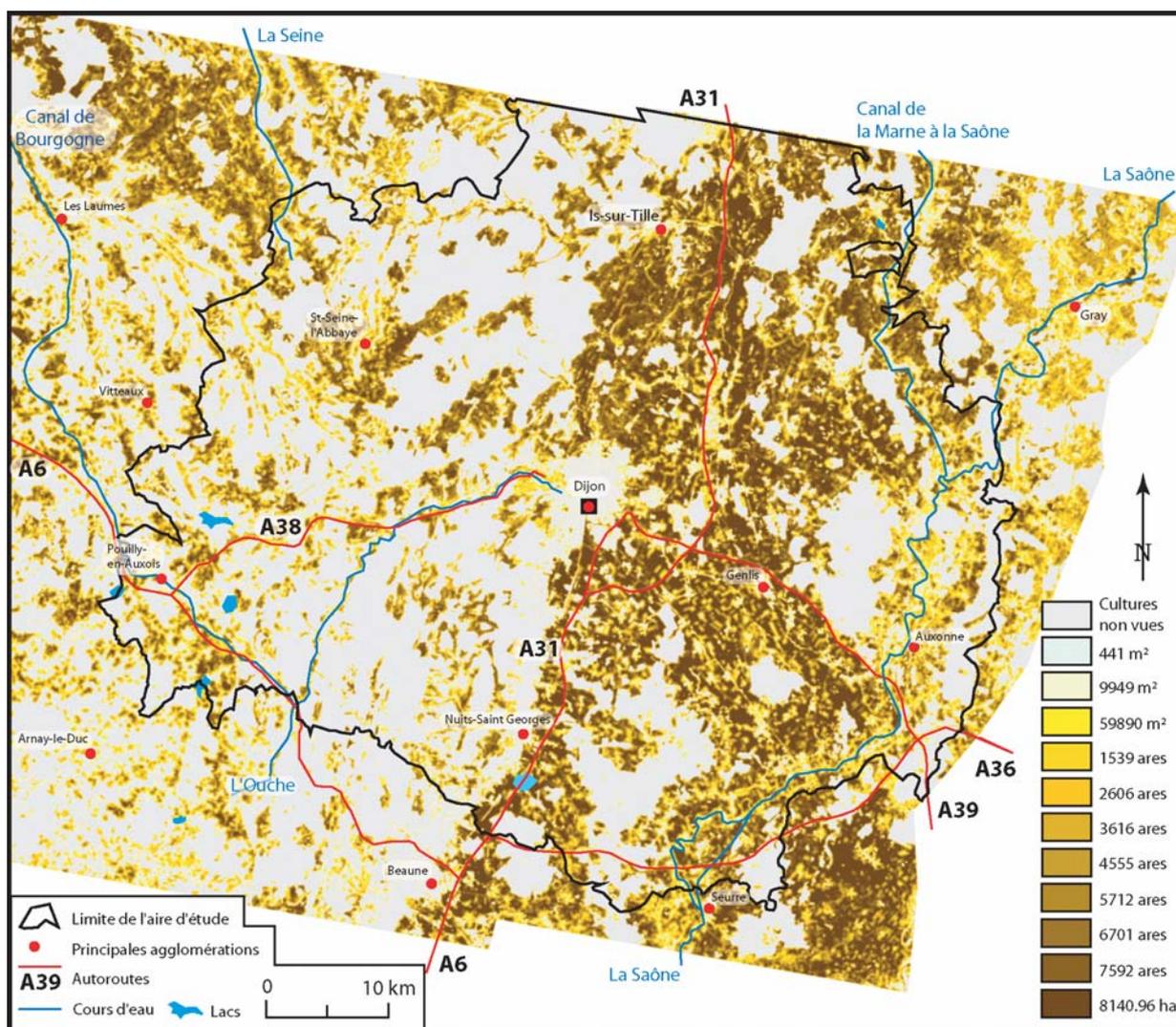


Figure III-10 : Vue proche (70-280 mètres) sur les cultures, ensemble de la zone d'étude

Les cultures ont également un rôle significatif dont il est difficile de démêler le sens sachant évidemment qu'elles n'interviennent qu'à une certaine distance du point de transaction, au-delà des limites de la parcelle sur laquelle est édifée la maison. Tout d'abord, la vue sur les cultures avoisinantes (fig. III-10) donne l'assurance de disposer pour soi de la vue d'un morceau de campagne, dont le caractère bucolique peut toutefois être tempéré en cas de nuisances occasionnelles (épandage, bruit). Ensuite et sauf exception (plantations hautes de maïs par exemple), les cultures, par leur présence aux premiers plans, libèrent le regard qui peut glisser au loin et embrasser ainsi une vue plus ample, voire plus diversifiée, en gagnant les arrière-plans.

La cartographie expérimentale, telle que nous l'avons mise en œuvre, a été un moyen d'ajuster au mieux le paramétrage des variables paysagères à intégrer dans la modélisation économétrique. La forme numérique des données offre une grande souplesse d'utilisation et permet de construire nos hypothèses sur la base d'indices qui fouillent d'une manière très fine et systématique le paysage visible. En outre, comme les données sont disponibles sur toute la zone, les cartes obtenues permettent de réaliser, indice par indice, un inventaire spatialement exhaustif de la ressource paysagère.

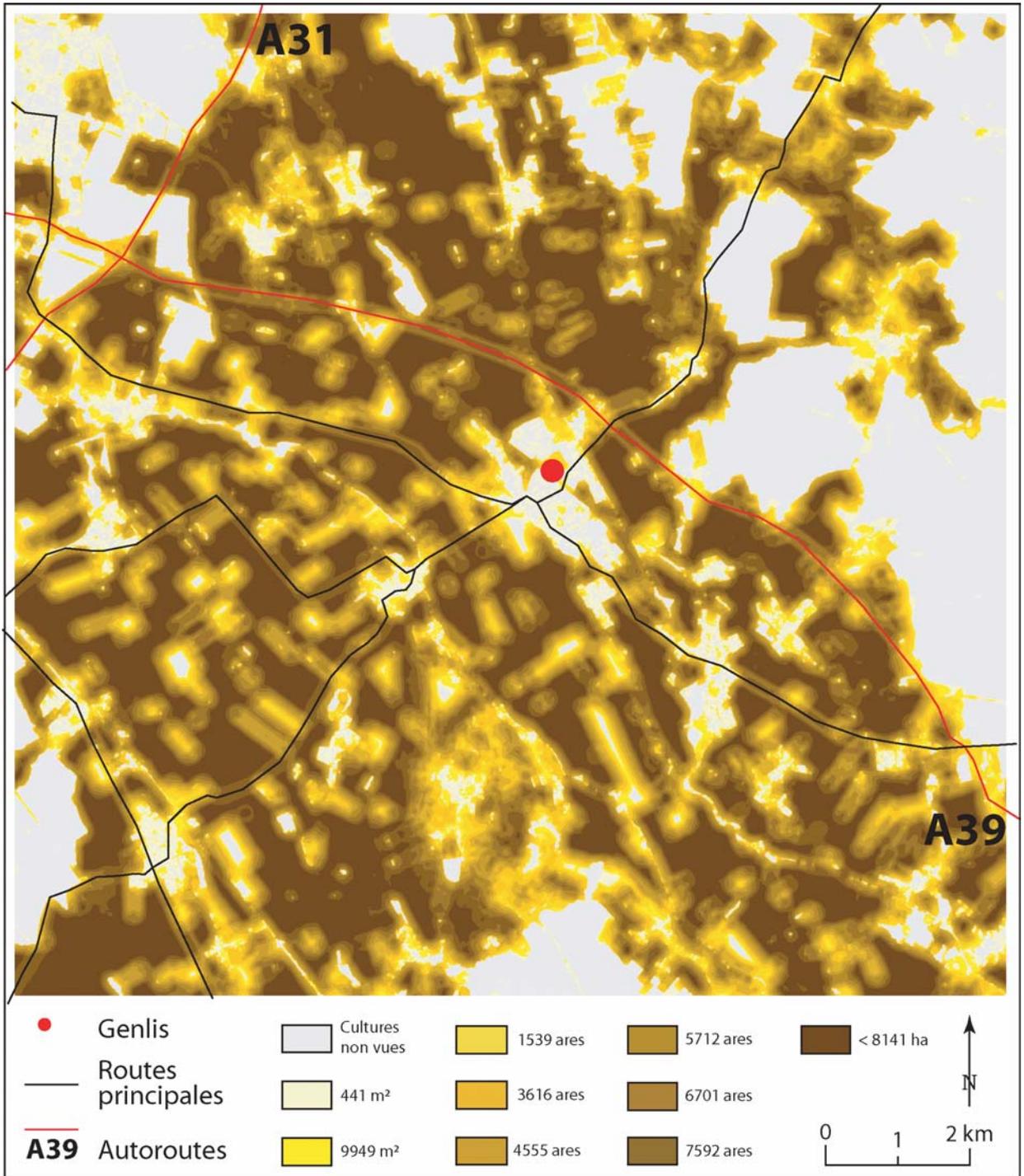


Figure III-11 : Vue proche (70-280 mètres) sur les cultures, zoom sur Genlis et ses environs

1.2. Caractérisation ciblée sur les points de transaction

Après ce tour d'horizon cartographique, l'analyse du paysage se concentre sur les points de transaction proprement dits. Il s'agit de mettre en évidence la façon dont les descripteurs que nous avons retenus interviennent dans la composition de l'environnement et des vues de façon à en tirer des principes d'organisation. Comme cette partie repose essentiellement sur des comptages et des croisements, la présentation des résultats prendra appui sur des tableaux et des graphiques.

L'exploration des propriétés du paysage autour des points de transaction s'organise selon les deux grands modes d'appréhension du paysage que nous avons définis au chapitre II : le vu du dessus et le vu du dedans. Autour de chaque point de transaction, la prise en compte de l'information sur le paysage passe, rappelons-le, par la définition de six auréoles (ou plans) concentriques reliées à quatre bases de données en résolution différente : base à 7 mètres pour les plans 1, 2 et 3, puis respectivement bases à 30, 150 et 1000 mètres pour les plans 4, 5 et 6.

1.2.1. Paysage « vu du dessus »

Le principe d'analyse est ici relativement simple ; il consiste à faire le décompte des différents postes d'occupation du sol tels qu'il se répartissent géographiquement à l'intérieur des 6 auréoles concentriques. Par exemple, dans la région d'étude, le bâti se concentre essentiellement au sein des villes ou villages groupés formant des agrégats locaux plus ou moins compacts. A cet égard, l'espace est fortement anisotrope. Il est donc intéressant de procéder à un inventaire du contexte de chaque transaction sans référence au critère de visibilité.

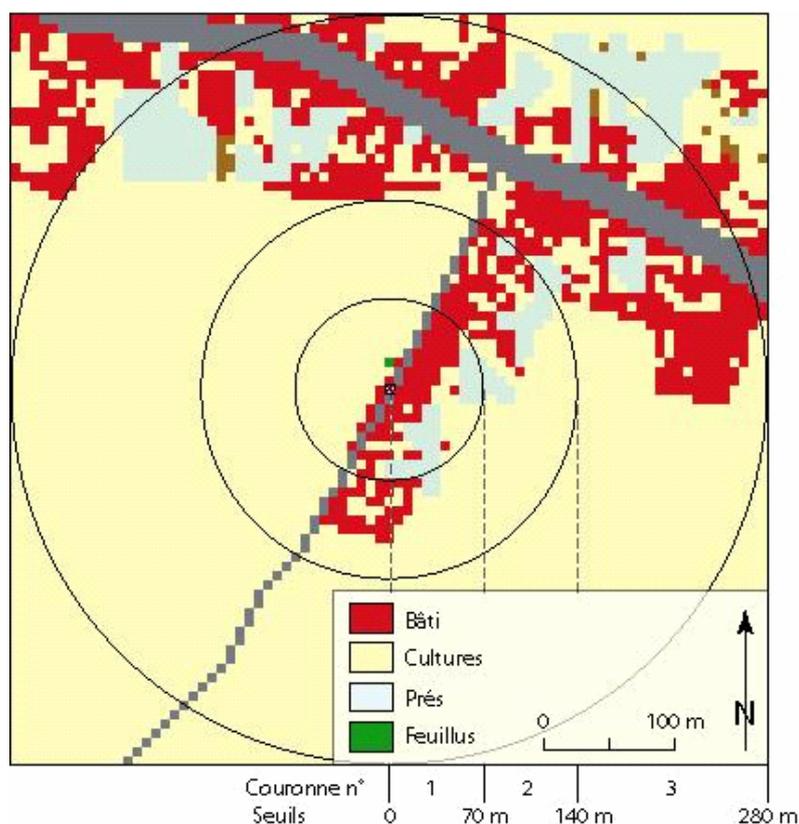


Figure III-12 : Occupation du sol autour de la transaction A jusqu'à 280 m (plans 1, 2, 3)

La figure III-12 explicite comment les modalités d'appréhension de l'espace sont mises en œuvre : le bâti s'intègre à un village structuré par un carrefour et par les routes qui s'y rattachent. Les pixels contigus de bâti forment un tissu villageois relativement serré même si des espaces définis comme ouverts (prés et jardins) à l'issue du traitement d'images y forment des trouées ou des échancrures. On distingue également quelques bouquets de feuillus isolés. Hors du village, l'espace est exclusivement occupé par les cultures. Le tableau III-1 détaille le résultat des comptages effectués. Il fournit le décompte des pixels par poste d'occupation du sol et pour chacune des six couronnes définies autour des points.

Plan	Bâti	Culture	Pré	Vigne	Feuillus	Résineux	Buisson.	Eau	Zone d'activité	Route	Voie ferrée
1	72	186	41	0	1	0	0	0	0	16	0
2	94	783	45	0	0	0	0	0	0	18	0
3	543	2740	251	0	0	0	11	0	0	223	0
4	102	3513	558	0	335	1	57	0	6	180	0
5	178	2381	327	425	1359	90	59	9	X	X	X
6	110	2841	X	X	1948	X	X	13	X	X	X

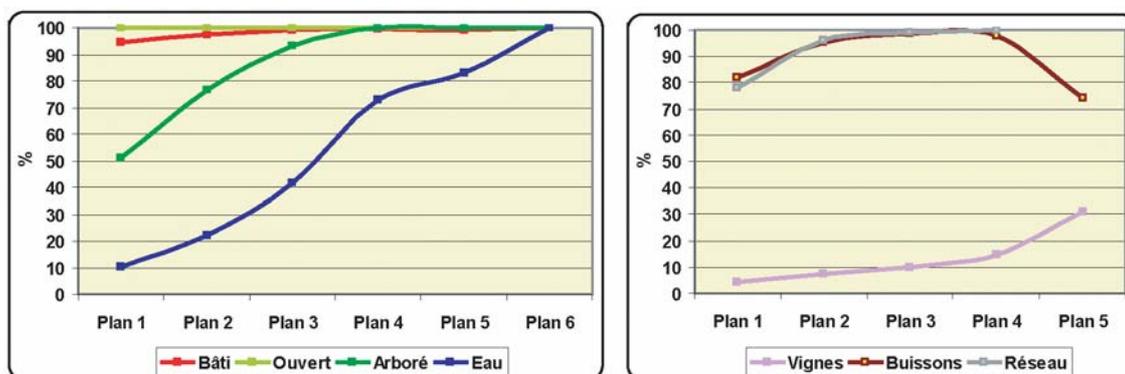
Tableau III-1 : Surface couverte par chaque type d'occupation du sol dans chaque couronne (ou plan). Exemple de la transaction A (les valeurs sont données en nombre de pixels)

Les thèmes d'occupation du sol et leur présence autour des points de transaction

Comme le montre la figure III-12 et le tableau III-1, chaque point de transaction est environné par des éléments paysagers, décrits en terme d'occupation du sol, dont il est possible de faire le décompte pour en préciser la diversité et l'abondance. Cette procédure d'analyse a été réitérée pour les 5 956 points où des transactions immobilières ont eu lieu. L'information ainsi collectée peut faire l'objet d'une première mise en ordre synthétique qui consiste à raisonner en terme de présence/absence. Pour chaque point et au sein de chacune des six couronnes qui entourent celui-ci, on a relevé la présence ou l'absence des différentes catégories d'occupation du sol. Les fréquences obtenues ont été converties en pourcentage rapporté au nombre de transactions. On fait apparaître ainsi une sorte de contribution globale de chaque catégorie d'occupation du sol à la composition des différentes couronnes spatiales. Les graphiques de la figure III-13 permettent d'explicitier et de commenter les résultats. Les catégories absentes ou ayant un faible effectif ont été éliminées des représentations tandis que, pour faciliter la lecture, résineux et feuillus ont été regroupés au sein du thème « forêt », cultures et prairies au sein du thème « ouvert ».

Le bâti et les formations ouvertes sont pratiquement toujours présents, quel que soit le plan considéré, avec des valeurs proches de 100 %. Les autres éléments sont également présents dans l'environnement des transactions mais avec une modulation par la distance. Les formations arborées sont relevées avec une fréquence de 50 % dans le voisinage immédiat des points (entre 0 et 70 mètres) pour atteindre les 100 % au-delà des 280 mètres. L'eau, évidemment plus rare, est présente sur seulement 10 % des périmètres proches et il faut aller au-delà de six kilomètres pour qu'elle soit systématiquement rencontrée. Les buissons et les réseaux se rencontrent déjà dans 80 % des cas dans les premières couronnes pour arriver

à 100 % entre 150 et 1 200 mètres. Pour les vignes, le gradient de variation, du proche au lointain, est faible puisqu'on mesure moins de 10 % de présence dans le plan 1 et 30 % dans le plan 5. On notera que les trois derniers éléments, buissons, réseaux et vignes ne sont pas comptés dans le plan 6 car ils ne figurent pas dans la nomenclature de la base de données correspondante, celle à un kilomètre de résolution.

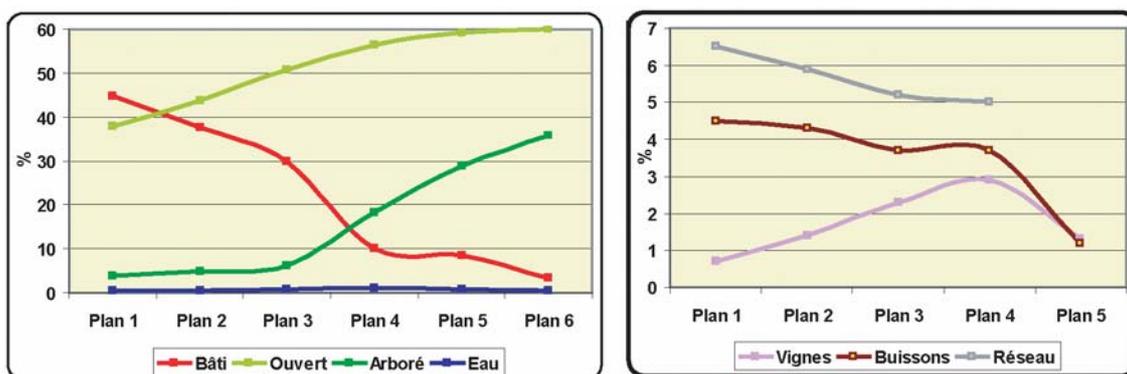


Lecture : l'eau est présente (i. e. « vue d'en haut ») dans le plan 1 pour un peu plus de 10 % des 5 956 points de transactions, elle se trouve dans le plan 2 dans plus de 20 % des cas et elle est présente à moins de 40 kilomètres des points de transaction (plan 6) dans 100% des cas.

Figure III-13 : Fréquence de la présence des différents types d'occupation des sols selon l'éloignement (plans 1 à 6)

Emprise moyenne des catégories d'occupation du sol au sein de chaque couronne

Le calcul d'une emprise moyenne permet de compléter l'information sur la présence / absence des différents objets autour des points de transaction en tenant compte des surfaces couvertes. À cette fin, on a repris le décompte des pixels en calculant le pourcentage de surface que chaque thème occupe dans chacune des six couronnes spatiales d'une transaction donnée. De la sorte, on a pu établir, sur l'ensemble de la série des transactions, une emprise moyenne par thème et par couronne (fig. III-14).



Lecture : le bâti couvre 45 % du disque du plan 1, 30 % de la couronne constituée par le plan 3 et moins de 5 % de celle du plan 6.

Figure III-14 : Les catégories d'occupation du sol et leur emprise moyenne par plan

Dans le disque rapproché correspondant au plan 1 (0 à 70 mètres), l'emprise moyenne est de 45 % pour le bâti et de 38 % pour les formations ouvertes (prés et cultures); réseaux, buissons et formations arborées y prennent ensemble 15 %; les 2 % qui restent se répartissent entre l'eau et la vigne. Les plans 2 et 3 présentent une répartition analogue des thèmes avec, toutefois, une emprise moindre du bâti qui se fait au profit des formations

ouvertes et secondairement de la vigne. Avec l'éloignement, la redistribution au détriment du bâti se confirme puisqu'au plan 4 (280 à 1 200 mètres), l'emprise moyenne de ce thème tombe à 10 % au bénéfice de la forêt (20 %), des formations ouvertes (57 %) et de la vigne (3 %). La variation des autres catégories est peu sensible. Avec les périmètres les plus larges (plans 5 et 6), l'essentiel de l'emprise au sol est assurée par la forêt et les formations ouvertes.

Ainsi vu du haut, le paysage, tel qu'il s'organise autour des points de transaction, se caractérise par des changements sensibles du centre vers la périphérie. Les espaces proches, tout en étant dominé par le bâti et l'ouvert, présentent une relative diversité tenant aux contextes périurbains et villageois où se localisent les transactions ; il faut y voir aussi l'effet d'une meilleure précision des bases données utilisées. En s'élargissant, l'espace pris en compte tend à se simplifier puisqu'il est dominé par la pleine campagne, agricole ou forestière dont les termes caractéristiques sont, de surcroît, bien décrits par la nomenclature des bases de données en basse résolution.

1.2.2. Paysage « vu du dedans »

Nous avons insisté à de multiples reprises sur la différence entre la vision du dessus et du dedans. A ce titre, il convient de comparer les figures III-12 et III-15 qui représentent le même espace, celui de la transaction A, vu du haut et vu du dedans. En III-15, seuls les pixels réellement vus par l'observateur situé au centre des cercles ont été renseignés. Ils ne représentent que 1,2 % des 19 520 pixels du disque de 280 mètres de rayon. Le reste n'est pas vu à cause de la présence de nombreux masques visuels.

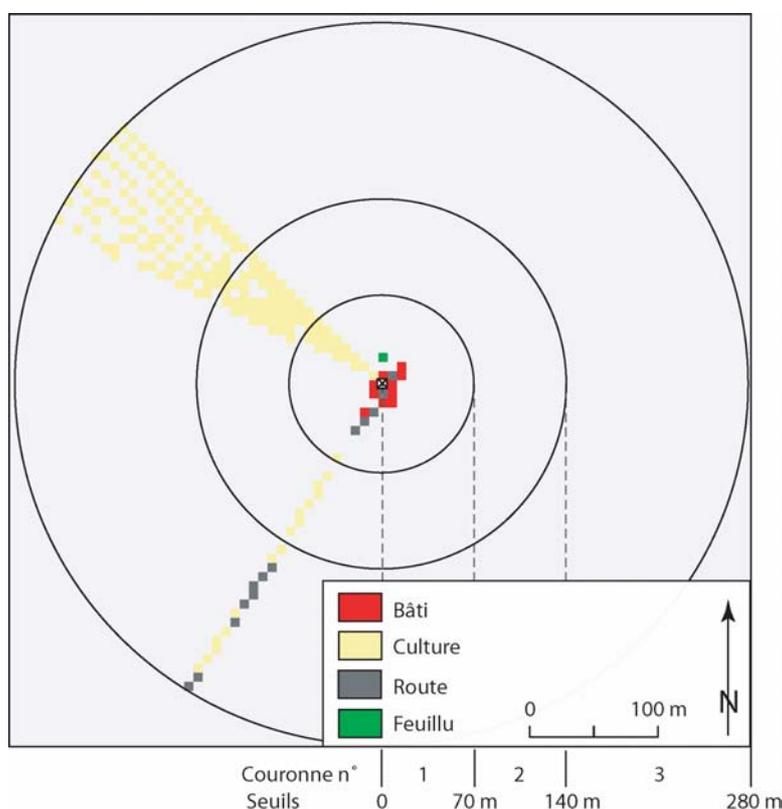


Figure III-15 : Pixels effectivement vus depuis la transaction A

La mise en ordre de l'information repose sur les mêmes principes que précédemment. Il s'agit d'opérer un décompte des éléments qui, du proche au lointain, composent le paysage autour de

chaque point de transaction. La différence tient au fait que le décompte en question ne s'effectue plus par auréoles concentriques en projection plane mais en tenant compte des configurations paysagères telles qu'elles s'inscrivent dans les trois dimensions du volume scénique. Pour réaliser cette opération, on fait appel à la modélisation visuelle du paysage telle qu'elle a été définie au chapitre II. Les couronnes concentriques, qui font toujours partie du dispositif d'analyse, sont utilisées ici pour définir des segments visuels dans la profondeur de champ en tenant compte des effets de masque liés à la topographie ou à l'élévation des objets au dessus du sol. Les résultats obtenus prennent une fois encore la forme d'un recensement statistique exprimé en tableaux ou en graphiques sachant que l'information collectée retrouve, cette fois-ci, une forme d'adéquation avec la perception sensible. La figure III-15 effectue le report sur le plan cartographique, des pixels qui sont effectivement vus et rentrent dans la composition de la scène paysagère au point central.

Décompte de l'occupation du sol dans le champ visuel de chaque point de transaction

Le décompte statistique des éléments qui composent le paysage donné à voir depuis chaque point reprend le mode opératoire mis en œuvre précédemment pour le vu du dessus. En effet, l'exploration du champ visuel par la méthode des rayons divergents conduit à repérer le long de chaque segment si un pixel est vu ou non (cf. chapitre II, 1.2.) et quel thème d'occupation du sol le caractérise. Il est ensuite facile de sommer plan par plan et thème par thème le nombre de pixels vus et d'établir, pour chaque transaction, le tableau de sa statistique visuelle (tab. III-4).

Plan	Bâti	Cultures	Prés	Vignes	Feuillus	Résineux	Buisson	Eau	Zones d'activité	Routes	Voies ferrées
1	10	18	0	0	1	0	0	0	0	5	0
2	0	57	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	101	11	0	0	0	0	0	0	8	0
4	3	9	1	0	2	0	1	0	0	0	0
5	1	2	3	0	2	2	1	0	X	X	X
6	0	0	X	X	3	X	X	0	X	X	X

Tableau III-2 : Nombre de pixels présents dans le champ visuel autour de la transaction A, détail par plan et par thème

Présence des différents plans dans l'ensemble des vues

Comme l'analyse ainsi conduite opère en trois dimensions, il est possible d'en tirer une grande variété d'indicateurs statistiques pour caractériser le paysage des points de transaction. L'information qui a servi à élaborer le graphique de la figure III-16 s'apparente à l'ampleur de vue ou vu actif, indicateur dont on a produit la carte d'ensemble au début de ce chapitre (fig. III-2.). On fait apparaître ici, en pourcentage, la part des points offrant un accès visuel aux différents plans qui jalonnent la profondeur de champ.

100 % des 5 956 points offrent évidemment une vue sur l'espace immédiat qui les entoure et dont la portée est limitée, rappelons-le, à 70 mètres. On constate que l'accès visuel au second plan ne concerne déjà plus que 50 % de l'effectif, montrant ainsi que le confinement visuel est la règle pour une majorité de transactions. Ensuite, la baisse des effectifs par segment visuel s'amortit mais moins de 10 % des points de transaction offrent une échappée sur le plan 6, au-delà de six kilomètres.

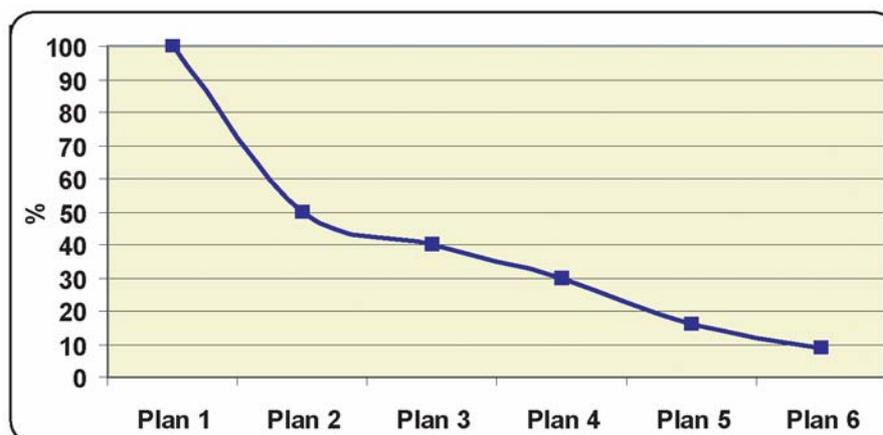


Figure III-16 : Présence des différents plans dans l'ensemble des vues (en %)

Quand les plans visuels sont composés par une seule classe d'occupation du sol

Le paysage se révèle dans la profondeur du champ visuel selon une succession de plans. Chacun de ceux-ci se définit à son tour, par une combinaison plus ou moins riche d'éléments qui peuvent se raccorder à la nomenclature d'occupation du sol en 12 postes. A l'analyse, il apparaît qu'une part sensible de chaque ensemble de plans (plans 1, 2, ..., 6) est homogène et constituée par une seule classe d'objet. Au vu de ce constat, il nous est paru intéressant d'isoler les cas de figure correspondants pour en préciser les caractéristiques.

Le graphique III-17 concerne les cas de confinement extrême pour lesquels une seule classe d'objet est vue dans le plan 1. 30 % des transactions sont dans ce cas. Parmi celles-ci, l'effet de masque strict que l'on observe est lié, dans 95 % des cas, au bâti ; viennent ensuite les feuillus, les résineux et les buissons qui représentent respectivement 1,8 %, 0,2 % et 3 % des situations².

