

économie publique public economics

Revue de l'**Institut d'Économie Publique**

Deux numéros par an

n° 20 – 2007/1



~~économie~~publique sur internet : www.economiepublique.fr

© Institut d'économie publique – IDEP

Centre de la Vieille-Charité

2, rue de la Charité – F-13002 Marseille

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

Imprimé en France.

La revue ~~économie~~publique bénéficie du soutien du Conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur

ISSN 1373-8496

Dépôt légal février 2008 – n° imprimeur 453194N

La valeur économique des paysages

Economic Value of Landscapes

**La valeur économique des paysages
des villes périurbanisées**

Thierry Brossard, Daniel Joly, François-Pierre Tourneux *

Jean Cavailhès, Mohamed Hilal, Pierre Wavresky **

Julie Le Gallo ***

Ghislain Géniaux, Claude Napoleone §

Hubert Jayet §§

Nicolas Ovtracht, Pierre-Yves Péguy §§§

Résumé

La recherche présentée ici propose une méthode de description et d'évaluation des caractéristiques d'un paysage qui combine la géographie quantitative et l'économétrie des modèles hédoniques. Un modèle géographique produit des indices caractérisant les paysages à partir d'une reconstitution de la vue depuis le sol, en tenant compte des effets du relief et des masques que les objets hauts opposent à la vue. Il décrit la quantité de paysage vu par un observateur au niveau du sol en la répartissant entre 13 types d'occupations du sol. Les variables produites par le modèle géographique sont utilisées dans des régressions hédoniques qui permettent d'évaluer l'impact des attributs paysagers ainsi mesurés sur les prix des transactions immobilières.

*. THÉMA, Université de Franche-Comté.

** INRA, UMR 1041, CESAER, Dijon.

*** CRESE, Université de Franche-Comté.

§. IDEP et INRA-SAD Avignon.

§§. EQUIPPE, Universités de Lille et IDEP.

§§§. LET, Université de Lyon 2.

Nous avons appliqué cette méthode à six zones géographiques périurbaines, autour des villes de Dijon, Besançon, Lyon, Marseille et Brest et pour l'ensemble de la région Nord-Pas-de-Calais. Nous pouvons ainsi comparer les résultats obtenus en appliquant la même méthode sur le même type de données, dans des contextes différents, notamment par le type de paysage. De plus, pour Dijon, Besançon et le Nord-Pas-de-Calais, nous disposons de plusieurs sources d'information géographique différant par leur qualité, notamment la finesse des images satellitaires utilisées ; ce qui nous permet d'analyser l'impact de la qualité des données sur la qualité de la description des paysages et sur les évaluations économiques qui en résultent.

En règle générale, les résultats obtenus montrent que la contribution des attributs paysagers au prix des biens fonciers et immobiliers est faible mais significative. Les paysages, en particulier les objets « verts » (couverts arborés et agricoles), sont valorisés par les ménages à travers leur capitalisation dans les valeurs immobilières, en particulier dans l'espace périurbain. Cependant, les résultats obtenus sont très sensibles à la qualité et à la finesse des sources d'information utilisées pour décrire le paysage. Ils sont également très variables d'une zone géographique à l'autre, sans que l'on dispose actuellement de facteurs explicatifs de cette variabilité.

Summary

In this research, we propose a method for describing rural landscapes in peri urban areas and evaluating their impact on house and land prices. This method matches quantitative geography and econometric methods used for hedonic analysis. A geographical model is used for producing variables describing the landscape an observer can look at when located in a specific house or a land parcel. This model takes account of these parts of the landscape that are hidden by houses, buildings, hills, forests, . . . The variables produced by the model describe the size of the area that can be seen and its repartition across various types of land use (agriculture, forest, buildings, roads, water, . . .). They are used as explanatory factors for the price paid for buying the house or land parcel, using hedonic regression.

This method has been simultaneously used in six areas: the periurban areas of the cities of Dijon, Besançon, Lyon, Marseille and Brest and the whole Nord-Pas de Calais region. We are then able to compare results obtained using the same methodology for various areas, with various types of landscapes. Moreover, for Dijon, Besançon and the Nord-Pas de Calais regions, we can compare variables produced using different sources of information. For Dijon and Besançon, they differ with respect to the thinness and the quality of the satellite images used for analysing landscapes, the best one being much more expansive. For the Nord-Pas de Calais, we compared two types of geographical information systems. Our results confirm that the quality of the landscape that can be seen when located at a house or in a land parcel significantly influences its price. A landscape, with notably green areas, has a value that is capitalized into house and land prices. However, the measure of this value is highly variable across regions and is highly sensitive to the quality of the data used by the geographical model. Therefore, at this stage of the research work, our results cannot be used for operational purposes.

Mots clés : Valeur des paysages, prix fonciers et immobiliers, modèles hédoniques, périurbain, systèmes d'information géographique.

Keywords: Landscape Value, Land and Housing Prices, Hedonic Models, Periurban Areas, Geographical Information Systems.

1. Introduction ¹

Le développement des banlieues et des espaces périurbains est un fait marquant des trente dernières années. Le cadre de vie rural/périurbain peut être recherché pour ses basses densités de population, son calme, ses espaces ouverts et, en

1. La recherche présentée dans cet article a bénéficié d'un financement du ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables dans le cadre du programme Sciences Économiques et Environnement. Un rapport de recherche détaillé est disponible au ministère.

particulier, pour ses paysages que les activités agricoles et forestières contribuent à créer et entretenir. Nous évaluons ici les aménités paysagères résidentielles de zones à faible ou moyenne densité d'habitat, à travers la capitalisation foncière de ces aménités dans les valeurs immobilières, en utilisant la méthode des prix hédonistes.

Dans la littérature internationale de nombreux travaux utilisent des modèles hédonistes (ou des méthodes de préférences déclarées) pour l'évaluation de paysages. Par delà les résultats obtenus, ces travaux reposent généralement sur une caractérisation fruste du paysage (couverture des sols, proximité de points remarquables, vue sur certains objets, etc.). Or, un paysage est un objet complexe, défini dans un espace physique à trois dimensions, avec des plans de vision articulés, etc. Pour répondre à cette complexité, nous construisons des variables paysagères fondées sur l'articulation de plusieurs niveaux d'échelle et la définition de champs de vision tels qu'ils sont vus depuis le sol, utilisées ensuite dans des modèles économétriques.

À partir des variables paysagères ainsi construites, notre démarche articule un niveau « vertical » de comparaison de méthodes différant par leur précision sur deux zones (Dijon et Besançon), et un niveau « horizontal » de comparaison de six aires (Région Nord-Pas-de-Calais, département des Bouches-du-Rhône, aires urbaines de Besançon, Brest, Dijon et Lyon). Les sources d'information sont homogènes et les degrés de précision identiques. Il s'agit d'évaluer les effets de la précision sur les résultats et la variabilité géographique de ceux-ci.

Plus précisément, nous soumettons les régions de Dijon et de Besançon aux mêmes modèles géographiques et économiques, ce qui permet de comparer les résultats de ces deux régions à partir de données extrêmement fines (cellules de 49 m²) ou plus grossières (cellules de 625 m²). Nous comparons également les six régions d'étude analysées avec une résolution de 25 mètres. L'intérêt repose sur le fait qu'il s'agit de régions fort différentes dans leur degré d'urbanisation, leurs formes urbaines, les grandes entités paysagères et climatiques qui les caractérisent.

La réunion de résultats sur le prix que les ménages accordent aux paysages, en particulier « verts », pour cet ensemble de six régions, et la comparaison de méthodes plus ou moins fines apportent des éléments importants au débat sur la valeur des paysages, dans une recherche collective dont nous ne connaissons pas d'équivalent ailleurs.

Dans ce qui suit, nous commencerons par un bref état de la littérature sur l'évaluation économique des attributs paysagers qui permettra au lecteur peu familier de situer notre travail par rapport aux autres recherches sur ce sujet. Puis, dans les deux sections suivantes, nous décrirons le modèle géographique utilisé pour construire les variables permettant de décrire le paysage tel qu'il est vu du sol et les méthodes économétriques mises en œuvre pour en évaluer l'impact. La quatrième section est consacrée à la présentation des résultats pour chacune des

six zones sur lesquelles nous avons travaillé. Enfin, la dernière section propose une synthèse des résultats obtenus et quelques conclusions.

