



**HAL**  
open science

## **Croissance urbaine et accessibilité: intérêts et limites de l'approche par les densités dans une perspective de modélisation de l'usage du sol**

Patrick Bonnel, Louafi Bouzouina, Guillaume Monchambert

### ► **To cite this version:**

Patrick Bonnel, Louafi Bouzouina, Guillaume Monchambert. Croissance urbaine et accessibilité: intérêts et limites de l'approche par les densités dans une perspective de modélisation de l'usage du sol. *Cybergeo: Revue européenne de géographie / European journal of geography*, 2013, pp.document 642. 10.4000/cybergeo.25892 . hal-01142930

**HAL Id: hal-01142930**

**<https://hal.science/hal-01142930>**

Submitted on 16 Apr 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Cybergeo : European Journal of Geography

Systèmes, Modélisation, Géostatistiques

---

Patrick Bonnel, Louafi Bouzouina et Guillaume Monchambert

## **Croissance urbaine et accessibilité : intérêts et limites de l'approche par les densités dans une perspective de modélisation de l'usage du sol**

---

### **Avertissement**

Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.

Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.

Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

**revues.org**

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

---

### Référence électronique

Patrick Bonnel, Louafi Bouzouina et Guillaume Monchambert, « Croissance urbaine et accessibilité : intérêts et limites de l'approche par les densités dans une perspective de modélisation de l'usage du sol », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 642, mis en ligne le 15 avril 2013, consulté le 15 avril 2013. URL : <http://cybergeo.revues.org/25892> ; DOI : 10.4000/cybergeo.25892

Éditeur : CNRS-UMR Géographie-cités 8504

<http://cybergeo.revues.org>

<http://www.revues.org>

Document accessible en ligne sur :

<http://cybergeo.revues.org/25892>

Document généré automatiquement le 15 avril 2013.

© CNRS-UMR Géographie-cités 8504

Patrick Bonnel, Louafi Bouzouina et Guillaume Monchambert

# Croissance urbaine et accessibilité : intérêts et limites de l'approche par les densités dans une perspective de modélisation de l'usage du sol

## Introduction

- 1 Les politiques de transports dans les villes françaises ont principalement été tournées vers l'offre et insuffisamment vers la demande de déplacements. Face à la périurbanisation, l'émergence de densités périphériques et l'apparition de demandes nouvelles, les villes ont répondu par des investissements en infrastructures de transport, notamment dans le domaine routier, permettant ainsi l'augmentation des vitesses et la réduction des temps de parcours. En rendant possible la généralisation de l'usage de la voiture, ces politiques de transport, qui ont marqué les années 1960-1980, ont eu comme conséquence le renforcement de cette périurbanisation et l'extension de l'aire de fonctionnement des métropoles (Wiel, 2010). On s'est aperçu que l'augmentation de la vitesse moyenne ne diminuait pas les temps de trajet, mais qu'elle permettait aux ménages de s'installer dans des espaces encore plus éloignés du centre. Cette dilatation des espaces-temps assure ainsi une permanence du phénomène de l'étalement urbain et de la densification des espaces périphériques (Crozet et Joly, 2007).
- 2 En dépit des progrès techniques, ce mode de développement tourné vers la seule offre de transport, la vitesse et l'étalement urbain est aujourd'hui remis en cause. Avec le renforcement des contraintes financières, énergétiques et environnementales, nous assistons à l'émergence d'un nouveau paradigme qui met en avant non seulement la demande de mobilité mais aussi son interaction à moyen et long terme avec les densités humaines à travers la localisation résidentielle et la localisation des activités. Le regain d'intérêt pour la démarche prospective et les modèles d'interaction transport-urbanisme, connus dans la littérature anglo-saxonne sous l'appellation modèles LUTI (Land Use and Transport Interaction), découle de la nécessité de comprendre la complexité des dynamiques et des formes de la croissance des villes dans une perspective de planification et de développement urbain durable (Antoni, 2010 ; Wegener, 1994).
- 3 Le projet SIMBAD (SIMuler les MoBilités pour une Agglomération Durable), développé par le LET (Laboratoire d'Économie des Transports), se situe dans cette démarche. Il a pour objectif d'intégrer la thématique de développement durable dans l'évaluation des politiques de transport sur les territoires urbains (Nicolas, 2010). Ainsi, il propose une modélisation du système de déplacements d'une agglomération et de ses interactions avec l'urbanisme pour fournir des indicateurs permettant d'intégrer simultanément les questions environnementales, économiques et sociales dans la réflexion des acteurs de la ville. Dans ce modèle, les interactions microéconomiques entre localisation des ménages, localisation des activités, coût de transport et mobilité des biens et des personnes sont posées. Cependant, à l'échelle méso ou macroéconomique la forme urbaine issue ou en amont de ces interactions n'est pour l'instant pas modélisée et de ce fait est considérée comme étant exogène.
- 4 La forme urbaine est à la fois la conséquence des dynamiques urbaines liées aux choix de localisation des ménages et des établissements par rapport au marché et à l'arbitrage entre le coût immobilier et le coût de transport (Alonso, 1964 ; Anas et al., 1998). Elle est également le résultat des politiques publiques et des macro-agents (Henderson et Mitra, 1996). Elle peut être abordée quantitativement en tant que densité de population et/ou des activités ou qualitativement à travers l'agencement des deux densités en insistant sur la distinction entre les différents usages du sol (Pouyane, 2004). Notre travail aborde la forme urbaine à travers la densité résidentielle de population<sup>1</sup> et vise à tester la capacité du coût de transport, caractérisé selon différentes formes d'accessibilité, à expliquer ces densités. Il s'agit de savoir dans quelle