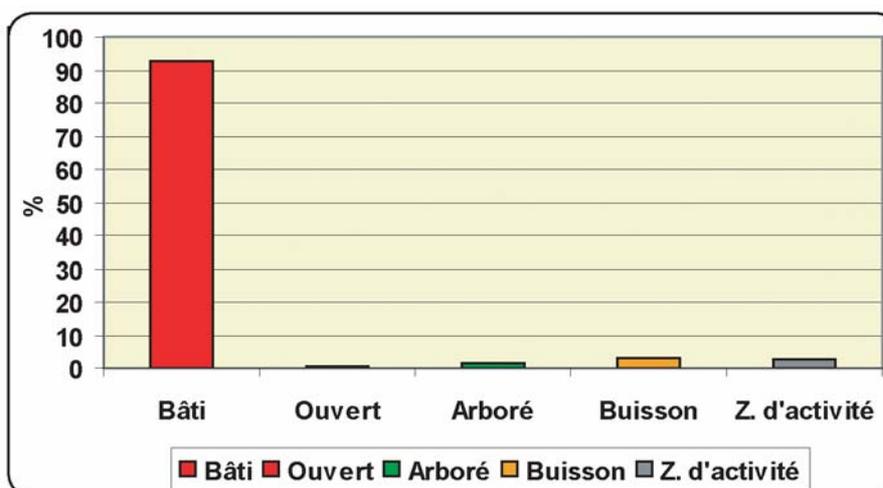


Figure III-17 : Répartition des types d'occupation du sol (%) lorsque le plan 1 est homogène

² Rappelons que les transactions analysées ici concernent les maisons et les terrains à bâtir. Pour ces derniers, à la date de passage du satellite, il est possible que l'environnement du point de transaction corresponde à une situation provisoire, avant qu'il ne se soit urbanisé. Il peut donc n'y avoir que des buissons, ou de l'agriculture qui disparaîtront peut-être totalement ensuite.

Le graphique III-18 regroupe les décomptes effectués pour les plans 2 à 6 en ne distinguant que trois catégories majeures : bâti, ouvert et arboré. La part des plans 2 et 3 composés d'une seule classe d'objet descend aux environs de 20 % alors que ce score remonte ensuite à plus de 50 % pour les plans 4, 5 et 6. Dans le même temps, on constate un rôle différencié des classes d'objet : le bâti et l'ouvert gardent une bonne place au côté de la forêt pour les plans 2 et 3. Celle-ci impose sa marque exclusive aux plans 4 et 5 pour revenir à un partage des rôles avec l'ouvert au plan 6.

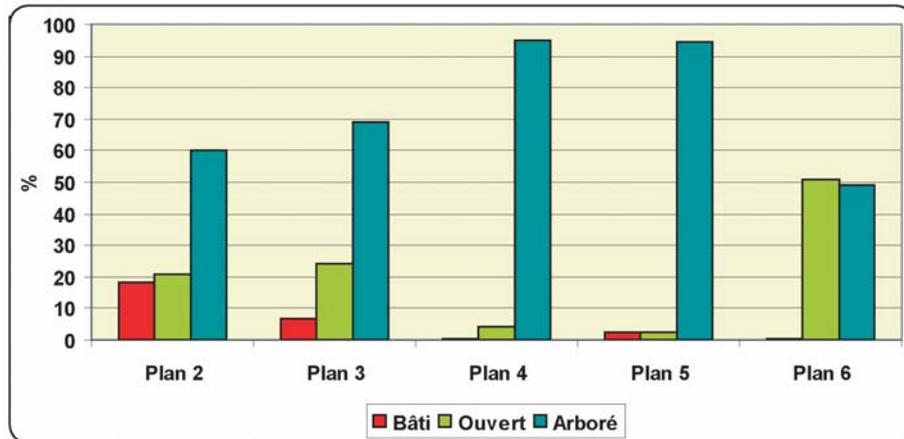


Figure III-18 : Répartition des types d'occupation du sol (%) lorsque les plan 2 à 6 sont homogènes

Les thèmes d'occupation du sol et leur présence dans les différents plans

L'opération consiste à raisonner en terme de présence/absence comme nous l'avons déjà fait pour l'analyse du paysage du dessus : pour chaque point et au sein de chacune des six couronnes visuelles qui entourent celui-ci, on a relevé la présence ou l'absence des différentes catégories d'occupation du sol ; les fréquences ainsi obtenues ont été converties en pourcentage rapporté au nombre de transactions pour donner lieu à une représentation graphique de facture analogue (fig. III-19). Au plan 1, le bâti est présent dans 90 % des transactions ; ce score diminue ensuite, passant de 67 % au plan 2 pour se stabiliser à 30 % avec les plans 5 et 6. Les formations arborées offrent un schéma de distribution inverse : elles sont présentes dans 28 % des plans 1 et dans 95 % sur les trois derniers plans.

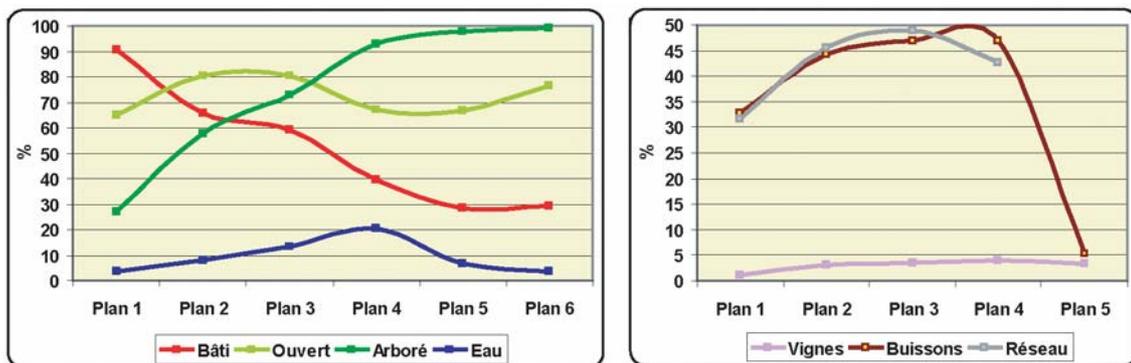


Figure III-19 : Les thèmes d'occupation du sol et leur présence dans les différents plans (en %)

Les formations ouvertes sont stables d'un plan à l'autre et s'observent dans 65 à 80 % de ceux-ci. L'eau reste rare avec un taux de présence qui s'élève tout de même à 20 % du plan 4.

En résumé, le plan 1, plus diversifié, s'oppose aux trois plans suivants dont la composition visuelle est homogène. Les transactions étant le plus souvent situées dans un environnement bâti (village, lotissement), il est presque inévitable que la vue accroche un élément anthropique situé à proximité. Mais, lorsque la configuration spatiale des éléments géographiques le permet, la vue, au-delà des maisons, porte sur des espaces ruraux où cultures et prés dominent. Une fraction souvent étendue du tour d'horizon bute sur des formations arborées qui jouent le rôle de masque ainsi que l'atteste le faible nombre de transactions offrant une vue lointaine. Mais, dès que le regard porte au-delà de 280 mètres, la vue délivrée reste très homogène sur toute la profondeur de champ : la forêt domine en se combinant avec l'une ou l'autre des formations ouverte et plus rarement avec du bâti.

Emprise visuelle moyenne des thèmes d'occupation du sol

Pour établir cet indicateur d'emprise moyenne, on calcule, en pourcentage de la surface de chaque plan visuel, la part qui revient à chaque thème ; ensuite, la moyenne des résultats obtenus est effectuée sur l'ensemble de la série des transactions (fig. III-20).

Le plan 1 (0 à 70 mètres), est dominé par le bâti et les formations ouvertes qui composent plus de 75 % du paysage. Les réseaux et les buissons suivent loin derrière (10 %) alors que les autres catégories sont peu vues.

Avec le plan 2 (70 à 140 mètres), le bâti tend à s'effacer au profit des éléments arborés (28 %). Pour le reste, il y a peu de modifications. Il faut atteindre le plan 4 (280 à 1 200 mètres) pour voir les formations ouvertes et arborées s'équilibrer autour de 30 % alors que ces dernières gagnent encore de l'importance aux plan 5 et 6 à plus de 45 %. Dans tous les cas, l'eau (moins de 5 %) et la vigne (moins de 2 %) restent discrètes dans le paysage. Les réseaux et les buissons s'estompent quand les plans se font lointains.

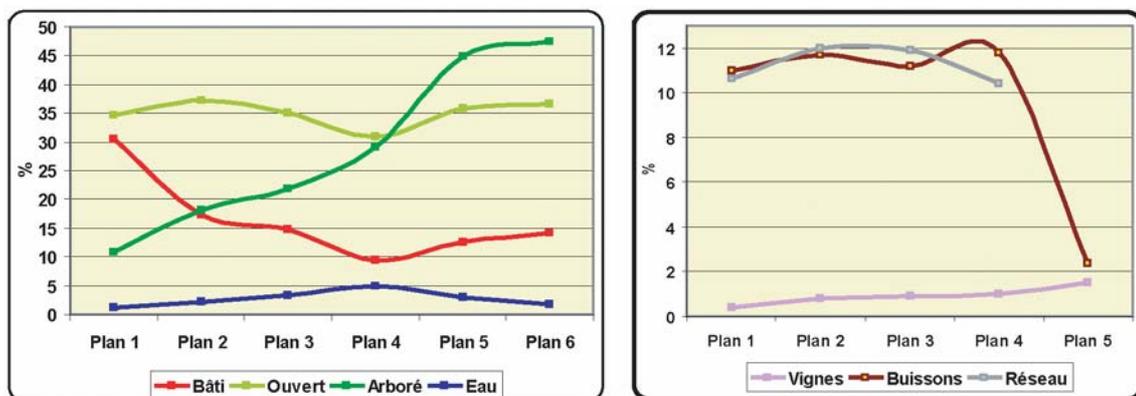


Figure III-20 : Les catégories d'occupation du sol et leur emprise visuelle moyenne par plan

Rapport entre emprise au sol et emprise visuelle

Pour compléter ce travail d'investigation sur le paysage et ses propriétés visuelles, nous avons cherché à mettre en évidence une sorte de susceptibilité à la vue des différentes classes d'occupation du sol. A cette fin, on a établi, par catégorie et par plan, le rapport entre le nombre de pixels présents au sol et, parmi ceux-ci, le nombre des pixels effectivement vus dans le paysage. La figure III-21 fait ressortir des écarts importants entre ces deux termes de composition des paysages. Elle montre, par exemple, que moins de 7 % des éléments de bâti décomptés dans le périmètre de la première couronne sont effectivement vus dans le premier plan ; cette valeur tombe à 1 % pour le plan 2 (entre 70 et 140 mètres) puis à 0,1 % pour les plans suivants. Même si les autres thèmes présentent moins d'écart (32 % au plan 1 pour les formations ouvertes par exemple), on constate qu'une part essentielle des éléments matériels

qui composent l'espace géographique se dévoile au regard dans le paysage. Dès le plan 4 (280 à 1 200 mètres), le paysage que l'on voit se construit à partir d'éléments dont l'emprise au sol représente moins de 1 % des surfaces.

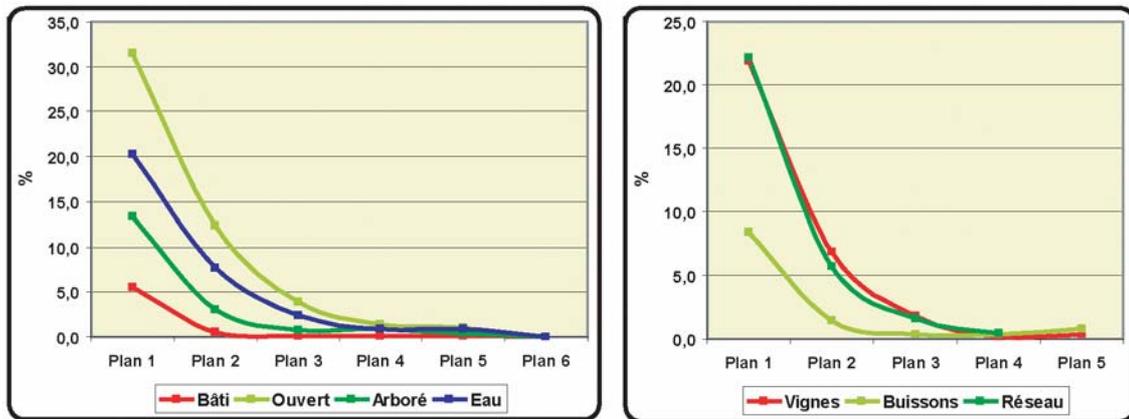


Figure III-21 : Rapport entre emprise au sol et emprise visuelle

Proximité des éléments visuels

La proximité se définit en calculant la distance visuelle la plus courte entre le point d'observation et chaque catégorie d'occupation du sol apparaissant dans le panorama. On établit ensuite la moyenne des distances obtenues en chaque point et chaque catégorie (fig. III-22). Le bâti intervient dans la construction des vues au plus près du point d'observation ; arrivent ensuite les cultures et les résineux. Quand les vignes sont visibles, elles le sont à moins de 200 mètres du point d'observation ; il en va de même de l'eau et des routes. Les prés, les feuillus, les voies ferrées et surtout les buissons interviennent plus loin dans la profondeur du champ visuel.

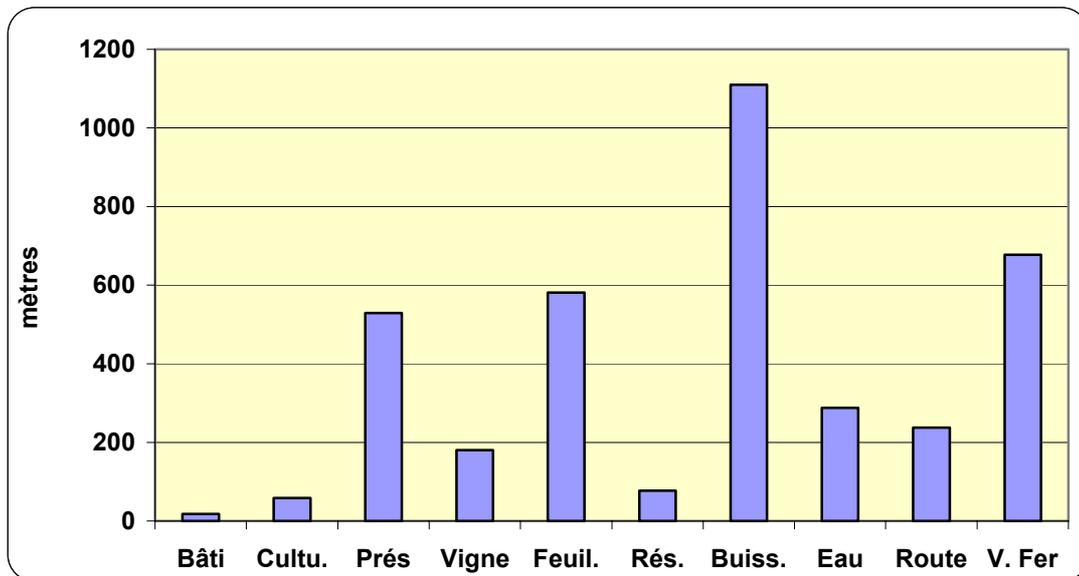


Figure III-22 : Proximité visuelle des objets (en mètres)

2. Le prix hédoniste des attributs non paysagers

Les résultats que nous présentons dans cette section concernent le prix des attributs non paysagers des maisons : caractéristiques propres, comme la surface habitable et celle du terrain, le nombre de pièces, de salles de bain, etc., caractéristiques de la transaction, comme sa date et le type de vente, etc.³.

Nous sommes souvent amenés à distinguer les transactions situées dans le pôle urbain de Dijon (c'est-à-dire dans les communes de banlieue) du reste de la région d'étude. Cela permet d'observer une variabilité assez importante de certains résultats, ce qui amène à rappeler qu'une grande prudence est de rigueur dans l'interprétation des prix hédonistes obtenus (chapitre II, section 4.3.3). Cependant, ces résultats ont été soumis à la discussion d'experts du marché immobilier (notaires, responsables des Domaines et de la SAFER Bourgogne) qui ont pensé que les ordres de grandeur obtenus étaient vraisemblables.

2.1. La surface habitable

Nous estimons le prix d'un mètre carré de surface habitable toutes choses égales par ailleurs, c'est-à-dire un prix qui n'intègre pas le prix des attributs qui composent le logement. Ce prix hédoniste est égal, en moyenne⁴, à 1 555 euros par mètre carré (± 202 euros⁵) et à 775 euros dans les communes du pôle urbain de Dijon⁶. Un mètre carré supplémentaire augmente le prix global d'une maison de 1,4 % ($\pm 0,2$ %), toutes choses égales par ailleurs. Compte tenu de l'écriture du modèle économétrique, le prix hédoniste du mètre carré habitable est à peu près proportionnel au prix global de la maison. C'est ainsi que la valeur du mètre carré de plancher est de 1 231 euros pour la transaction située à 25 % de la distribution selon les prix (Q1 en termes statistiques⁷) et qu'elle est de 1 854 euros pour celle située à 75 % (Q3).

Ce résultat est cohérent avec ceux obtenus dans d'autres travaux réalisés en France avec la méthode des prix hédonistes :

- Cavailhès (2005) estime le prix hédoniste moyen annuel d'un mètre carré de surface habitable pour les logements locatifs des villes de taille comparable à Dijon (entre 140 000 et 210 000 habitants), à partir de l'enquête *Logement* de l'INSEE de 1996. Il obtient 276 francs (42 euros) par an, soit 1,1 % du prix du loyer. Cela correspond à

³ Les estimations n'utilisant que les seules variables qui caractérisent le bien vendu et les modalités de la transaction, à l'exclusion des variables paysagères qui n'ont été introduites que dans la section 3 de ce chapitre, permettent d'utiliser le modèle à effet fixe et celui à effet aléatoire, présentés dans le chapitre 2 (section 4), alors que seul le modèle en doubles différences est utilisé pour les variables paysagères. Nous avons vérifié que cette procédure n'avait pas d'effet sensible sur les résultats.

⁴ Les valeurs médianes sont à peu près égales aux moyennes.

⁵ Nous indiquons entre parenthèses l'intervalle de confiance à 95 %, qui est l'incertitude de l'estimation économétrique : il y a 95 chances sur cent pour que la « vraie » valeur se situe dans l'intervalle donné (cf. chapitre II, section 4.3.3).

⁶ Le modèle à effet aléatoire donne 1 547 euros par mètre carré et 1 090 dans le pôle urbain.

⁷ En rangeant les transactions par ordre de prix croissant, Q1 est la transaction située en haut du premier quartile (25 % des transactions ont un prix plus faible) ; Q2 est le prix médian, qui sépare en deux l'ensemble, la moitié ayant un prix plus bas et le complément un prix plus élevé ; Q3 est la transaction située aux trois quarts de la distribution (75 % des transactions ont un prix plus faible).

une valeur capitalisée⁸ de 1 142 euros en avril 1999, valeur intermédiaire entre celle obtenue ici dans le pôle urbain et dans le reste de la zone d'étude (les trois quarts des logements locatifs analysés sont situés dans des pôles urbains).

- Gravel *et al.* (2001) ont analysé le prix de maisons du Val-d'Oise pour la période 1985-1993. Ils ne disposent pas dans leur base de données de la surface habitable, mais à partir du nombre de pièces et de leur surface moyenne il est possible de calculer que le prix hédoniste du mètre carré de plancher est de 745 euros. Les prix ont baissé entre la date moyenne (1990) de leur étude et celle de la nôtre (la baisse est de 25 % environ pour Paris intra-muros). Il semble donc que notre estimation soit sensiblement supérieure à la leur.
- Kazmierczak-Cousin (1999) estime qu'un mètre carré supplémentaire de surface habitable fait augmenter le prix d'une maison de 1,1 % dans l'agglomération de Brest (période 1991-1996).
- Marchand et Skhiri (1995) ont analysé le marché de sept petites ou moyennes villes et de Bordeaux entre 1990 et 1991. Ils obtiennent un prix hédoniste du mètre carré de surface habitable qui représente 1,3 % du prix des maisons, valeur presque identique à la nôtre.

Au total, un prix hédoniste de 1 500 euros par mètre carré de surface habitable qui correspond à (toutes choses égales par ailleurs) un peu moins de 1,5 % du prix d'une maison semble un ordre de grandeur raisonnable.

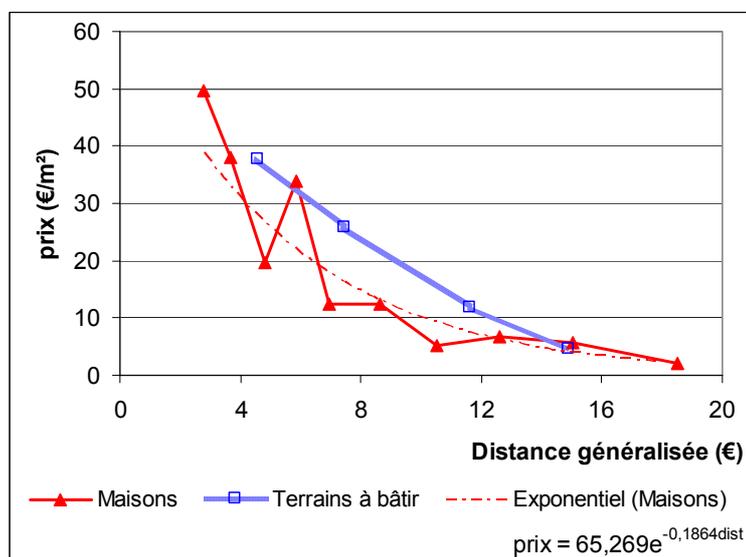
2.2. La surface du terrain

Il est possible d'estimer le prix du terrain à partir des ventes de maisons ou de terrains à bâtir. Le premier échantillon donne une valeur médiane d'un mètre carré de terrain de 24,4 euros (modèle à effet aléatoire) et le second de 15,3. Ces valeurs ont peu de sens en elles-mêmes. On sait, en effet, que la capitalisation dans la rente foncière d'attributs géographiques se traduit par des valeurs du mètre carré de terrain variables selon la localisation. On distingue généralement un premier effet lié à la distance⁹, un deuxième dû à la population et un troisième provenant de la qualité du voisinage. Ce sont les trois principales variables qui déterminent le niveau de la rente foncière.

⁸ Avec un taux de 5 %, la valeur capitalisée est de 5 500 francs de 1996 (838 euros). Entre le premier janvier 1996 (date de l'enquête *Logement*) et la date moyenne des transactions de notre étude (avril 1999), les valeurs immobilières ont augmenté d'environ 36 % (source : INSEE, Notaires de France-Perval, champ : maisons de Province). Avec cette augmentation, on obtient un prix par mètre carré de 1 142 euros.

⁹ Pour évaluer l'effet de la distance, nous utilisons une unité que l'on appelle en économie urbaine le coût généralisé de transport. Un déplacement induit un coût direct (carburant et amortissement, entretien et assurance du véhicule) et un coût en temps (perte de temps de loisir, que l'on évalue monétairement à partir du prix de la rémunération de l'heure de travail). On considère ici qu'un kilomètre coûte 0,30 euro (tarif moyen de l'administration fiscale pour le calcul des frais professionnels de l'impôt sur le revenu des personnes physiques) et une minute de trajet 0,16 euro (obtenu à partir d'estimations du ministère en charge de l'Équipement). Connaissant la distance kilométrique routière d'une commune jusqu'à Dijon et le temps de trajet, nous calculons un coût généralisé d'accès à Dijon exprimé en euros, que nous appelons aussi « distance généralisée ». Dans la présentation des résultats qui suit, les transactions ont été réparties en dix tranches de distance comportant un nombre d'observations sensiblement égal (déciles) pour les maisons et en quatre tranches (quartiles) pour les terrains à bâtir.

En examinant l'effet de la distance (figure III-23), on constate que le prix hédoniste médian du mètre carré diminue lorsqu'on s'éloigne de Dijon (il s'agit du prix du terrain « pur », c'est-à-dire expurgé du prix de la construction elle-même). Pour les maisons (estimation à partir du modèle en doubles différences), la courbe présente une brusque augmentation entre les distances généralisées de 4-5 euros (Marsannay-la-Côte, Neully-lès-Dijon, Perrigny-lès-Dijon, etc.) et 5-6 euros (Quétigny, Couchey, Varois-et-Chaignot, Crimolois, Savigny-le-Sec), difficile à interpréter à ce stade. Pour les terrains à bâtir, la diminution est plus régulière.



Lecture : à une distance généralisée de 3 euros de Dijon le prix médian du mètre carré de terrain est d'environ 50 euros (maisons, modèle en doubles différences). La courbe rouge en pointillés correspond à un ajustement exponentiel de la courbe du prix des maisons (traits pleins, rouge), dont l'équation est donnée en légende.

Figure III-23 : Prix médian d'un mètre carré de terrain selon la distance

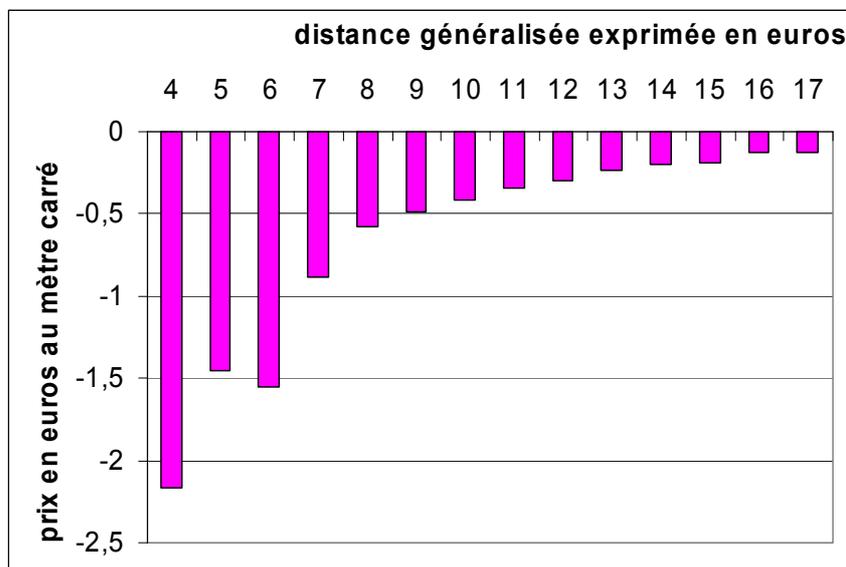
Une partie de cette diminution du prix avec l'éloignement s'explique par un arbitrage, classique en économie urbaine, entre coût de déplacement et coût foncier. Les économistes montrent que les ménages font un arbitrage entre le coût de leurs déplacements quotidiens (les migrations alternantes domicile - travail) et le coût de leur logement. Un équilibre est atteint lorsque le gain d'un déplacement plus court est exactement compensé par la perte d'espace résidentiel : il n'y a alors pas de raison de déménager puisque gains et pertes s'équilibrent. La diminution des valeurs foncières lorsqu'on s'éloigne du centre-ville s'explique, en premier lieu, par ce mécanisme.

On retient souvent une baisse dont l'ordre de grandeur est de 10 % du prix foncier par kilomètre d'éloignement du centre ville. Dans le périurbain ce taux est plus faible : de - 2 % à - 4 % seulement par kilomètre. Pour la région dijonnaise, Cavailhès et Wavresky (2003) estiment que la rente foncière diminue de 12,8 % par kilomètre dans le pôle urbain de Dijon (cette estimation est imprécise car la source utilisée comporte peu de données dans le pôle) et de 3,3 % par kilomètre dans la couronne périurbaine (résultat plus fiable). Nos résultats, avec des ajustements exponentiels, donnent des rythmes de diminution qui sont :

- de 18,6 % par euro de distance généralisée pour les maisons avec le modèle en doubles différences. L'ajustement exponentiel donne un bon résultat : $R^2 = 0,90$ (cf. courbe en pointillé de la figure III-23).
- de 21,8 % par euro de distance généralisée pour les maisons avec le modèle avec effet aléatoire. La qualité de l'ajustement est comparable.

- de 20,2 % par euro de distance généralisée pour les terrains à bâtir.

Ces valeurs sont proches les unes des autres, ce qui montre que les trois modèles sont cohérents¹⁰ : lorsque la distance depuis Dijon vaut un euro en coût généralisé de transport, le prix d'un mètre carré de terrain diminue d'environ 20 %¹¹.



Lecture : à la distance généralisée de 9 euros de Dijon, un éloignement de Dijon qui se traduit par un coût généralisé de transport de un euro supplémentaire entraîne une diminution de 0,5 €/m² du prix du terrain (maisons, modèle avec effet aléatoire).

Figure III-24 : Diminution du prix unitaire du terrain pour un euro de distance généralisée

Il est possible de vérifier que les résultats sur le prix du sol, selon qu'il est estimé à partir du prix des terrains à bâtir ou de celui des transactions comportant une maison, sont assez voisins. L'annexe A-III-1 permet de faire la comparaison.

L'effet du coût de la distance sur la valeur des terrains se combine à un effet de population, ou de densité de population, qui contribue à expliquer la pente des courbes des figures précédentes. En effet, lorsque le prix du terrain est cher, la taille des lots résidentiels est petite. En raisonnant toutes choses égales par ailleurs, en particulier en contrôlant les effets de la population globale de l'aire urbaine et le revenu des ménages, cela se traduit par une variation en sens inverse de la densité de population et, généralement, de la population. Les communes à bonne accessibilité et où la population est nombreuse, ont une rente foncière élevée. Or, la taille de la population d'une commune est liée au nombre de biens publics et de services, publics ou privés, qui ont une valeur pour les ménages (ainsi qu'un coût en terme d'impôts locaux). Ces biens urbains que consomment les ménages se capitalisent également dans la rente foncière : le prix des terrains est d'autant plus élevé que la population est importante, comme le montre la figure III-25, obtenue en divisant les observations des deux

¹⁰ Avec des variantes de ces modèles, on pourrait obtenir des résultats sensiblement différents, ce qui montre les limites des méthodes d'estimation économétrique.

¹¹ Cette estimation ne peut être directement comparée à celles de Cavailhès et Wavresky (2003) où la distance était calculée par kilomètre. Deux kilomètres équivalent à environ un euro de distance généralisée à une vitesse de 60 kilomètres par heure. Il faut donc diviser environ par deux les valeurs précédentes pour obtenir un taux de diminution kilométrique.

échantillons en deux moitiés égales (le seuil est de 1 515 habitants pour l'échantillon des maisons et de 800 pour celui des terrains à bâtir¹²).

La combinaison de la valeur de l'accessibilité et de celle des biens urbains montre que la pente selon la distance est moins prononcée que ce qui apparaissait sur la figure III-24, car une partie de la décroissance est maintenant attribuée à la valeur des biens urbains, qui correspond approximativement à l'écart entre les courbes en plein et en pointillés. De plus, la variation brusque observée dans le cas des maisons entre 4 et 6 euros de distance généralisée disparaît : elle était due (en partie au moins) à un nombre élevé de communes de plus de 1515 habitants aux environs de 6 euros de distance généralisée. En revanche, la pente reste prononcée près de Dijon tandis qu'en périphérie, elle devient très faible. Nous reviendrons par la suite sur l'analyse de l'écart entre les deux courbes de cette figure III-25.

