

Comment les politiques d'urbanisation se traduisent-elles dans le paysage urbain : une approche par les métriques spatiales

Nathalie Long and Thomas Leveiller

Volume 16, Number 2, September 2016

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1038189ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Université du Québec à Montréal
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Long, N. & Leveiller, T. (2016). Comment les politiques d'urbanisation se traduisent-elles dans le paysage urbain : une approche par les métriques spatiales. *VertigO*, 16(2).

Article abstract

This study is included in a larger scientific project to analyse land cover changes in the region Ile-de-France. Proving a contrasting change between inner and outer suburbs, the actual tendency is towards the growth of urban areas to the detriment of rural areas. The five “villes nouvelles” (Cergy-Pontoise, Évry, Marne-la-Vallée, Sénart, Saint-Quentin-en-Yvelines), result of a strong urban policy since the 60's, created to equilibrate the regional development, are characterized by specific urban profiles and spatial organizations, compared to others cities where urban sprawl has followed the main trend of urbanization, after the Second World War (multiple dwellings construction and then individual housing). From an urban planning point of view, a comparison between the new city of Évry and the city of Longjumeau, outer suburb's city, characterized by rural areas disappearance in favour of individual housing, is proposed. This case study is based on computation of spatial metrics allowing a characterization of urban landscapes (irregularity and fragmented shapes, compactness or density of urban areas). This analyse reveals different urban landscapes between these territories, at the town scale and at the district scale. The urban policies, since 45 years, are expressed through specific urban landscapes in new cities. Indeed, Évry presents an urban landscape more fragmented and complex than Longjumeau, even if some areas are exceptions, like the irregularity of individual housing's area in Longjumeau.

Tous droits réservés © Université du Québec à Montréal et Éditions en environnement VertigO, 2016



This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

<https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/>

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

<https://www.erudit.org/en/>

Comment les politiques d'urbanisation se traduisent-elles dans le paysage urbain : une approche par les métriques spatiales

Nathalie Long et Thomas Leveiller

Introduction

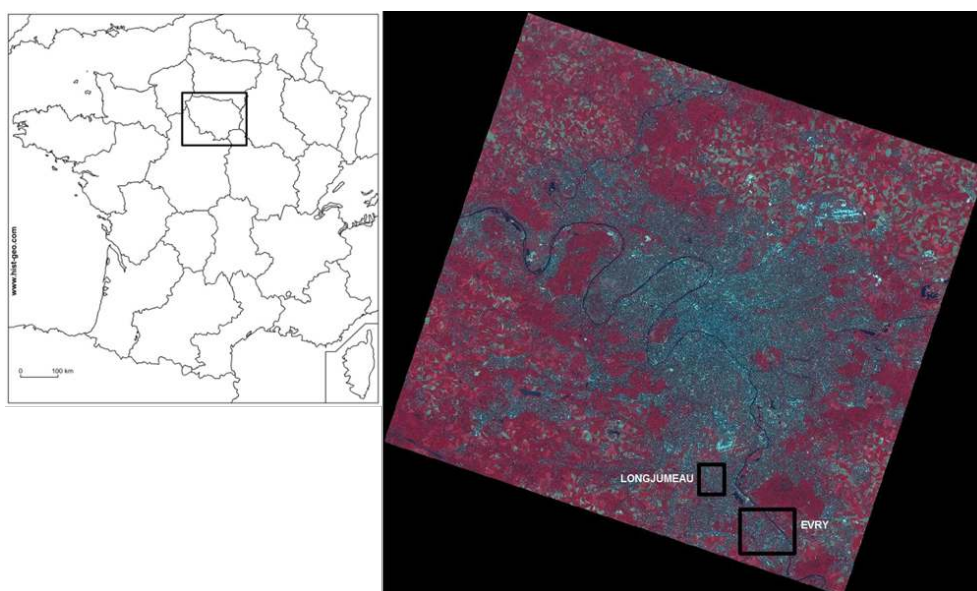
- 1 Les grandes tendances sociétales actuelles favorisent la croissance des villes, avec désormais plus de la moitié de la population mondiale qui vit en milieu urbain. En France, une forte concentration de la population est à noter sur les littoraux, mais les villes-capitales, nationales ou régionales, ne sont pas en reste. Très tôt durant le XXe siècle, la région Ile-de-France (IDF) a dû faire face à une urbanisation galopante et mettre en place un système de planification pour maîtriser et gérer cette croissance d'une part, et assurer un certain équilibre territorial d'autre part, en contrecarrant l'effet de centralité écrasante de la capitale, Paris. Les premiers projets de planification urbaine sont apparus dans les années 1950, avec la construction des grands ensembles, édifiés pour répondre à la forte demande en logements de l'époque. Mais très vite, les effets néfastes de ce type d'habitat (grands collectifs) sont apparus, révélant et concentrant certains maux de la société comme le mal-vivre et le chômage. Dès 1965, un premier schéma directeur d'aménagement (SDA) est entré en vigueur afin de concilier qualité de vie et croissance urbaine. Deux autres SDA ont suivi en 1976 et 1994 permettant d'amorcer un *tournant urbanistique* (pour reprendre le concept proposé par Chevalier, 2007) dans la région IDF. Ces différents schémas ont permis d'intégrer petit à petit la dimension environnementale, pour tendre vers une planification urbaine durable, et se sont traduits par une volonté de préservation de plus en plus importante des espaces agricoles et naturels, et par une tentative de limitation de l'étalement urbain (Leveiller et Long, 2013 ;

Constanty et Foulard, 2011). Spatialement, ces SDA ont permis sur le territoire francilien la mise en place entre autres, d'une ceinture verte, pour tenter de contenir l'étalement de la ville, mais aussi la création de cinq villes nouvelles afin de rééquilibrer le territoire régional par la construction de nouvelles centralités en périphérie de Paris (Cergy-Pontoise, Évry, Marne-la-Vallée, Sénart, Saint-Quentin-en-Yvelines). Ces villes sont l'antithèse de la politique des grands ensembles et des banlieues dortoirs et contrecarrent le fort développement pavillonnaire, très gourmand en espace et accentuant l'importance de l'automobile dans l'espace urbain. Les autorités de l'État ont veillé à ne pas trop densifier ces villes. Les centres et certains quartiers sont certes équipés de bâtis denses, mais ce sont des zones pavillonnaires et d'activités qui peuplent les périphéries. Diversité du paysage urbain, agrémentée d'une diversité architecturale sont les maîtres mots de la ville nouvelle. Des architectures expérimentales ont ainsi été édifiées comme les Arènes à Marne-la-Vallée, les Pyramides à Évry ou les immeubles de Boffil à Saint-Quentin-en-Yvelines. Des formes urbaines innovantes sont aussi présentes, telles que les maisons de ville à Cergy-Pontoise, l'urbanisme de dalles, les quartiers piétonniers, les zones d'activités « paysagées », etc.

- 2 Les villes nouvelles ont donc été construites en prenant soin de proposer une architecture et une organisation de leur territoire totalement différentes de celles des communes au développement plus traditionnel (centre-ville historique entouré de couronnes plus ou moins concentriques, allant de la maison de ville à l'habitat pavillonnaire (Laborde, 1994)). Suivant les politiques d'aménagement menées, les villes peuvent ainsi offrir des paysages urbains de types différents. La notion de paysage peut être ici définie comme résultant de la combinaison de facteurs multiples où les objets ont des aspects concrets, mais aussi sensibles (Rimbert, 1973). Pour s'affranchir de cet aspect subjectif et quantifier un paysage, Bailly (1977) propose de rendre compte des modalités d'interdépendance existants entre les différents objets constituant un paysage et l'ensemble de leurs caractéristiques¹. Pour ce faire, des indicateurs spécifiques ont été proposés en écologie tout d'abord, pour définir les structures paysagères en milieu naturel et agricole, il s'agit des métriques spatiales. Comprenant tout l'intérêt de ces métriques spatiales, elles ont été reprises par d'autres disciplines et notamment en écologie urbaine ou géographie urbaine, pour définir des modèles spatiaux des villes et décrire et analyser les paysages urbains. Elles permettent soit d'analyser la dynamique urbaine par un suivi des changements d'occupation des sols sur une période donnée, soit de caractériser des villes à travers leur morphologie et leur organisation spatiale pour permettre ensuite des comparaisons entre elles (Aguejdad et Hubert-Moy, 2016 ; Aguilera et al., 2011 ; Schwarz, 2010 ; Skupinski et al., 2009 ; Huang et al., 2007 ; Herold et al., 2005 ; McGarigal et al., 2002 ; Alberti et Waddell, 2000 ; Gustafson, 1998 ; Geoghegan et al., 1997). Il ressort de ces études tout l'intérêt de cet outil d'analyse et elles montrent le rôle de chaque métrique pour décrire la composition et la configuration spatiale des paysages urbains afin de définir un modèle urbain. Ces modèles spatiaux représentent les différentes formes urbaines, c'est-à-dire les structures spatiales de l'unité de référence spatiale (ville, quartier, arrondissement...), définies par sa forme générale et l'utilisation et l'occupation du sol (Schwarz, 2010 ; Tsai, 2005). La forme urbaine peut être étudiée à différentes échelles géographiques (Tannier et al., 2010 in Kamps, 2013) et à travers différentes variables comme la structure physique ou les aspects économiques ou démographiques (Schwarz, 2010). Dans cette étude, seuls les aspects physiques seront pris en compte pour définir les différentes formes urbaines.