2. État de la littérature

Nous présentons ici un aperçu de la littérature sur l'évaluation économique des paysages en distinguant quatre types de variables, retenues comme indicatrices de paysages : la couverture des sols, analysée en deux dimensions, l'adjonction à cette couverture des sols de variables de forme issues d'indices d'écologie des paysages, la distance entre des habitations et des objets particuliers dans la mesure où la vue d'un paysage dépend de cette distance, et enfin la vue proprement dite de paysages qui intègre la troisième dimension à l'analyse.

Du côté de la couverture des sols, les couverts agricoles et arborés ont généralement des prix hédonistes positifs. Par exemple, Des Rosiers *et al.* (2002) estiment que, près de Québec (Canada), des attributs paysagers (forêts, paysages jardinés, haies) font augmenter en moyenne de 7,7 % le prix des logements. Cependant, d'autres auteurs obtiennent des résultats opposés ou non significatifs, comme Garrod et Willis (1994), Irwin (2002), Smith *et al.* (2002), Paterson et Boyle (2002), et Roe *et al.* (2004). C'est paradoxal si l'on considère, comme nous l'avons dit en introduction, que ces cadres de vie sont recherchés. Ce paradoxe peut tenir au caractère fruste des variables d'occupation du sol, mesurées à partir d'une carte ou d'une image de satellite : ce ne sont pas des paysages à proprement parler.

L'analyse peut être affinée dans plusieurs directions. D'une part, le statut juridique des sols apporte une information qui complète leur couverture, les terres agricoles ou boisées privées, qui risquent d'être ultérieurement construites (Irwin, 2002) ou fermées à la promenade (Cheshire et Sheppard, 1995), ayant une valeur moindre que des terres publiques (parcs, forêts). D'autre part, différents types de ménages peuvent valoriser différemment les biens paysagers. C'est ainsi que Roe *et al.* (2004) montrent, par une analyse conjointe, que les « riches » sont prêts à payer un terrain résidentiel 6 % de plus pour bénéficier de 10 % d'agriculture en plus, et les « pauvres » seulement 3 %. Ils concluent aussi que l'agriculture joue un rôle attractif dans la suburbanisation et montrent une substituabilité entre terres agricoles et parcs publics. En France, Dachary-Bernard (2005) utilise aussi la méthode d'analyse conjointe dans une étude sur le parc naturel régional d'Armorique et conclut que les visiteurs sont prêts à payer pour voir une lande boisée.

Pour aller au-delà de l'occupation des sols, on retient souvent des indices empruntés à l'écologie du paysage, tels que le nombre de taches, leur taille, la longueur des frontières entre elles, des indices synthétiques (entropie, dimension

fractale) ou encore des variables de forme. Ces travaux sont parfois réalisés à partir de photographies, mais les images satellites constituent la source actuellement la plus utilisée. Geoghegan *et al.* (1997) ont joué un rôle pionnier en ce domaine, montrant que des forêts ou des champs proches de Washington D.C accroissaient les valeurs foncières (sauf au-delà d'une certaine distance). La fragmentation et la diversité du paysage ont un effet négatif, sauf près et loin de Washington. En France, Dumas *et al.* (2005) estiment un modèle de prix hédonistes dans le département des Bouches-du-Rhône avec des variables d'occupation des sols et de composition paysagère. Un indice d'agrégation a un prix hédoniste positif, ceux d'interspection, de juxtaposition et d'entropie, des prix négatifs.

La distance entre une maison et un objet a été intégrée dans des modèles de prix hédonistes depuis longtemps (Weicher et Zerbst, 1973) et les travaux se sont multipliés depuis lors. Par exemple, Bolitzer et Netusil (2000) estiment à 1,5 % la plus-value de logements à moins de 500 mètres d'un jardin public, mais une trop grande proximité a des effets négatifs, dûs à la congestion et au bruit. Dans une région proche d'Helsinki (Finlande) étudiée par Tyrvaïnen et Miettinen (2000), le prix des maisons diminue de 5,9 % par kilomètre d'éloignement du parc forestier le plus proche. La proximité et la surface de zones humides ou de lacs ont également des prix hédonistes positifs (Mahan *et al.*, 2000).

Plusieurs travaux suggèrent qu'il faut être adjacent à l'objet paysager d'intérêt pour que les biens immobiliers bénéficient d'une plus-value : dans une étude de Thorsnes (2002) ceux qui jouxtent une forêt valent de 19 à 35 % de plus que les autres, cette plus-value disparaissant lorsqu'il faut traverser une rue pour atteindre la forêt. Hobden *et al.* (2004) obtiennent des résultats voisins, avec des plus-values allant jusqu'à 6,9 % et 11 % pour des biens qui jouxtent des corridors et des sentiers piétonniers conduisant à de grands parcs. Retenons que la contiguïté apporte généralement une plus-value, sauf si elle engendre des nuisances dues à une surfréquentation. De plus, les effets de la distance sur les valeurs immobilières s'estompent rapidement, pour disparaître au-delà de quelques centaines de mètres.

La vue d'un paysage suppose de passer d'une vision d'en haut (carte, photographie aérienne, image de satellite) à la vision qu'a un observateur depuis le sol, soit par des photographies (utilisées depuis longtemps en ce domaine) soit en modélisant le champ de vision grâce à des Modèles numériques de terrain (MNT) couplés à des images satellites. La topographie et/ou les masques visuels que constituent les objets disposés au sol sont ainsi pris en compte.

C'est ainsi que Bastian *et al.* (2002) reconstituent la vue d'un paysage par une méthode de géographie quantitative et appliquent la méthode des prix hédonistes aux variables ainsi obtenues : l'aire de vision d'un observateur est analysée à partir d'images satellites et d'un MNT. Cependant, peu de variables paysagères sont significatives, à l'exception de la diversité des paysages, hautement appréciée.

Paterson et Boyle (2002) utilisent également une image satellite et un MNT pour analyser le paysage vu, mais ils obtiennent des résultats instables, qui diffèrent selon le type de variable, et qui, en outre, sont parfois contre-intuitifs. Cavailhès *et al.* (2007) étudient le prix hédoniste de paysages vus dans la région périurbaine autour de Dijon (France), avec la méthode utilisée dans cette recherche.

Dans un contexte urbain, la vue est particulièrement difficile à modéliser, du fait d'immeubles dont la hauteur est très variable et de critères complexes de qualité de paysages principalement bâtis. C'est ainsi que Lake *et al.* (1998 ; 2000) ont dû réaliser des visites de terrain pour compter le nombre d'étages et tenir ainsi compte de la hauteur des immeubles pour déterminer le champ de vision. Benson *et al.* (1998) ont également effectué des visites systématiques de maisons pour déterminer la vue qu'elles offraient sur l'océan et sur des lacs. Les progrès des Systèmes d'information géographique (SIG) permettent aujourd'hui d'automatiser l'analyse de données dans un environnement urbain complexe, comme le montrent Baranzini et Schaerer (2007), qui ont utilisé une couche d'information géographique sur la hauteur des immeubles pour modéliser la vue. Ils montrent que la proximité, l'accessibilité et la vue d'aménités paysagères (eau, nature, montagnes) influencent positivement les valeurs locatives.

Retenons de cette brève analyse, premièrement, qu'il est utile d'introduire la vue proprement dite dans les modèles d'évaluation du paysage, l'occupation du sol vue du ciel étant très différente de la vision d'un observateur. Deuxièmement, la représentation des objets doit être effectuée à grande échelle ; ce qui se traduit par le recours à des images à haute résolution, qui seules autorisent la prise en compte de petits objets. On conçoit que ces exigences requièrent des méthodes géographiques sophistiquées. Ce niveau pertinent d'échelle explique peut-être pourquoi des variables représentées à des résolutions spatiales trop grossières (100 m, 1000 m) donnent des résultats volatils, parfois contraires à l'intuition ou différents d'une étude à l'autre.