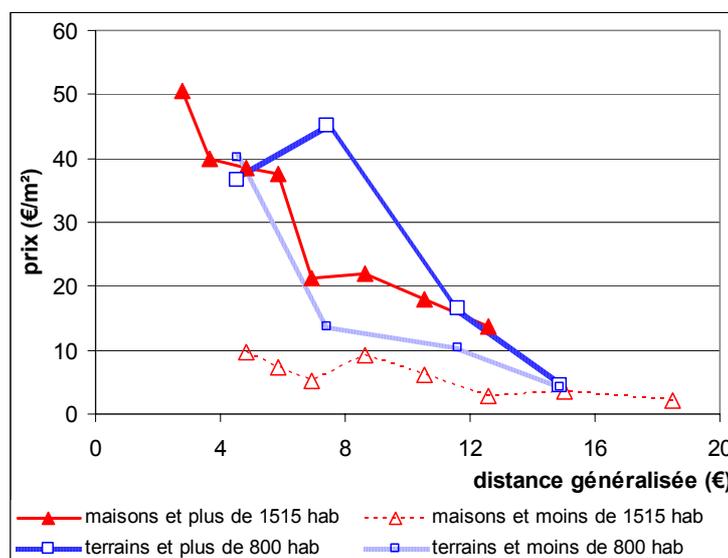


Figure III-25 : Prix médian d'un mètre carré de terrain selon la distance et la taille des communes

La troisième variable de localisation habituellement prise en compte en économie urbaine est la qualité du voisinage. Vivre dans une commune de ménages aisés a une valeur pour les habitants de cette commune car ce voisinage procure des services publics ou privés nombreux et de qualité, des contacts sociaux de « qualité » (bons établissements scolaires, sécurité) et parfois un environnement plaisant (qualité des paysages, etc.). Cette valeur du voisinage se capitalise également dans la rente foncière. Nous prenons le revenu imposable moyen de la commune comme variable représentant cette qualité sociale du voisinage.

Selon le modèle à effet aléatoire, le prix de la qualité du voisinage est élevé : lorsque le revenu imposable moyen d'une commune augmente de 1 000 euros, le prix d'une transaction augmente de 3 070 euros. Une maison située au niveau Q1 (premier quartile) dans l'ordre des revenus imposables communaux vaut 5 800 euros de moins que la même maison située à la médiane de cette distribution, cette dernière valant elle-même 7 200 euros de moins qu'une maison située à Q3. L'effet sur la valeur immobilière du passage de Q1 à Q3 est donc de 13 000 euros, soit environ 12 % du prix d'une maison. Cavailhès (2005), pour les aires urbaines dont la ville-centre a entre 140 000 et 210 000 habitants, obtient une valeur, nettement plus élevée, de 29 000 euros. Mais les logements locatifs qu'il analyse sont probablement assez

¹² Le modèle en double différence est utilisé dans les deux cas.

différents de ceux en propriété étudiés ici, avec des mécanismes de ségrégation sociale plus importants dans le parc locatif, ce qui peut expliquer cette différence. On trouvera en annexe (A-III-2) une présentation de la combinaison des effets de la distance, de la population et du revenu communal sur la rente foncière.

En nous en tenant, à partir du modèle en doubles différences¹³, à l'interaction entre la distance et la population des communes, le tableau III-3 montre, tout d'abord, que le prix du mètre carré de terrain est sans commune mesure avec le prix d'une terre agricole. En analysant le marché foncier à partir des notifications des notaires à la SAFER de Bourgogne, Cavailhès et Wavresky (2003) estiment le prix des terres agricoles destinées à l'urbanisation à 8,8 euros par mètre carré dans le pôle urbain dijonnais et, en chiffres ronds, à 1 euro en dehors de celui-ci. Même en ajoutant le coût de la viabilisation et les frais de transaction, on reste très loin du prix des terrains payés par les ménages. Cela montre l'ampleur des plus-values réalisées lorsque des terres agricoles sont converties à des usages résidentiels (de plus, le prix des terres restant à usage agricole est nettement inférieur).

Distance généralisée	Moins de 1515 habitants (1)	Plus de 1515 habitants (2)	Différence moyenne (3) = (2) - (1)
< 3,1 €	9,6	50,5	32,1
3,1 à 4,2 €		39,9	
4,2 à 5,47 €		38,6	
5,47 à 6,23 €		37,6	
6,23 à 7,65 €	5,1	21,2	16,1
7,65 à 9,66 €	9,3	22,0	12,7
9,66 à 11,41 €	6,1	13,8	10,1
11,41 à 13,78 €	2,9		
13,78 à 16,29 €	3,5		
> 16,29 €	2,1		

Prix médian en euros par mètre carré, maisons, modèle en doubles différences

Tableau III-3 : Prix du terrain selon la distance et la taille des communes

Le tableau III-3 montre également l'importance de la population, qui capte en partie l'effet des biens urbains capitalisés dans la rente foncière. Dans les communes périphériques plus peuplées que la moyenne, la valeur de ces biens urbains capitalisée dans un mètre carré de terrain est d'une dizaine d'euros supérieure à celle des villes moins peuplées (tableau III-3, colonne 3) ; près de Dijon, cet écart dépasse une trentaine d'euros par mètre carré ; dans les communes à une distance moyenne l'écart est d'une quinzaine d'euros par mètre carré de terrain.

¹³ Le modèle à effet aléatoire permet d'estimer qu'une augmentation de 1000 habitants d'une commune fait augmenter le prix des maisons de 1680 euros.

Dans les deux tranches de taille des communes, le terrain est à peu près cinq fois plus cher près de Dijon qu'en périphérie lointaine. L'effet « pur » de l'accessibilité sur les valeurs foncières reste donc important. Au total, entre une petite commune rurale excentrée et une commune urbaine proche de Dijon, le prix du terrain est multiplié environ par 25, par 50 si on le compare au prix d'une terre agricole.

2.3. Prix des attributs des maisons

Le prix hédoniste des attributs renseignés dans la base de données est indiqué dans le tableau III-4, pour ceux dont le prix est significativement non nul. Le pôle urbain (hors Dijon) est distingué du reste de la zone étudiée lorsque les valeurs estimées sont significativement différentes, et un prix unique est indiqué dans le cas contraire.

	Modèle en double différence		Modèle à effet aléatoire	
	Ensemble	Pôle urbain	Ensemble	Pôle urbain
Salle de bain	28 515	10 730	27 670	13 320
Sous-sol	4 120		3 410	
Cave	1 240		3 260	
Combles	7 270		9 460	
Piscine	11 290		7 200	
Parking	/	3 560	4 250	
Nombre de niveaux	- 15 090	2 020	- 14 590	- 4 570
Année de construction Maison neuve	35,6		1 030	
Maison de ville	- 8 960	10 690	- 13 400	8 310
Chalet	- 19 614		- 17 350	
Ferme	8 598		11 130	
Mauvais état	- 14 700	- 12 710	- 12 920	

Prix médian en euros. Salles de bain : par unité. Année de construction dans le modèle à effet aléatoire : différence entre une maison neuve et une maison construite cinq ans plus tôt.

Tableau III-4 : Prix des attributs des maisons

La salle de bain est l'attribut qui a le prix hédoniste apparent le plus élevé. Dans les deux modèles, une unité supplémentaire coûte environ 28 000 euros (11 000 à 13 000 euros dans le pôle urbain). C'est une valeur au-dessus de ce qu'on peut attendre et de celles qu'on trouve dans d'autres travaux ; par exemple Cavailhès (2005) et Marchand et Skhiri (1995) estiment à 14 000 euros environ le prix d'une seconde salle de bain. La raison du prix élevé obtenu ici vient de ce que le nombre de WC du logement n'est pas indiqué dans la base de données que nous utilisons. Or, en suivant Cavailhès ou Marchand et Skhiri, le prix d'un second WC est presque égal à celui d'une salle de bain supplémentaire. Ces deux équipements sanitaires allant souvent de paire, il est probable que le prix de la salle de bain supplémentaire que nous estimons capte également le prix du second WC qui va avec. Il est dès lors logique qu'on

obtienne un prix égal au double de celui que donnerait une estimation qui séparerait les deux biens.

La piscine, présente dans 104 transactions, et les combles (163 observations) sont les attributs qui suivent dans l'ordre décroissant des prix : la valeur médiane d'une piscine est de 11 300 euros (8 800 euros pour Q1 et 14 100 pour Q3) dans l'estimation en doubles différences et de 7 000 euros dans le modèle à effet aléatoire. Le prix de combles est d'environ 7 000 à 9 500 euros. Dans le premier modèle, les parkings n'ont un prix hédoniste significativement positif, de 3 560 euros, que dans le pôle urbain (où les trois quarts des maisons en ont au moins un), alors que dans le second un prix comparable en ordre de grandeur (4250 euros) s'applique partout.

Le prix hédoniste des constructions récentes est étonnamment faible, puisqu'une maison construite un an plus tard que la moyenne ne vaut que 36 euros de plus dans le modèle en doubles différences et qu'une maison neuve ne vaut que 1 000 euros de plus qu'une construction datant de cinq ans dans le modèle à effet aléatoire. C'est le seul résultat surprenant par rapport à des travaux comparables, français comme anglo-saxons, qui indiquent que les maisons neuves (ou récentes) se vendent nettement plus cher que les constructions plus anciennes. Cependant, les experts auxquels les résultats ont été présentés ne trouvent pas cela anormal. La flambée des prix immobiliers explique, selon eux, que le neuf se vende à peu près au même prix que l'ancien, d'autant plus que les constructions en France sont particulièrement durables (à la différence des Etats-Unis où leur durée de vie est plus faible).

Une maison à étages vaut moins cher que celles de plain-pied, mais l'écart est faible dans le pôle urbain. Le nombre de pièces d'un logement est une variable qui peut avoir un prix hédoniste significatif ; cependant, comme il est très lié à la surface habitable, nous avons introduit la taille moyenne des pièces principales. Le résultat présente une forme presque linéaire qui montre que les petites pièces ont un prix hédoniste supérieur aux grandes. Les autres attributs sont moins faciles à analyser, en ce sens qu'ils sont souvent sensibles au codage subjectif du notaire concernant, par exemple, le mauvais état d'une maison. Le résultat indique, cependant, une décote importante, de l'ordre de - 13 000 à - 15 000 euros.

2.4. Prix de caractéristiques de la transaction

La base de données comporte également des variables qui se rapportent à la transaction ou à son contexte. Le tableau III-5 renseigne les résultats. Dans le premier modèle, les ventes entre particuliers valent en moyenne 2 400 euros de moins que celles dans lesquelles des agences immobilières ou des notaires interviennent (ces deux types d'agents ne se différenciant pas). C'est logique puisque les frais de mutation et de transaction sont plus faibles dans ce cas. Dans le second modèle, ce sont les transactions passant par une agence immobilière qui sont plus chères, l'explication étant la même. La mutation précédente joue un rôle pour expliquer le prix actuel. En effet, les échanges et, dans une mesure moindre, les successions ou partages sont moins chers que les mutations de gré à gré, qui sont l'essentiel des mutations précédentes. Ceci est probablement dû à un pouvoir de négociation amoindri pour le vendeur. Enfin, lorsque l'acquéreur occupe déjà le bien il le paye bien moins cher dans le périurbain (environ 20 % ; pas d'écart dans le pôle urbain), ce qui s'explique aussi par le rapport de force entre les échangistes.

	Modèle en double différence		Modèle à effet aléatoire	
	Périurbain	Pôle urbain		
Acquéreur occupant	- 18470	- 180	- 18600	1060
Négociation : particulier à particulier Par professionnel	- 2440		3490	
Mutation précédente :				
échange	- 11550		- 10350	
succession	- 3030		- 580	
partage	- 3730		- 3840	

Prix médian en euros

Tableau III-5 : Prix de caractéristiques de la transaction

2.5. La date de mutation

Le prix moyen des maisons vendues en 1995 (350 observations) était de 20,7 % inférieur à celui de celles vendues en 2002 (862 observations). Durant ces sept années, l'augmentation de l'indice général des prix a été d'environ 10 %. Les valeurs immobilières ont donc augmenté d'environ 10 % en euros constants dans la région dijonnaise. La progression observée au niveau national¹⁴ est identique.

Durant cette période, la surface habitable des maisons de notre échantillon s'est accrue de 4,5 % et celle des terrains de 6 %. On peut donc attribuer environ la moitié de l'augmentation globale à l'augmentation de ces deux surfaces. Il faut probablement tenir compte également d'un effet de qualité ; à titre d'exemple, le nombre de salles de bain par logement s'est accru de 7,5 % durant cette période. On comprend qu'il soit difficile d'aller plus loin dans l'analyse des causes de l'augmentation des valeurs immobilières à partir d'éléments descriptifs de ce type. Par ailleurs, pour de nombreux professionnels, la rareté de la matière première foncière est une des raisons de la flambée des prix actuelle. Or, entre les 137 ventes de terrains à bâtir effectuées en 1995 ou 1996 et les 425 qui ont été faites en 2002, le prix unitaire du mètre carré de terrain n'a progressé que de 1 %, ce qui signifie qu'il a diminué en euros constants. Mais il est possible que cette baisse soit due à l'éloignement accru des transactions : pour les terrains à bâtir, la distance généralisée moyenne était de 7,3 euros en 1995-96 et elle est de 10,3 euros en 2002.

Seul un modèle économétrique permet d'aller plus loin dans l'analyse, pour savoir si le prix a augmenté ou diminué toutes choses égales par ailleurs, et en particulier la distance dont nous avons vu le rôle déterminant dans les valeurs foncières. C'est ce que présente le tableau III-6 qui permet d'analyser l'effet de la date de mutation sur le prix des maisons, selon la distance généralisée à Dijon. Il montre, tout d'abord, que l'effet de la date, toutes choses égales par

¹⁴ Après une baisse importante en euros constants de 1990 à 1998, les prix commencent à augmenter en 1999 et le mouvement se poursuit et s'accélère après la période d'observation pour laquelle nous disposons de données.

ailleurs, correspond à une augmentation annuelle du prix des maisons égale ou supérieure à 4 % pour la plupart des distances. Le modèle en doubles différences donne une valeur égale à 4 % par an. L'inflation étant inférieure à 2 % par an durant cette période, il y a donc un effet sensible d'augmentation des prix en euros constants, et toutes choses égales par ailleurs, que l'on peut estimer supérieur à 2 points par an.

L'effet de la distance depuis Dijon sur l'augmentation des prix au cours de la période n'est pas très net. Les prix ont augmenté d'environ 4 500 euros par an pour la plus faible distance généralisée comme pour la plus grande, avec des augmentations généralement plus fortes à des distances intermédiaires. En pourcentage, il semble, par contre, y avoir un effet positif de la distance puisque les prix ont augmenté de 3,5 à 4,5 % par an pour les distances généralisées faibles et de 5 à 6,5 % pour les plus éloignées, avec des valeurs de 4 à 5 % par an pour les distances intermédiaires. En termes relatifs, il semble donc que l'augmentation des prix a donc été plus importante dans le périurbain que dans le pôle urbain¹⁵.

Distance généralisée	glissement annuel du prix (euros)	glissement annuel du prix (%)
< 3,1 €	4 547	3,3
3,1 à 4,2 €	5 347	4,6
4,2 à 5,47 €	4 283	3,5
5,47 à 6,23 €	4 473	4,0
6,23 à 7,65 €	6 638	5,3
7,65 à 9,66 €	5 795	4,6
9,66 à 11,41 €	5 292	5,2
11,41 à 13,78 €	5 311	5,5
13,78 à 16,29 €	3 713	4,7
> 16,29 €	4 504	6,4

Tableau III-6 : Prix hédoniste de la date de mutation selon la distance généralisée à Dijon (euros et %)

L'aspect temporel est également analysé sur les transactions de terrains à bâtir. L'augmentation des prix est nettement supérieure à celle des maisons, puisqu'elle atteint 9 % par an. L'hypothèse de rareté de l'offre de terrains à bâtir est donc confirmée par cette estimation. Elle montre également que la baisse apparente de 1 % au cours de la période doit être attribuée à l'éloignement accru des terrains nouvellement convertis, ce qui va dans le même sens, la rareté amenant à rechercher des terrains plus loin. Cependant, une augmentation de 9 points par an semble très rapide (elle conduit à un doublement du prix en neuf ans). Il est possible qu'elle soit exagérée du fait d'un artefact statistique¹⁶.

¹⁵ Il faut rester prudent car le modèle à effet aléatoire semble, au contraire, indiquer une progression du prix des maisons au cours de la période légèrement plus rapide dans le pôle urbain.

¹⁶ Il peut s'agir d'un biais de sélection. En effet, la base de données comporte peu de terrains à bâtir pour les premières années et un nombre important en fin de période. Si les quelques terrains à bâtir notifiés en 1995 et 1996 présentaient des caractéristiques particulières et qu'en 2002 ils soient à peu près tous présents dans la base de données, la comparaison ne se ferait pas toutes choses égales par ailleurs, ce qui biaiserait le taux d'augmentation du prix.

2.6. Résumé et conclusions

Retenons, tout d'abord, que les prix hédonistes des caractéristiques des logements, en réservant la question des attributs paysagers pour la section suivante, semblent assez robustes. Deux modèles économétriques différents ont permis de décomposer le prix global des transactions portant sur les maisons en prix unitaire des principaux attributs ; les résultats de ces deux modèles sont voisins. En outre, le prix du terrain nu a été estimé à partir des deux échantillons des transactions de maisons et de celles de terrains à bâtir ; les résultats sont également presque les mêmes. Les prix hédonistes que nous obtenons par les différents modèles sont, enfin, cohérents avec ceux obtenus dans les quelques autres études françaises qui ont utilisé la méthode des prix hédonistes.

Un mètre carré de surface habitable nue (c'est-à-dire sans les attributs qui l'accompagnent) vaut environ 1 500 euros, soit un peu moins de 1,5 % du prix global d'un logement. Un mètre carré de terrain, nu également, vaut environ 40 à 50 euros près de Dijon et il décroît de 20 % lorsque la distance généralisée à Dijon augmente d'un euro, de telle sorte qu'il n'est plus que d'une dizaine d'euros à une distance de 12 euros et de deux euros lorsqu'on atteint la périphérie de la zone d'étude.

Le prix des transactions est supérieur dans les communes plus peuplées que la moyenne (elles valent environ 1 700 euros de plus lorsque la population augmente de 1 000 habitants), ainsi que dans les communes plus riches (le prix d'une transaction augmente de 13 000 euros lorsqu'on passe de la commune qui est au premier quart de la distribution selon le revenu imposable à la commune située au troisième quart).

Les attributs des logements qui sont identifiés dans la base de données ont des prix hédonistes cohérents avec les résultats obtenus par ailleurs (à une exception près). Salle de bain, combles, piscine, sous-sol, parking et cave ont des prix hédonistes positifs, les maisons à plusieurs niveaux, ou celles en mauvais état, ont au contraire des prix négatifs. La date de construction n'a, apparemment, qu'un effet très faible sur le prix des transactions, ce qui est l'exception par rapport à la plupart des autres travaux qui lui attribuent un prix hédoniste élevé.

L'analyse de l'effet de la date de transaction montre que l'augmentation observée entre 1995 et juin 2002 (date des dernières mutations présentes dans la base de données), de 20 % environ, est due pour moitié à l'inflation. Les 10 % de progression en euros constants s'expliquent grosso modo pour moitié par un effet de quantité (surface habitable et terrain), auquel il faut probablement ajouter un effet de qualité. L'analyse, toutes choses égales par ailleurs, montre que le prix augmente d'environ 2 points par an pour les maisons et nettement plus pour les terrains à bâtir.

3. Le prix hédoniste des attributs paysagers

Nous présentons tout d'abord les éléments de méthode permettant de définir et de choisir les attributs paysagers, et le modèle économétrique adéquat pour estimer leur prix hédoniste. Ensuite, arrivent les résultats d'ensemble avec des développements plus détaillés concernant l'importance des champs de vision et des superficies vues, l'occupation paysagère du sol, la composition paysagère, le rôle de la topographie, des objets singuliers et de la distance, enfin l'importance de la vision elle-même.

3.1. Méthode

3.1.1. Définition des attributs paysagers

Les attributs paysagers d'un bien immobilier qui peuvent avoir un prix hédoniste non nul sont, en premier lieu, les douze catégories d'occupation du sol définies par l'analyse et la classification des images satellites. En effet, ces catégories regroupent des objets de nature et de hauteur variées, qui peuvent être vus ou masqués selon leur disposition mutuelle et leur situation topographique. Le chapitre II détaille la méthode utilisée pour constituer les variables qui en découlent. En résumé, les douze catégories sont le bâti, les routes, les voies ferrées, les zones d'activité, les champs cultivés, les prairies, les vignes, les formations arborées de feuillus, de résineux, les buissons, les carrières et, enfin, l'eau. L'information de base est constituée par le comptage différencié des pixels, selon les types d'occupation du sol et leur présence dans six champs de vision emboîtés, de 0 à 70 mètres, de 70 à 140 mètres, de 140 à 280 mètres, de 280 à 600 mètres, de 600 à 1 200 mètres et enfin au-delà de 1 200 mètres. Le premier champ est vu depuis tous les points d'observation, les suivants le sont si la topographie du lieu ou la présence de masques visuels (bâti, arbres, etc.) ne masque pas la vue.

Les pixels vus

Les types d'occupation des sols dans ces champs de vision peuvent intervenir dans l'explication du prix d'une transaction selon cinq modalités : en superficie (la liaison entre le prix et la quantité est linéaire) ; en logarithme de la superficie (le prix hédoniste augmente moins vite que la superficie, ce qui correspond à un effet de saturation) ; en pourcentage du champ occupé par un type ; en logarithme du pourcentage ; en éloignement du pixel le plus proche d'un type donné¹⁷.

Ces différentes modalités rendent compte de différentes attitudes possibles d'un agent économique qui peut payer un bien immobilier plus cher (ou moins cher) pour voir (ou ne pas voir) une superficie d'un certain type, avec ou sans saturation, ou bien pour que son champ de vision soit composé en taux d'occupation par un type, ou enfin, pour voir (ou non) un pixel d'un type particulier le plus près (ou le plus loin) possible. Ne sachant pas ce qui est recherché - et valorisé - par les ménages, nous introduisons ces différentes modalités en concurrence, de façon à ce que ce soit celle qui contribue le mieux à l'explication du prix du bien qui l'emporte. Ces modalités sont évidemment corrélées entre elles ; retenir une modalité plutôt qu'une autre ne signifie donc pas que les autres ne pourraient pas intervenir.

¹⁷ Nous n'avons fait intervenir la distance aux divers types de pixels d'occupation des sols que lorsqu'elle était inférieure à 100 mètres.

La soumission à la vue

Deux aspects doivent être distingués en ce qui concerne non pas la vue proprement dite mais la soumission à la vue d'autrui. Premièrement, il est fréquent que des éléments paysagers plans comme les routes ou les cours d'eau, ne soient pas vus depuis une habitation en raison d'un masque topographique ou d'un objet faisant écran (cf. chapitre II, section 1.3). Cependant, en sens inverse, un observateur extérieur, en station sur un de ces éléments plans, peut voir cette habitation ou plus précisément une personne assise dans le jardin de celle-ci (à une hauteur de un mètre du sol), s'il est assez grand pour que son œil passe au-dessus des masques qui s'interposent tels que clôture ou haie basse, par exemple. Deuxièmement, un phénomène de même type se produit lorsque les rapports de visibilité jouent à des hauteurs différentes. Par exemple, on peut voir une maison qui s'élève à 7 mètres du sol sans être soumis au regard de la personne située en rez-de-jardin de cette même maison.

La vision d'en haut

Vue et soumission à la vue définissent des rapports au paysage d'ordre sensoriel qui sont matériellement contraints par l'agencement mutuel de la topographie et de l'occupation sol ; les méthodes décrites dans le chapitre II permettent de formaliser et d'analyser les rapports en question pour en mesurer l'impact en terme économique. Cependant, les indicateurs de visibilité directe ne sont pas seuls à intervenir. Il est sûr que les ménages sont également sensibles à la composition de leur environnement qu'il soit visible ou non. Par exemple, la simple présence de routes ou de voies ferrées, même masquées, peut être source de nuisances qui ne relèvent pas de la visibilité (bruit, trafic, danger pour les enfants ou les animaux domestiques, etc.). Il est donc intéressant d'introduire des attributs qui permettent d'appréhender ce type de contexte. A cette fin, l'analyse du paysage conduite du dessus, en vue zénithale, offre des ressources intéressantes : les bases de données en échelles emboîtées que nous avons constituées, comportent une grande richesse d'informations également mobilisables pour caractériser l'environnement autour de chaque point de transaction. La prise en compte de l'information par auréoles concentriques est, à cet égard, particulièrement bien adaptée puisqu'elle permet de sérier le rôle des différents composants en fonction de l'éloignement.

La distance

Le critère de distance est en effet très sensible comme l'ont montré certains travaux. Les ménages marquent effectivement leur préférence pour les habitations dont le proche voisinage comporte certains types d'occupation du sol signant un cadre de vie de qualité. Dans certains cas, lorsqu'il s'agit de forêt ou de golf par exemple, l'adjacence est davantage encore prisée. De notre côté, nous n'avons pas pris en compte l'adjacence, car il suffirait d'une erreur de quelques mètres dans le géoréférencement des maisons pour que cette variable soit faussée. En revanche, nous avons testé si les distances aux divers types d'occupation du sol intervenaient pour expliquer le prix des transactions. Compte tenu de l'importance du champ de vision rapproché (cf. infra), seules les distances inférieures à 100 mètres sont prises en compte (nous considérons qu'au-delà il y a indifférence). Cette distance peut intervenir sous forme linéaire, logarithmique (le prix décroît plus vite que ne s'accroît la distance), ou de façon qualitative : plus près ou plus loin que la distance moyenne d'un groupe de référence.

La composition paysagère

La méthode quantitative et « objectiviste » que nous employons ne permet pas de faire intervenir des critères qui relèvent de l'esthétique ou de l'analyse cognitive et par conséquent

d'autres disciplines comme la philosophie, la sociologie ou psychologique, mais elle permet de construire des indices de composition paysagère qui s'inspirent de l'écologie du paysage.

Nous avons utilisé la base documentaire *Fragstats* pour calculer plusieurs indices dans les voisinages de 0 à 70 mètres et de 70 à 140 mètres (il s'agit donc d'une vision d'en haut). Sur le très grand nombre d'indices possibles, un premier tri a permis de retenir ceux qui peuvent être directement calculés, sans faire intervenir d'hypothèses écologiques. Nous avons, ensuite, distingué des indices globaux qui résultent d'un calcul appliqué aux douze catégories d'occupation des sols et des indices par classe, spécifiques aux principales de ces catégories.

Dans le premier groupe, nous avons testé les éléments dont voici la liste.

- Des indices de densité ou de diversité. Il s'agit de la richesse (nombre de classes présentes), de la dominance d'une classe (entropie de Shannon ou de Simpson), de la taille moyenne des taches ou de la présence d'une tache prépondérante, de la longueur comparée des lisières.
- Des indices de forme, indiquant leur compacité (rapport du périmètre à la surface, de la longueur des lisières à leur longueur théorique pour une forme compacte, rapport de la surface à celle d'un cercle circonscrit, etc.) ou leur cloisonnement (indice de contiguïté).
- Des indices de contagion. Il s'agit d'indice d'auto-adjacence ou d'agrégation (part des contacts de même classe relativement à tous les contacts), de contagion, d'interspection (entropie des fréquences de contact entre les taches) ou de division (somme des carrés des rapports de la surface de taches à la surface totale, retranchée de 1).

Plusieurs de ces indices donnent des résultats significatifs, mais avec de fortes corrélations entre eux. Nous avons finalement retenu, parmi les indices globaux, un indice de division (qui vaut zéro lorsqu'il n'y a qu'une seule tache et un pour une mosaïque complète), de contiguïté (qui vaut zéro pour un paysage cloisonné et un si la connectivité est totale entre toutes les formes) et la part de la tache dominante (qui mesure la proportion occupée par la tache de surface maximale). Parmi les indicateurs relatifs à un type d'occupation du sol, c'est le nombre de taches de feuillus et la longueur des lisières de cette catégorie (mesurée en mètres) qui sont les plus significatifs. Ces variables n'interviennent que dans le champ des 70 premiers mètres autour d'une maison car elles produisent des résultats statistiquement nuls au-delà.

La topographie

A ce titre, nous avons retenu des indicateurs qui définissent le paysage dans sa structure physique comme la pente, le rayonnement solaire et l'exposition dominante du terrain lorsqu'il n'est pas plat. Nous avons également établi un indicateur d'encaissement qui mesure la différence d'altitude entre le pixel d'observation et la moyenne des pixels vus (position dominante ou dominée) (cf. chapitre II).

Les objets singuliers.

La proximité de voies à grande circulation (autoroutes, voies rapides) est susceptible d'avoir un prix hédoniste négatif, dû aux nuisances sonores engendrées : des fuseaux de largeurs différentes, de 100, 200 et 400 mètres ont été définis de part et d'autre des voies de manière établir si le prix des transactions concernées est sensible à ce type de localisation. Il en est de même pour les voies ferrées. Enfin, la présence de certains objets singuliers à proximité des habitations peut également influencer le prix des transactions. Nous avons retenu : les églises, les silos, les carrières, les sites industriels classés Seveso, un

incinérateur, les établissements scolaires classés en Zone d'éducation prioritaire¹⁸. D'autres objets auraient également pu être retenus, comme les châteaux, les lignes électriques à haute tension, etc. Ceux que nous avons choisis sont des exemples, parmi d'autres, pour analyser l'éventuelle sensibilité des ménages à de telles proximités.

Finalement, le modèle économétrique évalue le prix hédoniste des attributs définis par l'occupation des sols, la topographie et les objets particuliers selon la méthode que nous allons exposer.

3.1.2. La méthode d'estimation du prix des attributs

Modèle en doubles différences

La méthode économétrique utilisée est présentée dans le chapitre II, section 2.4. Il s'agit d'une estimation en doubles différences : la différence entre le logarithme du prix d'une transaction et le logarithme du prix moyen des transactions du groupe (i. e. le lotissement auquel appartient la transaction ou les habitations d'une commune hors lotissements) est expliquée par des différences entre les attributs paysagers et environnementaux de ce bien immobilier et ceux de la moyenne du groupe auquel il appartient. Les caractéristiques non paysagères de la transaction, présentées dans la section 3.1 de ce chapitre, sont également introduites dans le modèle sous forme de différences entre valeur individuelle et valeur moyenne du groupe^{19,20}. De ce fait, nous nous limitons au sous-échantillon des maisons car les terrains à bâtir ne partagent avec ces dernières qu'une seule caractéristique (la surface du terrain), ce qui rend la fusion des deux sous-échantillons difficile. Plus précisément, l'estimation économétrique porte sur 4 050 transactions de maisons, après élimination de quelques observations atypiques.