mesure il serait possible de prendre en compte l'évolution de la densité à partir de la seule accessibilité, ce qui permettrait d'alimenter le modèle de simulation de l'interaction transport-urbanisme.

- 5 L'impact de l'accessibilité sur la densité urbaine trouve son origine dans les modèles théoriques de localisation des ménages de type Alonso-Mills-Muth issus de la nouvelle économie urbaine (Alonso, 1964 ; Mills, 1967 ; Muth, 1969). Avec des hypothèses simplificatrices basées principalement sur l'homogénéité de l'espace résidentiel et le monocentrisme, ces modèles mettent en avant la possibilité d'estimer la densité de population sous forme de cercles concentriques à partir de la distance au centre (CBD) (Anas et al., 1998). Malgré ces hypothèses restrictives, des travaux empiriques ont montré la possibilité d'estimer les densités résidentielles de population et de logements à partir de la seule distance au centre dans plusieurs villes américaines et européennes sous la forme d'une exponentielle négative (Clark, 1951, 1968 ; Mills, 1970 ; Goux, 1981). D'autres travaux visant également à quantifier l'étalement urbain ont exploité le modèle de Bussière simple (1972) pour mettre en avant la dilatation permanente de la densité centrale des villes françaises (Peguy, 2000). Ce modèle de base a été amendé par l'ajout d'une fonction linéaire afin de prendre en compte l'effet des infrastructures de transport, abandonnant ainsi l'hypothèse néoclassique de l'homogénéité de l'espace (Bonnafous et Tabourin, 1998). La distance ne représentant qu'un proxy pour le coût de transport vers le centre, d'autres travaux ont montré l'intérêt d'utiliser le modèle simple avec une distance-temps (Peguy, 2000), d'autant plus que les ménages sont nettement plus sensibles au temps qu'à la distance de déplacement dans leurs choix de localisation (Baudelle et al., 2004). La prise en compte du temps de déplacement permet de relâcher en partie l'hypothèse d'homogénéité de l'espace afin de tenter d'améliorer les estimations du modèle de Bussière. Le relâchement de l'hypothèse de monocentrisme permet de mieux mettre en avant le pouvoir explicatif du coût de transport et de l'accessibilité à l'emploi de la ville par rapport à la densité résidentielle. D'une part, la répartition des emplois et des activités dans la ville influence le choix de localisation des ménages et la distribution des densités intra-urbaines (Schéou, 2007). D'autre part, la baisse du coût de transport a largement contribué à l'éclatement du modèle classique de la ville monocentrique le transformant en structure multipolaire voire polycentrique avec l'émergence de centres secondaires implantés à proximité mais hors des villes-centres (Anas et al., 1998 ; Glaeser et Kahn, 2004). Dès lors, il apparaît important de prendre en compte ces dynamiques intra-urbaines de l'emploi dans l'estimation des densités de population, en mettant en place des mesures plus adaptées de l'accessibilité à l'emploi de l'ensemble de la ville et non seulement la distance ou le temps d'accès aux emplois du centre.