- 3 Gustafson (1998), mais aussi Schwarz (2010) et Kamps (2013), insiste sur la qualité des données qui sont utilisées pour ce type d'analyse, notamment lorsqu'il s'agit de résultats de classification d'images satellites (Aguejda et Hubert-Moy, 2016), et sur la résolution spatiale de ces mêmes données (Aithal et al., 2012 ; Herold et al., 2005). En effet, la définition des classes et leur nombre et la précision de la classification auront une influence sur l'analyse de ces résultats par des métriques spatiales, avec une propagation de l'imprécision initiale. De même, la résolution spatiale a un impact direct sur le degré d'hétérogénéité d'un espace : une résolution grossière peut masquer une hétérogénéité, à l'inverse une résolution trop fine peut créer une hétérogénéité artificielle. L'utilisation de ces métriques doit donc se faire de manière raisonnée, en définissant une échelle spatiale et une zone d'étude adaptées pour permettre une analyse des paysages urbains.
- 4 L'objectif de ce travail est ainsi de caractériser et de quantifier le paysage urbain de deux villes, dont l'aménagement est issu de deux politiques différentes : la ville nouvelle d'Évry et la ville de Longjumeau (Figure 1). Construites à partir de deux processus de planification et de développement urbains différents, on peut poser l'hypothèse que ces processus se traduisent aujourd'hui par deux types de paysages urbains spécifiques l'un par rapport à l'autre. Les métriques spatiales peuvent alors être des outils qui permettent d'identifier et de décrire les particularités de ces paysages. Pour cela, les deux villes seront tout d'abord présentées ainsi que les données utilisées. Dans une deuxième partie, les choix des échelles d'analyse et des métriques seront explicités afin de définir la méthode d'analyse, notamment la définition des quartiers. Enfin, dans une dernière partie, les résultats des calculs de métriques seront présentés ainsi que la comparaison entre les deux villes. Une discussion puis une conclusion viendront terminer cet article.

Figure 1. Situation de l'Île-de-France en France (à gauche) et image Spot 5 de la région parisienne (à droite) avec les deux villes d'Évry et de Longjumeau.



Évry et Longjumeau : deux villes aux histoires différentes

- 5 La région IDF n'occupe que 2,8 % du territoire national, mais concentre près de 20 % de la population française. L'attractivité de la capitale a rapidement posé des problèmes en termes d'urbanisation. Dès les années 1950, les principaux symptômes d'une mauvaise qualité de l'environnement de vie (banlieues dortoirs, embouteillages, insécurité) étaient présents sur le territoire, résultant d'une gestion inadaptée de cette attractivité. Pour y faire face et essayer de redéployer les forces sur l'ensemble du territoire régional, les villes nouvelles ont été proposées comme une solution. Au nombre de cinq et réparties de façon assez régulière sur le territoire régional en périphérie de Paris (sauf peut-être au nord de Paris), ces villes doivent, en plus des logements, regrouper des activités, des commerces et des équipements pour faire de ces pôles de véritables villes attractives, en termes d'emploi et d'habitat. Ces multiples centralités, avec une importance et un rôle économique et politique variable, permettent la naissance d'un réseau de villes plus équilibré. Au total, les villes nouvelles franciliennes représentent 31 % de la croissance démographique régionale. Bien qu'un ralentissement soit constaté par rapport aux années 1970-80, elles voient leur poids augmenter au sein de la région Île-de-France et font partie des plus fortes croissances enregistrées (INSEE, 2004).
- 6 La ville nouvelle d'Évry a été créée à partir d'un petit village agricole de bord de Seine. Sa construction a été décidée en 1965 pour désengorger Paris. Dès 1969, la ville est gérée par un Établissement Public d'Aménagement pour permettre sa construction. Les différents quartiers qui la composent aujourd'hui ont été construits petit à petit pendant quarante années. Entre 1968 et 2000, la population de la ville nouvelle d'Évry a fortement augmenté, passant de 8 000 à 82 000 habitants (INSEE, 2013). 50 000 emplois ont également été créés faisant de la ville nouvelle d'Évry un pôle économique majeur du sud-parisien, notamment grâce à une très bonne desserte routière et un large réseau de transports en commun avec trois gares du RER D, un réseau de 15 km en site propre pour le bus, etc. (INSEE, 2004) C'est seulement en 1991 que la mairie est inaugurée officiellement par le Président de la République. Depuis 2001, Évry n'a plus le statut de ville nouvelle.
- 7 Ancrée de façon plus ancienne sur le territoire, la ville de Longjumeau a été choisie comme deuxième site d'étude. Elle se situe à proximité d'Évry (13 km). Les premières traces de son existence se retrouvent à travers des écrits datant du XIIe siècle. Ancienne bourgade fortifiée, elle se situe aujourd'hui en grande couronne. À la différence des villes de petite couronne dont le territoire est déjà quasiment tout construit ou protégé de la construction, elle a connu un fort développement à partir de la fin des années 1960, passant d'environ 13 000 habitants à plus de 21 000 en 2008 (INSEE, 2011). Longjumeau est caractérisé par une certaine mixité sociale et des emplois principalement dans le secteur tertiaire. Elle comporte également 2 établissements de santé majeurs au niveau local (Centre Hospitalier, clinique privée).
- 8 Ces deux villes ont donc connu des histoires très différentes qui ont donné à chacune, leur propres identité et caractéristique architecturale et paysagère d'aujourd'hui.

Méthodologie

Échelles et données

- 9 Tout d'abord, l'étude sera réalisée à deux niveaux d'analyse : le quartier et la zone d'étude. Le niveau zone d'étude correspond à la commune de Longjumeau et aux trois communes dans le cas d'Évry (Évry, Courcouronnes, Ris-Orangis). Le quartier, quant à lui, correspond à une partie de la ville, il est homogène en son sein et différent des autres quartiers de la ville. Il doit avoir ses propres caractéristiques intrinsèques. Les différents quartiers seront définis à l'aide d'une méthodologie développée par Long et Kergomard (2005), utilisant un algorithme de la statistique non-paramétrique, k-means, qui permet de réaliser une classification des objets (bâtiments et occupation du sol) à partir d'indicateurs morphologiques et des modes d'occupation des sols.
- 10 Pour définir et calculer ces indicateurs, une base de données topographiques (BD Topo) a été utilisée. La BD Topo est une base de données vectorielles produite par l'IGN², datant de 2009 pour l'IDF. Elle est formée de plusieurs couches thématiques ; seules celles portant sur les bâtiments (sous-couche « bâti indifférencié », « bâti industriel » et « bâti remarquable »), le réseau routier, l'hydrographie et la végétation seront utilisées dans cette étude. La précision de la BD Topo est métrique. La taille minimale des objets saisis est définie par le cahier des charges de la BD Topo : elle est de 20 m² pour les bâtiments et de 500 m² pour les zones de végétation arborées (IGN, 2011).
- 11 Ainsi, elle reste incomplète pour définir à 100 % une occupation du sol. C'est pourquoi une image satellite a été utilisée pour compléter cette information surfacique. L'image utilisée est une image Spot 5 de mai 2011, à trois bandes (vert, rouge, proche infrarouge), codée sur 8 bits, de résolution spatiale de 2,5 mètres (figure 1). Son étendue correspond à une partie de l'Île-de-France (Paris, sa petite couronne et sa zone limitrophe). Son système de projection initial, WGS 84 UTM zone 31 N, a été modifié en Lambert-93, système de projection de la BD Topo.

Définition des modes d'occupation des sols à partir de l'image satellite

- 12 Les deux zones d'étude (la commune de Longjumeau et le secteur d'Évry composé des communes d'Évry, Courcouronnes et Ris-Orangis) ont été découpées sur l'image satellite (figures 2 et 3).
- 13 Le traitement de l'image a été réalisé selon une approche orienté objet, grâce au logiciel eCognition Developer[®] (Trimble, 2011). La première étape est de segmenter l'image, c'est-à-dire de regrouper les pixels entre eux afin de former des objets homogènes selon différents critères (spectral, forme, couleur, texture...). Une segmentation multi-résolution (paramètres d'échelle : 50, de forme : 0.1 et de compacité : 0.5) a été appliquée (Jacquin et al., 2008, Wilhauck et al., 2000 ; Baatz and Schäpe, 2000 ; Cross and Manson, 1988 ; Haralick et Shapiro, 1985). Différentes couches thématiques issues de la BD Topo (route, surface en eau, stationnement, bâti et végétation) ont été utilisées pour contraindre la segmentation. La couche thématique « route », représentée par un linéaire, a été transformée en entités surfaciques à l'aide d'une zone tampon de 2.5m (la largeur d'une voie étant en moyenne de 2.5m).