3. Le modèle géographique

Le modèle géographique repose, tout d'abord, sur une conceptualisation des paysages à partir des théories et instruments de la géographie quantitative. L'objectif est de produire des indices caractérisant les paysages, grâce à des Systèmes d'information géographique (SIG), complétés par le développement de programmes informatiques *ad hoc*. Cela permet de rassembler et d'organiser un ensemble d'informations issues de sources multiples et de leur appliquer des protocoles de traitement : analyse spatiale de textures et de structures, analyse de données, trigonométrie (qui permet les calculs tridimensionnels à la base de la modélisation paysagère), cartographie, etc.

L'originalité de notre méthode repose sur un échantillonnage du tour d'horizon et l'utilisation simultanée de données en échelles emboîtées (bases de données en résolution différentes, de 7 à 1000 mètres), permettant de modéliser le paysage dans la profondeur du champ visuel en fonction de l'éloignement.

Nous reconstituons ainsi la vue depuis le sol (contrairement à la plupart des travaux antérieurs sur le sujet, qui utilisent la vue d'en haut), qui tient compte des effets du relief et des masques que les objets hauts (maisons, arbres, etc.) opposent à la vue. Nous reconstituons ainsi le volume scénique qui s'offre à un observateur qui regarde autour de lui, depuis n'importe quel point de la région étudiée : nous simulons la vue de cet observateur en quantifiant la superficie appréhendée et en la déclinant selon les types d'occupation du sol, l'éloignement et des indicateurs synthétiques.

Cette méthode, utilisée pour les régions d'étude de Dijon et Besançon a un coût élevé (acquisition des images, mais surtout temps de traitement). C'est pourquoi nous avons aussi eu recours à la base Corine Land Cover (CLC), déjà constituée, qui repose sur une nomenclature de l'occupation du sol validée à l'échelle de l'Europe (son homogénéité est décisive pour permettre des comparaisons entre différentes régions), que nous avons testée sur des régions françaises aux caractéristiques très différentes. Cependant, cette base a une faible précision (elle néglige tout objet dont la taille est inférieure au quart de km²), ce qui nous a conduit à revenir aux images satellites d'origine qui ont servi à sa réalisation. Par un procédé technique dit « de persillage », nous avons reconstitué une carte d'occupation du sol qui affine la base Corine Land Cover jusqu'à la précision de 25 mètres associée aux images de départ.

En résumé, le modèle géographique décrit la quantité de paysage vu par un observateur au niveau du sol et lançant un regard circulaire (à 360°) autour de lui, en la répartissant entre 13 types de base d'occupation du sol : bâti, cultures, prés, vignes, feuillus, résineux, buissons, eaux et lacs, zones d'activité, routes, voies ferrées, zones minérales et la mer. Cette vue est répartie en six plans s'échelonnant de la vue la plus proche à la plus lointaine : 0 à 75 mètres, 76 à 150 mètres, 151 à 300 mètres, 301 à 1 250 mètres, 1 251 mètres à 6 kilomètres, 6 à 40 kilomètres. Dans les quatre premiers plans, les occupations du sol sont comptées par pixels de 25 mètres de côté. Dans le cinquième plan, les pixels² ont 150 mètres de côté et dans le sixième plan, ils font un kilomètre de côté. Pour Besançon et Dijon, on dispose de pixels de 7 mètres de côté pour les trois premiers plans.

2. Rappelons que le terme « pixel », abréviation de « *picture element* » est utilisé en télédétection pour définir la cellule élémentaire d'une image. Il se caractérise par des coordonnées qui le localisent et par une résolution (25, 150, 1000 m) qui détermine le nombre de cellules par unité de longueur. Ainsi, un ensemble bi-dimensionnel de pixels forme la grille géométrique sur laquelle une image d'occupation du sol est représentée.

À ces variables de « vue d'en bas », nous avons parfois ajouté des variables de « vue du haut » qui décrivent l'occupation du sol dans les trois premières zones autour de chaque transaction. Ces variables ne décrivent pas le paysage vu réellement mais plutôt une ambiance paysagère globale.

Les représentations numériques du paysage ainsi produites peuvent apparaître réductrices à des paysagistes ou à des architectes. Elles le sont, mais des travaux comparant cette approche à d'autres (utilisation de photographies, par exemple) montrent que la « simplification numérique » fait ressortir correctement la trame paysagère telle qu'elle s'exprime dans la réalité.

4. Le modèle économétrique et les données économiques

L'analyse économétrique repose sur la méthode des prix hédonistes. Issue des travaux de Rosen (1974), celle-ci permet de décomposer le prix global d'un bien complexe, comme une maison, en prix élémentaires de chacun des attributs qui constituent ce bien : caractéristiques structurelles du logement (époque de construction, surface habitable, nombre de pièces et de salles de bain, etc.), de la transaction (type d'opérateurs, nature de la mutation précédente, etc.), caractéristiques du voisinage et accessibilité au centre d'emploi, et, enfin, caractéristiques paysagères qui constituent le point central d'analyse de cette étude. Par ailleurs, afin de tenir compte du fait que ce modèle est estimé sur un ensemble de transactions qui s'étend sur plusieurs années, nous incluons aussi parmi les variables explicatives des variables muettes pour chaque année.

Les données économiques ont été acquises, pour l'essentiel, auprès de la société PERVAL³, qui centralise des transactions immobilières transmises par les notaires. Elles sont constituées de l'ensemble des ventes de maisons individuelles et de terrains à bâtir pour une période qui, en remontant le temps à partir de 2005, permet d'obtenir des effectifs proportionnels à la population de chaque région d'étude. La base de données économiques, tout comme les variables géographiques présentées précédemment, est donc homogène pour l'ensemble des régions analysées.

La variable expliquée est le prix des transactions, qui, transformé en logarithme, est régressé sur les attributs listés ci-dessus. La théorie montre que les paramètres ainsi estimés permettent de calculer les prix hédonistes de chaque attribut, c'est-à-dire la disposition marginale à payer de l'acheteur pour une variation marginale de cet attribut.

3. Les seules informations ne provenant pas de données notariales sont celles du Nord-Pas-de-Calais, qui nous ont été fournies par l'Office Régional de l'Habitat et de l'Aménagement (ORHA).

Cette méthode est délicate d'application et nécessite de nombreuses précautions économétriques (Sheppard, 1999). L'une des innovations de notre travail est d'avoir accordé une attention particulière à ces problèmes économétriques et de leur avoir apporté dans certains cas des solutions originales.

Le premier est l'endogénéité d'une partie des variables explicatives. Elle se produit lorsque le consommateur choisit simultanément la quantité d'un attribut comme la surface habitable d'une maison et le prix de cette maison. Afin d'éviter les biais d'endogénéité, nous avons systématiquement mis en œuvre des tests de Hausmann sur les variables les plus susceptibles d'être endogènes (les variables de superficie) et, quand ceux-ci rejetaient l'hypothèse d'absence d'endogénéité, nous avons estimé les modèles avec la méthode des variables instrumentales. Le choix des instruments, des variables corrélées avec les variables endogènes mais indépendantes du terme d'erreur, est un problème délicat en économétrie appliquée. Dans le contexte des modèles hédonistes, les meilleurs instruments sont ceux qui décrivent la position des ménages dans leur cycle de vie : âge et composition du ménage. Nous avons systématiquement utilisé la première et, quand elle est disponible, la seconde.

Le second problème est la multicollinéarité des variables explicatives. Celle-ci est particulièrement importante dans le cas des variables paysagères. En conséquence, les variables paysagères originales, qui décrivaient 13 modes d'occupation du sol étalés sur 6 champs de vision, n'ont en général pas été utilisées telles quelles, certaines d'entre elles étant très corrélées (en outre, d'autres sont peu représentées) ; c'est notamment le cas de la quantité de vue dans les différents plans pour un même usage du sol. Il a donc souvent fallu agréger, en tenant compte de l'éloignement pour ajouter des plans différents ou des cellules de taille différente.