- 6 Le modèle de Bussière est souvent utilisé à l'échelle de l'espace urbain pour mesurer un indicateur global d'étalement et décrire l'évolution de la dilatation de la densité mettant en avant les dynamiques centripètes et centrifuges à l'œuvre (Enault, 2003). Notre finalité étant de faire de la prospective, l'accent sera mis ici sur la capacité de ce modèle à reproduire des densités à l'échelle fine des quartiers en mobilisant des indicateurs d'accessibilité de plus en plus élaborés, ce qui permettra in-fine de tester sa portée localisée. L'objectif de cet article est ainsi de mesurer l'effet de l'accessibilité sur ces densités intra-urbaines de population dans l'aire urbaine de Lyon en 1990, 1999 et 2006 et de définir une loi d'évolution dans le temps des coefficients du modèle.
- 7 Nous estimons tout d'abord les densités des quartiers à partir de la distance au centre avant de relâcher l'hypothèse de l'homogénéité spatiale en utilisant les temps généralisés d'accès au centre à partir de chaque quartier. Ensuite, nous abandonnons l'hypothèse du monocentrisme pour estimer les densités de population à partir de l'accessibilité gravitaire aux emplois de la ville. Cette accessibilité gravitaire prend en compte non seulement les temps généralisés de déplacement mais aussi la répartition des emplois dans l'aire urbaine.

## Méthodologie

- 8 L'estimation des densités en fonction des différents types d'accessibilité repose ici sur le modèle de Bussière (1972) qui, tout comme la loi exponentielle négative de Clark (1951), trouve ses racines dans l'approche néoclassique de la nouvelle économie urbaine. L'espace

est considéré comme étant homogène et chaque point n'est caractérisé qu'en fonction de sa distance au centre où tous les emplois sont concentrés (monocentrisme). Seuls les déplacements domicile-travail sont pris en compte dans l'arbitrage entre le prix du logement et le coût de transport ; ce dernier étant strictement proportionnel à la distance au centre.

9 L'équation choisie pour représenter la densité dans le modèle de Bussière est donc la même que celle définie par Clark (1951) :

$$D(r) = A * e^{-br} \quad (1)$$

10 Le paramètre de distance  $r$  correspond donc ici à une approximation du coût généralisé qui est supporté par les habitants à une distance  $r$  du centre. De là, nous pouvons déduire la fonction de population cumulée, notée  $P(r)$  :

$$P(r) = 2\pi \int_0^r D(r).r. dr \quad (2)$$

11 L'équation représentative de la fonction de population cumulée est donc de la forme suivante :

$$P(r) = \frac{2\pi A}{b^2} * [1 - (1 + br) * e^{-br}] \quad (3)$$

12 Les paramètres  $A$  et  $b$  caractérisent les deux phénomènes de concentration et d'étalement urbain des villes.  $A$  représente la densité de population extrapolée au centre de l'agglomération ( $D(0) = A$ ), et  $b$  est le coefficient de vitesse de décroissance de la population au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre. Plus  $b$  est petit et plus les densités de population seront élevées aux limites de l'agglomération. Le point d'inflexion de la courbe est situé en  $1/b$ . Avant ce point, la vitesse d'augmentation de la population est une fonction croissante de la distance au centre, au-delà elle en est une fonction décroissante. Il permet ainsi d'analyser la dilatation de la zone dense centrale.