Nous n'avons pas retenu le modèle avec effet aléatoire (cf. chapitre II, section 2.4.2) car il donne des résultats voisins de celui en doubles différences et il demande un temps de calcul important dû au nombre élevé d'attributs paysagers candidats à l'explication du prix d'une transaction. Comme nous l'avons dit, l'inconvénient essentiel du modèle en doubles différences est de ne pas prendre en compte d'éventuels effets inter-groupes dus à l'hétérogénéité de la région d'étude. Nous tenons compte de cette limite en introduisant dans les estimations économétriques des variables d'interaction qui permettent d'estimer des prix hédonistes

¹⁸ Des distances limites, calculées à vol d'oiseau, au-delà desquelles l'influence sur le prix d'une transaction de la présence d'un tel type d'objet nous semble pouvoir être négligée ont été définies comme suit : églises : 400 mètres ; silos : 1 500 mètres ; sites Seveso : 2 000 mètres ; incinérateur : 3 000 mètres ; carrière : 1 500 mètres ; établissement ZEP : 1 000 mètres.

¹⁹ L'introduction de variables paysagères ne modifie pratiquement pas les prix hédonistes des caractéristiques non paysagères. Cela signifie que les deux ensembles de variables sont statistiquement indépendants. Or, nous savons que certaines caractéristiques du logement sont absentes de la base de données ; par exemple, le nombre de WC n'est pas renseigné ; il en est probablement de même d'autres attributs de qualité ou de confort, comme le mode de chauffage, l'isolation thermique et phonique, etc. Si ces attributs sont également indépendants des attributs paysagers, l'absence de ces variables explicatives n'entraîne pas de biais sur les estimations du prix hédoniste des variables paysagères et d'environnement.

²⁰ Nous avons introduit deux variables supplémentaires, la première pour tenir compte des maisons construites après la date du passage du satellite (l'analyse d'image correspond à un paysage différent de celui qui s'est présenté à l'acquéreur lorsqu'il a visité le bien) et la seconde pour tenir compte d'une légère approximation faite dans l'affectation de l'utilisation du sol d'un pixel où une maison est entièrement entourée de masques.

spécifiques à certaines catégories d'espaces ou bien en faisant des estimations pour différentes zones paysagères.

3.1.3. Délimitations au sein de la région d'étude

Nous avons utilisé :

- **une typologie urbaine**, avec, d'une part, le pôle urbain (délimitation INSEE, hors commune de Dijon) qui compte 1 594 observations et, d'autre part, les communes situés hors de celui-ci, avec 2 454 observations, qui appartiennent, pour l'essentiel, à la couronne périurbaine ; mais comme la région d'étude comporte également des communes multipolarisées ou rurales, nous parlons de « ceinture périurbaine » pour désigner cet ensemble de communes extérieures au pôle. Cette première typologie se justifie par son importance en économie urbaine, comme nous l'avons vu en analysant le prix du terrain (section 3.1). En effet, il est possible que l'éloignement, en tant qu'il est lié à l'urbanisation, joue un rôle sur le prix hédoniste de certains attributs paysagers. Par exemple, la proximité d'une route (ou d'une formation arborée, etc.) peut être une nuisance (une aménité) qui ne soit pas pareillement valorisée dans le pôle urbain et dans le périurbain. La distinction du pôle urbain et de la ceinture périurbaine permet d'analyser l'existence d'effets inter-groupes de ce type, que le modèle en doubles différences ne prend pas en compte. De plus, nous avons parfois introduit une distinction au sein de la ceinture périurbaine elle-même selon qu'il s'agit d'une couronne proche ou éloignée de Dijon, ce qui est une seconde façon de tenir compte de l'influence urbaine. La première couronne (périurbain proche) est constituée des communes situées à moins de 11,4 euros de distance généralisée de Dijon (1 217 observations) et la seconde (périurbain éloigné) à une distance supérieure (1 239 observations). La distance généralisée est la somme du nombre de kilomètres par la route valorisés au coût unitaire de 0,30 euro et du temps de trajet valorisé à 0,16 euro par minute.
- **une typologie des paysages**. La seconde typologie est celle présentée dans le chapitre I (section 3.3). Afin que chaque groupe compte un nombre suffisant d'observations, nous avons retenu la classification simplifiée (en sept types), et, au sein de celle-ci, seulement quatre des zones qui ont été définies : les vallées de la Plaine dijonnaise (zone « Vallées (Ouche, Tille, Saône) » de la figure I-26, page 58 : 1 217 observations, dont 926 dans la ceinture périurbaine), le nord de la Plaine dijonnaise (zone « Collines dijonnaises et Pays de la Vingeanne » : 761 observations dont 441 dans la ceinture périurbaine) et le sud de celle-ci (zone « Plaine de Cîteaux » : 1 330 observations dont 491 dans la ceinture périurbaine) et, enfin, l'Arrière-Côte et le Plateau (zone « Côte d'Or et plateaux » : 624 observations dont 480 dans la ceinture périurbaine). Les zones 5, 6 et 7 n'ont pas été intégrées à l'analyse économétrique car l'échantillon retenu compte trop peu de maisons dans ces zones (respectivement : 2, 54 et 62).

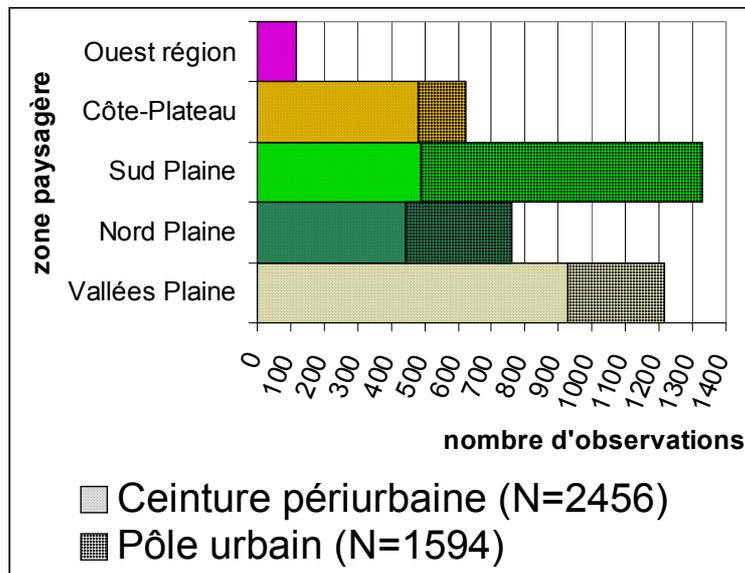


Figure III-26 : Délimitation des zones au sein de la région d'étude

- l'articulation des deux délimitations.** La figure III-26 indique l'articulation des deux délimitations principales. Nous verrons, d'une part, que les prix hédonistes des attributs paysagers sont souvent différents dans le pôle urbain et dans la ceinture périurbaine et, d'autre part, que les zones paysagères s'opposent également les unes aux autres pour de nombreux attributs. Cela conduit à faire des estimations économétriques qui permettent de distinguer le pôle urbain, qui constitue une zone particulière, et les quatre entités paysagères de la ceinture périurbaine. C'est ce que nous avons fait pour les estimations des prix hédonistes, présentées dans les tableaux qui suivent. L'avantage est de permettre de tenir ainsi compte de l'hétérogénéité paysagère de la région, mais l'inconvénient est de fournir des résultats qui reposent sur un petit nombre de données (moins de 500 observations dans trois des quatre zones paysagères de la ceinture périurbaine), ce qui fragilise les résultats. Dans certains tableaux ou figures, les résultats concernent les quatre zones paysagères dans leur ensemble (pôle et ceinture périurbaine, avec ou sans distinction de la partie proche ou éloignée), la délimitation retenue étant précisée le cas échéant.

3.1.4. Grille de lecture des résultats

Les unités de mesure du prix hédoniste

Lorsqu'une variable intervient sous forme quantitative (nombre de mètres carré, proportion d'un certain type dans un champ de vision ou distance à un pixel d'un type particulier), deux prix unitaires sont calculés. Premièrement, lorsque la variable est une surface (exprimée en pixels) ou une distance (en mètres), le prix d'un pixel supplémentaire (soit 49 mètres carré) ou d'un mètre d'éloignement sont des unités de mesure naturelles : nous les avons retenues. Elles sont, cependant, inadaptées en présence de quantités importantes car une variation d'un pixel ou d'un mètre est alors négligeable. C'est pourquoi, deuxièmement, nous rapportons le prix à un doublement de la quantité considérée de l'attribut.

Pour les variables introduites sous la forme d'une présence ou absence, c'est évidemment le prix hédoniste de cette qualité qui est estimé : une maison appartient ou non à un ruban de moins de 200 mètres de distance d'une voie rapide.

La significativité des résultats

Les résultats des sections qui suivent ne sont pas donnés pour tous les attributs testés. Nous n'avons retenu que ceux qui ont un prix hédoniste statistiquement non nul (cf. chapitre II, section 2.3.3), positif pour les aménités et négatif pour les nuisances. On peut donc en déduire que les variables qui n'apparaissent pas ont un prix hédoniste statistiquement nul, ce qui est un résultat aussi important que des prix différents de zéro : nous y reviendrons dans quelques cas.

Les résultats portant sur l'ensemble des observations ont une plus grande probabilité d'être statistiquement significatifs que ceux obtenus sur les sous-échantillons, pour deux raisons : d'une part, la significativité statistique augmente avec le nombre d'observations ; d'autre part, la variabilité des attributs paysagers est plus importante lorsqu'on agrège des zones hétérogènes. Nous vérifierons qu'il en est bien ainsi.

Plusieurs contrôles ont été effectués pour s'assurer de la qualité des résultats. Premièrement, les attributs paysagers retenus ne sont pas endogènes, au sens économétrique du terme (cf. chapitre II, section 2.3). Deuxièmement, nous nous sommes assurés de ce que les prix estimés ne résultaient pas de l'influence de transactions trop spécifiques, par exemple parce qu'elles présenteraient une quantité d'un attribut paysager très éloignée de la moyenne²¹. Les corrélations entre les variables explicatives ont été testées, ainsi qu'une éventuelle liaison entre les observations et les résidus (hétéroscédasticité).

3.2. Le prix hédoniste des attributs paysagers : résultats d'ensemble

Le tableau III-7 indique les principales statistiques descriptives des variables paysagères analysées et le tableau III-8 donne les prix hédonistes obtenus par zone. Plusieurs conclusions se dégagent, sur lesquelles nous reviendrons dans les sections suivantes.

²¹ Une première vérification est faite en excluant les centiles extrêmes de la distribution et une seconde en introduisant la variable sous forme qualitative, selon qu'elle est plus ou moins présente que la moyenne de cette distribution.

	ensemble observations			Pôle urbain Dijon			Périurbain		
	nombre	moyenne	écart-type	nombre	moyenne	écart-type	nombre	moyenne	écart-type
Nombre d'observations	4050			1594			2456		
Variables retenus dans les estimations :									
Feuillus (pixels, champ 0-70m)	1042	4,8	5,1	189	6	5,2	853	6,9	5,1
Résineux (pixels, champ 0-70m)	214	2,5	2,3	38	2,6	2,9	176	2,5	2,1
Prés (pixels, champ 70-280m)	1063	148	228	123	110	162	940	153	235
Cultures (pixels, champ 70-140m)	1024	88	148	137	164	260	887	76	118
Routes (pixels, soumission depuis champ 0-70m)	1182	18,2	26,6	264	17	28	918	18,5	26,2
Voies ferrées (pixels, champ 0-280m)	30	11,1	11,6	12	15,3	14,1	18	8,4	9,1
Bâti : écart soumission - vue (pixels, champ 0-70m)	2165	-0,9	1,1	939	-0,6	0,8	1226	-1,1	1,2
Taux bâti (champ 0-70 mètres)	3795	0,6	0,4	1488	0,8	0,3	2307	0,5	0,4
Eaux (pixels, champ 70-280m)	209	23,4	53,5	14	12,8	15	195	24,2	55,1
Déviations par rapport à l'orientation Sud	2370	0	26,9	971	0	25,5	1399	0	27,9
Pente	1540	2,4	2,1	534	2,2	2,2	1006	2,5	2
Moins 200m route grande circulation	491			274			217		
Indice de division	4050	0,58	0,23	1594	0,48	0,22	2456	0,68	0,17
Indice de contiguïté	4050	0,27	0,08	1594	0,26	0,08	2456	0,28	0,07
Tache dominante	4050	57	21,6	1594	71	19	2456	48	18
nombre de taches de feuillus		1,9	3		1,2	2,4		2,3	3,2
longueur des lisières de feuillus (mètres)		60	105		38	82		75	114

Variables non retenus dans les estimations :									
Vision au-delà de 280m	1659			300			1359		
Encaissement	4005	-73	200	1587	-42,7	141	2418	-93	228
Moins 200m voie ferrée	297			145			152		
Distance carrière si moins de 1000m (mètres)	133	691	199	41	667	227	92	702	185
Distance église si moins de 200m (mètres)	541	127	47	84	139	43	457	125	47
Buissons (pixels, champ 0-70m)	1274	4,7	3,4	202	4,6	3,2	1072	4,7	3,5
Vigne (pixels, champ 0-70m)	42	57	60	12	45	55	30	61	62
Zone d'activité (pixels, champ 0-70m)	92	10,7	5,4	67	11	5	25	8,8	6,3
Bâti (pixels, champ 70-140m)	987	7	7,5	165	5,8	6,9	822	7,2	7,6
Vigne (pixels, champ 70-140m)	49	122	144	13	124	132	36	121	150
Feuillus (pixels, champ 70-140m)	959	4,9	6,7	151	4,6	4,1	808	7,4	7
Résineux (pixels, champ 70-140m)	206	2,5	2,2	30	2,3	1,9	176	2,6	2,3
Buissons (pixels, champ 70-140m)	635	3,9	3,8	64	3,8	3,7	571	3,9	3,8
Routes (pixels, soumission depuis champ 70-140m)	579	22,5	28,2	93	33	33	486	20,6	26,8
Zone d'activité (pixels, champ 70-140m)	38	6,8	5,7	22	7,5	6,4	16	5,8	4,7
Vue entre 140 et 280m (ares)	1629	60	86	292	59	112	1337	61	79
Vue entre 280 et 600m (ares)	1265	111	163	187	145	235	1078	104	147
Vue entre 600 et 1200m (ha)	852	8,6	14	114	18,4	24,9	738	7,1	10,6
Vue au-delà de 1200 m (ha)	418	99	174	60	166	176	358	88	171
Distance site Seveso (si moins de 2000 m, km)	347	1,2	0,5	180	1,3	0,4	167	1,1	0,5
Distance silo (si moins de 1500 m, km)	127	0,8	0,4	21	1,4	0,1	106	0,7	0,3

Le nombre est celui des observations ayant une valeur non nulle de la variable. Les moyennes et écarts-types sont calculés pour ces seules observations. Les pixels ont une superficie de 0,49 ares.

Tableau III-7 : Statistiques descriptives

- Les résultats, appréciés en nombre d'attributs ayant des prix hédonistes différents de zéro, sont meilleurs avec l'ensemble des observations qu'avec des sous-échantillons, pour les raisons qui viennent d'être données. Nous nous attacherons principalement à commenter les premiers.

	Vallées			Nord			Sud			Arrière		
	Plaine dijonnaise			Plaine Dijonnaise			Plaine dijonnaise			-Côte, Plateau		
	nombre	moyenne	écart-type	nombre	moyenne	écart-type	nombre	moyenne	écart-type	nombre	moyenne	écart-type
Nombre d'observations	926			441			491			480		
Variables retenus dans les estimations :												
Feuillus (pixels, champ 0-70m)	185	5,5	4,4	144	6	4,8	118	5,8	4,7	314	8,4	5,4
Résineux (pixels, champ 0-70m)	19	1,8	1	20	1	1,2	19	2,9	2,1	93	2,9	2,5
Prés (pixels, champ 70-280m)	365	172	267	194	189	266	156	146	202	168	64	103
Cultures (pixels, champ 70-140m)	395	77	115	186	80	134	164	86	123	109	53	88
Routes (pixels, soumission depuis champ 0-70m)	315	19,4	38,8	157	25	28,6	188	14,5	21,9	202	14,7	21,5
Voies ferrées (pixels, champ 0-280m)	8	6,1	4,3	0			4	10,2	10,1	5	8,2	13,9
Bâti : écart soumission vue (pixels, champ 0-70m)	427	-1	1,1	229	-0,9	1,2	245	-1	1,2	260	-1,2	1,2
Taux bâti (champ 0-70 mètres)	893	0,5	0,3	413	0,5	0,4	467	0,5	0,4	431	0,5	0,4
Eaux (pixels, champ 70-280m)	122	32,8	67,8	29	11,2	11,8	17	8,3	12,2	17	10	14,2
Déviaton par rapport à l'orientation Sud	139	1,6	18,6	367	0,2	27,7	329	-1	22,4	463	0,1	33,5
Pente	25	1,3	0,7	272	1,8	1,2	171	1,4	0,7	435	3,4	2,5
Moins 200m route grande circulation	62			38			61			41		
Indice de division	926	0,69	0,16	440	0,68	0,18	491	0,61	0,2	480	0,72	0,15
Indice de contiguïté	926	0,3	0,07	441	0,29	0,08	491	0,29	0,08	480	0,23	0,05
Tache dominante	926	46,9	17	441	47,6	19	491	54	20,1	480	44	17
nombre de taches de feuillus	306	1,8	1,2	250	2,5	2,2	236	2,9	2,7	456	6,6	3,5
longueur des lisières de feuillus (mètres)	309	72	70	248	101	96	233	90	84	456	209	140
Variables non retenus dans les estimations :												
Vision au-delà de 280m	502			253			233			293		
Encaissement	895	-7	18,3	439	-33	134	488	-77	146	478	-290	353
Moins 200m voie ferrée	68			17			40			23		
Distance carrière si moins de 1000m (mètres)	33	682	150	13	832	116	18	825	150	19	552	198
Distance église si moins de 200m (mètres)	95	137	42	89	123	45	90	125	43	153	120	51
Buissons (pixels, champ 0-70m)	376	4,4	3,4	205	4,7	3,2	170	4,3	3	247	5,5	3,7
Vigne (pixels, champ 0-70m)	0			0			25	71	6,3	5	14	14
Zone d'activité (pixels, champ 0-70m)	17	9,3	7,4	2	5	1,4	5	8	3	0		
Bâti (pixels, champ 70-140m)	339	7,5	7,6	166	8,6	9,7	154	7,7	7,3	116	4,7	4,8
Vigne (pixels, champ 70-140m)	0			0			28	154	155	8	5,8	2,3
Feuillus (pixels, champ 70-140m)	206	5,8	5,2	153	8,3	7,4	128	5,8	6	251	8	7,7
Résineux (pixels, champ 70-140m)	30	2,4	1,3	31	2,6	2	20	2,9	3,6	72	2,7	2,5
Buissons (pixels, champ 70-140m)	217	3	2,3	120	3,9	3	85	4,1	3,9	108	5,1	5,2
Routes (pixels, soumission depuis champ 70-140m)	191	2,2	2,9	112	24,7	30,2	90	15	20,5	64	17,8	23,3
Zone d'activité (pixels, champ 70-140m)	11	6,2	4,6	2	7,5	9,2	2	4,5	0,7	0		
Vue entre 140 et 280m (ares)	497	68	82	248	77	94	232	71	83	284	28	44
Vue entre 280 et 600m (ares)	402	131	160	215	116	166	181	119	152	207	42	74
Vue entre 600 et 1200m (ha)	277	8,8	12,2	141	6,9	10	122	7,7	11,1	146	4,4	7
Vue au-delà de 1200 m (ha)	130	97	130	83	53,5	83	74	157	308	40	38	51
Distance site Seveso (si moins de 2000 m, km)	122	1	0,5	34	0,8	0,5	11	17	150	0		

Le nombre est celui des observations ayant une valeur non nulle de la variable. Les moyennes et écarts-types son calculés pour ces seules observations. Les pixels ont une superficie de 0,49 ares.

Tableau III-7. : Statistiques descriptives (suite)

	ensemble		pôle urbain		péri-urbain	
	+ 1 pixel	doublément	+ 1 pixel	doublément	+ 1 pixel	doublément
Feuillus (pixels, champ 0-70m)	451	2165	NS	NS	515	3553
Résineux (pixels, champ 0-70m)	1196	2991	NS	NS	1755	4388
Bâti : écart soumission - vue (pixels, champ 0-70m)	-915	-823	NS	NS	-1212	1333
Taux bâti (champ 0-70 mètres)	401	522	2196	3513	NS	NS
Routes (pixels, soumission depuis champ 0-70m)	-48	-874	idem ensemble		idem ensemble	
Prés (pixels, champ 70-280m)	8	147	NS	NS	8	1170
Cultures (pixels, champ 70-140m)	13	271	NS	NS	22	1702
Voies ferrées (pixels, champ 0-280m)	-258	-2054	idem ensemble		idem ensemble	
Eaux (pixels, champ 70-280m)	-90	-2094	idem ensemble		idem ensemble	
Moins 200m route grande circulation	-4976		NS		-8140	
Pente (pour cent)	-1201	-2883	idem ensemble		idem ensemble	
Déviaton par rapport à l'orientation Sud (degré)	-16	-441	NS	NS	-36	-1005
Indice division (1 pour cent)	109		NS		322	
Indice contiguïté (1 pour cent)	-117		NS		-144	
nombre taches feuillus	656		idem ensemble		idem ensemble	
tache doimnante	86		NS		209	
longueur lisière feuillus (mètres)	-12		26		-25	

	péri urbain :		péri urbain :		péri urbain :		péri urbain :	
	Vallées	Plaine	Nord	Plaine	Sud	Plaine	Arrière Côte	Plateau
	+ 1 pixel	doublément						
Feuillus : pixels* (champ 0-70m) ou distance** (mètres)	NS	NS	659*	3954	NS	NS	-96**	
Résineux : pixels* (champ 0-70m) ou distance** (mètres)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-85**	
Routes (pixels, soumission depuis champ 0-70m)	NS	NS	-138	-3438	-130	-1883	NS	NS
Prés (pixels, champ 70-280m)	NS	NS	NS	NS	28	4082	41	2642
Cultures (pixels, champ 70-140m)	18	1413	NS	NS	35	2968	NS	NS
Voies ferrées (pixels, champ 0-280m)	idem ensemble		idem ensemble		idem ensemble		idem ensemble	
Eaux (pixels, champ 70-280m)	-82	-2685	NS	NS	-767	-6367	NS	NS
Moins 200m route grande circulation	-7083		-14302		NS		-14975	
Pente (pour cent)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-1160	-3944
Bâti : écart soumission - vue (pixels, champ 0-70m)	NS	NS	-2680	-2412	-2109	-2109	NS	NS
Distance au pixel bâti le plus proche (mètres)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Déviaton par rapport à l'orientation Sud (degré)	NS	NS	-115	-3174	NS	NS	59	1961
Indice division (1 pour cent)	NS	NS	NS	NS	428		702	
Indice contiguïté (1 pour cent)	NS	NS	NS	NS	-254		-607	
nombre taches feuillus	idem ensemble		idem ensemble		idem ensemble		idem ensemble	
tache doimnante	NS	NS	NS	NS	NS	NS	276	
longueur lisière feuillus (mètres)	NS	NS	-74	-7126	-46	-4127	NS	NS

Lecture : pour l'ensemble des observations, un pixel supplémentaire de surface en feuillus (soit 49 m²) dans le champ de vision 0 à 70 mètres a un prix hédoniste de 451 euros. Le doublément de la surface en feuillus dans ce champ (qui est de 4,8 pixels : cf. tableau III-7) a un prix hédoniste de 2 165 euros. Ce prix est non significatif au seuil de 15% (NS) dans le pôle urbain et il est de 515 euros pour un pixel supplémentaire, ou de 3 553 euros pour un doublément, dans le périurbain.

Tableau III-8 : Prix hédoniste des attributs paysagers et environnementaux (euros)

- Les attributs paysagers ou environnementaux qui ont un prix hédoniste non nul sont nombreux. Parmi les types les plus fréquents, le bâti, les routes, l'agriculture, les feuillus et les résineux ressortent dans les champs de vision proches, soit pour l'ensemble des observations soit pour certaines zones (les buissons sont le seul type répandu qui n'influence pas le prix des transactions²²). Les types d'occupation du sol rares ont, par contre, un prix hédoniste qui n'est différent de zéro que dans quelques cas (eau, voies ferrées). Il est impossible de dire si ce résultat tient à un prix réellement nul ou au faible nombre d'observations (on ne voit de la vigne à moins de 70 mètres que depuis 42 maisons, des voies ferrées dans le même champ dans 14 cas, etc.). Pour des raisons statistiques, il faut rester prudent sur l'interprétation de résultats non significatifs pour des occurrences rares.
- C'est principalement l'occupation du sol à proximité immédiate des maisons, c'est-à-dire dans le champ de 0 à 70 mètres, qui compte. Les champs 70 à 140 et 140 à 280 mètres interviennent principalement pour l'agriculture et l'eau. Les types d'occupation du sol des champs visuels situés au-delà de cette distance ont un prix hédoniste négligeable.
- La ceinture périurbaine présente des prix statistiquement non nuls plus fréquemment que le pôle urbain. Cela ne signifie pas nécessairement que les paysages ne comptent pas dans ce dernier : nos variables paysagères sont surtout pertinentes pour la ceinture périurbaine où les occupations du sol « vertes » sont dominantes. Il est possible que d'autres variables, que nous ne prenons pas en considération ici, jouent un rôle important dans le pôle urbain, où l'environnement est plus bâti et les sols plus artificialisés.
- Le prix hédoniste qui correspond à une augmentation d'un pixel²³ (soit 49 mètres carré) n'est pas très élevé : il dépasse rarement un millier d'euros. Pour donner un élément de comparaison, un mètre carré de surface habitable a un prix hédoniste de 1 555 euros. Le doublement de la quantité correspond à des prix souvent plus élevés, qui varient, selon les attributs, entre 500 et 4 500 euros. Même dans ce dernier cas, cela n'équivaut qu'à trois mètres carré supplémentaires de surface habitable, ou 4 % du prix global d'une maison. La faiblesse des valeurs explique que les opérateurs du marché immobilier ont du mal à dire si les attributs paysagers interviennent ou non dans le prix des transactions. Elle explique également que le résultat soit sensible à la forme sous laquelle un attribut est introduit dans le modèle économétrique²⁴. Enfin, il est probable que l'utilisation d'une méthode moins précise que la nôtre n'aurait pas pu permettre de tirer de conclusions²⁵. Il faut, en effet, que la marge d'erreur soit faible, donc que la méthode soit d'une grande précision, pour qu'on puisse dire qu'un prix peu élevé (en valeur absolue) est statistiquement différent de zéro.

²² Il est possible que ce résultat tienne à l'hétérogénéité de la catégorie et aux limites de la classification des images satellites. La catégorie buisson peut, en effet, correspondre à des haies, à des friches en voie de lignification, à des landes faiblement arborées, à des taillis, etc. Cette hétérogénéité peut expliquer la nullité du prix hédoniste moyen de la catégorie.

²³ Nous raisonnons volontairement sur des variations de faible ampleur pour une raison théorique : les prix hédonistes sont susceptibles d'être différents de ceux qui sont estimés ici pour de fortes variations.

²⁴ Dans plusieurs cas, une modalité différente de celle retenue donne un résultat non significatif.

²⁵ Cette hypothèse sera ultérieurement testée, dans le cadre d'une autre recherche.

Sur le plan statistique, notons que les colinéarités entre variables explicatives sont faibles (à l'exception d'une liaison difficilement évitable entre l'agriculture dans les champs de vision 0 à 70 et 70 à 140 mètres). Les résidus des régressions ne dépendent pas des observations (ils suivent une loi qui n'est pas hétéroscédastique, ce qui simplifie le modèle).

3.3. Les plans de vision et les surfaces vues

Le champ de vision global est décomposé en six couronnes, comme nous l'avons expliqué précédemment. Après une description des différences observées selon la localisation, nous faisons une analyse de l'effet de l'ampleur de ce champ de vision sur le prix des maisons, ce qui permet de montrer l'importance de la distinction entre vue et soumission à la vue.

3.3.1. Existence et superficie des plans de vision

La vue depuis une maison de l'échantillon, lorsqu'on fait le tour de la parcelle, est exiguë : si sa valeur moyenne est de 121 hectares, la médiane n'est que de 833 mètres carré²⁶. Cela correspond à la surface moyenne d'un jardin. La maison médiane, par rapport à la vue, aperçoit donc à peine la surface de son propre jardin, mais pas au-delà²⁷.

La figure III-27 montre la répartition de ces surfaces vues. Un total de 1 523 maisons, soit 37,6 % de l'échantillon, offrent une vue qui ne dépasse pas les pixels adjacents, soit 441 mètres carré. La superficie vue ne dépasse 1 000 mètres carré que pour 45 % des maisons ; elle n'est supérieure à un hectare que pour 22 % et on ne voit au moins un kilomètre carré que dans 5,7 % des cas. Pour le décile supérieur de la distribution, la vue dépasse 30 kilomètres carré.

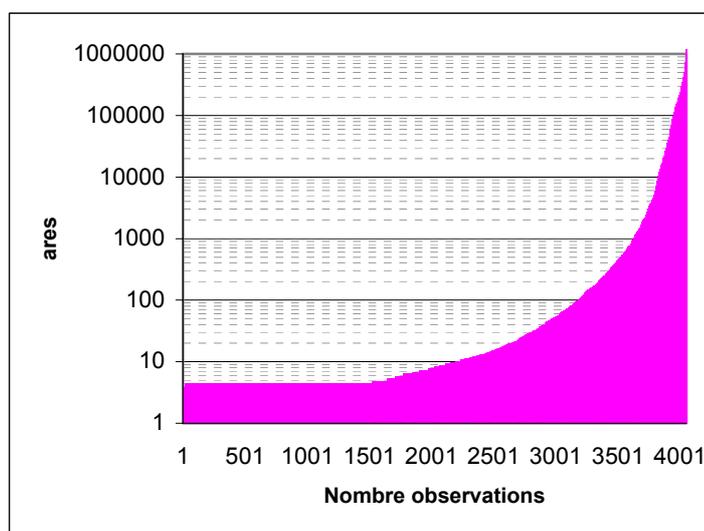


Figure III-27 : Surface vue (ares)

Il peut paraître paradoxal de s'intéresser à la valeur des paysages alors que si peu de maisons permettent de voir au-delà de son jardin ou de celui de ses plus proches voisins. Cependant,

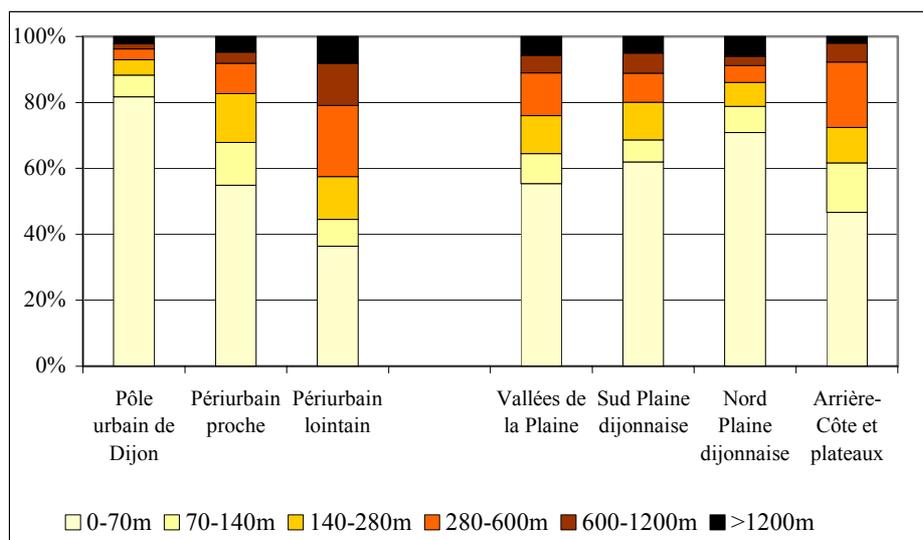
²⁶ Dans cette section, les données concernent les 4 050 maisons sur lesquelles ont porté les estimations économétriques. Les résultats diffèrent donc de ceux de la section 1 de ce chapitre, qui concernaient également les terrains à bâtir pour lesquels le champ de vision est généralement moins bouché par des maisons adjacentes.