Le troisième problème est l'autocorrélation spatiale (Jayet, 2001 ; Le Gallo, 2002). L'existence d'autocorrélation spatiale dans les modèles hédoniques appliqués au logement a souvent été soulignée dans la littérature (Anselin, 2007). La solution généralement choisie consiste, après différents tests (notamment le test *I* de Moran ou les tests du multiplicateur de Lagrange), à estimer un modèle avec erreur autorégressive. Nous avons choisi une voie légèrement différente. En effet, nous sommes partis du constat que l'autocorrélation spatiale provient souvent, dans ce type de modèle, de caractéristiques communes partagées par des logements voisins (même lotissement, même voisinage, etc.), lorsque certaines d'entre elles sont omises dans la régression (proximité d'un accès autoroutier, carte scolaire, etc.). Afin de capter ces liaisons spatiales, nous avons inclus dans les régressions des effets fixes communaux, c'est-à-dire des variables muettes pour chacune des communes, qui captent toutes les caractéristiques de celle-ci, en particulier celles qui sont omises des régressions faute des données correspondantes.

Formellement, le modèle estimé est de la forme suivante :

$$\ln p = X\beta + V\alpha + \eta$$

où $\ln p$ est le logarithme du prix du logement, X est la matrice des variables explicatives et V est une matrice de variables muettes associées chacune à une commune. Si ce modèle permet de purger l'autocorrélation spatiale, on peut l'estimer par les moindres carrés ordinaires ou la méthode des variables instrumentales. Lorsque le nombre de communes est très élevé, on peut simplifier le modèle en passant par une transformation *intra* similaire à celle utilisée en données de panels⁴.

L'existence d'une autocorrélation spatiale résiduelle ne peut cependant être exclue, notamment entre transactions appartenant à la même commune. Si tel est le cas, il convient de spécifier pour le terme aléatoire un processus spatialement autorégressif

$$\begin{aligned} \eta &= \rho W\eta + \zeta \\ \zeta &\rightarrow Nid(0, \sigma_\zeta^2 I_N) \end{aligned}$$

où la matrice W est bloc-diagonale, chaque bloc de la diagonale correspondant aux transactions localisées dans la même commune. Plus précisément, pour chaque observation, le poids des observations voisines est proportionnel à l'inverse de la distance ou à son carré à l'intérieur de la commune, nul sinon. Formellement, pour deux transactions i et j :

$$\begin{cases} w_{ij} = 0 & \text{si } i = j \\ w_{ij} = \frac{1/d_{ij}}{\sum_k 1/d_{ik}} \text{ ou } \frac{1/d_{ij}^2}{\sum_k 1/d_{ik}^2} & \text{avec } i, j \text{ et } k \text{ dans la même commune} \\ w_{ij} = 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Le bloc W_m associé aux transactions localisées dans la commune m est donc une matrice de poids normalisée. Le test de l'existence de cette autocorrélation spatiale et l'éventuelle estimation du modèle correspondant en combinaison avec une transformation *intra* a nécessité la mise au point de procédures particulières, dont on trouvera la présentation dans Jayet et Le Gallo (2006).

Nous avons systématiquement testé l'hypothèse d'absence d'autocorrélation spatiale des résidus $\rho = 0$ et n'avons jamais pu la rejeter quelle que soit la matrice de poids retenue (avec l'inverse de la distance ou son carré). Compte tenu de la définition retenue de la matrice de poids, l'introduction de muettes communales s'est donc avérée suffisante pour purger le modèle de l'autocorrélation spatiale.

4. C'est la solution que nous avons retenue pour le Nord-Pas-de-Calais.

5. Résultats

Nous présentons ici les principaux résultats de l'estimation des effets des variables paysagères sur les prix des transactions, pour chacune des six zones⁵. Ils ont été obtenus sur la base d'une méthodologie commune (les modèles géographique et économétrique définis dans les sections 3 et 4), sans pousser toutefois jusqu'à une méthode totalement uniforme, pour tenir compte de la spécificité de chaque site (ses caractéristiques, les informations disponibles, etc.). Plus précisément, pour chaque site, nous avons utilisé les mêmes types de modèles (moindres carrés ordinaires et variables instrumentales avec variables muettes communales), nous sommes partis des mêmes variables paysagères et, à quelques exceptions près dues à la disponibilité des informations, des mêmes variables non paysagères. Sur cette base commune, nous avons tenu compte des spécificités propres à chaque site, notamment sur quatre points. Le premier est que certains types de paysages ne sont pas présents dans certaines zones : c'est typiquement le cas de la mer, absente à Besançon, Dijon et Lyon. De même, les résineux ne sont pas présents partout. Le deuxième est qu'il existe des corrélations fortes entre variables paysagères, ce qui oblige à des regroupements, qui varient d'une zone à l'autre parce que les corrélations varient. Le troisième est que la sélection des variables significatives varie d'une zone à l'autre parce que certains types d'occupation du sol n'ont pas partout un effet significatif. Le quatrième tient à des données spécifiques à certaines régions, comme celles provenant de l'ORHA et de Sigale pour le Nord (cf. *infra*) ou l'introduction des pixels de 7 m pour Dijon et Besançon. Il eut, en effet, été dommage de se priver de telles informations, plus précises que celles qui sont communes à l'ensemble des zones étudiées.

Dans ce qui suit, nous présentons les résultats sur les seules variables paysagères effectivement présentes dans la zone concernée et y ayant un effet statistiquement significatif⁶. Nous fournissons pour chaque variable le prix hédonique, calculé sur la base du prix moyen des transactions, avec une variation d'un écart-type de la variable concernée.

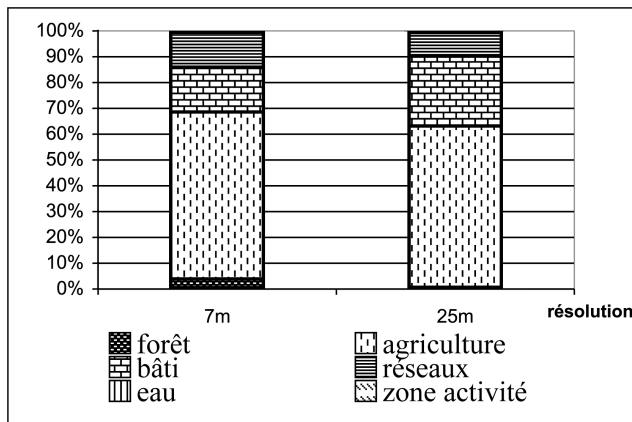
5. Le lecteur intéressé par les résultats détaillés, notamment sur les variables non paysagères, peut consulter le rapport de recherche disponible au ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables (Jayet *et alii*, 2007).

6. Pour simplifier l'expression, nous parlons souvent d'effets significatifs (respectivement : non significatifs) pour indiquer qu'ils sont significativement différents de zéro (resp. : non). Le seuil est indiqué, il est de 10 % dans les tableaux.

5.1. Les couronnes périurbaines de Dijon et Besançon

Une comparaison des champs de vision selon que les cellules ont 7 ou 25 mètres de côté (ces dernières données sont issues de Corine Land Cover (CLC)), réalisée pour la ceinture périurbaine de Dijon, montre que les paysages reconstitués à partir de CLC sont assez éloignés de ceux obtenus avec des images satellites plus précises : le champ de vision obtenu par CLC est beaucoup plus large (plus proche d'une vision d'en haut que d'une vision depuis le sol) et il est très différent de celui d'images précises (cf. Figure 1) : la corrélation entre les variables issues des deux sources est très faible.

Figure 1 : *Composition du champ vu dans les 70 (75) premiers mètres (région de Dijon)*



Les estimations ont été faites, pour Dijon, sur 2384 mutations de maisons intervenues entre 1995 et 2002 et, pour Besançon, sur 744 transactions de maisons et 921 de terrains à bâtir, entre 2000 et 2004. Le Tableau 1 récapitule les prix hédonistes obtenus, au point moyen du prix des maisons et pour une variation d'un écart-type des attributs paysagers.