- 14 Ces couches thématiques ont également servi de base pour la classification hiérarchique de l'image pour définir l'occupation des sols. Les classes « végétation » ou « zones imperméabilisées (surfaces construites et surface de goudron) » ont ensuite été définies à partir de plusieurs critères discriminants. Pour la végétation, le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) et le GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) ont été utilisés. Pour les autres classes, les moyennes de chaque bande, les ratios (basés sur les valeurs de pixels) de ces mêmes bandes, et enfin le maximum de différence (maximum difference scaling) ont été sélectionnés.
- 15 Afin de valider les résultats obtenus, deux indices sont retenus : la précision globale et l'indice de Kappa (Congalton, 1991 ; Congalton et al., 1983, cités par Skupinski et al., 2009). Le coefficient de Kappa est de 0,72 et la précision globale quant à elle atteint 73 %. La classification peut être considérée comme satisfaisante, dans le cas d'une analyse en milieu urbain.

Figure 2. Image Spot 5 (2011) d'une partie de la ville nouvelle d'Évry (Essonne, France).

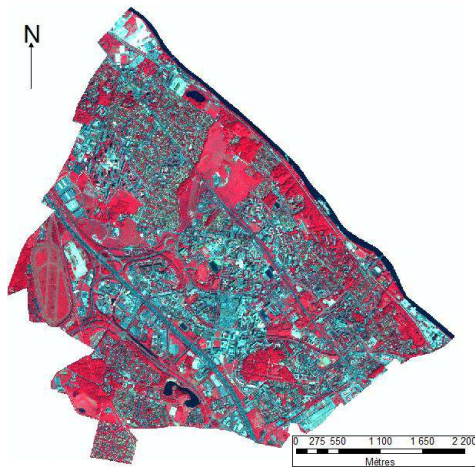
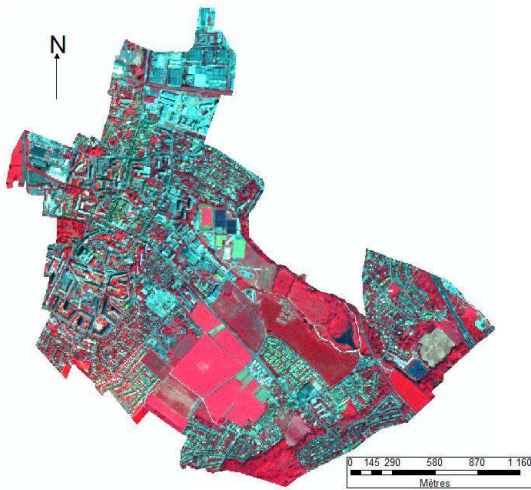


Figure 3. Image Spot 5 (2011) de la commune de Longjumeau (Essonne, France).



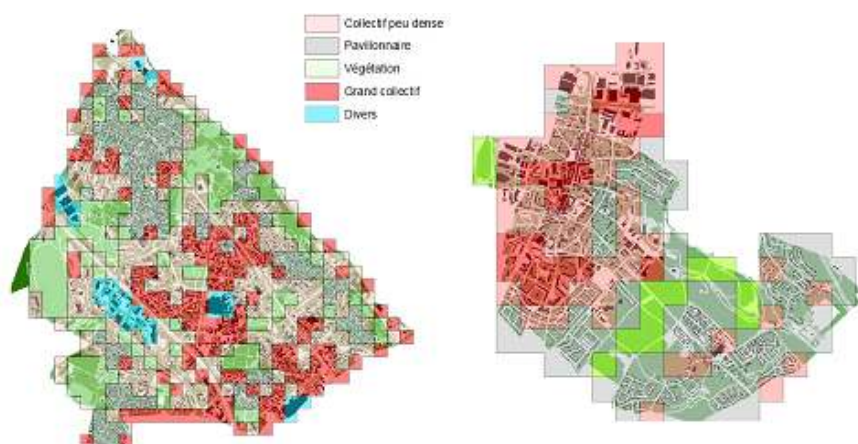
Définition des quartiers

- 16 Les résultats précédents ont été utilisés pour constituer la base de données à partir de laquelle les quartiers seront définis. Sur une grille, dont les mailles mesurent 200*200 mètres, des indicateurs sont calculés à l'aide du logiciel ArcGIS®, comme la hauteur moyenne des bâtiments, leur volume moyen, mais également les densités surfaciques de végétation, de surface construite et de surface goudronnée (au sol), à partir des résultats de la classification de l'image (Long et Kergomard, 2005). La méthode k-means (ou nuées dynamiques) est ensuite appliquée, pour définir des classes représentatives de la structure urbaine. Cette méthode ne pose aucune condition de linéarité entre les variables et permet une classification non-hiérarchique (Celeux et al., 1989 ; Diday et al., 1982). Elle permet de regrouper les objets (ici les mailles) entre eux, selon un critère de variance intra-classe minimal et de variance inter-classe maximal. Le nombre de classes est défini manuellement (au nombre de cinq). Chaque classe définie correspond ainsi à un type de quartier, identifié à partir des caractéristiques morphologiques des constructions et de l'occupation du sol. Un quartier correspond donc à un ensemble de mailles, pas toujours contiguës. Nous obtenons donc une classe (ou quartier) correspondant aux surfaces de végétation, une classe pour l'habitat pavillonnaire, une classe pour le collectif peu dense et une classe pour le grand collectif (tableau 1). Ces quatre classes sont communes aux deux territoires d'études. Une dernière classe « divers » correspondant à des zones mixtes végétation/surface artificialisées aurait pu être ajoutée, mais il n'est pas apparu pertinent de la traiter, car elle ne représente pas le même type de structure urbaine entre les deux territoires. Seuls les résultats de ces quatre classes, communes aux deux territoires, sont traités et comparés à l'aide de métriques spatiales (figure 4).

Tableau 1. Correspondance entre les indicateurs morphologiques et d'occupation du sol et le type de quartier.

	Hauteur moyenne (m)	Densité des surfaces construites	Densité de végétation	Type de quartier
Longjumeau				
Classe 1	13.2	0.21	0.33	Grand collectif
Classe 2	7.7	0.17	0.38	Collectif peu dense
Classe 3	5	0.09	0.48	Pavillonnaire
Classe 4	/	/	/	Divers
Classe 5	0	0	0.77	Surface de végétation
Évry				
Classe 1	/	/	/	Divers
Classe 2	9.15	0.1	0.59	Collectif peu dense
Classe 3	5.9	0.17	0.59	Pavillonnaire
Classe 4	4.9	0.25	0.85	Surface de végétation
Classe 5	10.1	0.16	0.34	Grand collectif

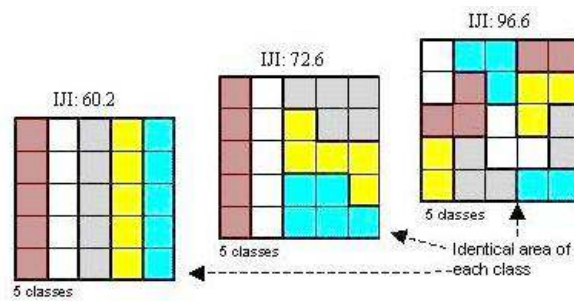
Figure 4. Classification et identification des quartiers à Longjumeau (à droite) et à Évry (à gauche).