²⁷ Les surfaces vues indiquées dans cette section sont des ordres de grandeur, car la résolution de 7 mètres des pixels ne permet de calculer que des valeurs approchées.

notre approche statistique, parce qu'elle repose sur un grand nombre d'observations, présente le double intérêt de permettre, d'une part, d'analyser si les quelques habitants qui bénéficient d'une vue ample acceptent, pour cela, de payer leur maison plus cher que la majorité pour qui la vue est bouchée ; et, d'autre part, elle permet de déterminer si le prix de la maison, pour cette majorité, dépend de l'occupation des sols des pixels vus, qui peuvent être occupés par du bâti, des arbres, de l'agriculture, etc.

La surface qui s'offre à la vue depuis une maison dépend fortement de sa localisation selon la typologie urbaine ou selon la zone paysagère (fig. III-28). La raison principale, qui explique aussi l'exiguïté de la vue depuis la maison moyenne de l'échantillon, tient aux masques bâtis qui réduisent fortement le champ de vision. En effet, la hauteur forfaitairement attribuée à une maison est de 7 mètres et, pour les maisons situées à moins de 100 mètres d'un observateur, la distance à la plus proche d'entre elles est, en moyenne, de 9,5 mètres. L'angle entre le sol et le faite de cette dernière est donc voisin de 45 degrés. Cela permet difficilement de voir au-delà, sauf si un objet plus haut (comme un arbre) se trouve juste derrière²⁸.

La région dijonnaise est caractérisée par un habitat groupé. Il en résulte que la vision qui s'offre depuis les habitations est assez étroite. Si, dans 37 % des cas, la surface totale vue est de 440 mètres carré, soit la surface de son propre jardin, c'est parce que juste derrière celui-ci il y a des obstacles, généralement les maisons des voisins, qui bouchent la vue. Cette caractéristique mérite d'être examinée plus en détail, selon les zones que nous avons distinguées.



Lecture : dans plus de 80 % des cas la vision ne dépasse pas le champ des 70 premiers mètres dans le pôle urbain de Dijon. La ceinture périurbaine a été divisée en deux couronnes de distance à Dijon, comportant le même nombre d'observations. Dans le périurbain lointain, on voit au-delà de ce premier champ dans 64 % des cas, au-delà de 280 mètres dans 42 % et au-delà de 600 mètres dans 21 %.

Figure III-28 : Existence des champs de vision selon la localisation

Plus de 80 % des habitants d'une maison du pôle urbain ont un horizon inférieur à 70 mètres alors que dans le périurbain éloigné moins de 40 % sont dans ce cas. Dans le pôle urbain, on

²⁸ Ces conventions expliquent pourquoi nous n'avons pas retenu les immeubles collectifs, ce qui nous a conduit à éliminer la commune de Dijon où ils sont particulièrement nombreux. Les images satellites ne permettent pas de déterminer leur hauteur et la localisation des transactions ne permet pas non plus de connaître l'étage où est l'appartement. Le calcul du champ de vision est, de ce fait, impossible.

voit une surface de 440 mètres carré dans un cas sur deux et la vue ne dépasse 930 mètres carré que dans un cas sur quatre, soit son jardin plus celui d'un voisin. Dans le périurbain éloigné, la vue dépasse 5 200 mètres carré dans un cas sur deux (ce qui représente six jardins) et 6,4 hectares dans un cas sur quatre. La typologie selon la distance à Dijon oppose donc vues bouchées et vues dégagées. Elle oppose également, comme attendu, un environnement où l'on voit surtout du bâti (les trois quarts des pixels sont bâtis dans le champ de vision des 70 premiers mètres du pôle urbain) à un cadre plus rural (moins de 40 % des pixels vus dans le premier champ de vision du périurbain éloigné sont bâtis) (fig. III-29).

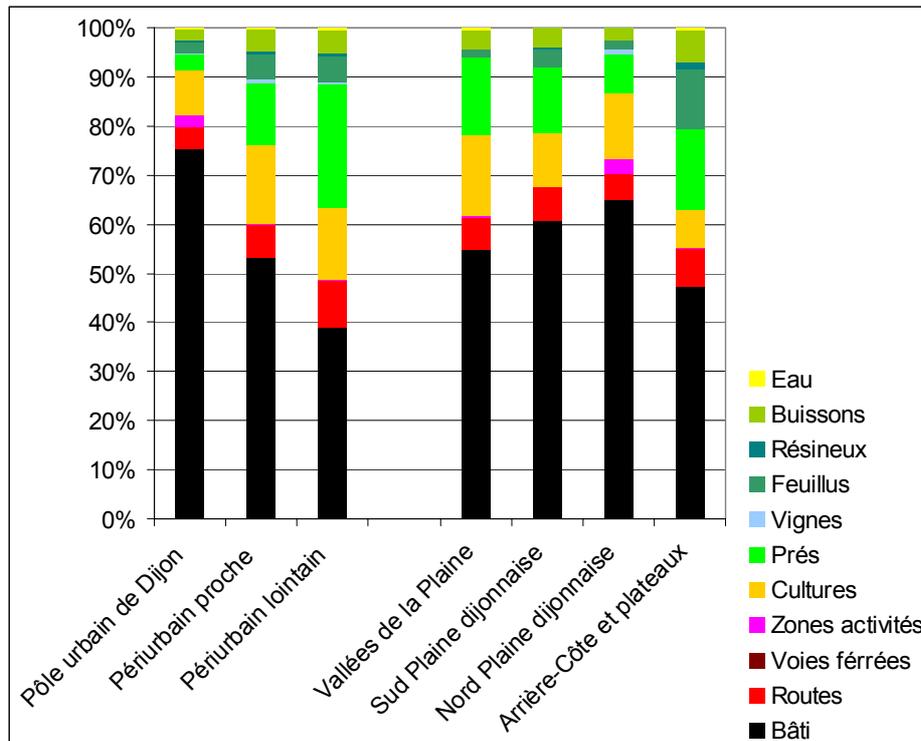


Figure III-29 : Part des types d'occupation des sols dans le champ de vision 0 à 70 mètres selon la localisation

Les plans lointains, lorsqu'ils existent, occupent des surfaces considérables : si dans le périurbain éloigné de Dijon la maison médiane offre une vue de 52 ares (la moitié d'un terrain de sport) et le quart supérieur de 640 ares, la valeur moyenne est de 23 620 ares, du fait de quelques maisons à la vue particulièrement lointaine (le centile supérieur permet de voir 50 kilomètres carré).

Le même phénomène de vue bouchée par des masques bâtis joue pour les zones paysagères : il y a une liaison forte entre l'importance du bâti (fig. III-29) et la part du champ de proximité dans la surface totale vue (fig. III-28). L'Arrière-Côte et les plateaux, moins urbanisés (c'est la seule région où le bâti occupe moins de la moitié des surfaces vues à moins de 70 mètres), offrent des vues plus lointaines que le nord de la Plaine dijonnaise, où la densité de bâti s'explique par la part importante du pôle urbain qui bouche la vue.

3.3.2. Les plans de vision ont-ils des prix non nuls ?

L'existence des six champs de vision, leur superficie vue et la superficie d'où l'on est vu par un observateur situé dans ces champs (soumission à la vue) ont été introduites comme attributs susceptibles d'expliquer le prix des transactions. De plus, la vue et la soumission à la vue ont été simultanément testées jusqu'à un horizon de 280 mètres. Nous ne nous intéressons pas, pour l'instant, au prix hédoniste lui-même mais au seul fait de savoir s'il est ou non

significativement différent de zéro. Le tableau A-III-3, en annexe, indique les résultats détaillés.

Il en ressort que la surface vue, ou l'existence des divers champs de vision, a un prix hédoniste non significativement différent de zéro, de même que la soumission à la vue. Cependant, les résultats sont modifiés dans le champ des 70 premiers mètres en introduisant simultanément la vue et la soumission à la vue : la surface vue a un prix hédoniste positif et la surface d'où l'on est vu a un prix négatif, pour l'ensemble des observations et pour la quasi-totalité des zones. Dans 44 % des maisons, la surface vue est supérieure à la surface d'où l'on est vu. Dans 38 % des cas, l'écart n'est que de un pixel et dans 3 % il dépasse deux pixels. Ces écarts, quoiqu'en apparence minimes, jouent un rôle important pour les 70 premiers mètres autour des maisons. Par contre, au-delà des 70 premiers mètres, vue et soumission à la vue n'interviennent pratiquement plus pour expliquer le prix des maisons (sauf dans la zone paysagère au nord de la Plaine dijonnaise).

Retenons, d'une part, que le prix d'une maison ne dépend pas de l'existence ou de l'ampleur d'un champ de vision situé au-delà des 70 premiers mètres de celle-ci et que, d'autre part, pour la proximité immédiate, la vue est une aménité et la soumission à la vue une nuisance, qui influencent significativement le prix des maisons.

Ce dernier résultat est conforme à l'intuition. Dans les communes périurbaines, les maisons sont souvent entourées de murs ou de haies qui bouchent la vue, mais qui ont été placés là pour protéger des regards. C'est cohérent avec une aversion à la soumission à la vue dans un champ proche. Il est également logique que cette nuisance décroisse rapidement lorsque la distance augmente : au-delà de quelques dizaines ou d'une centaine de mètres les voyeurs ne distinguent plus grand-chose dans le jardin familial. Par contre, d'un autre côté, la vue, même si elle est limitée à quelques centaines de mètres carré, apporte une utilité au consommateur. Il y a donc une contradiction entre le plaisir de voir et le désagrément d'être vu. Cela explique des micro-stratégies de masques et de dégagements visuels qui caractérisent probablement le comportement paysager des ménages dans l'aménagement de leur parcelle.

L'indifférence à la vue d'espaces situés au-delà de quelques dizaines de mètres, et en particulier à des vues dégagées qui permettent de voir des paysages à plusieurs centaines de mètres est, à l'inverse du précédent, un résultat contre-intuitif. Il n'exclut pas que des vues très lointaines, offrant des paysages remarquables, soient recherchés par certains ménages et que les prix immobiliers soient tirés vers le haut pour ces transactions. La limite d'une approche statistique reposant sur des observations en grand nombre est de ne pas permettre d'analyser de telles situations exceptionnelles. Mais, au-delà de ces cas particuliers, la conclusion d'une nullité du prix de la vue de champs lointains repose sur des effectifs statistiques importants : environ 20 % des maisons voient des paysages au-delà de 300 mètres et la moitié de celles-ci au-delà de 600 mètres. Il nous semble que ce résultat s'explique par les caractéristiques de la zone d'étude. Dans la région dijonnaise, les horizons lointains, lorsqu'ils sont vus, ne sont pas constitués d'objets remarquables (édifices emblématiques, mer, etc.) ou de lignes de crête se détachant sur l'horizon (montagnes enneigées, etc.) ; au contraire, ils ont des couleurs bleuâtres ou grisâtres qui les rendent peu discernables du ciel à l'horizon.

Nos résultats sur le prix des champs de vision ne peuvent être comparés à aucun autre. En effet, la mesure du champ visuel est rarement introduite dans les modèles hédonistes car elle suppose une méthode d'analyse qui prenne en compte la topographie et les masques visuels, ce qui n'est pas fréquent. A notre connaissance, le prix de la soumission à la vue n'a jamais été étudié dans la littérature économique. En s'en tenant à la vue, Paterson et Boyle (2002) estiment que, dans une région rurale du Connecticut, l'ampleur du champ vu a un prix hédoniste

négalif, qui devient nul lorsqu'on ajoute le type d'occupation du sol. Selon ces auteurs, les ménages sont donc indifférents à l'ampleur de l'horizon qui s'offre à leur vue. Bastian et *al.* (2002), dans les Montagnes Rocheuses, ont également examiné l'effet du champ visuel sur le prix des habitations, mais il semble que son prix soit également nul car cette variable n'apparaît pas dans les résultats finaux.

3.4 L'occupation du sol dans le plan de vision

3.4.1. Le jeu de la vue et de la soumission à la vue : le bâti

L'importance de la distinction entre vue et soumission à la vue dans les 70 premiers mètres autour des maisons et la part occupée par les pixels bâtis dans ce champ de vision nous amènent naturellement à examiner en premier lieu le rôle du bâti dans cette dialectique. Le tableau III-9 indique les résultats obtenus avec différentes écritures de l'occupation bâtie du sol, les autres variables, non reprises dans ce tableau, étant les attributs non paysagers (ceux analysés dans la section 2) et les attributs paysagers autres que le bâti (ceux du tableau III-8).

	Ensemble région	Pôle urbain	Périurbain proche	Périurbain éloigné	Vallées Plaine dijonnaise (ensemble)	Sud Plaine dijonnaise (ensemble)	Nord Plaine dijonnaise (ensemble)	Arrière-Côte et Plateaux (ensemble)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Bâti vu	224***	NS	NS	304***	261**	457**	193*	NS
Soumission vue depuis bâti	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Différence soumission - vue	-635****	NS	-638**	-817**	NS	-1123**	-727***	NS
Bâti vu et soumission vue depuis bâti	677****	NS	664***	836***	NS	1167***	828**	NS
	-524***	NS	-572*	-655**	NS	-828*	-702**	NS
Bâti vu et différence soumission - vue	152*	NS	NS	NS	250*	334*	NS	NS
	-524***	NS	-572**	-653**	NS	-854**	-628**	NS
Distance au bâti vu et différence soumission - vue	-39**	-37*	-63*	NS	-103**	NS	NS	NS
	-598****	NS	-292**	-774**	NS	-1108**	-661**	NS

****: significatif au seuil de 1 %. ***: significatif au seuil de 5 %. **: significatif au seuil de 10 %.

*: significatif au seuil de 15 %. NS : non significatif au seuil de 15%.

Tableau III-9 : Prix hédoniste du bâti vu ou de la soumission à la vue depuis du bâti

Les maisons valent un peu plus cher que la moyenne de leur groupe lorsqu'on voit un pixel de bâti de plus que cette moyenne, résultat qui n'est significativement différent de zéro que dans certaines zones. La soumission à la vue, lorsqu'elle intervient seule comme variable explicative, n'est jamais significative. Par contre la différence entre le nombre de pixels d'où l'on est vu et que l'on voit est presque toujours significative : une différence d'un pixel a, dans le périurbain, un prix négatif de l'ordre de 600 à 1 100 euros. Avec les variables retenues dans le tableau III-8, ce prix est sensiblement inférieur : - 915 euros pour l'ensemble de la région, - 1 200 euros dans la ceinture périurbaine et jusqu'à - 2 700 euros dans la partie « nord Plaine » de cette ceinture. Etre vu depuis un pixel où se trouve une maison est une nuisance.

L'introduction simultanée des deux variables, la vue de pixels bâtis et la soumission à la vue depuis ce type d'occupation du sol confirme, pour l'ensemble des observations et pour la plupart des sous-échantillons, cette conclusion : la première variable a un prix hédoniste de l'ordre de 700 à 1 100 euros pour un pixel supplémentaire de bâti vu, la seconde un prix négatif un peu inférieur, de - 500 à - 800 euros environ par pixel bâti d'où l'on est vu.

Cependant, ces deux variables sont fortement liées entre elles (le coefficient de corrélation est de 0,93), ce qui est toujours un inconvénient dans une estimation économétrique. Il est préférable de choisir des variables qui expriment la même propriété sans être aussi fortement corrélées, ce que nous avons fait avec les dernières lignes du tableau III-9 : différence entre soumission à la vue depuis du bâti et bâti vu et, d'une part, nombre de pixels bâtis vus ou d'autre part, distance au pixel bâti le plus proche pour les dernières lignes (mises en surbrillance). Cette dernière forme est moins corrélée aux autres variables explicatives que les précédentes. Les résultats sont voisins en utilisant le taux de pixels bâtis dans le champ des 70 premiers mètres, qui est la variable retenue dans le tableau des résultats d'ensemble (III-8). Les résultats restent qualitativement les mêmes, mais ils sont plus contrastés.

- Dans la ceinture périurbaine, la différence entre soumission à la vue et vue, pour les pixels de bâti, a un prix hédoniste de - 1 212 euros par pixel (- 1,1 % du prix d'une maison). Etre vu depuis plus de maisons que celles que l'on voit est donc une propriété paysagère importante, dont le prix résulte probablement du désagrément de voir troublée l'intimité familiale lorsqu'on peut être vu dans son jardin.
- Cette variable est statistiquement nulle dans le pôle urbain où, par contre, le taux de bâti a un effet positif sur le prix des biens (au seuil de 5 %). C'est, probablement dû à l'agrément de la proximité de biens publics locaux. Ceux-ci sont nombreux dans le pôle urbain et ils sont localisés là où la densité de bâti est forte. Leur valeur est capitalisée dans la rente foncière. Le prix positif du taux de pixels bâtis dans le pôle urbain serait dû, selon cette interprétation, à l'omission de la variable de distance à des biens publics locaux.
- Au-delà de 70 mètres, les pixels bâtis ont un prix hédoniste nul quelle que soit la modalité de la variable (vue, soumission, combinaison), aussi bien pour le pôle urbain que pour la ceinture périurbaine.

3.4.2. Les couverts arborés

Le tableau III-8 montre que les feuillus présents dans le champ des 70 premiers mètres ont un prix hédoniste positif. Pour la région dans son ensemble, ce prix se décompose en celui d'un pixel supplémentaire (451 euros), celui d'une tache supplémentaire de feuillus (656 euros) qui montre que la fragmentation de ces formations est préférée à leur homogénéité et, enfin, en prix négatif de la longueur des lisières (-12 euros pour un mètre supplémentaire), qui indique que les formes plutôt compactes sont préférées aux formes allongées. Le doublement de la quantité de feuillus dans ce champ de vision des 70 premiers mètres, toutes choses égales par ailleurs (y compris le nombre de taches et la longueur des lisières), a un prix hédoniste de 2 165 euros, qui correspond environ à 2 % du prix d'une maison.

Dans le pôle urbain, la nullité apparente du prix des pixels de feuillus (première ligne du tableau III-8) s'explique par l'effet du nombre de taches de ce type (656 euros par tache supplémentaire) et celui de la longueur de leurs lisières, qui a ici un prix positif (26 euros par mètre supplémentaire). Dans la ceinture périurbaine, le prix d'un pixel est de 515 euros et celui d'un doublement de la quantité de 3 550 euros, non comptés les effets du nombre de taches (positif) et de la longueur des lisières (négatif). Les résultats selon les zones

paysagères de cette ceinture périurbaine sont apparemment différents, mais le prix élevé du nombre de taches de feuillus joue dans tous les cas pour donner un prix hédoniste positif à ce type d'occupation des sols.

En résumé, trois aspects méritent d'être retenus :

- le nombre de taches de feuillus dans un rayon de 70 mètres a un prix positif : des bosquets ou des arbres isolés ont un prix supérieur à des forêts en masse.
- La longueur des lisières de feuillus n'intervient pas de la même façon dans le pôle urbain et la ceinture périurbaine :
 - dans le pôle urbain, l'étirement des formes est positivement valorisé par le marché. La forme des feuillus, allongement des taches et fragmentation, a une importance qui annule le paramètre des surfaces de feuillus vus.
 - Dans la ceinture périurbaine, des formes plus compactes ont un prix plus élevé que des formes étirées. De plus, l'effet des surfaces et du nombre de taches n'est pas annulé par cette variable.
- La vue de feuillus proprement dite compte, alors que le prix hédoniste de leur simple existence à moins de 70 mètres d'une maison, lorsqu'ils ne sont pas vus, est nul. Or, on pouvait penser que la présence de pixels de feuillus proches, mais non vus, aurait pu être valorisée pour sa fonction récréative (espace de promenade), de protection (contre le bruit), écologique (qualité de l'air), etc.

Les résineux sont trop peu nombreux dans le pôle urbain pour que leur paramètre ait un sens. Ils ont un prix positif dans la ceinture périurbaine, qui est plus élevé que celui des feuillus (1 760 euros pour un pixel supplémentaire). Mais comme ils sont moins fréquents, le prix hédoniste d'un doublement de leur quantité (4 400 euros) est à peine supérieur à celui d'un doublement de celle des feuillus. La relative rareté de ces essences ne permet pas d'introduire de variables de composition paysagère les concernant, ni d'interpréter les résultats selon les zones paysagères périurbaines : il n'y a qu'une vingtaine de maisons par zone qui permettent de voir des résineux, à l'exception de l'Arrière-Côte et Plateau (où le prix d'un éloignement d'un mètre du résineux le plus proche est de - 85 euros).

Il est difficile de mettre ces résultats en regard de la littérature économique car celle-ci n'est pas unanime sur le prix hédoniste des formations arborées, loin s'en faut. Pour la France, au niveau national, Goffette-Nagot (1994) trouvait un prix hédoniste négatif de la superficie communale en forêts et Cavailhès (2005) un prix nul à partir des mêmes données. Mais ces résultats ont été obtenus à partir de bases de données trop frustes pour qu'on puisse les considérer comme fiables. Napoleone (2005) obtient un prix positif du ratio bâti / forêts, indiquant que les ménages préfèrent habiter une section cadastrale des Bouches-du-Rhône où le bâti l'emporte sur les bois. Des travaux utilisant des méthodes d'enquête auprès de visiteurs montrent que des formations boisées ont des prix positifs dans des situations particulières, qu'il est difficile de généraliser : l'orme dans les marais du Bessin et du Cotentin (Bonnieux et Le Goffe, 1997, par la méthode d'évaluation contingente), le parc des Monts d'Arrée où, pourtant, les gestionnaires cherchent à maintenir la lande rase qui est le paysage traditionnel de cette région (Dachary-Bernard, 2005, par la méthode de l'utilité révélée).

Certains travaux anglo-saxons concluent que la présence d'arbres sur la parcelle d'une habitation est appréciée, des Rosiers et *al.* (2002) présentant une large bibliographie sur le sujet. Ils montrent que, dans la région de Québec, lorsque la surface arborée sur une parcelle augmente de 1 %, le prix du bien immobilier augmente de 0,2 % ; dans la même région, la proximité d'une haie fait augmenter le prix de 4 %. Thorsnes (2002) obtient un résultat voisin

pour certains lotissements du Michigan. Lorsque les forêts sont aménagées à des fins récréatives, leur proximité a une valeur positive, comme le montrent Tyrvaïnen et Miettinen (2000) pour la région d'Helsinki, où le prix diminue de 5,9 % par kilomètre d'éloignement du parc forestier le plus proche. Arriaza et al. (2003) obtiennent des notes favorables de photos présentant des forêts dans la région de Cordoue.

D'autres travaux présentent des résultats contraires. Smith et al. (2002) obtiennent un prix hédoniste négatif pour la proximité de forêts le long d'un ruban autour d'une autoroute en Caroline du Nord, de même que Irwin (2002) dans le Maryland. Garrod et Willis (1992), dans une zone rurale profonde du Centre-Ouest de l'Angleterre, concluent aussi que la vue de forêts a un prix hédoniste négatif. Pour Paterson et Boyle (2002), le prix hédoniste des forêts n'est pas significativement différent de zéro dans la région du Connecticut qu'ils ont étudiée. Sans estimer de prix, Palmer (2004) en faisant noter des photos du Cap Cod (Massachusetts) par des enquêtés, indique que les forêts sont dépréciées.

3.4.3. Les autres types d'occupation du sol

L'agriculture

Contrairement aux formations arborées, l'agriculture vue à proximité, c'est-à-dire dans les 70 premiers mètres autour des maisons, n'a pas d'effet significativement positif sur le prix de celles-ci. Ce résultat nul pour l'ensemble de la région n'est pas stable lorsqu'on examine séparément chacune des sept zones : le prix hédoniste des cultures et prés dans les 70 premiers mètres est positif dans un cas (Vallées de la Plaine dijonnaise) et négatif dans le pôle urbain, le sud de la Plaine et l'Arrière-Côte et Plateau, statistiquement nul enfin dans le nord de la Plaine dijonnaise. Nous avons éliminé le vignoble, car le nombre de maisons d'où l'on en voit est trop faible (cf. tableau III-7). Au total, il semble que la proximité immédiate de l'agriculture ait un prix nul, mais il est prudent de ne pas conclure définitivement sur ce point.

Il faut rester d'autant plus prudent sur ce résultat que les prés et les cultures ont un prix hédoniste positif dans les plans de vision moyens (70 à 140 mètres ou 70 à 280 mètres) et que leur présence proche est liée à celle à moyenne distance²⁹. Au-delà des 70 premiers mètres, le résultat est significativement positif pour les prés comme pour les cultures pour l'ensemble de la région et pour la ceinture périurbaine. Le prix d'un pixel supplémentaire est faible, de 8 euros pour les prés et de 13 pour les cultures, mais il faut tenir compte de ce que la surface vue dans ces plans de vision intermédiaires est importante : elle est d'environ 150 pixels (prés) ou 90 (cultures) entre 70 et 280 mètres. Le doublement de la quantité est une unité de mesure du prix hédoniste plus raisonnable que l'accroissement d'un pixel. On obtient alors des prix de 1 200 (prés) à 1 700 (cultures) euros dans la ceinture périurbaine.

Pour trois départements de la région Rhône-Alpes, Lecat (2003) a introduit l'orientation productive de la ferme communale moyenne (ce qui ne permet pas d'analyser les effets de la distance) pour expliquer le prix de transactions de terres agricoles converties à des usages résidentiels. Les résultats montrent un effet significativement positif de la présence d'élevages bovins en montagne (mais pas en plaine), des cultures pérennes (vigne, arboriculture) et du maraîchage. Cependant, les prix hédonistes sont assez faibles. Cavailhès (2005) obtient des résultats peu stables et rarement significatifs en introduisant la même variable (la ferme moyenne communale) dans des estimations réalisées au niveau national.

²⁹ C'est l'un des deux cas où le test de colinéarité indique que la liaison risque d'entacher les paramètres estimés.

Les travaux internationaux s'intéressent, le plus souvent, non pas à l'agriculture en tant qu'elle peut procurer une aménité paysagère visuelle mais à son statut juridique. Pour Cheshire et Sheppard (1995), l'agriculture se différencie des espaces verts urbains ou des *green belts* par le fait qu'il s'agit d'espaces visibles mais non pénétrables qui, de ce fait, ont un prix hédoniste généralement plus faible que ceux ouverts à la promenade. Chez Bockstael et Irwin (2000), Geoghegan (2002), Irwin (2002) et Smith et *al.* (2002), une distinction est faite entre les espaces verts protégés d'une conversion résidentielle (comme les parcs, golfs, etc.) et ceux qui ne le sont pas, comme les parcelles agricoles, qui peuvent à tout moment être vendues à un promoteur. Le prix hédoniste intègre les anticipations sur ce risque de conversion au point que, pour Smith et *al.* (2002), les ménages payent moins cher les logements situés près de terres agricoles, a fortiori lorsqu'ils sont adjacents. Le résultat est donc voisin du nôtre, sans que la raison soit nécessairement la même car les zonages (POS et aujourd'hui PLU) réglementent les possibilités de conversion en France.

La plupart des autres travaux anglo-saxons ont estimé le prix d'espaces publics ouverts, comme les parcs ou les golfs plutôt que celui de l'agriculture proprement dite. Cependant, Sullivan et *al.* (2004) étudient des zones tampons (aires arborées, herbeuses, humides, souvent autour de cours d'eau ou de chemins) implantées entre les activités agricoles les habitations. Ils montrent que les habitants (et, à un moindre degré, les agriculteurs) sont favorables à cette pratique, ce qui tend à montrer qu'une trop grande proximité de l'agriculture n'est pas souhaitée par les ménages.

Retenons, premièrement, que le prix hédoniste d'usages agricoles des sols doit faire l'objet d'investigations complémentaires pour affiner le résultat actuel. Mais aussi, deuxièmement, que entre des couverts arborés ou agricoles à proximité des maisons, la différence est nette, le prix hédoniste des premiers étant sans conteste positif, ce qui est moins sûr des seconds.

L'eau

Comme le montre le tableau III-7, la vue sur l'eau à moyenne distance (entre 70 et 280 mètres) a un prix hédoniste significativement négatif. Il est d'environ - 90 euros pour un pixel supplémentaire et d'environ - 2 100 euros pour un doublement de la quantité. Ce résultat provient principalement d'une zone paysagère, les vallées de la Plaine dijonnaise (ainsi que du Sud de cette plaine, mais cela concerne très peu d'observations).

La plupart des travaux de la littérature internationale concluent que la présence d'eau à proximité des maisons ou la vue de l'eau, a un prix hédoniste positif. C'est le cas de l'étude précédemment évoquée de Blomquist et *al.* (1988), qui montre que la vue sur le lac Michigan a un prix positif pour les logements de Chicago, mais également de nombre d'autres travaux, parmi lesquels ceux d'Arriaza et *al.* (2003), Earnhart (2001), Hammitt et *al.* (1994), Lansford et Jones (1995), Mooney et Eisgruber (2001), Palmer (2004), Spalatro et Provencher (2001). Cependant, à l'inverse, Paterson et Boyle (2002) obtiennent, comme nous, un prix négatif (ils ont vérifié que, dans la région rurale du Connecticut qu'ils ont étudié, cela ne provenait pas des risques d'inondations).

Les réseaux de communication

Le prix hédoniste de la vue de routes et celui de la soumission à la vue depuis une route sont presque identiques. Nous avons retenu la soumission à la vue car elle donne un résultat un tout petit peu meilleur. Un pixel supplémentaire de route d'où l'on est vu fait baisser le prix d'une maison d'une cinquantaine d'euros, ce qui correspond à - 870 euros environ pour un doublement de cet attribut. Ces valeurs sont voisines dans toutes les zones.