13 Malgré ses hypothèses restrictives, le modèle de Bussière montre une forte capacité à reproduire la croissance urbaine de manière concentrique (Une capacité à reproduire la croissance urbaine passée...) sans prendre en compte les hétérogénéités spatiales (... mais une spatialisation limitée). Le relâchement de ces hypothèses d'homogénéité spatiale (Relâchement de l'hypothèse d'homogénéité de l'espace : temps généralisé de déplacement) et du strict monocentrisme (L'abandon du monocentrisme : le passage à l'accessibilité gravitaire) serait-il en mesure d'améliorer sa portée spatiale ?

14 L'analyse est effectuée sur le périmètre de l'aire urbaine de Lyon. Nous privilégions l'échelle la plus fine, celle de l'IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique), dont les données de la population et de l'emploi sont disponibles pour les années 1990, 1999 et 2006 à partir des recensements et des fichiers SIRENE de l'INSEE. D'autres données ont été mobilisées pour calculer les matrices de temps généralisés de transports pendant cette période (Nicolas et al., 2009 ; Cf. Données et calibration du modèle) :

- les enquêtes déplacements (notamment les trois dernières enquêtes ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise (1985, 1995 et 2006) ainsi que les enquêtes cordon) ;
- les comptages routiers pour intégrer les flux de marchandises et ceux non pris en compte par les enquêtes précédentes ;
- la construction des réseaux routiers et de transports collectifs.

### Une capacité à reproduire la croissance urbaine passée...

15 Après avoir effectué un raisonnement en statique, René Bussière entreprend une analyse dynamique afin de mettre en évidence une logique de croissance urbaine. Il introduit donc le temps dans l'équation de population totale cumulée :

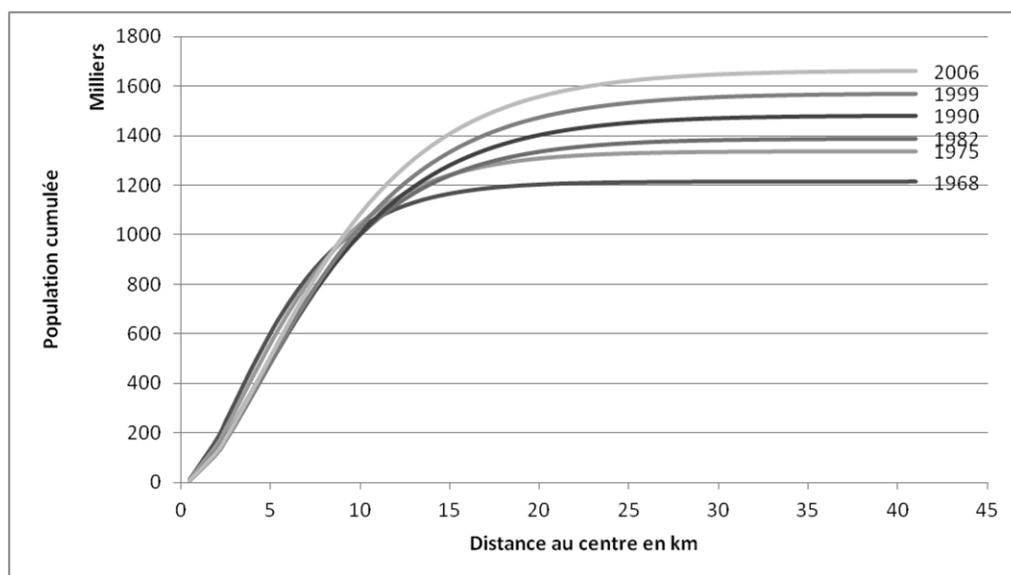
$$P(r; t) = \frac{2\pi A(t)}{b(t)^2} * [1 - (1 + b(t).r) * e^{-b(t).r}] \quad (4)$$

16 Ses travaux et d'autres ont permis d'étudier et de vérifier le phénomène d'étalement urbain des grandes agglomérations de la fin de la Seconde Guerre Mondiale à la fin des années 1980. Nous renvoyons pour cela aux travaux de Mills (1972) ou Stanback (1991) sur les Etats-

Unis, de Campion (1992) pour les pays européens et de Peguy (2002) pour les agglomérations françaises. Nous retrouvons des résultats identiques sur le cas lyonnais (Figure 1), à partir des données de la population à l'échelle communale (1968-2006).