Définition et calcul des métriques spatiales

- 17 Les métriques spatiales sont calculées avec le logiciel Fragstats® 3.3 (McGarigal et al., 2002). Ce logiciel permet de choisir parmi de nombreuses métriques celles qui sont les plus appropriées pour caractériser un paysage urbain (Aguejda et Hubert-Moy, 2016 ; Kamps, 2013 ; Aguilera et al., 2011 ; Schwarz, 2010 ; Skupinski et al., 2009). L'étude portera ainsi sur un ensemble de 7 métriques (tableau 2), afin de rendre compte de l'aire, de la densité, de la forme, de la contiguïté, de la juxtaposition et enfin de la diversité d'un paysage ou des éléments constituant ce paysage. Elles seront calculées à deux niveaux d'analyse :
- le niveau de la zone d'étude, où le paysage est considéré dans son intégralité, afin de pouvoir comparer les deux territoires d'études ;
 - mais aussi au niveau du quartier, pour caractériser les éléments de ce paysage et leur organisation sur ce territoire. Cette échelle permet également de comparer les résultats entre les différents quartiers au sein d'un même territoire, mais aussi entre les deux territoires (par exemple, comparer le quartier « grand collectif » d'Évry à celui de Longjumeau).
- 18 À l'échelle de la zone d'étude, des indicateurs basiques tels que l'aire totale (Total Area – TA) et le nombre de taches (Number of Patch – NP) ont été choisis. Chaque tache correspond à un type de quartier et un type de quartier peut être constitué d'une ou de plusieurs taches, séparées ou non spatialement. L'aire totale est calculée en hectares et correspond à l'emprise de la grille sur la zone d'étude étudiée. Elle est utilisée pour calculer certaines métriques. Le nombre de taches apporte des informations sur le morcellement de la zone d'étude (plus le nombre est élevé, plus le paysage est morcelé). L'indice de forme paysagère (Landscape Shape Index – LSI) est également calculé pour rendre compte de l'agrégation des éléments ; il est supérieur à 1 et plus il augmente, plus le paysage est fragmenté. Il permet d'obtenir une mesure normalisée du total des bords (ou périmètres) ou de leur densité, ajustés grâce à la taille de la zone d'étude (ce qui permet une interprétation directe). Pour mesurer la complexité (ou l'irrégularité) d'une forme, l'indice de dimension fractale (Fractal Dimension Index – FRAC) sera utilisé. L'indice est compris entre 1 et 2 – 2 étant une forme extrêmement irrégulière, complexe, au contraire, plus le résultat est proche de 1, plus la forme est simple. La contiguïté sera, quant à elle, analysée grâce à l'indice de contiguïté (Contiguity Index – CONTIG). Chaque pixel ou surface a une valeur attribuée égale à 1 (hormis les pixels non concernés qui ont une valeur de 0). Une valeur de 2 est ensuite ajoutée pour toutes relations horizontales et verticales entre pixels (1 pour les relations diagonales). L'indice, au final, évolue entre 0 et 1 (plus le résultat tend vers 1, plus la contiguïté augmente). On peut alors distinguer les formes cloisonnées (proches de 0) et les formes connectées (proches de 1) (Cavailles et Joly, 2006). La juxtaposition des classes est, elle, caractérisée par l'indice de juxtaposition et d'interspection (Interspersion and Juxtaposition Index – IJI). Nous obtenons un taux où les valeurs basses signifient que les classes sont en contact avec un faible nombre de classes similaires, au contraire une valeur maximale exprime le fait que toutes les classes sont adjacentes aux autres, avec une surface de contact égale. En d'autres termes, plus la valeur s'approche de 0, plus les contacts entre classes sont réguliers, et plus la valeur s'approche de 100, plus les contacts sont considérés comme aléatoires (figure 5).

Figure 5. Indice de juxtaposition et d'interspection.



Source : © European Union, 1995-2012. URL : <http://ec.europa.eu/agriculture/publi/landscape/ch1.htm>

- 19 Enfin, la diversité des formes sera caractérisée par l'indice de Simpson (Simpson's Diversity Index - SIDI), et ne sera calculé qu'au niveau de la zone d'étude (Riitters et al., 1995). Il est compris entre 0 et 1. Plus le résultat tend vers 1, plus la diversité est avérée, ainsi que l'équité de la répartition. Avec l'indice de Shannon, l'indice de diversité de Simpson est couramment repris dans les études sur les métriques paysagères. Ce dernier est du reste plus intuitif en représentant la probabilité que les deux pixels choisis au hasard soient de type différent (McGarigal et al., 2002).
- 20 Les métriques calculées à l'échelle des quartiers sont les mêmes que pour la zone d'étude, excepté l'indice de diversité de Simpson calculé uniquement à l'échelle de la zone d'étude, et le pourcentage de chaque quartier sur la zone d'étude (PLAND), calculé donc à l'échelle du quartier. Ce taux mesure simplement la composition et la proportion des classes dans la zone d'étude étudiée. Le fait que ce soit un taux et non une surface brute permet plus aisément de comparer par la suite les résultats sur les deux zones d'études. Les autres indices sont également normalisés et peuvent être utilisés pour comparer des territoires de taille différente.

Tableau 2. Métriques spatiales utilisées lors de cette étude (McGarigal *et al.*, 2002).

Nom de la métrique	Unité	Formule de calcul
Aire Totale (TA)	En hectare	$AREA = a_{ij} \left(\frac{1}{10000} \right)$
Nombre de taches (NP)	Unité	$NP = n_i$
Indice de forme du paysage (LSI)	$LSI \geq 1$ Plus la valeur augmente, plus la forme est fragmentée	$LSI = \frac{e_i}{\min e_i}$
Indice de dimension fractale (FRAC)	$1 \leq FRAC \leq 2$ 1 = forme simple, 2 = forme irrégulière	$FRAC = \frac{2 \ln(0.25 p_{ij})}{\ln a_{ij}}$
Indice de contiguïté (CONTIG)	$0 \leq CONTIG \leq 1$ 0 = formes cloisonnées, 1 = formes connectées	$CONTIG = \frac{\left[\frac{\sum_{i=1}^m c_{ijr}}{a_{ij}} \right] - 1}{v - 1}$
Indice de juxtaposition (IJI)	$0 < IJI \leq 100$ Plus la valeur est élevée, plus les formes ont des limites communes avec toutes les autres	$IJI = \frac{-\sum_{k=1}^m \left[\left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \ln \left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \right]}{\ln(m-1)} \quad (100)$
Indice de diversité de Simpson (SIDI)	$0 \leq SIDI < 1$ 0 = une seule forme, 1 = nombre élevé de formes avec une distribution équitable	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m p_i^2$

Les métriques spatiales comme révélateur du paysage urbain

Analyse des métriques à l'échelle de la zone d'étude

- 21 Rappelons que le choix d'étudier une ville nouvelle et une ville avec une histoire plus traditionnelle réside dans l'objectif de tester un certain nombre de métriques spatiales pour qualifier leur paysage urbain, a priori différent entre ces deux types de villes (Tableau 3). En effet, le territoire d'Évry est trois fois plus grand que celui de Longjumeau (TA), soit 3 840 ha contre 1 156 ha, et est composé de trois communes contre une seule pour Longjumeau. Évry semble davantage morcelé vu le nombre de taches (NP), qui est supérieur à celui de Longjumeau (67 contre 17). Concernant l'indice de forme du paysage (LSI), le paysage d'Évry semble plus fragmenté que celui de Longjumeau (4,53 contre 1,97). Dans le même temps, l'indice de dimension fractale (FRAC) est légèrement plus important pour Évry, qui présente donc un paysage plus complexe, plus irrégulier comparé à celui de Longjumeau, même si les valeurs restent faibles (moins de 1,05). La zone d'étude de Longjumeau est davantage contiguë, en atteste l'indice de contiguïté (CONTIG) qui est supérieur à celui d'Évry (respectivement 0,27 contre 0,18). Cela renforce l'idée déjà émise d'un territoire plus dense pour Longjumeau. Concernant l'indice de juxtaposition (IJI), il montre que la zone d'étude d'Évry n'est pas véritablement caractérisée par un zonage de son territoire proprement dit, mais plutôt par un entremêlement de quartiers avec des occupations du sol différentes. L'espace semble plus organisé à Longjumeau avec des valeurs d'indices de 75,5 contre près de 83 pour Évry – les valeurs pouvant s'étendre de 0 à 100 (voir figure 5). Enfin, du point de vue des métriques englobant la zone d'étude dans sa

totalité, l'indice de diversité de Simpson (SIDI) est largement supérieur à Évry par rapport à celui de Longjumeau (0,66 contre 0,37), ce qui dénote une plus grande diversité pour la première citée.

- 22 Les résultats obtenus à l'échelle du territoire montrent bien deux types de structuration du territoire urbain différents avec des éléments liés certes à la taille de la commune comme le nombre de patches, par exemple. D'autres métriques comme FRAC sont plus révélatrices de la complexité du paysage urbain et de sa fragmentation, résultat direct des choix de construction sur 40 ans pour la ville d'Évry. Se mêle ainsi plan d'eau, parc, immeubles pyramidaux, terrasses et allées piétonnes, établissements publics et commerces. Cet urbanisme particulier est ici bien mis en évidence par rapport à celui de Longjumeau où le paysage apparaît plus organisé et structuré selon des types de quartiers et d'occupation des sols bien définis.