Notons que la quantité de routes vues d'en haut a un pouvoir explicatif un peu plus faible que les routes vues ou d'où l'on est soumis à la vue d'un passant : ce n'est donc pas seulement la présence d'une route non vue qui est une nuisance, bien qu'elle soit source de bruit et de dangerosité, mais la vue ou la soumission à la vue qui sont une nuisance visuelle. Lake et *al.* (1998) confirment cette conclusion en montrant que la vue d'une route déprécie un bien immobilier de 2,5 %. Cependant, la vue d'une route depuis l'arrière de la maison a un effet positif sur son prix (ce qui est inexpliqué).

La localisation d'une maison sur un ruban de 200 mètres autour d'une autoroute ou d'une voie routière à grande circulation est une nuisance qui fait sensiblement diminuer le prix de la maison, toutes choses égales par ailleurs : le prix hédoniste est de - 5 000 euros en moyenne et il dépasse - 8 000 euros dans la ceinture périurbaine (jusqu'à - 15 000 dans certaines zones paysagères). Le ruban de 200 mètres donne des résultats plus significatifs qu'un ruban plus mince (100 mètres) ou plus épais (400 mètres). Il se traduit par des valeurs de la nuisance élevées par rapport à celles des modes d'occupation du sol, que nous avons examinés jusqu'ici. Mais il s'agit d'un « tout ou rien » (on est ou non localisé dans ce ruban de distance), alors que précédemment nous examinions le prix d'un pixel, ou d'un doublement du nombre de pixels. Hugues et Sirmans (1992) montrent qu'une localisation le long d'une rue passante entraîne une décote d'environ 9 % (13 % en ville, moins en banlieue), résultat un peu supérieur au nôtre, qui est de - 4 % pour l'ensemble de la région et - 8 % dans le périurbain proche. Palmquist (1982 ; 1992) montre également la moins-value des logements situés en bordure d'autoroute. Cependant, la proximité d'une autoroute peut réduire le temps de trajet vers des centres d'emploi, ce qui peut, à l'inverse, faire augmenter les prix (Mac Donald et Osuji, 1995).

Les voies ferrées représentent également une nuisance, dont le prix hédoniste est de - 2 000 euros environ pour un doublement de leur quantité dans les 280 mètres autour d'une maison (les variations selon les sous-échantillons ont peu de sens, du fait de la rareté de ce type d'occupation du sol). La variable d'appartenance à un ruban de distance de part et d'autre d'une voie ferrée n'est pas significative.

Notons enfin que la vue de zones d'activité est trop rare pour permettre une estimation de son prix hédoniste.

3.5. Les variables de composition paysagère

Nous avons présenté les indices d'écologie des paysages disponibles, qui donnent une idée approximative de la composition des paysages. Parmi les très nombreux qui ont été testés, nous avons retenu trois indices paysagers globaux dans les résultats présentés dans le tableau III-7 (deux variables spécifiques aux feuillus ont été présentées précédemment). Nous appelons ici « tache » un ensemble contigu de pixels de même nature. Les trois indices qui ont des prix hédonistes non nuls dans l'équation des résultats d'ensemble sont :

- L'indice de division, qui est égal à la somme des carrés des rapports surface des taches sur la surface totale, retranchée de 1. Il varie de zéro dans le cas d'une mosaïque à 1 pour une plage uniforme, la moyenne pour la région étant de 0,58 ; elle descend à 0,48 dans le pôle urbain et monte à 0,68 dans la ceinture périurbaine (cf. tableau III-8).
- L'indice de contiguïté globale qui permet de distinguer des formes cloisonnées (valeur proche de 0) ou connectées (proche de 1), qui est en moyenne de 0,27 pour la région, assez proche dans chacune des catégories d'espaces.

- L'indice de taille maximale globale qui exprime la présence d'une tache prépondérante (valeur proche de 100), qui est de 60 pour la région (38 dans le pôle urbain et 75 dans la ceinture périurbaine).

Ces trois indices ont un prix hédoniste significativement non nul, qui est dû à la ceinture périurbaine uniquement pour les deux premiers qui ont un prix statistiquement nul dans le pôle urbain. Dans cette ceinture, une augmentation de 1 % de la division fait augmenter de 322 euros le prix du bien ce qui montre que les mosaïques s'apprécient plus que les paysages uniformes. Lorsque la connectivité des formes augmente de 1 %, le prix immobilier diminue de 144 euros, ce qui va dans le même sens : le cloisonnement des taches paysagères apporte une plus-value. Enfin, la présence d'une tache prépondérante fait également augmenter le prix des maisons.

D'autres indices de composition paysagère auraient pu être utilisés, dont les résultats sont indiqués dans le tableau III-10. Reprenons ici les éléments principaux constatés, en nous attachant aux valeurs obtenues pour l'ensemble des observations.

- L'auto-adjacence (part des contacts de même classe relativement à tous les contacts entre pixels) montre une valorisation par le marché immobilier des mosaïques dans la ceinture périurbaine.
- L'indice d'agrégation, dont la définition est proche du précédent, conduit aux mêmes conclusions.
- Dans la ceinture périurbaine, l'indice d'interspection (entropie des fréquences de contacts entre les tranches) donne un prix hédoniste positif à des contacts de type aléatoire, par opposition à des contacts réguliers.
- La forme des taches, mesurée par le ratio du périmètre sur la surface (calculé pour toutes les taches) montre que les formes complexes (correspondant à des valeurs élevées de l'indice) sont mieux valorisées que les formes compactes (valeurs proches de 0 de l'indice) dans la ceinture périurbaine.
- Il en est de même lorsque la forme est standardisée, dans un indice de forme global égal au rapport entre la longueur des lisières et leur longueur théorique si la tache avait une forme compacte.
- L'indice de compacité global est égal à la moyenne des rapports de la surface d'une tache sur la surface du cercle circonscrit qui lui correspond, calculé pour chaque tache. Il est voisin de un lorsque les taches sont très allongées et nul lorsqu'elles sont circulaires. Le résultat montre que l'allongement est préféré à la compacité dans la ceinture périurbaine.
- Le résultat obtenu pour le nombre de taches indique que les formes fragmentées ont un prix hédoniste positif, dans les deux catégories d'espaces.
- Les taches de petite taille et la longueur totale des bordures ont également des prix positifs dans la ceinture périurbaine, mais pas dans le pôle urbain.
- Les entropies de Shannon ou de Simpson, indices souvent calculés, l'ont pas été repris dans le tableau III-10 car ils fournissent des résultats qui ne sont pas significativement différents de zéro.

Code Fragstat	indice	Commentaire	T de Student	T de Student
			Pôle urbain	Périurbain
L114	Indice d'auto-adjacence	Proche de 0 : mosaïque Proche de 100 : uniforme	-1.11	-2.28 ^{***}
L116	Indice d'agrégation	Proche de 0 : mosaïque Proche de 100 : uniforme	-1.10	-2.51 ^{***}
L117	Indice d'interspection	Proche de zéro : grande régularité des contacts ; proche de 100 : contacts aléatoires	1.01	1.91 [*]
L24	Ratio périmètres/surface	0 = formes compactes. Fortes valeurs = formes complexes	0.74	2.04 ^{**}
L9	Forme de paysage global	Compacité générale des formes si proche de 1, complexité si >1	1.14	2.43 ^{***}
L48	Indice de compacité global	0 = très compact. 1 = très allongé	0.10	2.28 ^{***}
L54	Indice de contiguïté global	0 = cloisonnement. 1 = connectivité totale des formes	-0.67	-2.18 ^{**}
L5	Nombre de taches	1 = une seule tache. Valeurs élevées : paysage fragmenté	2.22 ^{**}	2.72 ^{****}
L11	Taille moyenne des taches	Moyenne de la taille de l'ensemble des taches	-0.62	-2.84 ^{****}
L7	Bordures totales	Mètres	1.14	2.43 ^{***}

Lecture : L'indice est d'autant plus significatif que la valeur absolue du T de Student est élevée en valeur absolue. Le prix hédoniste est positif lorsque le T est positif et inversement.

**** : significatif au seuil de 1 % ; *** : significatif au seuil de 5 %. ** : significatif au seuil de 10 %.

L'indice d'autoadjacence a une valeur significativement négative au seuil de 1 % dans le périurbain, montrant que le prix immobilier diminue lorsque l'indice augmente, donc que des mosaïques ont des prix hédonistes significativement positifs. Dans le pôle urbain, cet effet disparaît puisque le T de Student montre que la variable est statistiquement nulle au seuil de 10 %.

Tableau III-10 : Significativité des indices d'écologie des paysages dans le rayon de 70 mètres autour des maisons

Deux conclusions se dégagent de ces résultats :

- les valeurs significatives obtenues pour l'ensemble des observations sont dues à la ceinture périurbaine, à une exception près. Dans le pôle urbain en effet, un seul de ces indices est significativement différent de zéro : le nombre de taches.
- Dans la ceinture périurbaine, tous les indices convergent pour indiquer que des prix hédonistes positifs correspondent à des paysages complexes, fragmentés, cloisonnés, en mosaïque, aux contacts complexes et peu réguliers, ainsi qu'aux taches allongées, avec de longues bordures, de petite taille, de nature variée et de forme irrégulière. Il en ressort que la forme des paysages compte. De plus, il est certain que nos indices ignorent d'autres caractéristiques de forme ou d'esthétique des paysages, dont l'introduction modifierait les prix hédonistes que nous obtenons.

Les attributs paysagers statistiquement pertinents ne sont donc pas les mêmes dans la banlieue de Dijon et dans la ceinture périurbaine. Hormis pour la forme des feuillus, déjà examinée, le marché immobilier du pôle urbain est insensible aux indices de composition paysagère alors que ceux-ci sont source de plus-values ou de moins-values dans la ceinture périurbaine. Il est impossible de dire si cette différence s'explique par des raisons tenant à l'hétérogénéité des paysages ou à celle des ménages :

- il est possible que l'étroitesse du champ de vision dans le pôle urbain et l'hégémonie du bâti limitent la variabilité des attributs et que d'autres éléments de variation soient insaisissables par la méthode d'analyse géographique que nous utilisons : dégagements architecturaux, types de bâtiments, qualité des constructions, etc. Ceux-ci peuvent constituer d'autres types de compositions paysagères urbaines, qui peuvent avoir un prix hédoniste que cette méthode ne permet pas d'estimer.
- Il est possible que le tri effectué par le marché, qui détermine la localisation résidentielle selon les préférences de ménages hétérogènes, ait conduit vers la ceinture périurbaine des personnes plus sensibles que celles demeurées en ville à des paysages agro-forestiers, ouverts et verts, aux formes complexes, qui caractérisent les campagnes de cette région.

3.6. La topographie et la présence d'objets particuliers

Parmi les variables topographiques, la pente de la parcelle ressort avec un prix négatif important : - 1 200 euros pour 1 % de pente supplémentaire. Les habitants préfèrent donc les terrains plats, probablement parce qu'ils sont plus faciles à entretenir. L'orientation Sud semble également avoir un effet significatif sur le prix d'une maison³⁰ qui est dû à la ceinture périurbaine (le prix est statistiquement nul dans le pôle urbain). Pour un degré d'orientation plus au nord que la moyenne d'un groupe, le prix d'une maison diminue de 36 euros dans la ceinture périurbaine (environ - 1 000 euros pour un doublement, soit un écart de 28 degrés).

Parmi les sites singuliers, seule la distance aux carrières et celle aux églises ressortent dans le pôle urbain (et seulement là). L'estimation d'un modèle à effet aléatoire ne donne pas de meilleurs résultats pour ces sites. Dans le pôle urbain, le prix des maisons augmente lorsqu'on s'éloigne d'une carrière (qui est donc une nuisance) et il diminue avec l'éloignement d'une église. Ces dernières étant localisées au centre des villes, le résultat s'interprète probablement comme un prix positif des biens publics et des services privés qui sont présents dans ces localisations, à côté des églises.

Les distances aux plus proches pixels de différents types, ainsi que celle aux objets ou sites singuliers, ont été utilisées comme attributs susceptibles d'expliquer le prix des maisons dans un modèle sans autre caractéristique paysagère. On s'attend à ce que les résultats soient proches de ceux obtenus avec les quantités vues, puisque plus la quantité d'un type est importante plus est élevée la probabilité pour qu'un pixel de ce type soit proche. Ce modèle permet de vérifier si tel est le cas, ce qui indiquerait une certaine solidité du modèle économétrique et certaines différences peuvent apparaître.

Les résultats montrent que le prix des maisons diminue lorsqu'elles sont plus éloignées des résineux (- 67 euros par mètre d'éloignement), des prés (- 27 euros), des vignes (- 97 euros), des feuillus (- 23 euros) et du bâti (- 24 euros). A l'inverse, le prix augmente avec la distance

³⁰ La prudence est nécessaire car, avec un modèle économétrique légèrement différent Cavailhès *et al.* (2005) concluent à un prix pratiquement nul.

au labour le plus proche (+ 21 euros). Les autres types d'occupation des sols ont un prix significativement nul. Il n'y a pas de surprise particulière pour les formations arborées, qui tirent toujours les prix immobiliers vers le haut quel que soit la variable qui les représente et pour toutes les zones. On voit apparaître ici les vignes, qui n'avaient pas été introduites dans les modèles précédents car elles sont un type assez rare ; le résultat est, cependant, fragile, du fait de cette rareté et également parce qu'il est influencé par quelques observations particulières.

Enfin, une différence entre les terres labourables et les prés apparaît également : la proximité des premières a un prix négatif, celle des seconds un prix positif. Cette différence était précédemment masquée par la corrélation assez forte qui existe entre ces deux types d'utilisation agricole des sols, mais elle ressort du modèle avec les distances. Ce résultat n'est pas surprenant, car les cultures, si elles peuvent constituer une aménité visuelle, génèrent plus de nuisances que les prairies : passage d'engins agricoles bruyants, épandage de produits de traitement malodorants, bruit de pompes d'irrigation, etc. En outre, il est possible que les ménages préfèrent la proximité de prés, d'une part parce qu'ils sont plus facilement ouverts à la promenade que les terres labourées ou portant des cultures et, d'autre part, parce que la vue elle-même est peut-être plus appréciée.

Pour l'ensemble de la région, l'ajout de la distance à des sites particuliers, i.e. usines classées « Seveso », incinérateur ou silos, est sans effet significatif. Il en est de même lorsqu'on distingue les observations situées dans un cercle de proximité (2 kilomètres pour un site Seveso, 3 pour l'incinérateur, 1 pour une carrière et 1,5 pour un silo). Ce résultat n'est pas dû à l'utilisation du modèle en doubles différences. Toutes les maisons d'un lotissement étant à peu de choses près à la même distance de ces sites, on pourrait penser que la nullité statistique du prix provient de cette quasi-identité de la distance. Or, en utilisant le modèle à effet aléatoire, qui prend en compte la variabilité inter-groupes, le résultat est le même.

3.7. L'importance de la vision

3.7.1. Voir et/ou être vu

Nous avons insisté à de multiples reprises sur la distinction entre voir et être vu. Son rôle dans l'explication de la composante paysagère du prix d'une maison est un des résultats majeurs de cette recherche. Il faut revenir de façon synthétique sur la question du différentiel à établir entre ces deux indicateurs de visibilité.

Pour cela, nous avons analysé, dans un modèle économétrique différent des précédents, la part explicative qui revient au « taux de soumission à la vue ». Cette variable est définie par le rapport entre le nombre de pixels depuis lesquels on est vu dans le champ des 70 premiers mètres et le nombre de pixels que l'on voit dans ce même champ. Les facteurs susceptibles d'expliquer ce taux de soumission sont l'encaissement qui règle le jeu mutuel des vues dominées et dominantes, et les types d'occupation des sols qui déterminent des masques selon l'élévation et la disposition dans le champ de vision, des objets qui les composent. Les résultats statistiques sont reportés en annexe A-III-4.

La vue d'en haut

L'équation dans laquelle la vue d'en haut explique le taux de soumission (tableau A-III-1) montre que les cultures et les prés constituent les variables les plus influentes. Cela est dû à la planéité de ces objets : un léger accident de terrain ou un élément quelconque de faible élévation peuvent les masquer au regard d'un observateur placé à quelque distance, alors que celui-ci, de sa hauteur, peut très bien, par-dessus l'obstacle et au-delà des plans cachés qui se

dérobent, voir les lointains. Dans l'ordre des variables influentes, les routes suivent immédiatement, pour la même raison (ce sont des objets plans).

Il est plus singulier de constater que le bâti vient ensuite dans cette hiérarchie. Cela s'explique par le fait que plus le voisinage immédiat d'une maison est composé d'autres éléments bâtis, plus cette même maison est soumise à la vue. *A contrario*, plus la trame bâtie de desserte alentour, plus le panorama d'une maison s'élargit sans qu'elle-même soit vue. En conséquence, il existe sans doute un seuil de densité de bâti autour duquel le rapport entre vue et soumission à la vue s'équilibre et neutralise leur effet opposé. Notons que cette propriété explique sans doute pourquoi le bâti des 70 premiers mètres semblait n'avoir aucun rôle lorsqu'il était introduit seul dans l'explication du prix : d'un côté, le bâti est souhaité (on peut penser que c'est pour réduire le sentiment d'isolement, nouer des relations de voisinage, etc.) et d'un autre côté il n'est pas désiré car il augmente la probabilité d'être vu. Il faut introduire ces deux variables simultanément pour faire la part de leurs effets contradictoires (cf. tableau III-9).

Les feuillus et les résineux, à ce stade de l'analyse, où c'est la vision d'en haut qui est susceptible d'expliquer le taux de soumission à la vue, interviennent très faiblement et de façon contradictoire : tout se passe comme si ces types pouvaient être négligés. Les buissons, par contre, réduisent significativement la soumission à la vue.

La vue du dedans

Cependant, pour certains types, la situation change du tout au tout lorsque ce sont les pixels vus « du dedans » qui expliquent la soumission à la vue (tableau A-III-2). Il n'y a pas de bouleversement pour l'agriculture. La vue de routes et celle de bâti expliquent un peu moins bien le taux de soumission que l'existence de ces types d'occupation. Mais pour les formations arborées, la différence est importante. L'existence de feuillus (vus d'en haut) à proximité a peu d'effet sur le taux de soumission à la vue, mais les feuillus vus (du dedans) réduisent fortement ce taux. Le même phénomène se produit, quoique avec une intensité moindre, pour les résineux et pour les buissons.

Si une formation arborée vue d'en haut et vue du dedans a des effets différents sur le taux de soumission à la vue, c'est probablement parce que ces arbres ont été placés à des endroits qui réduisent le taux de soumission, autrement dit qui interdisent d'être vu sans empêcher de voir. En effet, si les ligneux étaient disposés de manière aléatoire dans le champ de vision, on obtiendrait le même résultat avec les ligneux vus du dessus et du dedans (sauf à supposer que ce sont les ligneux vus du dessus et non vus du dedans qui sont disposés de façon à accroître la soumission à la vue, ce qui n'est pas une hypothèse vraisemblable). Les arbres que l'on voit près de chez soi sont donc disposés pour réduire la soumission à la vue sans que cela soit dû au hasard.

3.7.2. Le dedans et le dessus

La comparaison de la vue d'en haut et du dedans permet d'obtenir un autre résultat, qui conforte la conclusion que les prix hédonistes que nous avons obtenus résultent de la vue, et pas seulement de la présence de certains types d'occupation des sols. Nous avons repris le modèle d'où sont tirés les résultats du tableau III-8, ajoutant comme variables explicatives les pixels existants (vus d'en haut), mais non vus par un observateur au sol. Dans les résultats du tableau III-8, c'est la vue, ou la soumission à la vue, qui a un prix hédoniste (qu'il s'agisse du nombre de pixels dans un certain champ de vision ou de la distance au pixel vu le plus proche). Avec la vision d'en haut, c'est la présence d'un type qui compte, qu'il soit vu ou non.

Le tableau III-11 présente les résultats, pour une statistique, le t de Student, qui indique la probabilité pour qu'une variable du modèle soit significativement différente de zéro : plus la valeur absolue de cette statistique est élevée, plus cette probabilité est grande ; elle est de 95 chances sur cent lorsque le t de Student est supérieur en valeur absolue à 1,96.

	Vue du dedans	Pixels existants non vus
Feuillus (champ 0-70m)	2,64	0,71
Résineux (champ 0-70m)	2,48	0,50
Cultures (champ 70-140 mètres)	2,65	0,13
Prés (champ 70-280mètres)	1,57	0,41
Routes (soumission depuis champ 0-70m)	- 2,08	0,03
Bâti (différence soumission - vue)	- 1,73	0,33
Eaux (champ 70-280m)	- 2,94	0,47
Voies ferrées (champ 0-280m)	- 2,80	- 1,27

Lecture : la variable est significative au seuil de 5 % si le t de student est supérieur à 1,96 en valeur absolue, au seuil de 10 % s'il est supérieur à 1,6 en valeur absolue

Tableau III-11 : t de Student des attributs vus du dedans ou d'en haut

Les résultats sont clairs : tous les types d'occupation du sol dont la vue a un prix non nul, positif s'il s'agit d'une aménité (t de Student positif) ou négatif dans le cas contraire ont des prix statistiquement nuls lorsque ces attributs existent à proximité des maisons mais qu'ils ne sont pas vus.

Il se dégage de ces résultats trois conclusions.

- Premièrement, sur le plan économique, le prix des maisons intègre la vue des paysages proprement dite, et pas seulement la présence de certains types d'occupation des sols à proximité des maisons. Par exemple, le t de Student de la simple présence de feuillus non vus dans les 70 premiers mètres autour d'une maison est de 0,71 alors qu'il est de 2,64 pour les feuillus vus. C'est un résultat contre-intuitif, car on aurait pu penser que ces bois ou forêts offraient des espaces de promenade, ou contribuaient à la qualité du cadre de vie (moins de bruit, etc.). C'est la vue qui explique la supériorité d'un résultat sur l'autre. A l'inverse, les routes d'où l'on est soumis à la vue ont le prix négatif attendu (t de -2,08), alors que les routes non vues ont un prix nul (t=0,03), bien qu'elles puissent être source de bruit, dangereuses, etc.
- Deuxièmement, les nombreux travaux qui utilisent la vue d'en haut (celle des images satellites) pour caractériser les paysages, en faisant l'économie des traitements tridimensionnels qui permettent de reconstituer la vue, donnent des résultats grossiers lorsqu'ils sont introduits dans des modèles économiques. C'est ainsi que les cultures, les prés et l'eau dans les plans de vision moyens (70 à 280 mètres) ont des prix hédonistes statistiquement nuls dans le modèle avec vue d'en haut, alors que ces prix sont significativement différents de zéro dans notre modèle.
- Cela signifie, troisième conclusion, que la méthode de géographie quantitative utilisée pour caractériser les paysages est suffisamment précise pour conclure que le prix d'une maison intègre la valeur des variables définies selon cette méthode. Celle-ci est

objective et quantitative et elle ignore les aspects qualitatifs, esthétiques et subjectifs que de nombreux géographes, architectes et paysagistes privilégient dans l'étude des paysages, en tentant de qualifier leur beauté. Sans vouloir opposer une approche à l'autre, nous concluons que le nombre de pixels de douze types de sols, identifiés à partir d'un satellite, qui sont vus selon la distance à laquelle ils se situent, constitue un paysage auquel il est possible d'attribuer une valeur, indépendamment de la richesse - ou de la pauvreté - esthétique qui peuvent s'ajouter - se retrancher - à cette valeur.

3.8. Le prix des paysages

Le prix des attributs paysagers peut être utilisé pour calculer le prix global d'un paysage. La méthode utilisée est celle des indices de la « qualité de la vie » dans la littérature économique. Elle consiste à additionner les quantités des attributs qui ont des prix hédonistes statistiquement non nuls en les pondérant par le prix correspondant. C'est ce que nous avons fait pour l'échantillon des maisons utilisées dans l'estimation économique (section 3.8.1) et pour l'ensemble des zones construites (ou constructibles) de la région d'étude (section 3.8.2).

Il faut, une nouvelle fois, inciter à la prudence face à de tels indices : ils ignorent la valeur esthétique des paysages, celle des sites remarquables, les valeurs récréatives, écologiques ou de non usage (valeurs de legs, d'existence). Il est donc probable que les prix que nous présentons dans cette section sont un minorant de la valeur totale des paysages.

De plus, nous avons à plusieurs occasions insisté sur les limites de notre méthode géographique pour définir, donc pour évaluer, le prix des paysages urbains. Les caractéristiques paysagères du pôle urbain dijonnais ne se réduisent pas aux occupations agro-forestières des sols, qui sont les mieux appréhendées par les images satellites que nous avons utilisées, et le champ de vision en ville est plus difficile à définir que dans la ceinture périurbaine du fait de masques bâtis de hauteur variable. Les valeurs obtenues pour les communes de la banlieue de Dijon sont donc particulièrement fragiles. Il nous semble prudent de laisser ces communes du pôle urbain de côté dans cette section, pour ne retenir que celles de la ceinture périurbaine.

Pour celle-ci, nous avons calculé le prix P du paysage tel qu'il est défini par les différents types d'occupation du sol vus depuis les 2456 maisons de la ceinture périurbaine et les indices de composition paysagère calculés à partir de ces types. Il se calcule ainsi :

$$P = 515 * \text{feuill1} + 1755 * \text{resin1} - 1212 * (\text{bati1_sv} - \text{bati1}) + 8 * (\text{pres2} + \text{pres3}) + 22 * \text{cult2} \\ - 48 * \text{route1_sv} - 258 * (\text{vfer1} + \text{vfer2} + \text{vfer3}) - 90 * (\text{eau2} + \text{eau3}) + 702 * \text{I_division} \\ - 607 * \text{I_contiguité} + 656 * \text{nb_taches_feuillus} + 209 * \text{I_tache_dominante} - 25 * \text{lisières_feuillus}$$

Chaque terme de cette équation est le produit du prix hédoniste d'une unité d'un attribut par la quantité correspondante. C'est ainsi que le premier terme est égal au prix (pour le champ de vision des 70 premiers mètres) d'un pixel de feuillus vu dans la ceinture périurbaine (515 euros : cf. tableau III-8) multiplié par le nombre de pixels de ce type (Feuil1), vus dans ce champ de vision. Le dernier terme est le produit du prix d'un mètre de lisière de feuillus (négatif dans la ceinture périurbaine : - 25 euros ; cf. tableau III-8) par la longueur de ces lisières dans un cercle de 70 mètres autour d'une maison.

Certains attributs sont intégrés dans l'évaluation des prix de la section 3.8.1 mais pas dans celle de la section 3.8.2 : il s'agit, tout d'abord, des indices de composition paysagères, qui constituent les 5 derniers termes de l'équation, qui n'ont été calculés que pour les pixels où sont localisées les maisons de l'échantillon.

3.8.1. Le prix des paysages vus depuis les maisons de l'échantillon

Le prix moyen de l'environnement paysager vu depuis les maisons de l'échantillon situées dans la ceinture périurbaine de Dijon est de 2 429 euros (la médiane est de 995 euros). En chiffres ronds, les paysages proprement dits ont une valeur globale d'environ 2 500 euros en moyenne, ou d'un millier d'euros pour la maison située au milieu de la distribution. Le prix d'une maison de la ceinture périurbaine est de 105 500 euros (prix moyen pour l'ensemble de la période 1995-2002). C'est donc en moyenne 2,3 % du prix de cette maison qui correspond au prix du paysage qui s'offre à la vue de ses habitants, la médiane étant d'environ 1 % du prix du bien. Les paysages ne représentent donc qu'une petite partie de la valeur immobilière (mais il faut garder présent à l'esprit que notre évaluation est probablement un minorant de la valeur du paysage). Cela n'est pas inattendu ; mais il est important de souligner que cette valeur est significativement supérieure à zéro.

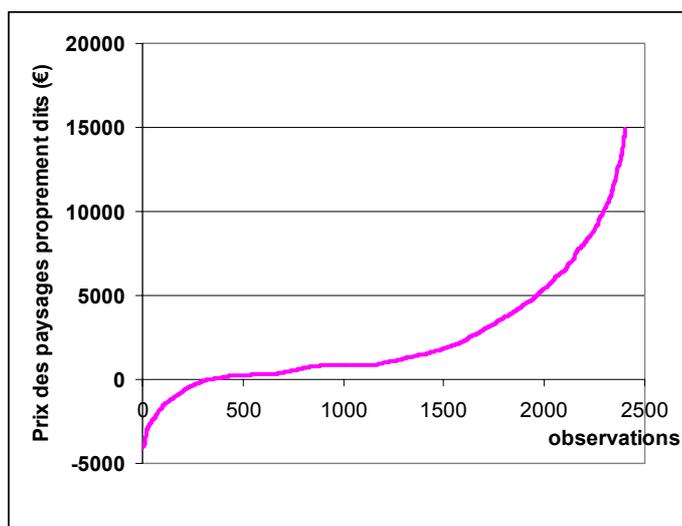


Figure III-30 : Répartition du prix des paysages

En excluant les centiles extrêmes de la distribution, le prix du paysage est négatif pour la maison située au premier centile : - 3 000 euros environ (il est négatif pour 341 maisons de l'échantillon) et il est un peu supérieur à 13 000 euros pour celle située au dernier centile de cette distribution. La distribution est assez régulière, comme le montre le tableau III-12 et la figure III-30. En chiffres ronds, le prix des paysages est compris entre 300 et 3 700 euros pour la moitié des maisons, soit entre 0,3 et 3,5 % du prix des maisons de la ceinture périurbaine.

Distribution	Prix (euros)
1 ^{er} centile	- 4100
1 ^{er} décile	-554
1 ^{er} quartile	287
Médiane	995
3 ^{ème} quartile	3796
9 ^{ème} décile	7946
99 ^{ème} centile	15549

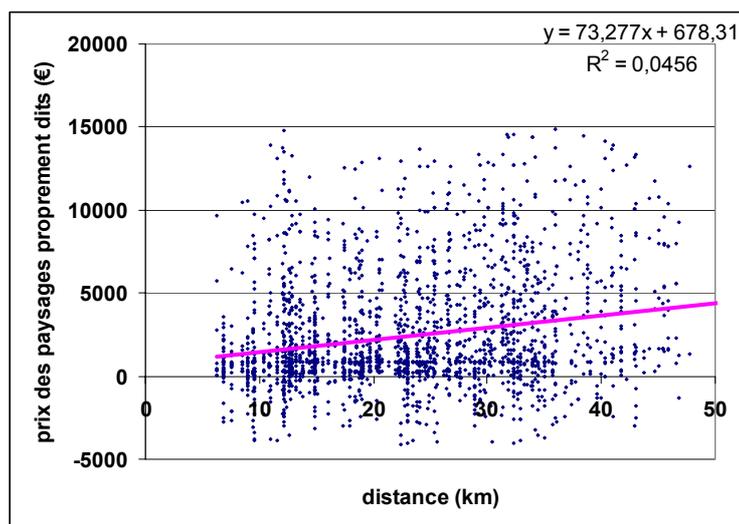
Tableau III-12 : Distribution du prix des paysages

Le tableau III-13 indique la contribution des différents attributs à la formation du prix des paysages. Pour ce qui concerne les feuillus, le pourcentage obtenu est la somme de trois variables, le nombre de pixels, le nombre de taches et la longueur des lisières. En positif, c'est l'agriculture et les forêts qui se dégagent, en expliquant chacun environ 40 % du prix des paysages proprement dits (les cultures contribuant plus que les prés, les feuillus plus que les résineux). L'écart entre le bâti vu et celui d'où on est vu arrive ensuite, avec 26 % du total. Les variables apportant une contribution négative sont peu influentes, à l'exception des routes qui compte pour - 13 % dans le prix.