17 Comme nous le montre la grande qualité des  $R^2$ , les estimations sont de bonne qualité : le modèle estimé reproduit fidèlement les données. D'un point de vue général, on observe une augmentation continue de la population totale résidant dans l'Aire Urbaine de Lyon entre 1968 et 2006. Cependant, cette augmentation n'est pas régulière. Les densités de population n'ont pas suivi les mêmes évolutions selon la distance au centre. Ainsi, le niveau de la courbe représentant la population cumulée estimée pour l'année 2006 est inférieur aux niveaux des autres courbes dans un rayon de 7 km qui englobe Lyon, Villeurbanne et les communes adjacentes de la première couronne. Cette baisse de la population entre 1968 et 2006 est en réalité liée à des évolutions hétérogènes et parfois contradictoires entre les différentes périodes mais aussi entre le centre et la première couronne. Malgré la ré-urbanisation et le retour au centre qui caractérisent la période récente, la densité de population dans cette zone centrale est loin d'atteindre son niveau de 1968, du fait de la forte baisse, jusqu'en 1990, du nombre d'habitants des arrondissements les plus centraux et des communes de la banlieue Est dont les quartiers défavorisés ont connus de forts mouvements de fuite et d'évitement entre 1990 et 1999 (Bouzouina, 2008).

**Figure 1 : Populations cumulées estimées par le modèle de Bussière selon la distance au centre sur l'Aire Urbaine de Lyon entre 1968 et 2006 - données RGP à l'échelle communale**



Années	1968	1975	1982	1990	1999	2006
A	21591 [19629 -23552]	17547 [16235 -18860]	14253 [13173 -15332]	12900 [11884 -13917]	12603 [11536 -13671]	13139 [11968 -14309]
b	0,334 [0,319 -0,351]	0,287 [0,275 -0,299]	0,254 [0,243 -0,264]	0,234 [0,224 -0,244]	0,225 [0,214 -0,235]	0,223 [0,212 -0,234]
R <sup>2</sup> ajusté	0,9978	0,9982	0,9979	0,9976	0,997	0,9967

Les chiffres entre crochets représentent l'intervalle de confiance.

Source : données RGP (1968-2006)

18 La diminution du paramètre A, correspondant à la densité extrapolée au centre de l'agglomération, confirme ces tendances. Nous observons une diminution conséquente de A entre 1968 et 1990, qui correspond à une phase de déconcentration. Depuis 1990, les tendances sont moins marquées bien qu'on observe une phase de légère reconcentration. Ce retournement au niveau du centre semble s'inscrire dans une logique de cycle de vie urbain où les forces contradictoires de concentration et de dispersion conduisent à des phases successives d'urbanisation, de suburbanisation, de désurbanisation et de réurbanisation (Klaassen et Van der Meer, 1983 ; Van Den Berg, 1987 ; Cattan et al., 1994 ; Bretagnolle et al., 2002). Cela peut être expliqué également par les mesures mises en place afin de requalifier le centre de

l'agglomération sur le plan de l'urbanisme (construction de la gare de la Part-Dieu et lancement de la Cité Internationale et du Palais des Congrès sous les mandats de Francisque Collomb (1976-1989), réhabilitation de la halle Tony Garnier au début des années 1990 sous l'impulsion du maire Michel Noir...), et d'augmenter l'accessibilité depuis et en direction du centre avec la mise en place d'un réseau dense de transports en commun (construction des 4 lignes de métro entre 1978 et 1991 et de 3 lignes de tramway entre 2001 et 2006).