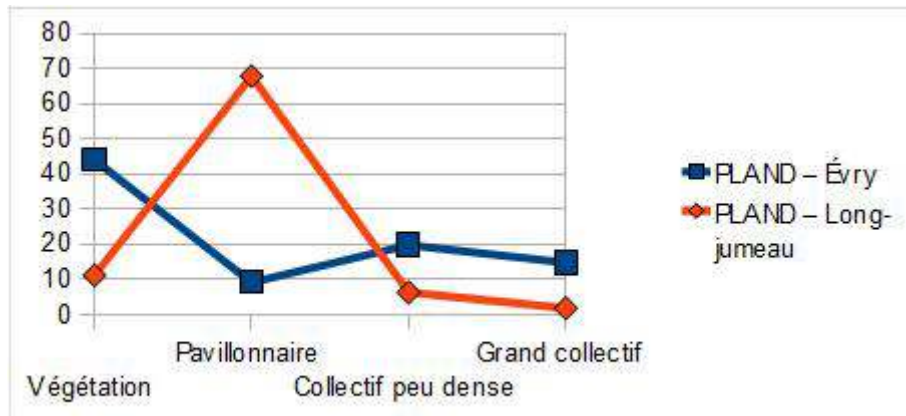
Tableau 3. Résultats des calculs des métriques spatiales à l'échelle de la zone d'étude.

	Aire Totale	Nombre de taches	Indice de forme du paysage	Indice de dimension fractale	Indice de contiguïté	Indice de juxtaposition	Indice de diversité de Simpson
	TA	NP	LSI	FRAC	CONTIG	IJI	SIDI
Évry	3 840	67	4,5323	1,0425	0,1814	82,9552	0,6573
Longjumeau	1 156	17	1,9706	1,0295	0,2265	75,5130	0,3684

Analyse des métriques à l'échelle des quartiers

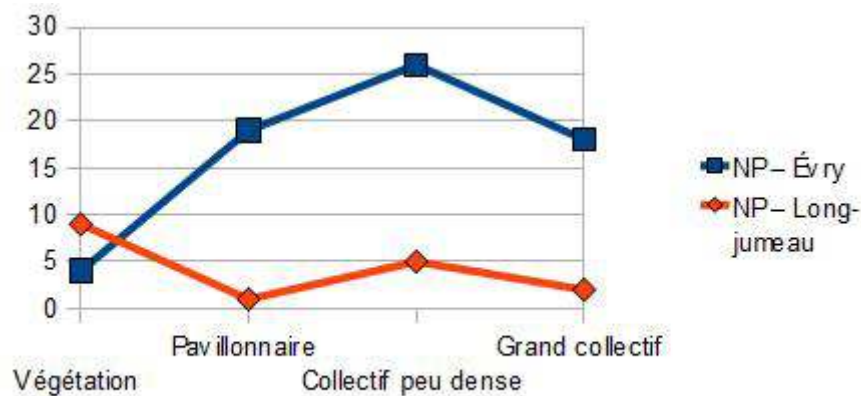
- 23 Ces premiers résultats sont ensuite confirmés à l'échelle des quartiers. Pour rappel, les classes étudiées sont de l'ordre de quatre ; à chacune de ces classes, un type de quartier a été mis en correspondance : habitat pavillonnaire, surface de végétation, collectif peu dense et grand collectif. En effet, de nettes différences entre Longjumeau et Évry peuvent être observées au niveau de la surface (exprimée en pourcentage) occupée par chaque quartier dans son territoire communal (PLAND) (figure 6). Concernant Évry, la végétation est présente à 44 % contre seulement 19,7 % pour le collectif peu dense, 14,7 % pour le grand collectif et 9,1 % pour le pavillonnaire (les 12,5 % restants ne sont exclus de la comparaison). Au contraire, à Longjumeau, le quartier pavillonnaire prédomine largement, occupant 67,8 % de la surface. Arrivent loin derrière la végétation (11,1 %), le collectif peu dense (6,2 %) et le grand collectif (1,7 %). Là encore, les 13,2 % restants sont occultés. À Évry, au moins 43,5 % de son territoire peut être considéré comme artificialisé contre plus de 75 % à Longjumeau. La préservation d'espaces verts durant la construction de la ville d'Évry était essentielle tandis qu'à Longjumeau, l'évolution urbaine a suivi un cours plus traditionnel, caractérisé par une course à l'acquisition de maisons individuelles, provoquant un étalement urbain non-contrôlé jusqu'à il y a 15-20 ans. Les terres agricoles et les espaces naturels ont petit à petit disparu au profit de logements individuels (Leveiller et Long, 2013).

Figure 6. Surface (en %) de chaque quartier sur les zones d'étude d'Évry et de Longjumeau (PLAND).



- 24 À propos du nombre de taches (NP), les résultats sont bien différents, car les quartiers dominants en terme de surface (surface de végétation pour Évry et pavillonnaire pour Longjumeau) connaissent le nombre le plus faible de taches (respectivement 4 et 1), ce qui peut amener à penser que ces modes d'occupation du sol sont davantage regroupés spatialement sur la zone d'étude (figure 7). À Évry, le quartier collectif peu dense compte le plus grand nombre de taches (26 contre 19 pour le pavillonnaire et 18 pour le grand collectif), à Longjumeau, ce sont les surfaces de végétation qui sont les plus nombreuses avec 9 taches (5 pour le collectif peu dense et 2 pour le grand collectif). On retrouve ici une mixité des types de logements et constructions sur la zone d'étude d'Évry alors qu'à Longjumeau, chaque espace de la commune est défini par un type de construction, principalement. Seules les zones de végétation apparaissent assez fragmentées, car grignotées par l'habitat pavillonnaire.

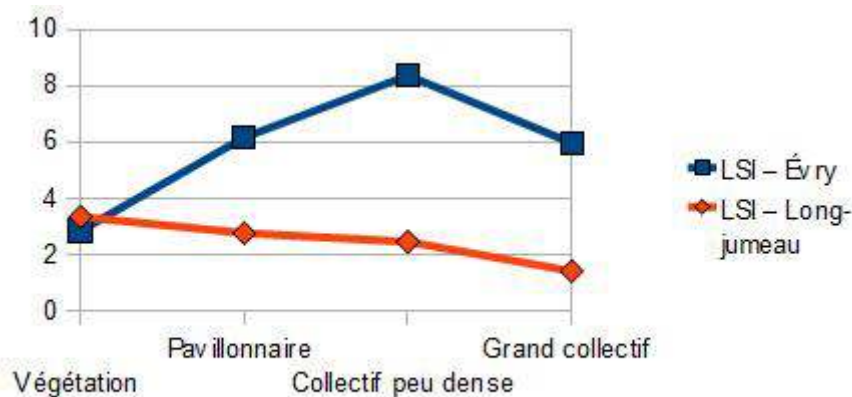
Figure 7. Nombre de taches pour chaque quartier sur les zones d'étude d'Évry et de Longjumeau (NP).



- 25 Pour l'indice de forme du paysage (LSI), les résultats à l'échelle des quartiers confirment ceux obtenus à l'échelle de la zone d'étude dans sa globalité (figure 8). En effet, les quartiers d'Évry sont plus fragmentés comme le montrent les résultats obtenus. Hormis pour la végétation, les valeurs sont supérieures à Évry par rapport à celles de Longjumeau, pour les quartiers pavillonnaires (6,16 contre 2,75), collectifs peu dense (8,36

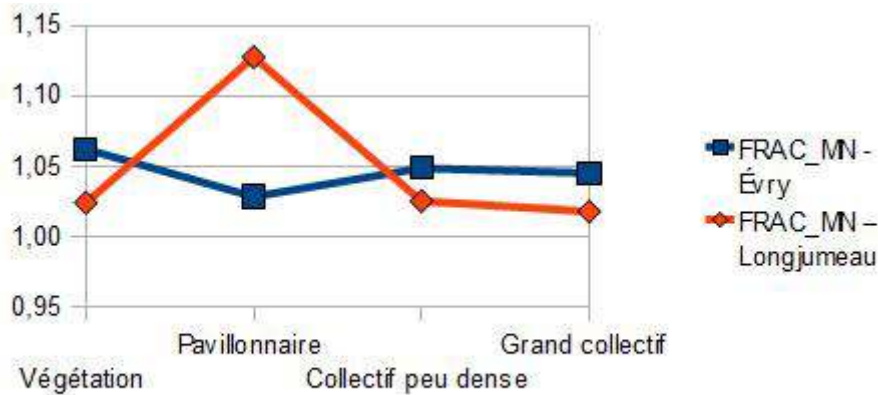
contre 2,44) et grands collectifs (5,96 contre 1,4), alors que la végétation de Longjumeau a un LSI de 3,33 contre 2,83 à Évry. En outre, pour cette dernière, le quartier collectif peu dense semble être le plus fragmenté (devant le pavillonnaire et le grand collectif), alors que dans le cas de Longjumeau, il s'agit de la végétation. Les résultats confirment la fragmentation du paysage urbain à Évry avec une répartition beaucoup plus dispersée de l'habitat collectif peu dense par rapport à l'habitat grand collectif qui semble, lui, concentré sur un espace de la ville. Les rapports entre quartiers ne sont pas tout à fait les mêmes à Longjumeau : le pavillonnaire et le collectif peu dense apparaissent aussi fragmentés l'un que l'autre par rapport au grand collectif. Ce dernier type de quartiers, pour les deux territoires, apparaît le moins fragmenté dans l'espace urbanisé, ce que l'indice de contiguïté viendra confirmer (valeur proche de 0), signifiant un cloisonnement de ce type de quartier.