Feuillus (pixels, champ 0-70m)	26,9%
Résineux (pixels, champ 0-70m)	12,7%
Prés (pixels, champ 70-280m)	18,7%
Cultures (pixels, champ 70-140m)	24,1%
Routes (pixels, soumission depuis champ 0-70m)	-13,2%
Voies ferrées (pixels, champ 0-280m)	-0,6%
Bâti : écart soumission vue (pixels, champ 0-70m)	25,7%
Eaux (pixels, champ 70-280m)	-6,9%
Indice de division	8,7%
Indice de contiguïté	-0,1%
Tache dominante	4,0%
TOTAL	100,0%

Tableau III-13 : Contribution des variables paysagères au prix des paysages

Ce prix varie selon la distance à Dijon³¹, comme le montre la figure III-31 (nous examinerons plus loin le prix des paysages selon la localisation géographique détaillée). La dispersion des points est considérable, mais un ajustement linéaire donne des résultats significatifs³² : le prix des paysages augmente de 73 euros lorsqu'on s'éloigne d'un kilomètre de Dijon. L'intervalle de confiance à 95 % est de ± 16 euros (la fourchette correspondante est donc 57 à 89 euros).



Courbe violette : ajustement linéaire.

³¹ Les résultats sont à peu près les mêmes en raisonnant sur la distance généralisée.

³² L'équation de la régression est la suivante : $P = 678 + 73 \times x$ ($R^2=0,04$).

Figure III-31 : Prix des paysages selon la distance à Dijon

La figure III-32 indique le prix moyen des paysages par commune, calculé à partir des maisons de l'échantillon.

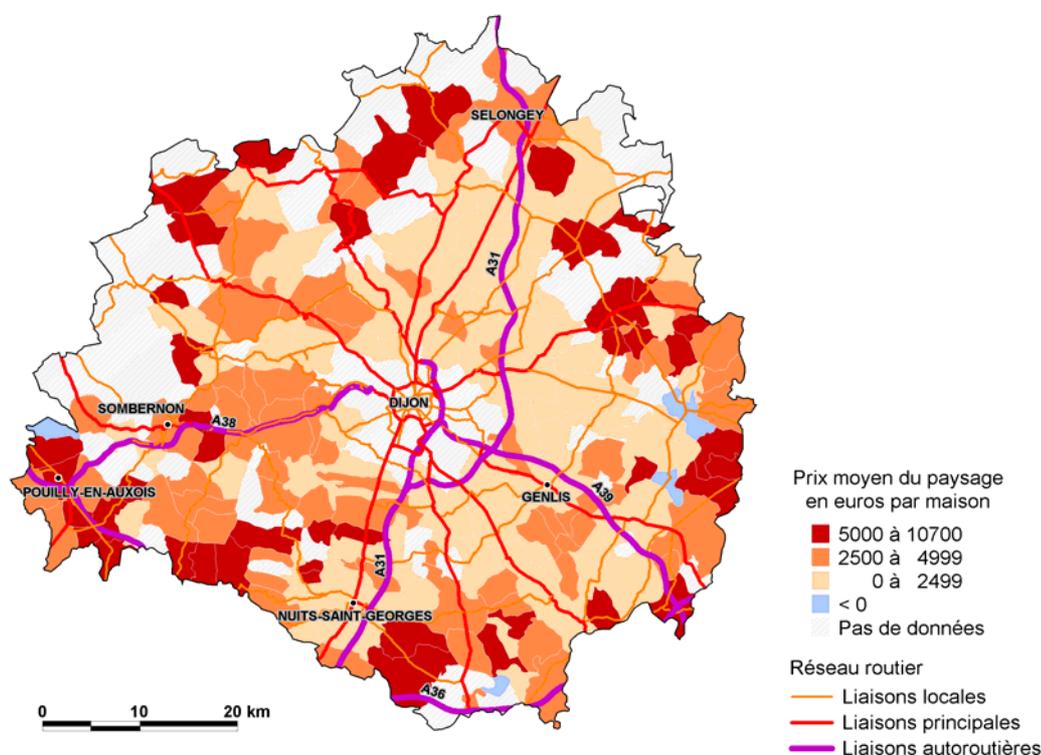


Figure III-32 : Prix moyen par commune des paysages

L'augmentation du prix avec la distance apparaît, mais on voit également que les prix sont généralement plus élevés à l'Ouest de Dijon, ainsi que dans certaines fractions de la Plaine dijonnaise (la zone située au sud-sud-est de la région d'étude, des vallées et zones boisées du nord-est, etc.).

Le prix moyen de 2 500 euros ou le prix médian de 1 000 euros (en chiffres ronds) peuvent être comparés à quelques résultats, malheureusement peu nombreux. Pour la même région dijonnaise, Cavailhès (2004) a réalisé un calibrage d'un modèle théorique, qui ne constitue qu'un dégrossissage du problème tant le modèle est frustré et le calibrage approximatif. Il obtient un prix des aménités périurbaines situé dans une fourchette 1,4 à 3,5 % du prix des maisons. C'est un peu plus que la présente évaluation, que l'on peut situer dans la fourchette 1 (médiane) à 2,3 % (moyenne), mais l'ordre de grandeur est comparable.

Ces valeurs correspondent à un prix annuel compris entre 50 (médiane) et 125 (moyenne) euros par ménage (avec un taux de capitalisation de 5 %). C'est plutôt supérieur au consentement à payer déclaré dans des enquêtes d'évaluation contingente (méthode d'évaluation contingente -MEC- ; cf. chapitre II pour une présentation succincte de celle-ci) : les valeurs déclarées sont de l'ordre de 20 à 50 euros par an et par ménage (Bonnieux et Rainelli, 2000). Les enquêtes réalisées par la MEC s'intéressent surtout à la valeur de paysages récréatifs, consommés épisodiquement au cours de vacances ou de fins de semaines. Il n'est donc pas anormal que nous ayons des valeurs supérieures pour des paysages qui sont quotidiennement consommés par les habitants des maisons auxquels nous nous intéressons ici.

3.8.2. Cartographier la valeur économique des paysages

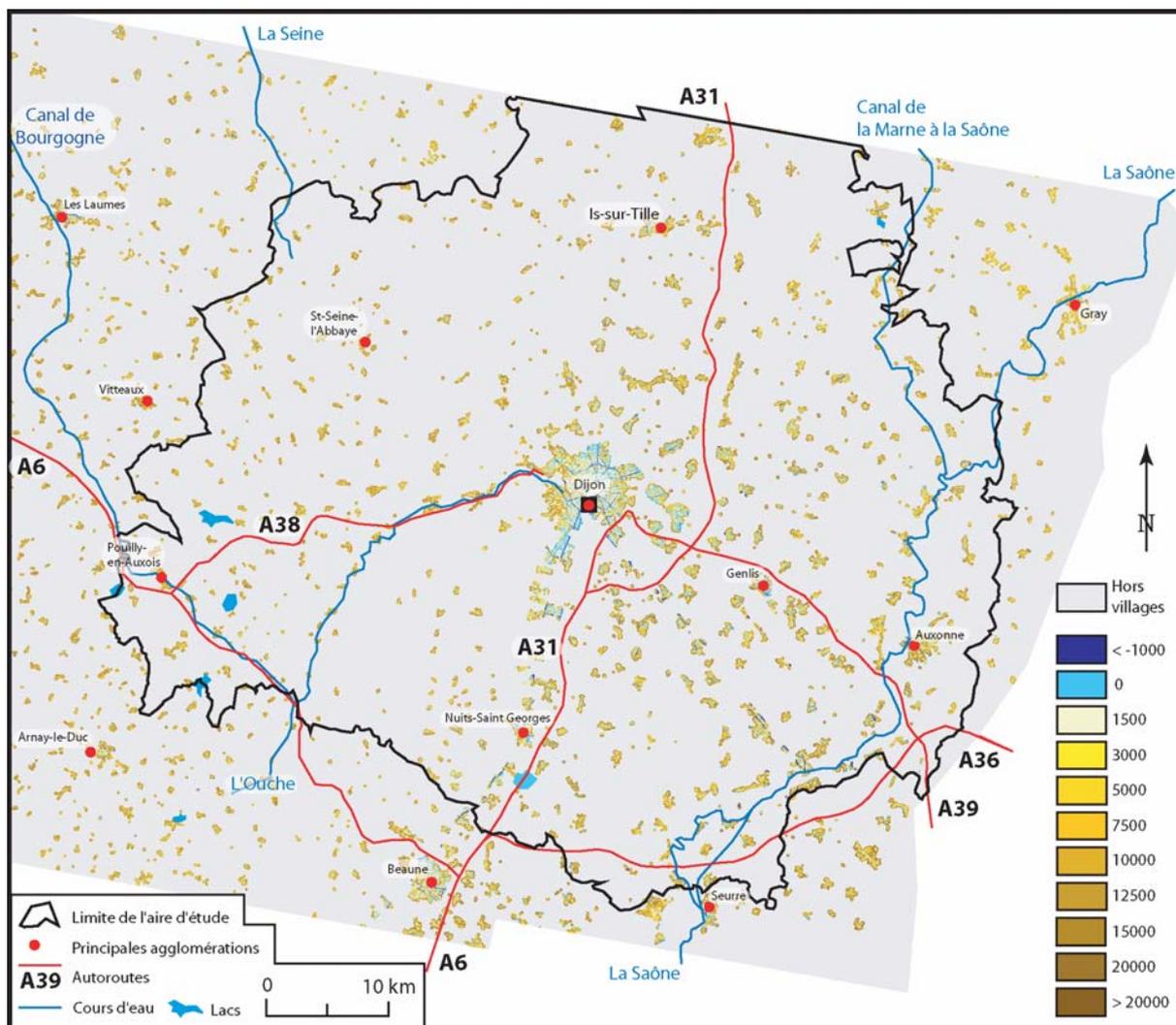


Figure III-33 : Cartes du prix accordé au paysage dans les transactions

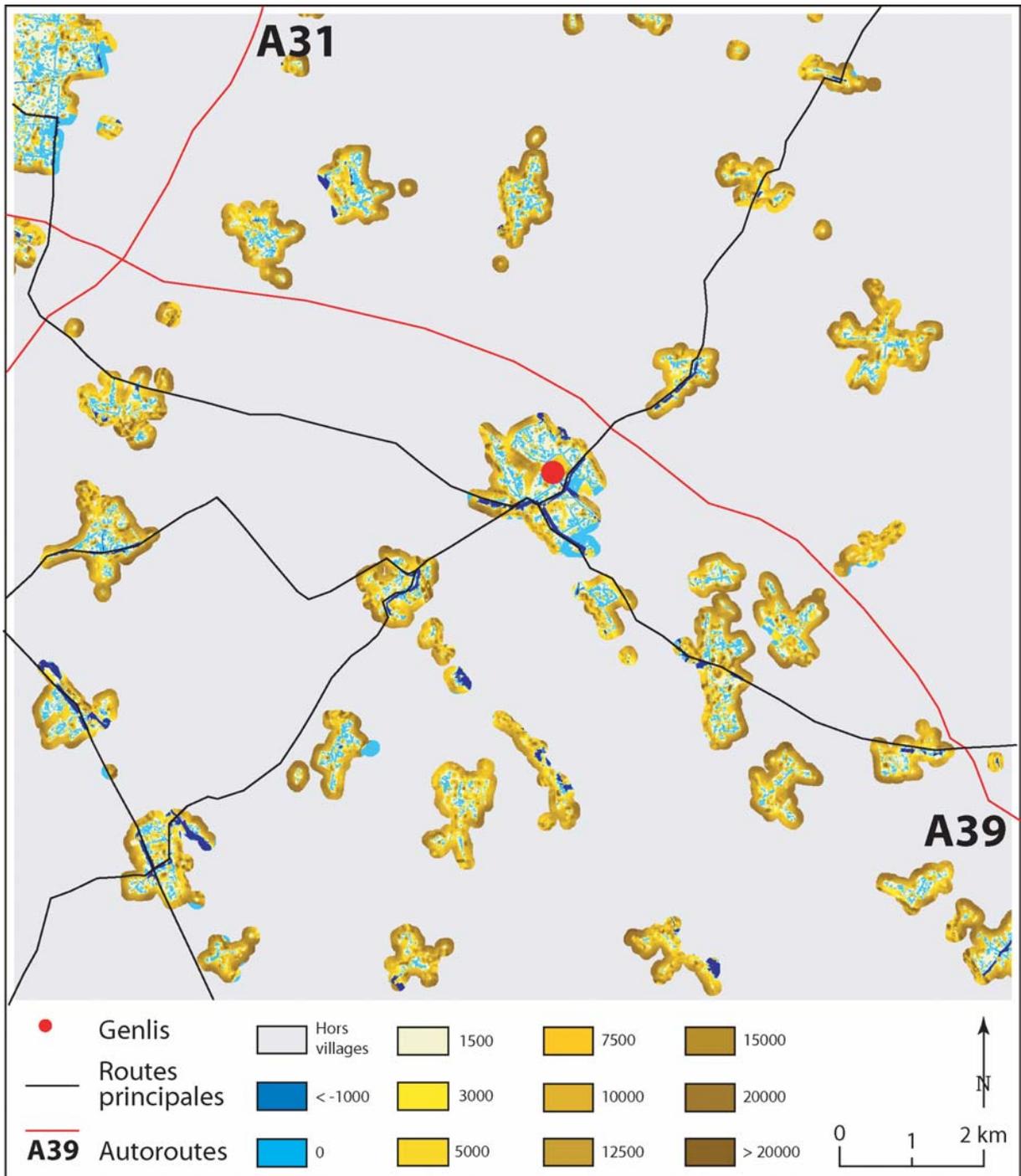


Figure III-34 : Cartes du prix accordé au paysage dans les transaction, zoom sur Genlis et ses environs

La modélisation telle que nous l'avons conduite permet d'établir, par des équations ajustées, la part qui revient au paysage dans le prix un bien immobilier. La mise en évidence de cette relation repose sur la prise en compte d'un échantillon de cas observés, certes important, mais qui reste limité au regard de l'ensemble des points qui composent l'espace dans sa continuité. Un des intérêts de la méthode que nous avons développée est que l'information relative au paysage est restituée pour tout point de l'espace (fig. III-33) ; il est donc possible de reprendre les équations qui résultent de la modélisation et de les résoudre systématiquement en fonction des valeurs prises en chaque point par les facteurs paysagers explicatifs du prix.

De la sorte, on calcule commodément la valeur qui reviendrait au paysage si chaque point de l'espace faisait l'objet d'une transaction.

3. Perspectives

Ainsi que nous l'indiquions en introduction, les résultats établis et commentés dans ce chapitre correspondent à une étape de la recherche. Cette recherche se poursuit évidemment au-delà de ce rapport. La richesse de la base de données constituée permet, en effet, d'autres analyses et d'autres modèles économiques peuvent aussi être utilisés. C'est ainsi que les variables de surfaces angulaires, présentées dans la section 1.3.3, ne semblent pas donner de résultats intéressants dans les modèles économétriques, mais il sera peut-être possible d'y remédier ultérieurement. Un deuxième exemple de prolongement que nous envisageons concerne l'analyse des paysages vus au-delà de la parcelle résidentielle, par exemple ceux qui s'offrent au regard d'un promeneur. Il est, en effet, possible qu'un environnement paysager agréable apporte une plus-value immobilière même lorsqu'il n'est pas vu depuis une maison. On peut même penser que les allers et retours domicile - travail sont moins pesants à effectuer quotidiennement lorsqu'on traverse de jolis paysages ; dans ce cas, il est possible que le coût de transport que leur imputent les travailleurs soit plus faible que lorsqu'ils doivent traverser des zones sans attraits ou repoussantes. Sur le plan économétrique, d'autres modèles peuvent également être utilisés, comme celui à effet de groupe aléatoire qui a été présenté dans la section 2.4.2, mais qui n'a été employé que pour les attributs non paysagers.

Les variantes possibles des modèles géographiques et économiques sont donc en très grand nombre. Nous pensons qu'elles ne remettront pas en cause les conclusions fortes de ce rapport, car des vérifications ont été faites qui montrent la robustesse de ces conclusions. Mais elles pourront amener des nuances qui changeront certains détails, car il en est toujours ainsi lorsqu'on modifie quelque peu le protocole ou le dispositif d'une recherche.

C'est ainsi qu'un article est en cours de préparation qui, pour respecter les critères des revues scientifiques, ne peut avoir l'ampleur de ce rapport. Par exemple, il se limite à la ceinture périurbaine car il n'est pas possible de présenter dans de tels supports des résultats pour sept zones (ensemble de la région, pôle urbain et restant de la région, quatre zones paysagères). La distinction des maisons en lotissement et de celles hors lotissement dans une commune, telle que nous l'avons faite ici, est également compliquée à expliquer à des lecteurs de pays où le mode d'urbanisation n'est pas le nôtre ; cela conduit, dans cet article en projet, à affecter les transactions à des communes sans distinguer le niveau des lotissements. Par contre, nous introduisons quelques nouvelles variables récemment obtenues, comme la zone des Plans locaux d'urbanisme (PLU) où se situe chaque transaction.

Ces quelques changements méthodologiques entraînent de petits changements dans les résultats. Mais les aspects essentiels sont conservés. Par exemple, nous retenons, dans le présent rapport, les prés qui sont vus dans la couronne de 70 à 280 mètres comme la meilleure définition de la variable, alors que ce sont les prés entre 70 et 140 mètres qui sont choisis dans le document de travail en question³³. De la même façon, les variables de composition paysagère ne sont pas exactement les mêmes, mais elles indiquent dans les deux cas des prix hédonistes positifs pour des formes complexes dans la ceinture périurbaine (fragmentation, mosaïques, etc.). Le lecteur intéressé pourra prendre connaissance des

³³ D'autres modifications de détail pourraient être relevées : dans un cas, c'est la vue sur des voies ferrées qui est retenue, dans l'autre l'appartenance à un ruban de 100 mètres autour d'une voie ferrée ; l'exposition sud, qui ressort avec un faible prix hédoniste positif dans le rapport, n'est plus retenue ; etc.

résultats détaillés de ce document dans Cavailhès et al. (2005), tout comme il pourra suivre les publications ultérieures au fur et à mesure de leur parution.

Références citées dans le chapitre III

- Arriaza, M., Canas-Ortega, J.F., Canas-Madueno, J.A., Ruiz-Aviles, P. (2003) - Assessing the visual quality of rural landscape - *Landscape and Urban Planning*.
- Bastian, C. T., McLeod, D. M., Germino, M. J., Reiners, W. A., Blasko, B. J. (2002) - Environmental amenities and agricultural land values : a hedonic model using geographic information systems data - *Ecological Economics*, 40: 337-349.
- Blomquist, G. (1988) - Valuing urban lakeview amenities using implicit and contingent markets - *Urban Studies*, 25, 333-340.
- Bockstael, N.E., Irwin, E.G. (2000) - Economics and the land use. Environment link - In : Tietinberg, T., Folmer, H. (Eds) : *International Yearbook of Environmental and Resource Economics 2000/2001*, Edward Edgar, Cheltenham, UK.
- Bonnieux, F., Le Goffe, P. (1997) - Valuing the benefits of landscape restoration. A case study of the Cotentin in Lower-Normandy, France - *Journal of Environmental Management*, vol. 50, 3, 321-333.
- Bonnieux, F., Rainelli, P. (2000) - Aménités agricoles et tourisme rural - *Revue d'économie régionale et urbaine*, 803-820.
- Cavailhès, J. (2004) - La valeur du cadre de vie agricole dans les couronnes périurbaines - *INRA Sciences Sociales*.
- Cavailhès, J. (2005) - Le rôle des attributs du logement dans la formation du loyer - *Economie et Statistique* (à paraître)
- Cavailhès, J., Brossard, T., Hilal, M., Joly, D., Tourneux, P. F., Tritz, C., Wavresky, P. (2005) - *Le paysage depuis chez vous : Voir, ne pas voir, être vu. Une évaluation géographico-économique* - Dijon, Besançon, INRA-CESAER, CNRS-THÉMA, document de travail, 29p.
- Cavailhès, J., Wavresky, P. (2003) - Urban influences on periurban farmland prices - *European Review of Agricultural Economics*, 30: 333-357.
- Cheshire, P., Sheppard, S. (1995) - On the Price of Land and the Value of Amenities - *Economica*, 62: 247-267.
- Dachary-Bernard, J. (2005) - Une évaluation économique du paysage. Une application de la méthode des choix multi-attributs aux Monts d'Arrée - *Economie et Statistique* (à paraître).
- Des Rosiers, F., Thériault, M., Kestens, Y., Villeneuve, P. (2002) - Landscaping and house value: an empirical investigation - *JRER*, 23: 139-161.
- Earnhart, D. (2001) - Combining revealed and stated preference methods to value environmental amenities at residential locations - *Land Economics*, 77: 12-29.
- Garrod, G. D., Willis, K.G. (1992) - Valuing goods' characteristics: an application of the hedonic price method to environmental attributes - *Journal of Environmental Management*, 34: 59-76.
- Geoghegan, J. (2002) - The value of open spaces in residential land use - *Land Use Policy*, 19, 91-98.

- Goffette-Nagot, F. (1994) - *Analyse micro-économique de la périurbanisation : un modèle de localisation résidentielle* - Dijon, INRA-ESR, thèse de doctorat, Université de Bourgogne.
- Gravel, N., Trannoy, A. et Michelangeli, A. (2001) - *Measuring the social value of local public goods : a hedonic Analysis within Paris Metropolitan Area*, Document de travail, Marseille, IDEP-GREQAM et Université Paul Valéry, 27 p.
- Hammit, W.E., Patterson, M.E., Noe, F.P. (1994) - Identifying and predicting visual preferences of southern Appalachian forests recreation vistas - *Landscape and Urban Planning*, 29: 171-183
- Hugues, W. T., Sirmans, C. F. (1992) - Traffic externalities and single-family house prices - *Journal of Regional Science*, 32: 487-500.
- Irwin, E.G. (2002) - The effects of open space on residential property values - *Land Economics*, 78: 465-480
- Kazmierczak-Cousin, S. (1999) - *L'évaluation des fonctions d'enchères des ménages : les agglomérations Lilloise et Brestoise* - Thèse de doctorat, U. de Lille, 308 p. + annexes.
- Lake, I.R., Lovett, A.A., Bateman, I.J., Langford, I.H. (1998) - Modelling environmental influences on property prices in an urban environment - *Computers, Environments and Urban Systems*, 22: 121-136.
- Lansford, N. H., Jones, L. L. (1995) - Recreational and aesthetic value of water using hedonic price analysis - *Journal of Agricultural and Resource Economics*. 341-355
- Lecat, G. (2003) - *En quoi le cadre de vie rural contribue-t-il à expliquer les prix fonciers dans les espaces périurbains ?* - Dijon, Université de Bourgogne, INRA-ESR, ENESAD, 128 p.
- MacDonald, J.F., Osuji, C.I. (1995) - The effect of anticipated transportation improvement on residential land values - *Regional Science and Urban Economics*, 25: 261-278.
- Marchand, O., Skhiri, E. (1995) - Prix hédoniques et estimation d'un modèle structurel d'offre et de demande de caractéristiques - *Economie et Prévision*, 121 : 127-139.
- Mooney, S, Eisgruber LM (2001) - The influence of riparian protection measures on residential property values: the case of the Oregon plan for salmon and watersheds - *Journal of Real Estate Finance and Economic*, 22, 273-286.
- Napoleone, C. (2005) - *Prix fonciers et immobiliers, et localisation des ménages au sein d'une agglomération urbaine* - Marseille, CEMAGREF-EHESS, thèse de doctorat.
- Palmer, J.F. (2004) - Using spatial metrics to predict scenic perception in a changing landscape: Dennis, Massachusetts - *Landscape and urban planning*, 69:201-218
- Palmquist, R. B. (1982) - Measuring environmental effects on property values without hedonic regressions - *Journal of urban economics*, 11: 333-347.
- Palmquist, R. B. (1992) - Valuing localized externalities - *Journal of Urban Economics*, 31: 59-68.
- Paterson, R.W., Boyle K.J. (2002) - Out of sight, out of mind? Using GIS to incorporate visibility in hedonic property value models - *Land economics*, 78: 417-425
- Smith, V.K., Poulos, C., Kim, H. (2002) - Treating open space as an urban amenity - *Resource and Energy Economics*, 24:107-129.

- Spalatro, F., Provencher, B. (2001) - An Analysis of Minimum Frontage Zoning to Preserve Lakefront Amenities - *Land Economics*, 469-481.
- Sullivan, W. C., Anderson, O. M., Taylor, L. S. (2004) - Agricultural buffers at the rural-urban fringe: an examination of approval by farmers, residents, and academics in the Midwestern United States - *Landscape and Urban Planning*, 69: 299-313.
- Thorsnes, P. (2002) - The value of a suburban forest preserve: Estimates from sales of vacant residential building lots. *Land Economics*, 78: 626-441
- Tyrvaenen, L., Miettinen, A. (2000) - Property Prices and Urban Forest Amenities - *Journal of Environmental Economics and Management*, 39: 205-23.

Conclusion générale

Les paysages périurbains ont une valeur économique pour les habitants

Retenons de cette étude quelques conclusions en matière paysagère.

- La première conclusion qui se dégage est que les habitants de la région d'étude se caractérisent par une grande myopie : ce qu'ils voient au-delà de quelques centaines, voire de quelques dizaines, de mètres n'a pas de prix hédoniste statistiquement différent de zéro. Cela donne une grande importance aux aménagements urbains réalisés dans les villes et villages à proximité immédiate des habitations, et cela relativise le rôle que s'attribuent les agriculteurs en tant que gestionnaires de grandes étendues offrant des tours d'horizon étendus. Les petits bosquets urbains, les haies séparant les habitations, l'embellissement de la voirie (fleurs, arbres, etc.) ont probablement plus d'importance que la forme des champs et la nature des cultures que pratiquent les agriculteurs au-delà des limites du village. Cependant, cette conclusion est relative à la question étudiée ici : la valeur de la vue qui s'offre depuis une maison. Il est possible qu'à une autre échelle, celle d'une promenade à pied ou à bicyclette, des ambiances paysagères à des échelles plus petites, mesurées sur des étendues de plusieurs kilomètres, acquièrent une importance et un prix positif. Des travaux ultérieurs seront consacrés à cette question.
- Dans ce cercle restreint, c'est le champ de vision depuis une maison qui a une valeur économique. La simple présence de types d'occupation des sols, y compris ceux qui ne sont pas vus, donne des résultats moins précis que la vision proprement dite, c'est-à-dire du dedans, en tenant compte du relief et des masques visuels. Plus précisément, nous avons fait apparaître une dialectique du voir et du vu, la vue étant une aménité et la soumission à la vue d'autrui étant une nuisance. En particulier, les surfaces du pôle urbain à bâti dense ont un prix positif (probablement dû à la présence de biens et services publics et privés liés à la densité de bâti) et le bâti d'où l'on est soumis à la vue depuis d'autres maisons dans la ceinture périurbaine a un prix négatif. Or, nous avons également montré que les formations arborées vues à moins de 70 mètres d'une maison réduisaient la soumission à la vue plus que ne le font les mêmes formations qui existent dans un cercle de 70 mètres autour des maisons, mais qui ne sont pas vues. Il en résulte logiquement que les arbres qui sont dans le champs de vision ont été disposés de telle façon qu'ils réduisent la nuisance de la soumission à la vue (ce que ne font pas aussi bien les arbres non vus). C'est une propriété remarquable.
- Parmi les objets vus, les formations arborées, les feuillus en premier lieu, ont des prix hédonistes significativement positifs et les réseaux, particulièrement routiers, négatifs. Le prix obtenu pour l'agriculture est plus ambigu et il varie selon la distance des champs ou des prés. Ces prix sont toujours faibles, en regard du prix d'une maison, mais on peut dire qu'ils ne sont pas nuls. Des indices de forme paysagère (nombre, forme et agencement des taches formées par les différents usages des sols), quoique définis de façon frustrante par notre méthode, ont des prix hédonistes statistiquement non nuls : dans la ceinture périurbaine (mais pas dans le pôle urbain, excepté pour ce qui concerne les feuillus), les ménages préfèrent des formes complexes, fragmentées, imbriquées ou en mosaïque.

- Les résultats sont très différents dans le pôle urbain (en rappelant que la commune de Dijon a été exclue de la région d'étude) et dans la ceinture périurbaine (qui va au-delà de la couronne périurbaine au sens de l'INSEE). Les prix des attributs paysagers sont nettement plus faibles dans le pôle urbain que dans la ceinture périurbaine, sans qu'il soit possible de dire si cette différence est due aux limites de notre méthode (peu adaptée à un habitat dense), à des goûts différents des habitants de ces deux types d'espace ou si elle signifie que les paysages urbains ont réellement une plus faible valeur.
- Le prix global du paysage proprement dit est en moyenne de près de 2500 euros pour une maison de la ceinture périurbaine, soit 2,3 % du prix d'une maison, la médiane étant d'un millier d'euros. Ce prix minore probablement la valeur globale réelle, puisqu'elle ne tient pas compte des aspects esthétiques des paysages, de leur valeur écologique, récréative et d'existence. C'est, cependant, une valeur significativement non nulle. En tenant compte des aspects topographiques et la situation par rapport aux grandes voies routières, on obtient des prix de l'environnement paysager global nettement plus faibles : de l'ordre de 500 euros.

*

* *

Les modèles géo-économiques d'évaluation du prix des paysages sont peu nombreux, alors que les deux disciplines sont complémentaires pour l'évaluation de ce bien non marchand et difficile à mesurer. Des développements ultérieurs seront nécessaires, en approfondissant la collaboration inter-disciplinaire engagée ici. En particulier, des indicateurs de composition paysagère appliqués à l'espace vu « du dedans » et non pas « du dessus », comme c'est actuellement le cas, peuvent être élaborés. Certains résultats actuellement fragiles demandent également à être précisés (l'agriculture selon son éloignement), ainsi que l'analyse des plans de vision intermédiaires et lointains. Il est également envisagé d'évaluer non plus le prix hédoniste du paysage vu depuis une maison mais, d'une part, celui d'une ambiance paysagère villageoise, en passant à l'échelle d'une promenade à pied autour de chez soi et, d'autre part, celui d'un trajet de migration alternante domicile - travail. Enfin, des comparaisons avec d'autres régions seront également réalisées, dans le cadre d'une autre étude réalisée à la demande du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable.