En termes synthétiques, tout d'abord, retenons que les sols arborés et agricoles ont des prix hédonistes positifs lorsqu'ils sont vus, respectivement, à moins de 70-75 et à moins de 280-300 mètres, sauf dans le cas des terrains à bâtir à Besançon (cellules de 25 m). Le prix hédoniste estimé pour une variation d'un écart-type est nettement inférieur avec la résolution de 25 m qu'avec les cellules de 7 m : environ un tiers de moins, voire moitié moins. Il semble donc que la perte de résolution due au passage d'images de 7 à 25 mètres permet de garder le caractère

1. Communes avec 2 observations ou plus.

Tableau 1 : Prix hédonistes selon la région et la résolution €/ écart-type supplémentaire
(valeurs significatives au seuil de 10 %)

	Arboré < 70-75 m	Agriculture < 280-300 m	Réseaux < 280-300 m	Bâti soumis - vu < 70-75 m
Dijon, pixels de 7 m	2699	4809	-1289	-1262
Dijon, pixels de 25m (hors bâti CLC)	1806	6541		
Besançon, maisons, pixels de 7 m	8700	12700 ¹	-5138	-5400 (1)
Besançon, maisons, pixels de 25 m	4479	5887	-3386	
Besançon terrains, pixels de 7 m	2098	2360		
Besançon, terrains, pixels de 25 m				

d'aménité, valorisée comme telle, de l'agriculture et des sols arborés, mais que le prix hédoniste estimé soit sous-évalué lorsque le calcul porte sur des cellules de 25 m de côté.

Pour la région de Dijon, avec des cellules de 7 m, les sols arborés vus à moins de 70 mètres et les cultures, prairies et vignes (appelées « agriculture ») vues à moins de 280 mètres ont un effet positif sur le prix des maisons (respectivement : + 2,5 % et + 4,4 % pour un écart-type supplémentaire). Des interactions négatives entre ces variables et la surface de la parcelle montrent que les ménages acceptent d'habiter sur des lots plus exigus lorsqu'ils voient davantage d'arbres autour de leur maison. Pour des maisons situées en zone U des Plans locaux d'urbanisme (PLU), le prix hédoniste de l'agriculture est nettement plus faible, ce qui indique que les ménages anticipent une conversion future des sols agricoles à des usages urbains. La différence entre le bâti depuis lequel on est soumis à la vue et le bâti vu a un effet négatif sur le prix des maisons. Un écart-type de plus de route ou de voie ferrée vues à moins de 280 mètres fait sensiblement baisser le prix. La vue au-delà de quelques dizaines ou centaines de mètres n'a pas de prix hédoniste significatif : tout se passe comme si les ménages étaient « myopes ». Notons enfin que les objets « verts » (arborés, agriculture) présents à proximité des maisons mais non vus ont des prix hédonistes inférieurs à ces mêmes objets lorsqu'ils sont vus, ce qui semble indiquer que le cadre de vie « vert » de proximité s'apprécie dans les valeurs immobilières, mais que la vue proprement dite semble compter davantage.

La perte de résolution avec des cellules de 25 m se traduit par une perte importante de significativité des résultats économétriques, pour trois raisons : la disparition des plus petits objets, le « persillage » (cf. *supra*) qui localise les bâtiments de manière aléatoire, les multicollinéarités accrues entre variables paysagères. Seule

l'agriculture est significative avec une résolution de 25 m, avec un prix hédoniste comparable à celui obtenu avec des cellules de 7 m. Les sols arborés sont également significatifs avec des cellules de 25 m, mais seulement hors des polygones bâtis de CLC.

Pour la région de Besançon, avec des cellules de 7 m et l'échantillon des maisons, on obtient la même « myopie » des ménages qu'à Dijon (qui tient peut-être aux caractéristiques paysagères de ces deux régions). Comme à Dijon, les formations arborées vues à proximité immédiate ont des prix hédonistes positifs et les réseaux routiers, négatifs. Le prix de l'agriculture vue est peu significatif, mais cette occupation du sol tend à renchérir les valeurs immobilières. Le 'vert' (arbres, agriculture) vu autour d'une maison est substituable à son jardin. Enfin, comme à Dijon, une opposition entre la vue et l'exposition à la vue apparaît pour les cellules bâties. Pour les terrains à bâtir avec cette même résolution de 7 m, plusieurs variables topographiques sont significatives (exposition Sud, encaissement, pente du terrain). On obtient également des valeurs significativement positives pour les sols arborés vus à moins de 70 mètres et l'agriculture vue dans les 280 premiers mètres.

Pour les maisons, avec des cellules de 25 m, les sols arborés vus à moins de 70 mètres et l'agriculture à moins de 280 m ont des prix hédonistes positifs, les réseaux de communication ont un prix négatif. Pour les terrains à bâtir aucune des variables paysagères n'est significative, à l'exception de l'interaction entre formations arborées et taille du terrain.

5.2. La région Nord-Pas-de-Calais (aires urbaines)

Les mutations, pour cette région, proviennent de l'ORHA. 15 484 transactions de terrains à bâtir, pour la période 1989-2002, ont été retenues pour les estimations. Elles sont toutes localisées dans une aire urbaine. Nous disposons de deux sources pour la construction des variables paysagères, CLC, comme pour les autres régions, et Sigale, SIG qui représente les informations spatiales à échelle plus fine, compatible avec une résolution de 25 m. Les corrélations entre les variables issues des deux sources sont souvent faibles, mais les structures qu'elles décrivent sont similaires.

Le Tableau 2 fournit les résultats obtenus pour les variables paysagères significatives au seuil de 10 %. Les deux sources divergent sur l'impact du bâti (sauf entre 151 et 300 mètres). Pour les cultures et les prés vus à moins de 1250 m, elles convergent avec des prix positifs, mais nettement plus élevés avec Sigale qu'avec CLC. Les prix hédonistes obtenus pour les feuillus, buissons et résineux vus à moins de 1 250 m sont très élevés avec CLC (valeurs semblant aberrantes), alors que celles basées sur Sigale sont non significatives (sauf au seuil de 5 % pour les

résineux). L'inverse se produit pour les couverts arborés vus à plus de 1250 m (effet fortement négatif avec Sigale, non significatif au seuil de 10 % avec CLC). Des variables croisant couverts végétaux et surface montrent, avec les deux sources, qu'il existe une plus grande sensibilité à la présence de cultures et de prés de la part des acquéreurs de petits terrains.

Tableau 2 : Nord-Pas-de-Calais :
 Prix hédoniques des variables paysagères
 € / écart-type supplémentaire
 (valeurs significatives au seuil de 10 %)

Variable	Plan	CLC	Sigale		Plan	CLC	Sigale
Bâti	76-151	-219		Arboré	1251-6000		-5537
	151-300	258	371		6001-40000		-992
	301-1250		501	Eau, lacs	0-6000	-551	
	6001-40000		-0,0		6001-40000	-013	
Cultures	0-1 250	1278	9637	Zones d'activité	0-75		-264
Prés	0-1 250	1474	5184		76-151	-1 343	
Cultures + prés	1251-40000	65	4657		301-1250		-465
					0-300	-595	-403
Feuillus, buissons	0-75	3127	31427	Routes	301-1250	73	
	76-151	1331	13131		0-300	-2948	-541
	151-300	709	7009	Voies ferrées	301-1250	-120	-334
	301-1250	187	1987		0-1250	716	
Résineux	0-1250	2381	23881	Minéral			

Les deux sources concordent pour estimer des effets négatifs des zones industrielles, routes et voies ferrées (sauf pour les routes vues entre 301 et 1250 mètres, avec CLC).

Les effets sont faibles et peu significatifs pour le minéral et la mer. La vue sur les terrils, qui n'est connue qu'à partir de Sigale, a un effet négatif, mais qui n'est pas significativement différent de zéro au seuil de 10 %. Il faut enfin noter l'effet très significatif de l'altitude, qui valorise les terrains, de la pente qui les dévaloriserait (résultat significatif seulement avec Sigale) et de l'orientation du terrain (pour ceux en pente), une orientation vers l'Ouest étant moins valorisée qu'une orientation dans les autres directions.