19 La diminution du paramètre  $b$  signifie que l'agglomération gagne en population sur ses limites extérieures, et que de ce fait la densité résidentielle décroît moins rapidement que par le passé tout au long du rayon de la ville. Le paramètre  $b$  diminue entre 1968 et 2006 mais cette diminution a beaucoup ralenti depuis 1990. La distance à partir de laquelle la densité commence à fléchir est passée de 3 à 4,5 kilomètres du centre entre 1968 et 2006. Il y a donc bien eu un phénomène d'étalement urbain sur l'aire urbaine de Lyon pendant cette période à travers la dilatation de la zone dense centrale, puis cet étalement a ralenti.

20 Si la performance analytique du modèle ne se dément pas sur longue période, la possibilité de modéliser l'évolution des paramètres  $A$  et  $b$  dans le temps reste à démontrer. Les dynamiques urbaines et les mouvements contradictoires de concentration et d'étalement urbain semblent complexes, ce qui rend cet exercice difficile, notamment sur une courte période. En effet, l'application à l'IRIS restreint l'étendue temporelle de l'analyse car les données ne sont disponibles que pour les années 1990, 1999 et 2006.

### ...mais une spatialisation limitée

21 L'aire urbaine de Lyon compte environ 1,7 millions d'habitants en 2006 selon l'ancien découpage de l'INSEE de 1999. Malgré une densité moyenne de 530 habitants par kilomètre carré, cette population est répartie de manière hétérogène entre les 296 communes et 777 IRIS suivant une structure largement monocentrique. A l'exception de certains IRIS dédiés principalement à l'activité ou au loisir, la densité de population est nettement plus élevée dans le centre de Lyon et Villeurbanne où elle dépasse les 30 000 hab/km<sup>2</sup> dans 20 IRIS. Elle est également importante en première couronne, notamment dans les quartiers des grands ensembles où elle atteint 20 000 hab/km<sup>2</sup>, mais aussi dans certains pôles périphériques où elle dépasse 3 000 hab/km<sup>2</sup>. Dans certaines communes de l'Ain situées au nord-est de l'aire urbaine, elle est en revanche très faible avec à peine 20 hab/km<sup>2</sup> (Figure 2).

22 L'objectif est de tenter de reproduire ces densités locales pour chacune des trois années, puis de reproduire les variations dans le temps à partir du coût de transport pour accéder à l'emploi. Nous présentons d'abord les densités estimées à partir de la simple distance à vol d'oiseau en soulignant son insuffisance avant de montrer la nécessité d'améliorer la mesure en testant les temps généralisés (Relâchement de l'hypothèse d'homogénéité de l'espace : temps généralisé de déplacement) et l'accessibilité gravitaire (L'abandon du monocentrisme : le passage à l'accessibilité gravitaire) à l'emploi de l'aire urbaine.

23 L'estimation des densités de population à l'échelle fine de l'IRIS confirme la tendance de redensification du centre entre 1999 et 2006 (Figure 3). Elle montre également le rôle de la distance au centre dans l'explication des densités intra-urbaines pour les trois années et par conséquent la dominance de la structure monocentrique de l'aire urbaine. Malgré leur bonne qualité au regard des R<sup>2</sup> élevés, ces estimations à partir de la seule distance au centre dans le modèle de Bussière montrent tout de même leurs limites. La comparaison de la densité observée et estimée pour l'année 2006 (Figures 2 et 4) montre des hétérogénéités spatiales au sein de chacune des couronnes.