Figure 8. Indice de forme du paysage pour chaque quartier sur les zones d'étude d'Évry et de Longjumeau (LSI).



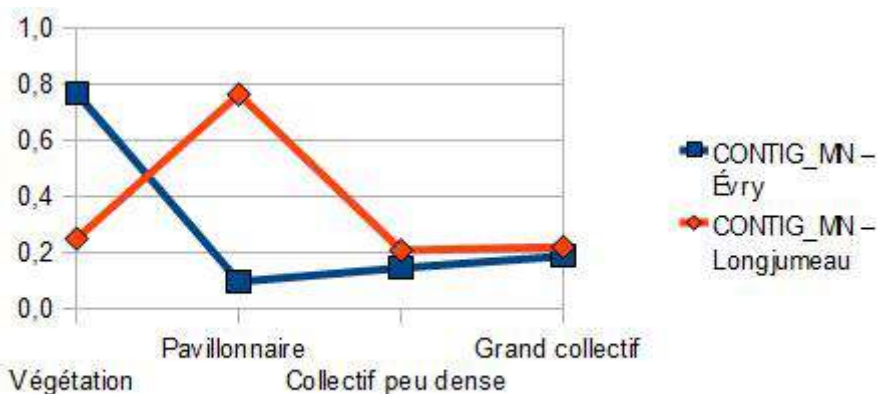
- 26 Du point de vue de la complexité des formes (FRAC), comme pour la zone d'étude dans son ensemble, les valeurs sont très proches de 1, et sensiblement similaires entre Évry et Longjumeau, le paysage de cette dernière étant composé de formes plus simples, par rapport à Évry (figure 9). Rappelons que cet indice varie entre 1 pour une forme simple, et 2, pour une forme irrégulière. FRAC est inférieur à 1,1 sauf pour le quartier pavillonnaire à Longjumeau (1,13). D'une manière générale, pour les autres quartiers, la valeur obtenue est à peine plus élevée sur la zone d'étude d'Évry (1,06 contre 1,02 pour la végétation, 1,05 contre 1,02 pour le collectif peu dense ainsi que pour le grand collectif). Il est ainsi difficile de conclure sur la complexité des formes entre ces deux territoires, seul le pavillonnaire de Longjumeau apparaît comme un quartier avec une forme légèrement plus complexe par rapport aux autres quartiers, certainement du fait d'une enclave de végétation (parcelles agricoles) en son milieu.

Figure 9. Indice de dimension fractale pour chaque quartier sur les zones d'étude d'Évry et de Longjumeau (FRAC).



- 27 L'indice de contiguïté permet de constater de plus grandes différences entre les deux territoires étudiés, mais aussi au sein de ces derniers (figure 10). À Évry, la végétation, qui est la moins fragmentée, est aussi celle qui a les formes les plus connectées (0,77). Au contraire, le pavillonnaire a le résultat le plus bas avec 0,1 (contre respectivement 0,15 et 0,19 pour les quartiers collectif peu dense et grand collectif). Ces quartiers semblent ainsi plus cloisonnés et ne présentent pas de connexions les uns avec les autres. Seule la végétation pourrait être caractérisée par une trame. À Longjumeau, le quartier pavillonnaire est celui qui présente le plus de continuité dans l'espace, avec l'indice le plus élevé de 0,7. Les autres quartiers sont situés autour de 0,2 (0,25 pour la végétation, 0,22 pour le grand collectif et 0,21 pour le collectif peu dense). Ces quartiers ont en outre un niveau de contiguïté plus élevé qu'à Évry ce qui signifie qu'ils ont tendance à être regroupés dans une même partie de la ville.

Figure 10. Indice de contiguïté pour chaque quartier sur les zones d'étude d'Évry et de Longjumeau (CONTIG).

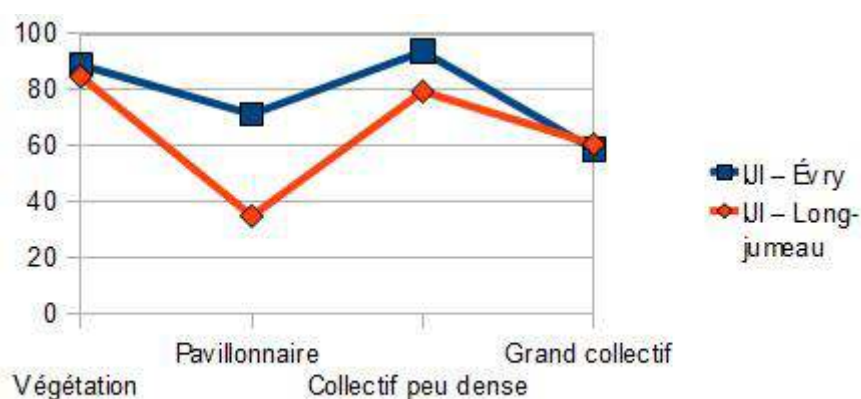


- 28 Enfin, l'indice de juxtaposition connaît lui aussi des résultats relativement hétérogènes (figure 11). À Évry, le quartier collectif peu dense, le plus fragmenté, atteint un taux de 93,8. De façon concomitante, c'est aussi le quartier de Longjumeau le plus fragmenté (végétation) qui connaît le taux le plus élevé avec 84,9. Tous quartiers confondus, et en

comprenant les deux territoires, le pavillonnaire de Longjumeau, caractérisé par une forme très irrégulière, a le taux le plus faible avec une valeur de seulement 35.

- 29 Cette dernière métrique vient appuyer les résultats obtenus précédemment avec à la fois la confirmation de la dispersion de l'habitat collectif peu dense dans le tissu urbain avec un IJI proche de 100 à Évry, ce qui signifie que le contact entre deux quartiers de ce même type est plutôt aléatoire. À l'inverse, pour les quartiers de grand collectif, c'est plutôt une concentration sur un même espace, dans une partie de la ville qui était observée, ce qui se confirme par cet IJI proche des 60. En revanche, l'habitat pavillonnaire présente des indices différents entre les villes d'Évry et de Longjumeau où les quartiers d'habitat pavillonnaire de cette dernière sont plus régulièrement en contact par rapport à ceux d'Évry.

Figure 11. Indice de juxtaposition pour chaque quartier sur les zones d'étude d'Évry et de Longjumeau (IJI).



- 30 Ainsi, les résultats obtenus à l'échelle des quartiers confirment et détaillent ceux entrevus au niveau de la zone d'étude, entre Longjumeau et Évry. En effet, le paysage urbain d'Évry semble davantage fragmenté, en particulier le quartier collectif peu dense. Ses formes sont aussi légèrement plus irrégulières, excepté le pavillonnaire de Longjumeau qui connaît un FRAC plus élevé. On peut tout de même noter les valeurs de l'indice de contiguïté globalement supérieures pour Longjumeau, démontrant une plus grande contiguïté dans ses formes (notamment pour le pavillonnaire), même si les différences restent faibles. Enfin, selon l'indice de juxtaposition, la ville d'Évry présente un mélange spatial plus important des différents quartiers composant son tissu urbain. À l'opposé, la ville de Longjumeau possède un tissu urbain composé de différentes zones caractérisées soit par une activité, soit pour une morphologie et un type d'habitat particulier.

Discussion

Deux types de paysages urbains, traductions des politiques d'aménagement

Deux modèles différents

- 31 L'hypothèse de départ supposant une morphologie et une organisation du paysage urbain différentes, puisqu'issues de deux histoires et politiques d'aménagement différentes, semble ainsi être confirmée. En effet, la construction de la ville d'Évry s'est déroulée sur une quarantaine d'années suivant un schéma de planification élaboré dès le départ, avec une volonté de construire des quartiers spécifiques, caractérisés soit par un mélange des activités ou par leur forme architecturale. Les métriques LSI et CONTIG notamment, ont permis d'évaluer cet amalgame de formes urbaines. La ville de Longjumeau, quant à elle, a connu un développement plus traditionnel, correspondant au processus général d'urbanisation en cours, en France, après la Deuxième Guerre mondiale (Laborde, 1994). Cette ville s'est ainsi plus développée en suivant le modèle proposé par Burgess (École de Chicago) où chaque cercle concentrique autour du centre-ville est défini par une activité bien spécifique (Clerc et Garel, 1998). De grands ensembles ont ainsi vu le jour pendant les années 60-70, construits dans un quartier bien délimité et déconnecté les uns des autres, puis relayés, par la suite, par la construction d'habitats pavillonnaires, favorisant l'étalement urbain sur le territoire communal. La métrique NP rend bien compte de cette organisation du territoire communal avec un nombre de taches par quartier plutôt faible, chaque type de quartier étant localisé sur une partie spécifique du territoire communal.