5.3. La couronne périurbaine de Lyon

L'échantillon compte 1992 transactions de maisons et 2259 observations de terrains à bâtir (reparties sur 144 communes). Nous examinons successivement les deux types de biens.

Le Tableau 3 montre que les effets des variables paysagères sur les prix des maisons sont peu significatifs.

Tableau 3 : Aire urbaine de Lyon : Prix hédoniques
des variables paysagères, maisons
€/ écart-type supplémentaire
(valeurs significatives au seuil de 10 %)

Items	Plans	Prix
Forêt	0-75 mètres	-3664
	76-150 mètres	3922
Réseaux	0-300 mètres	-3107
Forêt * Surface de terrain	0-75 mètres	5081
Agriculture * Surface de terrain	0-75 mètres	18712
Forêt * Surface de terrains	151-300 mètres	-4995

La proximité d'un couvert forestier a un effet plutôt défavorable dans un plan de 0 à 75 mètres, qui devient plutôt positif au-delà. La vue sur les réseaux (voies ferrées et routes) dans un plan inférieur à 300 mètres a un effet significativement négatif. La combinaison du type d'objets vus (forêts, agriculture) et de la surface du terrain montre qu'il n'y aurait pas de substitution entre ces biens, hormis pour le plan intermédiaire 151-300 mètres. Les autres variables paysagères ne sont pas significatives, en particulier les plans très éloignés correspondant à la vue sur les Alpes, pas plus que l'agriculture, les lacs et eaux.

Les résultats concernant les terrains à bâtir sont plus significatifs, comme le montre le Tableau 4. La vue sur des forêts proches (résineux, feuillus et buissons en deçà de 150 mètres) est valorisée, tout comme l'existence de bâti (0-75 mètres et au-delà de 300 mètres). On note également l'effet significativement positif de la vue sur des éléments de couvert agricole (prés, vignes, cultures) dans les 75 premiers mètres, éléments particulièrement présents dans l'aire urbaine de Lyon. De manière plus surprenante, la vue sur des zones d'activités dans un plan proche (moins de 70 mètres) est valorisée. À l'opposé, l'existence de réseaux à proximité, saisis en termes de vue, a un effet plutôt négatif. Enfin la vue sur le plan le plus éloigné (Alpes) a un effet assez faible en termes de prix hédoniste, et non significatif. Contrairement au cas des estimations sur les maisons, un phénomène de substitution entre la taille du terrain et la vue sur un couvert forestier ou un couvert agricole interviendrait dans les plans les plus proches.

5.4. Le département des Bouches-du-Rhône

L'échantillon est constitué de 3515 maisons localisées sur 54 communes, dont les mutations ont eu lieu en 1999 et 2000. Des estimations OLS, IV (Instrumental Variables) et SAR (Spatial Auto-Regressive) ont été mises en œuvre sur cet échantillon. Du fait de la forte polycentricité du tissu urbain du département, les variables

Tableau 4 : Aire urbaine de Lyon : Prix hédoniques des variables paysagères, terrains à bâtir
 € / écart-type supplémentaire
 (valeurs significatives au seuil de 10 %)

Items	Plans	Prix Estimation MCO	Prix Estimation VI
Forêt	0-75 mètres	7 457	12 727
Forêt	76-150 mètres	3 373	3 924
Forêt	151-300 mètres	-891	-1 042
Bâti	0-75 mètres	2 332	3 171
Bâti	301-1 250 mètres	1 985	1 801
Réseaux	0-300 mètres	-1 268	-1 405
Agriculture	0-75 mètres	10 315	18 944
Agriculture	76-150 mètres		2 531
Agriculture	151-300 mètres	-3 677	-3 690
Agriculture	301-1 250 mètres	1 881	1 823
Ouvert	>40 kilomètres		557
Forêt * Surface de terrain	0-75 mètres	-7 465	-13 648
Agriculture * Surface de terrain	0-75 mètres	-18 655	-36 644
Forêt * Surface de terrains	151-300 mètres	-3 094	-3 518
Zones d'activités	0-75 mètres	2 265	3 124
Zones d'activités	76-150 mètres	-8 350	-9 910

de distance ou de contiguïté à un pôle urbain ne suffisent pas pour rendre compte fidèlement de la nature de chaque commune eu égard aux critères paysagers qui nous intéressent. Il existe des différences importantes en terme d'usage des sols au sein d'une même classe de distance au centre. Toutes choses égales par ailleurs, une unité supplémentaire d'aménités paysagères peut avoir une valeur différente à proximité d'une grande ville ou dans un environnement plus rural. Il a donc fallu distinguer les communes les plus urbaines des plus rurales, ces dernières ayant une part d'espaces agricoles (en nous référant aux zones POS/PLU) supérieure à 45 % de la superficie communale. Comme pour les autres régions d'étude, la vue « *du sol* » a été utilisée dans les modèles, auxquels nous avons ajouté les variables décrivant les paysages vus « *du dessus* » (composition des couverts dans les différents champs).

Le modèle utilisant la méthode IV en « *vue du sol* » affiche un excellent ajustement ($R^2 \text{ adj}=0.77$). Il montre cependant que la grande majorité des variables paysagères n'est pas significative (Tableau 5). Seules une aversion pour les espaces ouverts en milieu rural et une préférence pour les espaces arborés en milieu urbain (croisés avec la surface) apparaissent dans les prix, ainsi que la proximité immédiate de routes ou voies ferrées qui a un effet significativement négatif en milieu urbain. Lorsque le modèle IV est également utilisé pour la « *vue du dessus* » (Tableau 6), une gamme plus variée de variables paysagères devient significative. La proximité de couverts arborés est appréciée, que ce soit en milieu urbain ou rural, alors que la proximité du bâti dans les champs de vision proches est dépréciée dans les deux

types d'espaces (sachant que la proximité au noyau urbain est contrôlée par ailleurs et a un effet positif). On repère également que la présence d'agriculture dans les communes où l'agriculture est déjà très présente est plutôt dépréciée, ainsi bien sûr que les voies de communication. Dans les deux modèles, les éléments paysagers expliquent une part faible des prix comparativement aux caractéristiques internes des biens, au contexte de transaction et aux variables muettes communales qui englobent l'ensemble des autres biens publics (services, accessibilité, voisinage social, etc.). Enfin, les tests ayant conduit à rejeter l'absence d'autocorrélation spatiale des résidus pour différentes matrices de poids spatiaux, on notera que la prise en compte dans un modèle SAR de l'auto-corrélation spatiale conduit à des résultats très similaires à ceux proposés ici.

Tableau 5 : Département des Bouches-du-Rhône : Prix
hédoniques des variables paysagères, vue du sol
€/ écart-type supplémentaire
(valeurs significatives au seuil de 10 %)

	Localisation	Prix
Cultures - 0 -300 mètres	RURAL	-3677,74
Surface du terrain * cultures - 0 -150 mètres	RURAL	(5,44)
Feuillus et résineux - 0 -300 mètres	URBA	(-1599,85)
Surface du terrain * feuillus - 0 - 75 mètres	URBA	1,81
Voies ferrées et routes - - 150 mètres	URBA	-720,56

Tableau 6 : Département des Bouches-du-Rhône : Prix
hédoniques des variables paysagères
€/ écart-type supplémentaire
(valeurs significatives au seuil de 10 %)

	Localisation	Prix
Bâti (vue d'en haut) - 0 -300 m	URBA	-510,36
Bâti (vue d'en haut) - 0 -300 m	RURAL	(-469,98)
Surface du terrain * Cultures (vue d'en haut) - 0 -150 m	URBA	(0,33)
Cultures (vue du sol) - 0 -300 m	RURAL	-1200,73
Feuillus et résineux (vue du dessus) - 0 -300 m	URBA	118,05
Feuillus et résineux (vue du dessus) - 0 -300 m	RURAL	120,47
Surface du terrain * feuillus et résineux (vue du dessus) - 0 -150 m	URBA	-0,15
Voies ferrées et routes (vue du sol) - 0 -150 m	URBA	-706,29

5.5. Aire urbaine de Brest

Pour le pays de Brest, nous avons estimé un modèle à effets fixes communaux portant sur 1338 transactions réparties entre 53 communes (elles sont localisées

pour un peu moins de la moitié dans le pôle urbain de Brest et portent pour l'essentiel sur des maisons). Les résultats d'estimations par les moindres carrés ordinaires (MCO) et la méthode instrumentale (IV) sont présentés dans le Tableau 7.