Cependant, même si elle peut être affinée et élargie à d'autres régions, notre méthode géo-économique reste réductrice car elle simplifie à l'extrême ce qu'est un paysage et elle n'estime que des valeurs d'usage liées à la consommation résidentielle. Le fait que, malgré ces limites, elle débouche sur des résultats significatifs est encourageant. Mais nous avons conscience de ce que d'autres types de méthode sont également nécessaires pour faire avancer les connaissances dans le domaine de l'évaluation économique des paysages.

Annexes

Annexe du chapitre I

Annexe I-1 : Rayonnement global

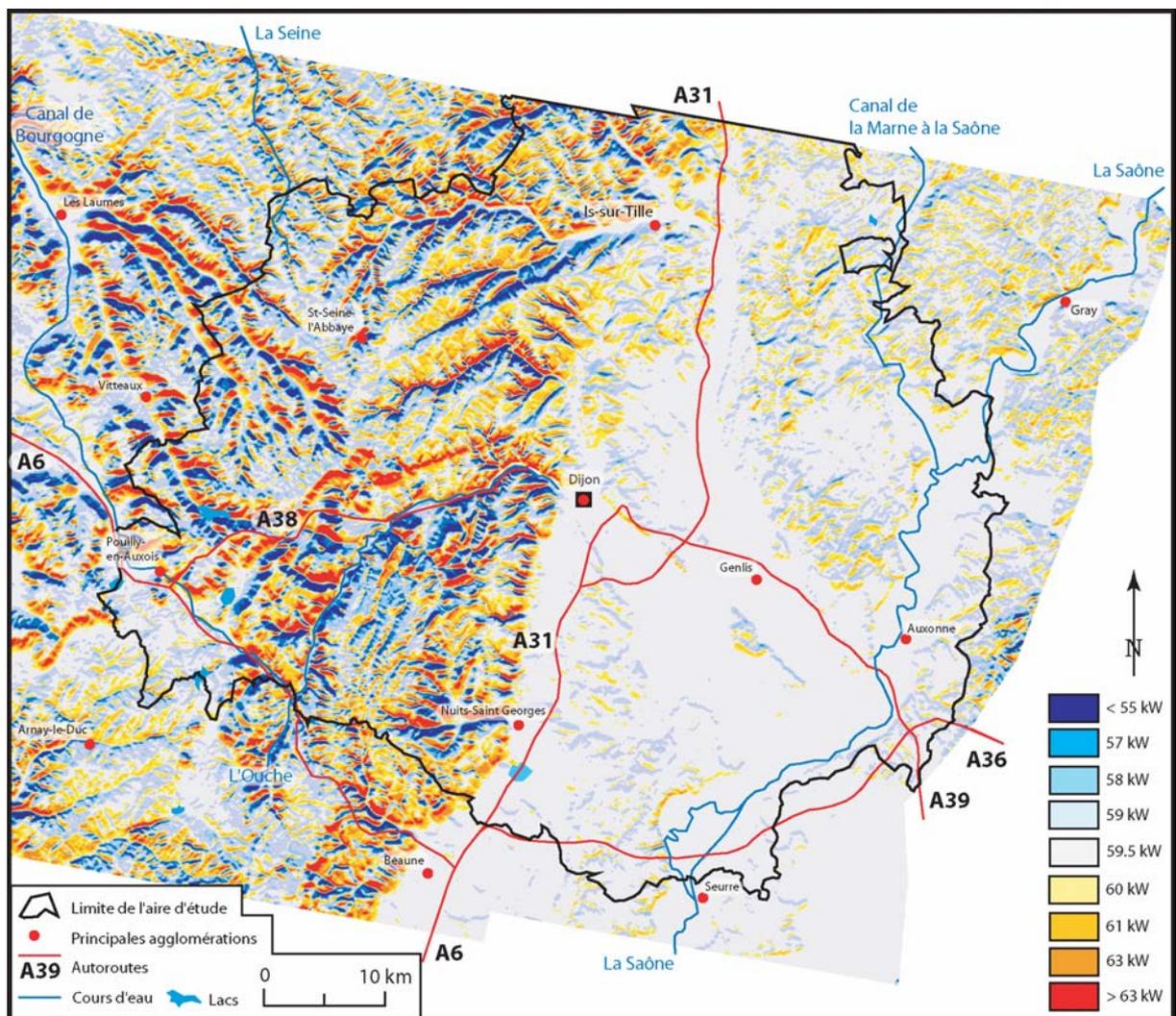


Figure A-I-1 : Rayonnement global

Annexe I-2 : Zonage en 13 unités de paysage

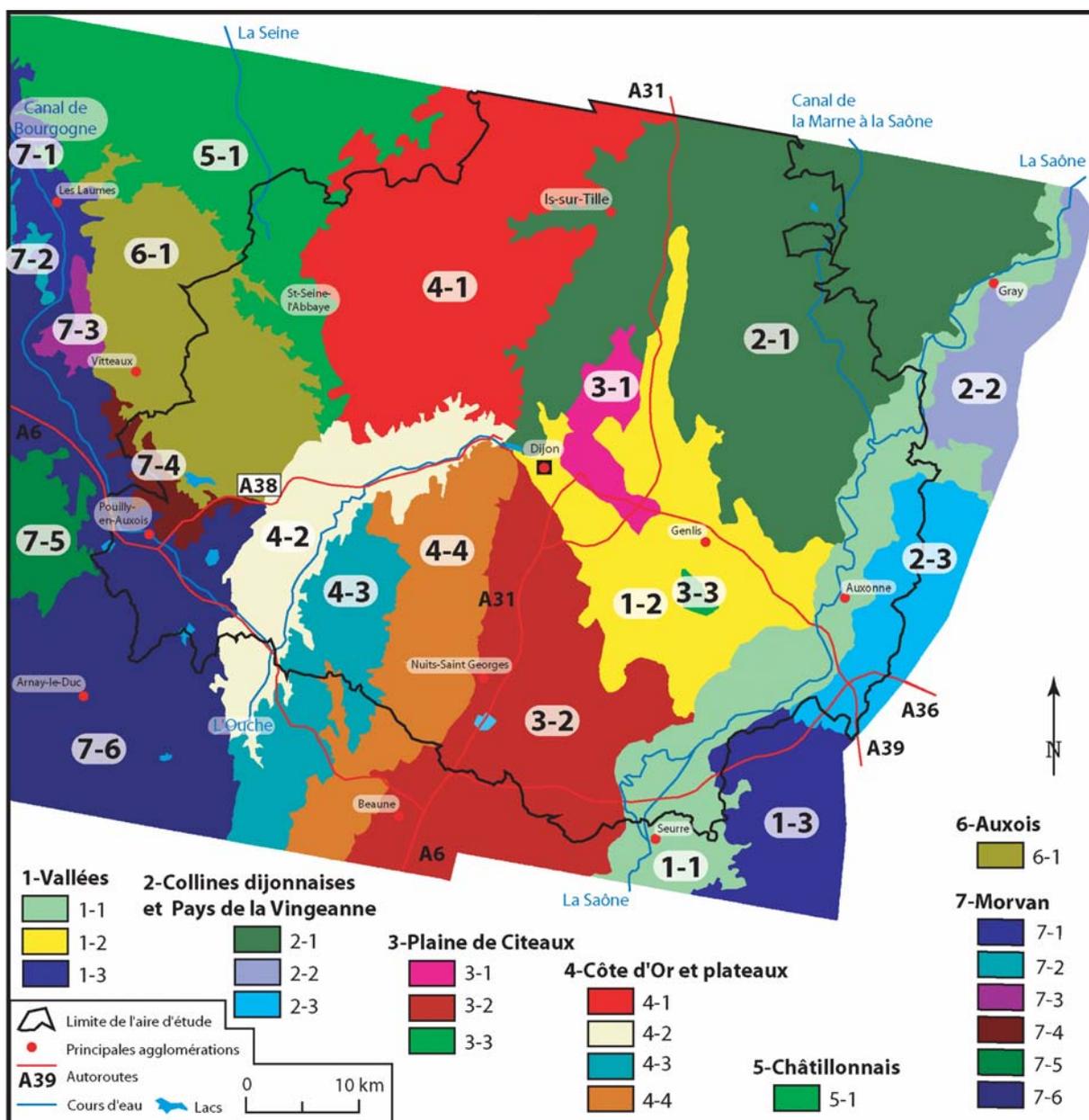


Figure A-I-2 : Zonage en 13 unités de paysage

Annexes du chapitre III

Annexe III-1 : Comparaison du prix du terrain nu selon le type de transaction

La figure A.III-1 utilise les mêmes données que la figure III-22, pour permettre de comparer le prix des terrains selon qu'il est estimé directement (terrains à bâtir) ou à partir du prix global des maisons.

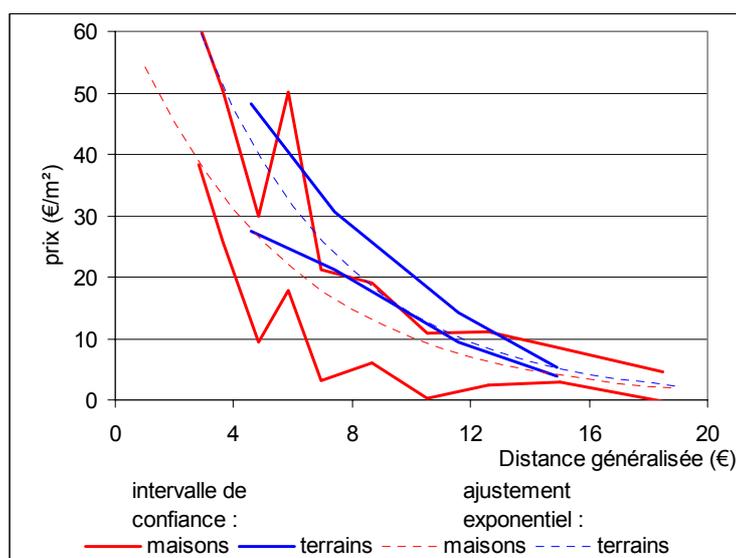


Figure A-III-1 : Comparaison du prix d'un mètre carré de terrain nu à partir des transactions de maisons et de terrains à bâtir

Cette figure indique non pas le prix estimé, comme la figure 3.1.1, mais l'intervalle de confiance à 95% (traits pleins) et un ajustement exponentiel de la valeur moyenne (traits pointillés). On observe, tout d'abord, que les prix obtenus à partir des deux échantillons sont proches, surtout si l'on tient compte de l'incertitude (les intervalles de confiance se recouvrent en partie). C'est un résultat qui montre que deux équations différentes estimées séparément sur deux échantillons conduisent à des prix hédonistes du terrain très voisins.

Si on admet que les petites différences entre les deux estimations existent, le prix unitaire d'un terrain à bâtir semble être légèrement supérieur au prix du même terrain lorsqu'il supporte une maison (ce que montrent les courbes en pointillé de la figure A-III-1). Deux interprétations de cette différence peuvent être faites :

- Statistique : pour estimer le prix du terrain à partir du prix global d'une maison, le modèle omet certains attributs du logement. Si ces variables omises sont corrélées à la surface du lot résidentiel, leur prix peut être indirectement capté par celui de ce dernier. Dans ce cas, on peut penser que parmi les attributs omis, ceux à prix hédoniste négatif pèsent un peu plus lourd que ceux à prix positif.
- Economique : acheter une maison plutôt qu'un terrain présente des avantages (disponibilité immédiate, constat visuel des attributs) et des inconvénients (de nombreux attributs sont irréversibles et ils peuvent ne pas correspondre aux besoins

ou aux goûts de l'acquéreur). A l'inverse, un terrain à bâtir permet de choisir la construction et les attributs qui la composeront, moyennant un délai et un risque (la réalité peut ne pas exactement correspondre à la vision sur plan, l'environnement peut se modifier par de nouvelles constructions, etc.). La différence de prix du même bien, le terrain, peut s'expliquer par le fait que le solde global des avantages net des inconvénients est plus élevé pour les terrains à bâtir que pour les maisons.

Annexe III-2 : Combinaison des effets de la distance, population et revenu communal sur la rente foncière

La figure A-III-2 montre la combinaison des trois effets, accessibilité, biens urbains (mesurés par le nombre d'habitants) et revenu imposable moyen des communes pour le cas des maisons¹, à partir de l'estimation du modèle en double différence.

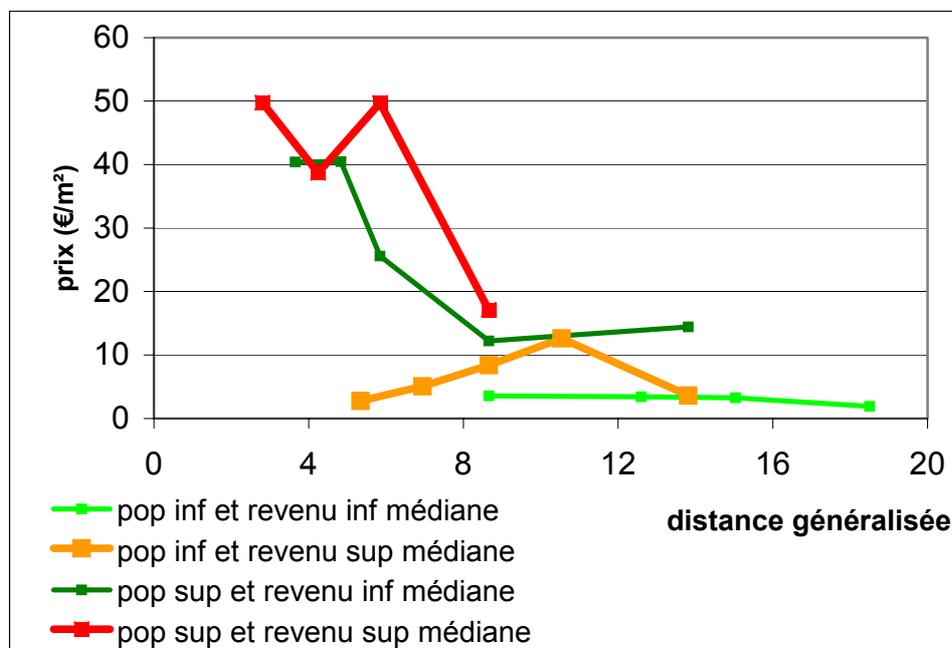


Figure A-III-2 : Prix médian d'un mètre carré de terrain selon la distance, la taille et le revenu imposable moyen des communes

La lisibilité de la figure se dégrade parce que le nombre d'observations dans chaque classe se réduit. De plus, l'effet du revenu imposable n'est pas très net : les communes au revenu imposable supérieur à la médiane, plus urbaines comme plus rurales, ont des valeurs foncières un peu plus élevées que celles où le revenu est plus faible, mais les écarts ne sont pas considérables.

¹ On obtient le même type de résultats pour les terrains à bâtir, mais le plus faible nombre de points dans chaque groupe rend le tracé des courbes plus heurté.

Annexe III-3 : Prix hédoniste des différents champs de vision, de la vue et de la soumission à la vue

Champ de vision		Ensemble région	Pôle urbain	Périurbain proche	Périurbain éloigné	Vallées Plaine Dijon (ensemble)	Sud Plaine Dijon (ensemble)	Nord Plaine Dijon (ensemble)	Arrière-côté, Plateaux (ensemble)
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0 à 70 mètres	Existence	/	/	/	/	/	/	/	/
	Vue (ares)	NS	<0****	NS	NS	NS	<0**	NS	NS
	Soumission (ares)	NS	<0****	NS	NS	NS	<0**	NS	NS
	vue (ares) et soumission (ares)	>0**** <0***	>0** <0****	>0** <0**	>0* NS	>0** <0**	NS NS	>0**** <0****	>0** <0**
70 à 140 mètres	Existence	NS	NS	NS	>0*	NS	<0**	NS	>0**
	Vue (ares)	NS	NS	NS	NS	NS	<0*	NS	NS
	Soumission (ares)	NS	<0****	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	vue (ares) et soumission (ares)	NS NS	NS NS	NS NS	NS NS	NS NS	<0** >0*	>0*** <0****	NS NS
140 à 280 mètres	Existence	NS	NS	<0**	NS	NS	<0****	NS	NS
	Vue (ares)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Soumission (ares)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	vue (ares) et soumission (ares)	NS NS	NS NS	NS NS	NS NS	NS NS	NS NS	>0** <0**	NS NS
280 à 600 mètres	Existence	NS	<0****	NS	>0**	NS	NS	>0**	NS
	Vue (ares)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
600 à 1200 mètres	Existence	>0**	<0**	NS	>0**	>0***	NS	NS	<0*
	Vue (ares)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Plus de 1200 mètres	Existence	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Vue (ares)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

**** significatif à moins de 1 %. *** Significatif à moins de 5 %. ** Significatif à moins de 10 %. * Significatif à moins de 15 %. NS : non significatif au seuil de 15 % (les résultats sont considérés comme non significatifs lorsqu'ils sont dus aux centiles extrêmes de la distribution). / : le champ 0-70 mètres existant pour toutes les maisons, il n'est pas possible de l'introduire dans l'estimation.

Tableau A-III- 1 : Prix hédoniste des champs de vision

Les résultats du tableau A-III-1 ont été obtenus de trois régressions : la première (colonne 1) concerne l'ensemble de la région, la deuxième (colonnes 2 à 4) le pôle urbain et les deux couronnes périurbaines (proche et éloignée) et la troisième (colonnes 5 à 8) les quatre zones paysagères (sans distinction du pôle urbain et de la ceinture périurbaine).

Pour l'ensemble de la région (colonne 1), à une exception près (l'existence d'un champ de vision compris entre 600 et 1200 mètres), il semble que la surface vue, ou l'existence des divers champs de vision, ait un prix hédoniste non significativement différent de zéro. Il en est de même pour la soumission à la vue. Le détail des résultats selon les zones montre que le sud de la Plaine dijonnaise et, à un degré moindre, le nord de celle-ci, font exception, mais avec un signe tantôt positif tantôt négatif, ce qui dénote une fragilité du résultat (dans quelques autres cas, la même fragilité résulte d'un effet positif ou négatif de l'existence d'un champ de vision, mais d'une nullité du prix de la surface correspondante).

Cependant, en introduisant simultanément la vue et la soumission à la vue, les résultats sont modifiés dans le champ des 70 premiers mètres. La surface vue a un prix hédoniste positif et la surface d'où l'on est vu a un prix négatif, pour l'ensemble des observations et pour la quasi-totalité des zones.

Annexe III-4 : Vue et soumission à la vue

	paramètre	écart-type	T de Student
feuillus	-0,00021608	0,00013176	-1,6
bâti	0,00063155	0,00006743	9,4
résineux	0,00038701	0,00026142	1,5
buissons	-0,00087534	0,00013994	-6,3
cultures	0,00096725	0,0000811	11,9
prés	0,00089662	0,00008303	10,8
routes	0,00093167	0,00009854	9,5
encaissement	-0,0001092	0,00002779	-3,9
"erreur"	0,01368	0,01768	0,8
"satellite"	0,01902	0,0205	0,9

Variable expliquée : pixels d'où on est soumis à la vue / pixels vus. Champ 0 - 70 mètres. Variables explicatives : existence des types d'occupation (vue d'en haut). Les variables « erreur » et « satellite » sont des variables techniques de contrôle. Les types d'occupation rares ont été exclus. $R^2 = 0,11$

Tableau A-III-2 : Explication du taux de soumission à la vue par l'occupation du sol vue d'en haut

	paramètre	écart-type	T de Student
feuillus	-0,00749	0,00060804	-12,3
bâti	0,00203	0,00038602	5,3
résineux	-0,00829	0,00234	-3,5
buissons	-0,00595	0,00074	-8,1
cultures	0,00046359	0,00005568	8,3
prés	0,00079014	0,00006236	12,7
routes	0,00065571	0,00010984	6,0
encaissement	-0,00002786	0,00002695	-1,0
"erreur"	0,05098	0,01803	2,8
"satellite"	0,01739	0,02022	0,9

Variable expliquée : pixels d'où on est soumis à la vue / pixels vus. Champ 0 - 70 mètres. Variables explicatives : vue des types d'occupation (vue du dedans). Les variables « erreur » et « satellite » sont des variables techniques de contrôle. Les types d'occupation rares ont été exclus. $R^2 = 0,16$

Tableau A-III-3 : Explication du taux de soumission à la vue par l'occupation du sol vue du dedans

Annexe III-5 : Résultats statistiques

	effet aléato	effet aléatoire	effet fixe	différence	effet aléatoire	effet fixe
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
paramètre	écart-type	paramètre	écart-type		prix hédoniste	prix hédoniste
Feuillus (ares. champ 0-70m)	0,006379	0,001103	0,00587	9%	451 à 931	346 à 926
Distance résineux si moins de 100 mètres (mètres)	-0,0004	0,000212	-0,0007	-43%	-89 à 2,6	-130 à -21
Cultures et ares (ares. champ 0-70 mètres)	-0,00032	0,00014	-0,00019	68%	-64 à -4	-57 à 16
Route s (ares. soumission depuis champ 0-70m)	-0,00066	0,000189	-0,00046	43%	-112 à -30	-99 à -1
Distance bâti si moins de 100 mètres (mètres)	-0,00045	0,000167	-0,00035	29%	-85 à -13	-62 à 7
Bâti : écart soumission - vue (ares. champ 0-70m)	-0,00289	0,001616	-0,0058	-54%	-638 à 59	-1042 à -205
Prés (ares. champ 70-280m)	0,000081	0,000034	0,00011	-27%	1,4 à 16	3 à 21
Cultures (ares. champ 70-140m)	0,000094	0,000061	0,000139	-32%	-3 à 23	-1 à 31
Voies ferrées (ares. champ 0-280m)	-0,02014	0,008627	-0,02282	-12%	-3964 à -311	-4559 à -270
Eaux (ares. champ 70-280m)	-0,00052	0,000213	-0,00076	-32%	-102 à -10	-136 à -28
Diversité forestière (champ 0-70m)	-0,04071	0,02413	-0,03326	22%	-9194 à 818	-9349 à 2626
Diversité biotique (champ 140-280m)	-0,0432	0,02099	-0,04198	3%	-6819 à -132	-9476 à 879
Pente	-0,00446	0,002204	-0,00932	-52%	-954 à -6	-1637 à -362
Moins 200m route grande circulation	-0,02049	0,009436	-0,04214	-51%	-4169 à -175	-6963 à -1888

Colonnes (1) et (2) : paramètre et écart-type estimés du modèle à effet aléatoire

Colonnes (3) et (4) : idem pour le modèle à effet fixe

Colonne (5) : écart en pour cent entre les paramètres estimés : (1)/(3)*100

Colonnes (6) et (7) : elles donnent l'intervalle de confiance à 95 pour cent du modèle à effet aléatoire et du modèle à effet fixe (« IV »)

Tableau A-III-4 : Comparaison du modèle à effet fixe et à effet aléatoire

On observe, d'une part, que les intervalles de confiance ont toujours une intersection, généralement assez large ; cela indique que les valeurs estimées dans les deux modèles ne sont pas significativement différentes. D'autre part, l'imprécision des prix hédonistes estimés apparaît dans la largeur des intervalles de confiance : même si le modèle statistique est bon, et même si, dans le cadre de ce modèle, on peut dire qu'il y a 95 chances sur cent pour que certains paramètres soient positifs et d'autres négatifs, le prix estimé peut varier dans cet intervalle, ce qui amène à être prudent dans les commentaires des valeurs obtenues.

	Sans variables paysagère (1)		Sans variables de composition paysagère (2)		ensemble (3)	
	Estimate	t	estimate	t	estimate	t
SURFHAB (ln)	1,558958	17,2	1,548694	17,2	1,544246	17,1
SURFHAB (ln)*POLE	-0,89594	-9,7	-0,89125	-9,7	-0,89021	-9,7
SURFLOT	0,029591	2,4	0,021868	1,7	0,022151	1,8
SURFLOT*POLE	0,108189	6,3	0,117323	6,7	0,116467	6,6
SURF_PIECE	-0,0219	-5,7	-0,02211	-5,8	-0,02195	-5,7
(SURF_PIECE) ²	0,000116	2,0	0,00012	2,1	0,000119	2,0
SURF_PIECE*POLE	0,011974	5,9	0,01226	6,1	0,012155	6,1
NIV	-0,16802	-9,4	-0,16153	-9,2	-0,16025	-9,1
NIV*POLE	0,165204	7,9	0,160076	7,7	0,158546	7,7
AGE	0,000524	5,6	0,000471	5,0	0,000473	5,1
SDB	25,86645	9,8	25,39265	9,8	25,28716	9,7
SDB*POLE	-21,1955	-6,9	-20,7733	-6,8	-20,698	-6,8
COMBLE	0,075622	4,1	0,074798	4,1	0,073505	4,0
PISCINE	0,096349	4,1	0,090044	3,9	0,08798	3,8
SOUSSOL	0,034791	4,3	0,035644	4,5	0,035964	4,5
PARK*POLE	0,032669	3,4	0,032772	3,5	0,033649	3,6
DATE	0,041801	21,4	0,042013	21,6	0,042071	21,8
PARTIC	-0,0288	-3,4	-0,03071	-3,6	-0,03132	-3,7
ACQOCC	-0,13436	-4,9	-0,13474	-5,0	-0,13373	-5,0
SUCC	-0,04419	-4,2	-0,04467	-4,2	-0,04574	-4,4
PARTAGE	-0,03945	-2,5	-0,04193	-2,7	-0,04207	-2,7
FEUILLUS < 70M * PERI			0,003066	2,1	0,004704	2,7
FEUILLUS < 70M * POLE			0,004554	2,2	0,001648	0,7
RESIN < 70M * PERI			0,015686	2,6	0,015947	2,7
RESIN < 70M * POLE			0,004751	0,5	-0,00054	-0,1
ROUTE < 70M (SOUM)			-0,00045	-1,9	-0,00044	-1,8
PRES 70-280M * PERI			0,000062	1,8	0,00007	2,0
PRES 70-280M * POLE			0,000053	0,4	0,000058	0,4
CULT 70-140M * PERI			0,000134	2,1	0,000205	2,9
CULT 70-140M * POLE			-0,00005	-0,5	-0,00005	-0,5
VOIFER < 280M			-0,02447	-2,2	-0,02321	-2,1
EAU 70-280M			-0,00084	-3,2	-0,00085	-3,2
<200M GR_ROUTE * PERI			-0,08627	-4,3	-0,07747	-3,9
<200M GR_ROUTE * POLR			-0,02321	-1,4	-0,01409	-0,8
PENTE			-0,00935	-2,9	-0,01125	-3,4
BATI(SOUM-VU)<70M*PERI			-0,01331	-3,0	-0,01116	-2,5
BATI(SOUM-VU)<70M*POLE			0,004807	0,6	0,00554	0,7
TXBATI VU <70M*PERI			-0,00709	-0,8	-0,00358	-0,4
TXBATI VU <70M*POLE			0,018007	1,8	0,019909	1,8
ORIENT_NONSUD * PERI			-0,00027	-1,4	-0,00033	-1,7
ORIENT_NONSUD * POLE			0,000026	0,1	4,25E-06	0,0
I_DIVISION * PERI					0,258222	2,3
I_DIVISION * POLE					-0,0537	-0,4
I_CONTIGUITE * PERI					-0,14126	-1,9
I_CONTIGUITE * Pole					0,006911	0,1
NB_TACHE FEUILLUS					0,005314	2,0
I_TACHE DOMIN * PERI					0,001909	1,9
I_TACHE DOMIN * POLE					-0,00033	-0,2
L_LISIERE FEUILLUS*PERI					-0,00023	-2,5
L_LISIERE FEUILLUS*POLE					0,000235	1,9

Tableau A-III-5 : Résultats des régressions du modèle en doubles différences selon les variables explicatives (pôle urbain et ceinture périurbaine)

Attributs communs : caractéristiques du bien		
et de la transaction		
FEUILLUS < 70M * PERI	0,005699	3,2
FEUILLUS < 70M * POLE	0,001764	0,8
RESIN < 70M * PERI	0,011832	1,8
RESIN < 70M * POLE	-0,00085	-0,1
ROUTE < 70M (SOUM)	-0,00046	-1,8
PRES 70-280M * PERI	0,000082	2,2
PRES 70-280M * POLE	0,000057	0,4
CULT 70-140M * PERI	0,000219	3,0
CULT 70-140M * POLE	-0,00006	-0,6
VOIFER < 280M	-0,02055	-1,9
EAU 70-280M	-0,00084	-3,0
<200M GR_ROUTE * PERI	-0,08043	-3,9
<200M GR_ROUTE * POLR	-0,01411	-0,8
PENTE	-0,01236	-3,6
BATI(SOUM-VU)<70M * PERI	-0,01226	-2,7
BATI(SOUM-VU)<70M * POLE	0,005962	0,7
TXBATI VU <70M*PERI	-0,00443	-0,5
TXBATI VU <70M*POLE	0,020327	1,8
ORIENT_NONSUD * PERI	-0,00026	-1,3
ORIENT_NONSUD * POLE	0,000016	0,1
I_DIVISION * PERI	0,232259	2,1
I_DIVISION * POLE	-0,05444	-0,4
I_CONTIGUITE * PERI	-0,14236	-1,9
I_CONTIGUITE * Pole	0,009576	0,1
NB_TACHE FEUILLUS	0,007653	2,6
I_TACHE DOMIN * PERI	0,001755	1,7
I_TACHE DOMIN * POLE	-0,00037	-0,3
L_LISIERE FEUILLUS * PERI	-0,00043	-3,3
L_LISIERE FEUILLUS * POLE	0,000143	0,8
FEUILLUS<70M NONVU * PERI	0,000578	1,4
FEUILLUS<70M NONVU * POLE	0,000277	0,4
RESIN < 70M NONVU * PERI	0,001341	2,0
RESIN < 70M NONVU * POLE	0,000238	0,1
ROUTE < 70M NONVU * PERI	-0,01904	-1,5
ROUTE < 70M NONVU * POLE	0,002633	0,2
PRES 70-280M NONVU * PERI	0,000012	0,9
PRES 70-280M NONVU * POLE	-2,87E-06	-0,1
CULT 70-140M NONVU * PERI	0,000037	0,9
CULT 70-140M NONVU * POLE	-1,86E-06	0,0
VOIFER < 280M NONVU * POLE	-0,00096	-1,8
VOIFER < 280M NONVU * PERI	-0,00015	-0,3
EAU 70-280M NONVU * PERI	0,000025	0,5
EAU 70-280M NONVU * POLE	-0,00004	-0,3

Tableau A-III-6 : Analyse des pixels non vu