Entre mixité d'une part et quartiers homogènes d'autre part

- 32 À Évry, les métriques ont révélé une certaine mixité du territoire où chaque espace n'est homogène que sur de petites surfaces (PLAND et NP), où les différents types de quartiers sont dispersés sur la zone d'étude (LSI élevée et CONTIG élevée). Cette structuration spatiale s'explique par l'historique de construction de cette ville nouvelle. En effet, au cours des années 1970, les principaux quartiers dédiés aux logements dans de grands ensembles voient le jour (Parcs au Lièvres et au Champtier du Coq, quartier piéton des Épinettes et commerçant des Aunettes) ainsi que le quartier commercial et culturel avec l'ouverture du centre commercial Évry 2. Le quartier des Pyramides est également construit, avec une spécificité architecturale remarquable : sur un plan approximativement carré, il fut construit autour d'un plan d'eau artificiel cerné par une place, et entouré par le vaste Parc des Loges, avec une terrasse par appartement et des allées piétonnes. Disposant également d'écoles maternelles et élémentaires, d'un collège et de commerces, il devait permettre de renouer avec l'esprit village. Dès la fin des années 1970, une ébauche de centre-ville est également développée ainsi que l'ouverture de passages entre les quartiers pour permettre leur décroisement. Les années 1990 virent la fin de grands travaux avec l'implantation de l'université au cœur de la ville et de la cathédrale.
- 33 Dans cette configuration spatiale, on retrouve la volonté de disperser et de parsemer l'habitat collectif et individuel, et les activités dans le tissu urbain de la ville nouvelle et de mélanger les différents styles architecturaux entre eux.

34 Sur Longjumeau, par contre, les métriques traduisent plutôt une homogénéité et une faible dispersion d'un même type de quartier sur le territoire (NP faible, CONTIG faible). En effet, l'habitat collectif est plutôt regroupé dans deux quartiers, bien distincts l'un de l'autre. De même, l'habitat pavillonnaire reste assez concentré à la périphérie de la ville pour ne former qu'une seule zone assez homogène au sud de la ville, mais provoquant une fragmentation importante des zones de végétation (ici représentées principalement par des parcelles agricoles). Seul, le quartier de type collectif peu dense montre une certaine dispersion spatiale sur la zone d'étude avec des valeurs de NP et LSI plus élevées que pour les autres quartiers. Ce constat est le résultat d'un changement de politique de la part de la commune qui a cherché à limiter l'habitat individuel, et donc l'étalement urbain, par la construction de petits collectifs dans les dents creuses du tissu urbain. Un suivi temporel de l'apparition de ce type de quartier permet de confirmer cette hypothèse (Leveiller et Long, 2013). En effet, dans les années 1980, l'étalement de la commune est notable avec essentiellement du pavillonnaire (entre 1 et 2 km du centre-ville), puis à partir des années 2000, on assiste plutôt à une densification du tissu urbain, à moins d'un kilomètre du centre-bourg avec notamment la construction de nouveaux petits collectifs.

Seules quelques métriques suffisent

- 35 Les métriques spatiales sont couramment utilisées dans le cadre de l'écologie du paysage, pour caractériser la structure du paysage, son fonctionnement, et ainsi mieux l'appréhender (Clergeau et Désiré, 1999). Mais de plus en plus, ces métriques sont appliquées au milieu urbain et permettent de révéler et de quantifier différentes formes de paysage en ville.
- 36 L'ensemble de ces métriques peut apparaître redondant, mais permet dans un premier temps de confirmer les interprétations avancées en fonction des valeurs des différents indices obtenues. En effet, les variations parfois faibles entre les valeurs peuvent nous amener à réfléchir sur leur significativité. Comme le précisent Aguejdad et Hubert-Moy (2016) entre autres, la propagation de l'erreur, de l'analyse de l'image satellite au calcul des métriques ne permet pas toujours d'affirmer la significativité des faibles variations. La convergence des résultats de l'ensemble de ces métriques à un niveau d'analyse donné permet ainsi de confirmer ces analyses. Ainsi, au terme de cette étude, on peut proposer de retenir seulement les métriques PLAND, pour connaître la surface occupée par chaque type de patch (quartier), NP, pour apprécier le nombre d'entités appartenant au même type de quartier, LSI, pour mesurer la fragmentation de la zone d'étude et CONTIG, pour avoir une idée de l'organisation des quartiers les uns par rapport aux autres sur une zone d'étude donnée. À elles seules, ces métriques semblent suffisantes pour caractériser les différents paysages urbains identifiés sur les deux sites choisis. Elles permettent en effet de montrer comment ces deux villes sont caractérisées par des paysages urbains différents, paysages qui sont le résultat de deux processus d'urbanisation différents. Les métriques sont donc des outils adaptés pour décrire concrètement comment se traduit une politique d'aménagement et de planification urbaine sur un espace donné et peuvent être utilisées à différentes échelles géographiques.

Conclusion

- 37 Cette étude permet de montrer comment les métriques spatiales peuvent devenir des outils aidant à la gestion et à la planification urbaine en donnant la possibilité de quantifier des paysages urbains et de retranscrire ainsi différentes politiques d'aménagement en ville. Alors que l'on tend vers le développement durable des villes, que la controverse entre étalement et densification ne semble pas résolue, et enfin que le processus d'urbanisation est toujours d'actualité, il semble actuellement plus que nécessaire d'avoir des méthodes à disposition pour mesurer les effets des différentes politiques urbaines sur les territoires afin de permettre aux acteurs du territoire de réaliser les bons choix, en termes d'aménagement. Si des études ont démontré tout l'intérêt d'utiliser les métriques spatiales pour évaluer les changements d'occupation des sols pour suivre notamment la croissance de villes par le passé, ces aspects dynamiques pourraient également être étudiés à travers différents scénarios d'urbanisation par des modèles prospectifs, alors véritables outils d'aide à la décision.

Remerciements

- 38 Cette étude a été réalisée grâce au soutien de l'Agence Nationale de la Recherche (Référence : ANR-09-VILL-03), dans le cadre du projet Modélisation Urbaine et Stratégies d'Adaptation au Changement climatique pour Anticiper la Demande et la production Énergétique (MUSCADE).

BIBLIOGRAPHIE

Aguejdad, R. et L. Hubert-Moy, 2016, Suivi de l'artificialisation du territoire en milieu urbain par télédétection et à l'aide de métriques paysagères. Application à une agglomération de taille moyenne, Rennes Métropole, *Cybergeo : European Journal of Geography*, Cartographie, Imagerie, SIG, document 766, [En ligne] URL : <http://cybergeo.revues.org/27465> ; DOI : 10.4000/cybergeo.27465, consulté le 19 août 2016.

Aguilera, F., L.M. Valenzuela. et A. Botequilha-Leitão, 2011, Landscape metrics in the analysis of urban land use patterns : A case study in a Spanish metropolitan area, *Landscape and Urban Planning*, 99, pp 226-238.

Aithal, B.H., B. Stturu, S. Durgappa et T.V. Ramachandra, 2012, Effectiveness of landscape spatial metrics with reference to the spatial resolution of remote sensing data, Proceeding of India conference on Geo-spatial Technologies and Applications 2012, ITT Bombay, Mumbai, India, 12-14 April, 2012.

Alberti, M. et P. Waddell, 2000, An integrated urban development and ecological simulation model, *Integrated Assessment*, 1, pp 215-227.