Tableau 7 : *Couronne périurbaine de Brest : Prix hédoniques des variables paysagères*
 € / écart-type supplémentaire (valeurs significatives au seuil de 10 %)

Variable	Zone	Plan	MCO Prix	IV Prix
Agriculture	Pôle urbain	0-1250	-734	-946
Artificialisés	Couronne périurbaine	0-40000	-754	-750
Océan		0-1250	1155	956
Océan		1251-40000	630	500
Prés*surface lot		0-40000	-685	-1079
Agri.*surface lot	Pôle urbain	0-40000	942	

Les variables relatives au bâti ont en général des signes positifs (sauf dans les plans éloignés de la couronne périurbaine), mais elle ne sont pas significatives au seuil de 10 %. Les couverts végétaux ont des effets plutôt positifs (sauf l'agriculture proche dans le pôle urbain de Brest, qui a un effet significativement négatif) et pour les espaces arborés et ouverts au-delà de 1250 mètres dans la couronne périurbaine. La vue sur des zones artificialisées (routes, voies ferrées, zones d'activité) a un effet négatif significatif dans la couronne périurbaine. L'effet de la vue sur l'océan est positif, mais il n'est significatif que dans la couronne périurbaine. Le prix hédonique correspondant se situe aux alentours de 1000 euros. Les variables croisant la superficie du terrain et la vue sur les couverts végétaux ont des effets ambigus, divergents entre les MCO et la méthode IV.

6. Conclusions et perspectives

Plusieurs conclusions importantes se dégagent de ce travail, à la fois sur le plan méthodologique et sur les prix hédonistes des variables paysagères.

Pour ce qui est des questions de méthode, il est nécessaire de disposer d'une information géographique fine, permettant de construire, pour les modèles économétriques, des variables paysagères précises. La comparaison entre les résolutions de 7 mètres et 25 mètres à Dijon et à Besançon illustre ce point. Le modèle géographique mis en œuvre avec une résolution fine (7 mètres) et une qui l'est un peu moins (25 mètres) préserve les grandes structures paysagères. Mais il fait perdre de nombreux détails en faisant disparaître une partie des petits objets, en rendant

les bâtiments plus difficilement localisables et en engendrant des erreurs sur la présence de masques et leur impact. La conséquence est que, malgré une similarité des grandes structures d'ensemble, la corrélation entre les variables paysagères construites avec les deux niveaux de résolution est faible. De plus, l'utilisation de données trop grossières rapproche le paysage vu de la couverture du sol obtenue de l'image satellite, ce qui fait perdre une partie de son intérêt à la méthode.

La comparaison entre *Sigale* et Corine Land Cover (CLC) dans la région Nord-Pas-de-Calais va dans le même sens. Certes, CLC et *Sigale* ont le même niveau de résolution. Mais *Sigale* combine les images satellitaires avec d'autres données et cet enrichissement rend la base plus précise. Comme dans le cas de Dijon avec les résolutions de 7 mètres et de 25 mètres, on observe une bonne similarité des structures paysagères d'ensemble, quoique les corrélations soient généralement faibles entre variables issues des deux sources, surtout pour celles décrivant des objets ponctuels.

La perte de qualité dans l'analyse géographique du paysage, due à la résolution ou à la précision de l'analyse d'image, entraîne une perte au niveau des résultats économétriques. Dans les cas dijonnais et bisontin, le nombre de variables significatives diminue et les effets sont souvent atténués avec des cellules de 25 m de côté. Dans le cas du Nord-Pas-de-Calais, la diminution de qualité entre CLC et *Sigale* est moins sensible, mais certains résultats apparemment étonnants obtenus à partir des variables CLC paraissent plus normaux avec les variables issus de *Sigale*.

On peut donc penser que, pour obtenir des résultats fiables et significatifs, il faut aller vers l'utilisation d'images à haute résolution. Cela devient possible, car les coûts d'obtention de telles images diminuent fortement. Le traitement (analyse, classification, reconstitution de la vue) est probablement le goulot d'étranglement le plus important aujourd'hui.

Une conséquence de ce qui précède est qu'il est difficile d'aboutir à des conclusions communes aux différentes régions étudiées lorsque l'on utilise la résolution de 25 mètres. La variabilité des résultats est, en effet, parfois difficile à expliquer. Dans la plupart des cas, l'existence de fortes corrélations entre plans de vision pour un même type d'objet a conduit à regrouper des plans, empêchant de distinguer les horizons proches et lointains. Malgré ces précautions, le nombre d'effets significatifs est faible, notamment à Brest, à Marseille et à Lyon (pour les maisons). La principale exception est la région Nord-Pas-de-Calais, fortement avantagée par la grande taille de son échantillon, alors qu'au contraire la petite taille de celui du pays de Brest a sans doute constitué un handicap. Il faut espérer que les données immobilières, actuellement très coûteuses à acquérir pour une équipe universitaire, seront à l'avenir plus accessibles et à des tarifs plus raisonnables.

Malgré ces limites, les paysages périurbains semblent avoir un faible effet sur les valeurs immobilières pour l'ensemble des régions. Il n'en serait pas de même

pour la vue d'objets emblématiques ou pour des points de vue remarquables, dont on sait bien qu'ils représentent des plus-values importantes. Rappelons, en effet, que nous avons étudié ici des paysages banals, ceux offerts par les labours, les prés, les formations arborées, etc., de la campagne « ordinaire ». Des experts du marché (notaires, agents immobiliers, etc.), interrogés par ailleurs, peinent à dire si de tels paysages ont ou non une valeur, ce qui est cohérent avec les estimations souvent peu significatives ou faibles que nous obtenons.

Il est, dès lors, difficile de dégager une logique d'ensemble des résultats en terme de prix hédonistes, tant est grande la variété entre les régions étudiées avec des résolutions de 25 mètres. C'est ainsi qu'il a été quasiment impossible d'estimer des effets significatifs de la vue sur un élément aussi important que le bâti. Quand ils sont statistiquement significatifs, ces effets ont des signes très variables d'une région à l'autre et d'un champ de vision à l'autre. La vue sur les eaux et les lacs semble avoir un effet négatif, mais dans la grande majorité des cas n'est pas significative. La situation est un peu meilleure pour les objets « verts ». Pour la vue sur les espaces à dominante agricole (agriculture, prés, espaces ouverts), les effets estimés sont le plus souvent significativement positifs pour la vue à proximité (en deçà de 300 mètres). On trouve cependant des effets négatifs pour Marseille, en zone rurale et pour Brest, dans le pôle urbain. La vue sur les couverts arborés (feuillus, buissons, résineux) localisés à proximité de maisons a également un effet significativement positif dans la plupart des cas, mais on trouve des effets significativement négatifs à Marseille (en zone urbaine) et à Lyon (pour les maisons). Les routes et voies ferrées ont en général des effets significativement négatifs quand elles sont situées à proximité immédiate de maisons. En revanche, à plus grande distance, l'effet peut être positif (c'est le cas dans le Nord-Pas-de-Calais, à Dijon et Besançon), sans doute en raison d'une corrélation entre le réseau routier et l'accessibilité qu'il permet à des biens publics. Enfin, les variables d'interaction entre agriculture ou forêt et superficie du terrain ont en général un signe négatif, quand il est significatif. Cela suggère une substituabilité entre jardin privatif et espace vert environnants ; mais on trouve des effets significativement positifs à Marseille, en zone rurale et à Brest, dans l'aire urbaine.

Notons aussi que les prix hédonistes que nous obtenons pour les variables paysagères ne représentent qu'une petite part du prix des maisons (de l'ordre de quelques pour cents pour une variation d'un écart-type). Pourtant, les professionnels du secteur foncier et immobilier savent bien que certaines vues conduisent à des plus-values immobilières très importantes. Cela tient évidemment à ce que nous avons étudié ici des paysages ordinaires et non des objets emblématiques ou des « points de vue », comme nous l'avons dit précédemment.

Retenons enfin qu'il serait aventureux de tirer dès maintenant des conséquences de cette étude pour les politiques publiques, compte tenu des limites que nous avons soulignées. Nous pouvons tout au plus suggérer deux éléments de réflexion. D'une

part, au vu de la faiblesse des prix hédonistes obtenus, les aides importantes dont bénéficie l'agriculture ne peuvent être justifiées principalement par la fonction non marchande d'entretien des paysages et de l'espace ; d'autre part, les aides publiques à la forêt semblent faibles relativement à celles de l'agriculture, en regard de la valeur des aménités produites par ces deux types d'occupation des sols.

Références

- Anselin, L. 2007. "Spatial hedonics" dans : T.C. Mills et K. Patterson (Eds.), *Palgrave Handbook of Econometrics : Volume 2, Applied Econometrics*, Palgrave MacMillan, Basingstoke, à paraître.
- Baranzini, A. et C. Schaerer. 2007. "A Sight for Sore Eyes: Assessing the Value of View and Landscape Use on the Housing Market". Disponible sur SSRN : <http://ssrn.com/abstract=981189>
- Bastian, C.T., D.M. McLeod, M.J. Germino, W.A. Reiners et B.J. Blasko. 2002. "Environmental amenities and agricultural land values: a hedonic model using geographic information systems data", *Ecological Economics*, vol. 40, 337-349.
- Benson, E.D. J.L. Hansen, A.L. Schwartz et R.T. Smersh. 1998. "Pricing residential amenities: the value of a view", *Journal of Real Estate Finance and Economics*, vol. 16, 55-73
- Bolitzer, B. et N.R. Netusil. 2000. "The impact of open spaces on property values in Portland, Oregon", *Journal of Environmental Management*, vol. 59 185-193.
- Cavailhès, J., T. Brossard, M. Hilal, D. Joly, F.P. Tourneux, C. Tritz et P. Wavresky. 2006. *Les paysages périurbains et leur prix*, Collection Les Cahiers de la MSH Claude-Nicolas Ledoux, Presses Universitaires Franc-Comtoises.
- Cavailhès, J., T. Brossard, J.C. Foltête, M. Hilal, D. Joly, F.P. Tourneux et P. Wavresky. 2007. *Le prix de la vue de paysages ruraux*, Ed. Springer, à paraître.
- Cavailhès, J., T. Brossard, J.C. Foltête, M. Hilal, D. Joly, F.P. Tourneux et P. Wavresky. 2007. *GIS-based hedonic pricing of landscape*, Dijon (INRA-CESAER), Besançon (CNRS-THEMA), document de travail.
- Cheshire, P. et S. Sheppard. 1995. "On the Price of Land and the Value of Amenities", *Economica*, vol. 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 », *Économie et Statistique*, n° 373, avril, 57-80.

Des Rosiers, F., M. Thériault, Y. Kestens et P. Villeneuve, P. 2002. "Landscaping and house values: an empirical investigation", *Journal of Real Estate Research*, vol. 23, 139-161.

Dumas, E., G. Geniaux et C. Napoleone. 2005. « Les indices de l'écologie du paysage à l'épreuve du marché foncier », *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, n° 1, 83-106.

Garrod, G.D., K.G. Willis et C.M. Saunders. 1994. "The Benefits and Costs of the Domerset Levels and Moors ESA", *Journal of rural studies*, vol. 10, 131-146.

Geniaux, G., B. Fischesser, M.F. Dupuistate, D. Morge, C. Napoléone et V. Raymond. 2003. *Du marché foncier à la lecture paysagère : contribution à une méthodologie d'évaluation des valeurs paysagères en région PACA*, rapport pour le MEDD programme *Politiques Publiques et Paysages*, 248 pages.

Geoghegan, J., L.A. Waingeret et N.E. Bockstael. 1997. "Spatial Landscape Indices in a Hedonic Framework: an Ecological Economics Analysis Using GIS", *Ecological Economics*, vol. 23, 251-264.

Hobden, D.W., G.E. Laughton et K.E. Morgan. 2004. "Green Space Borders – a Tangible Benefit? Evidence from Four Neighbourhoods in Surrey, British Columbia, 1980-2001" *Land Use Policy*, vol. 21, 129-138.

Irwin, E.G. 2002. "The Effects of Open Space on Residential Property Values", *Land Economics*, vol. 78, 465-480.

Jayet, H. 2001. « Économétrie des données spatiales. Une introduction à la pratique », *Cahiers d'Économie et de Sociologie Rurale*, vol. 58-59, 105-129.

Jayet, H., J. Cavailhès, T. Brossard, J. Le Gallo, G. Geniaux, M. Hillal, D. Joly, C. Napoleone, N. Ovtracht, P.-Y. Péguy, P.-F. Tourneux, P. Wavresky. 2007. *La valeur économique des paysages des villes périurbanisées*, Rapport au ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables, programme S3E.

Jayet, H. et J. Le Gallo. 2006. "On the Modelling of Spatial Interaction and Spatial Hierarchy Ins Hedonic Housing Models: an Empirical Application on the Urban Area of Brest, France". Communication aux premières journées du logement de l'IDEP, Marseille, Octobre 2006.

Lake, I.R., A.A. Lovett, I.J. Bateman et I.H. Langford. 1998. "Modelling Environmental Influences on Property Prices in an Urban Environment", *Computers, Environments and Urban Systems*, vol. 22, 121-136.

Lake, I.R., A.A. Lovett, I.J. Bateman et B.H. Day. 2000a. "Using GIS and Large-Scale Digital Data to Implement Hedonic Pricing Studies", *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 14, n° 6, 521-541.

- Lake, I.R., A.A. Lovett, I.J. Bateman et B.H. Day. 2000b. "Improving Land Compensation Procedures Via Gis and Hedonic Pricing", *Environment and Planning C : Government and Policy*, vol. 18, 681-696.
- Le Gallo, J. 2002. « Économétrie spatiale : l'autocorrélation spatiale dans les modèles linéaires », *Économie et Prévision*, vol. 155, 139-158.
- Mahan, B.L., S. Polasky, S. et R.M. Adams. 2000. Valuing Urban Wetlands : a Property Price Approach, *Land Economics*, vol. 76 : 100-113.
- Paterson, R.W. et K.J. Boyle. 2002. "Out of Sight, Out of Mind? Using GIS to Incorporate Visibility in Hedonic Property Value Models", *Land economics*, vol. 78, 417-425.
- Roe, B., E.G. Irwin et H.A. Morrow-Jones. 2004. "The Effects of Farmland, Farmland Preservation, and Other Neighborhood Amenities on Housing Values and Residential Growth", *Land Economics*, vol. 80, 55-75.
- Rosen, S. 1974. "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy*, vol. 82, 34-55.
- Sheppard, S. 1999. "Hedonic Analysis of Housing Markets", in : P.C. Cheshire et E.C. Mills (Eds.), *Handbook of Urban and Regional Economics*, vol. 3, Elsevier.
- Smith, V.K., C. Poulos, C. et H. Kim. 2002. "Treating Open Space as an Urban Amenity", *Resource and Energy Economics*, vol. 24, 107-129.
- Thorsnes, P. 2002. "The Value of a Suburban Forest Preserve: Estimates from Sales of Vacant Residential Building Lots", *Land Economics*, vol. 78, 626-441.
- Tyrväinen, L. et A. Miettinen. 2000. "Property Prices and Urban Forest Amenities", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 39, 205-23.
- Weicher, J. et R. Zerbst. 1973. "Externalities of Neighbourhood Parks: An Empirical Investigation", *Land Economics*, vol. 49, 99-105.