- Baatz, M. et A. Schäpe, 2000, Multiresolution Segmentation : an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation, *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung*, pp. 12-23.
- Bailly, A., 1977, *La perception de l'espace urbain*, Paris, Centre de recherche d'urbanisme, 264 p.
- Cavaillhes, J. et D. Joly, 2006, *Les paysages périurbains et leur prix*, Presses Universitaires de Franche-Comté, Coll. Les Cahiers de la MSH Ledoux.
- Celeux, G., E. Diday, G. Govaert, Y. Lechevallier et H. Ralambondrainy, 1989, *Classification automatique des données*, Paris, Dunod Informatique.
- Chevalier, J., 2007, Défi énergétique et tournant urbanistique. Les initiatives des agglomérations aux États-Unis, *Annales de la Recherche Urbaine*, 103, pp. 189-197.
- Clerc, P. et J. Garel, 1998, La réception du modèle graphique de Burgess dans la géographie française des années cinquante aux années soixante-dix, *Cybergeo : European Journal of Geography*, Epistemology, History, Teaching, document 58, [En ligne] URL : <http://cybergeo.revues.org/5332>, DOI : 10.4000/cybergeo.5332
- Clergeau, P. et G. Désiré, 1999, Biodiversité, paysage et aménagement : du corridor à la zone de connexion biologique', *Mappemonde*, 55, pp. 19-23.
- Congalton, R.G., 1991, A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data, *Remote Sensing Environment*, 37, pp. 35-46.
- Congalton, R.G., R.G. Oderwald et R.A. Mead, 1983, Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 49, 12, pp 1671-1678.
- Constanty, V. et S. Foulard, 2011, Le recul des espaces ruraux se poursuit, malgré la faible construction de logements, *Note rapide l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France*, 537, 6 p.
- Cross, A.M. et D.C. Mason, 1988, Segmentation of remote-sensed images by split-and-merge process, *International Journal of Remote Sensing*, 9, pp. 1329-1345.
- Diday, E., J. Lemaire, J. Pouget et F. Testu, 1982, *Éléments d'analyse de données*, Paris, Dunod-Bordas.
- Geoghegan, J., L. Wainger et N. Bockstael, 1997, Spatial landscape indices in a hedonic framework : an ecological economics analysis using GOS, *Ecological Economics*, 23, pp. 251-264.
- Gustafson E.J., 1998, Quantifying Landscape Spatial Pattern : What Is the State of th Art ?, *Ecosystems*, 1, 2, pp. 143-156.
- Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), 2004, *Les villes nouvelles, atlas statistiques 1968-1999*, pp. 28-36.
- Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), 2011, *Fiche Évolution et structure de la population - Longjumeau (91 345 - Commune)*, [En ligne] URL : http://www.statistiques-locales.insee.fr/FICHES %5CDL %5CDEP %5C91 %5CCOM %5CDL_COM91345.pdf
- Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), 2013, *RP 1968 à 1990 dénombremments, RP 1999 et RP 2010 exploitations principales*.
- Haralick, R. et L. Shapiro, 1985, Survey : image segmentation techniques, *Computer Vision, Graphics, and Image*, 29, pp. 100-132.

- Herold, M., H. Couclelis et K.C. Clarke, 2005, The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change, *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, pp. 369-379.
- Huang, J., X.X. Lu et J.M. Sellers, 2007, A global comparative analysis of urban form : Applying spatial metrics and remote sensing, *Landscape and Urban Planning*, 82, pp. 184-197.
- Jacquin, A., L. Misakova et M. Gay, 2008, A hybrid object-based classification approach for mapping urban sprawl in periurban environment, *Landscape and Urban Planning*, 84, pp. 152-165.
- Kamps, S., 2013, Dual-agent simulation model of the residential development process : an institutional approach to explaining the spatial pattern of residential developments in France, England and Netherlands, Thèse de Géographie, Université de Franche-Comté, [En ligne] URL : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-01005716>
- Laborde, P., 1994, *Les espaces urbains dans le monde*, Nathan Université, Paris, 240p.
- Leveiller, T. et N. Long, 2013, Vers un développement durable de l'aire urbanisée de la région Ile-de-France : une démarche amorcée, *Environnement urbain*, Volume 7, [En ligne] URL : <http://eue.revues.org/329>, 18-37.
- Long, N. et C. Kergomard, 2005, Classification morphologique du tissu urbain pour des applications climatologiques', *Revue Internationale de Géomatique*, 15, pp. 487-512.
- McGarigal, K., S.A. Cushman, M.C. Neel et E. Ene, 2002, FRAGSTATS : *Spatial Patterns Analysis Program for Categorical Maps*, [En ligne] URL : www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html
- Riitters, K.H., R.V. O'Neill, C.T. Hunsaker, J.D. Wickham, D.H. Yankee, S.P. Timmins, K.B. Jones et B.L. Jackson, 1995, A factor analysis of landscape pattern and structure metrics, *Landscape Ecology*, 10, 1, pp. 23-39.
- Rimbert, S., 1973, *Les paysages urbains*, Paris, Ed. Armand Collin, 240 p.
- Skupinski, G., D. BinhTran et C. Weber, 2009, Les images satellites Spot multi-dates et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain – Le cas de la basse vallée de la Bruche (Bas-Rhin, France), *Cybergéographie : European Journal of Geography, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques*, document 439, [En ligne] URL : <http://cybergeo.revues.org/21995>
- Schwarz, N., 2010, Urban form revisited – Selecting indicators for characterizing European cities, *Landscape and Urban Planning*, 96, pp. 29-47.
- Tannier, C., G. Vuidel., P. Frankhauser et H. Houot, 2010, Simulation fractale d'urbanisation : MUP-city, un modèle multi-échelle pour localiser de nouvelles implantations résidentielles, *Revue internationale de géomatique*, 20, 3, pp. 303-329.
- Trimble, 2011, *eCognition Developer 8.64 - User Guide*, Trimble : Munich, Germany, 242 p.
- Tsai, H., 2005, Quantifying urban form : Compactness versus 'sprawl', *Urban Studies*, 42, 1, pp. 141-161
- Wilhauck, G., T. Schneider, R. De Kok et U. Ammer, 2000, Comparison of object-oriented classification techniques images and aerial photos, Proceedings of XIX ISPRS Congress, 16-22 July, Amsterdam, The Netherlands, In ISPRS, 33, pp. 35-42.

NOTES

1. Dans le cas d'un paysage urbain, les objets seront, par exemple, les habitations ou les espaces verts et seront caractérisés pour une surface au sol ou une hauteur.
 2. IGN : Institut de Géographie National
-

RÉSUMÉS

Cette étude s'inscrit dans un projet plus vaste d'analyse d'évolution des modes d'occupation des sols en région Île-de-France. Démontrant une évolution contrastée entre la petite et la grande couronne autour de Paris, la tendance actuelle est au recul des zones rurales au profit des zones urbanisées. Les cinq villes nouvelles (Cergy-Pontoise, Évry, Marne-la-Vallée, Sénart, Saint-Quentin-en-Yvelines), résultat d'une forte planification urbaine menée depuis les années 60, et créées pour rééquilibrer le maillage régional, présentent des profils urbains particuliers et une organisation spatiale de leur territoire différente des autres communes dont le développement a suivi les grandes tendances urbanistiques de l'après-guerre (politique de construction de grands ensembles puis apparition de la maison individuelle en lotissement). Une comparaison entre la ville nouvelle d'Évry et la ville de Longjumeau, située en grande couronne et caractérisée par un grignotage de l'espace rural par l'habitat individuel, est proposée. Cette étude est basée sur le calcul de métriques spatiales qui permettent une caractérisation des paysages urbains (irrégularité, fragmentation, compacité, diversité). Cette analyse révèle des paysages urbains différents, tant au niveau de l'ensemble de la zone d'étude qu'au niveau des quartiers. Les différentes politiques urbaines menées depuis plus de 45 ans se sont en effet traduites par des paysages urbains particuliers. Évry présente un paysage urbain plus fragmenté, complexe et mixte comparé à celui de Longjumeau. Des nuances sont tout de même identifiées, notamment pour le quartier de type pavillonnaire dont la forme est plus irrégulière que celle des quartiers pavillonnaires d'Évry.

This study is included in a larger scientific project to analyse land cover changes in the region Ile-de-France. Proving a contrasting change between inner and outer suburbs, the actual tendency is towards the growth of urban areas to the detriment of rural areas. The five "villes nouvelles" (Cergy-Pontoise, Évry, Marne-la-Vallée, Sénart, Saint-Quentin-en-Yvelines), result of a strong urban policy since the 60's, created to equilibrate the regional development, are characterized by specific urban profiles and spatial organizations, compared to others cities where urban sprawl has followed the main trend of urbanization, after the Second World War (multiple dwellings construction and then individual housing). From an urban planning point of view, a comparison between the new city of Évry and the city of Longjumeau, outer suburb's city, characterized by rural areas disappearance in favour of individual housing, is proposed. This case study is based on computation of spatial metrics allowing a characterization of urban landscapes (irregularity and fragmented shapes, compactness or density of urban areas). This analyse reveals different urban landscapes between these territories, at the town scale and at the district scale. The urban policies, since 45 years, are expressed through specific urban landscapes in new cities. Indeed, Évry presents an urban landscape more fragmented and complex than

Longjumeau, even if some areas are exceptions, like the irregularity of individual housing's area in Longjumeau.

INDEX

Mots-clés : paysage urbain, métrique spatiale, télédétection, SIG, développement durable

Keywords : urban landscape, spatial metrics, remote sensing, GIS, sustainable development

AUTEURS

NATHALIE LONG

UMR LIENSs 7266 - Université de la Rochelle – CNRS, 2, rue Olympe de Gouges 17 000 La Rochelle, France, courriel : nathalie.long@univ-lr.fr

THOMAS LEVEILLER

UMR 7266 LIENSs - Université de La Rochelle – CNRS, 2, rue Olympe de Gouges 17 000 La Rochelle, France, courriel : tlevieiller@gmail.com