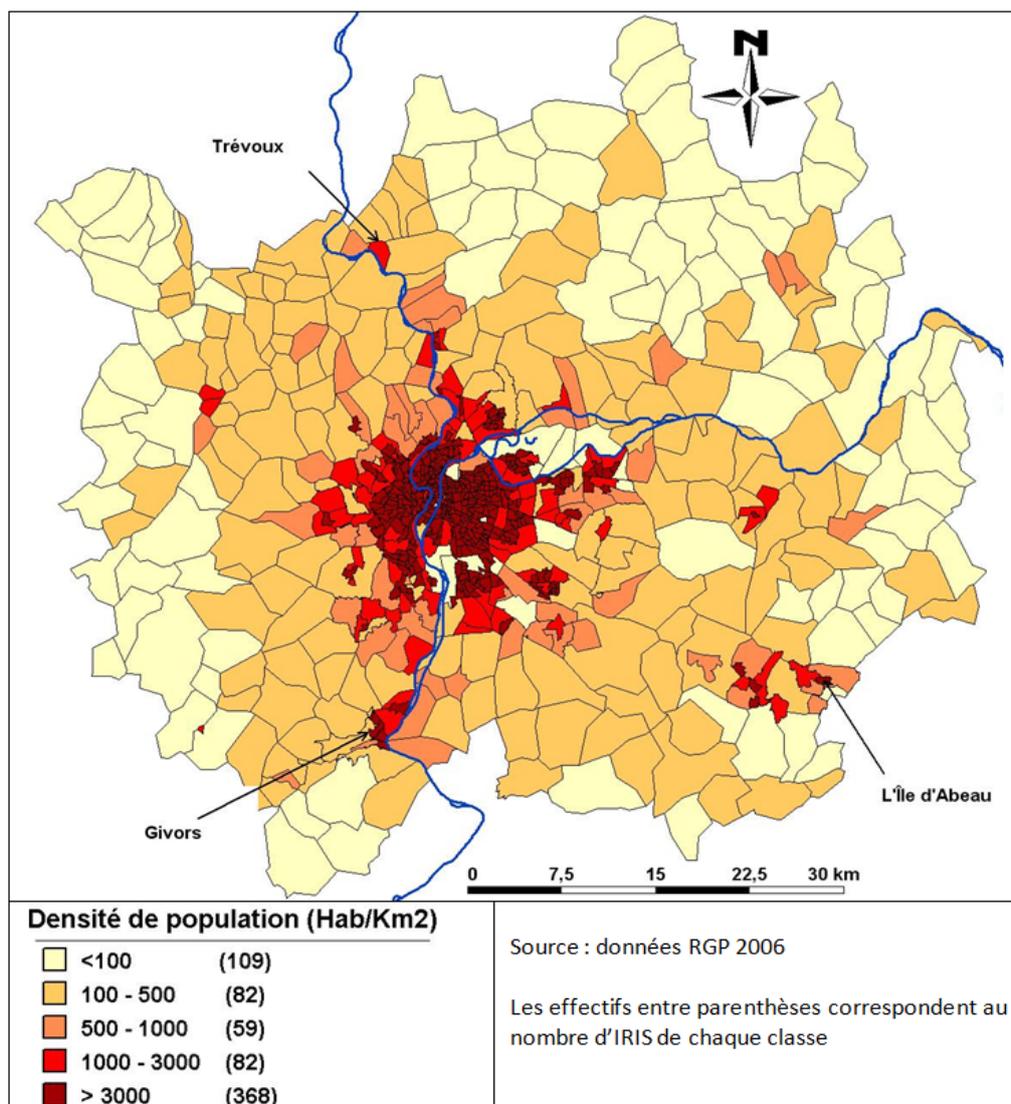
Figure 2 : Densité de population par IRIS observée sur l'aire urbaine de Lyon en 2006<sup>2</sup>

Figure 3 : Estimation de la densité de population de l'IRIS à partir de la distance au centre de l'aire urbaine de Lyon en 1990, 1999 et 2006

Années	1990	1999	2006
A	16033 [15717 - 16349]	16494 [16115 - 16874]	17568 [17139 - 17997]
b	0,266 [0,263 - 0,269]	0,263 [0,260 - 0,267]	0,265 [0,261 - 0,268]
R <sup>2</sup> ajusté	0,9964	0,9951	0,9945

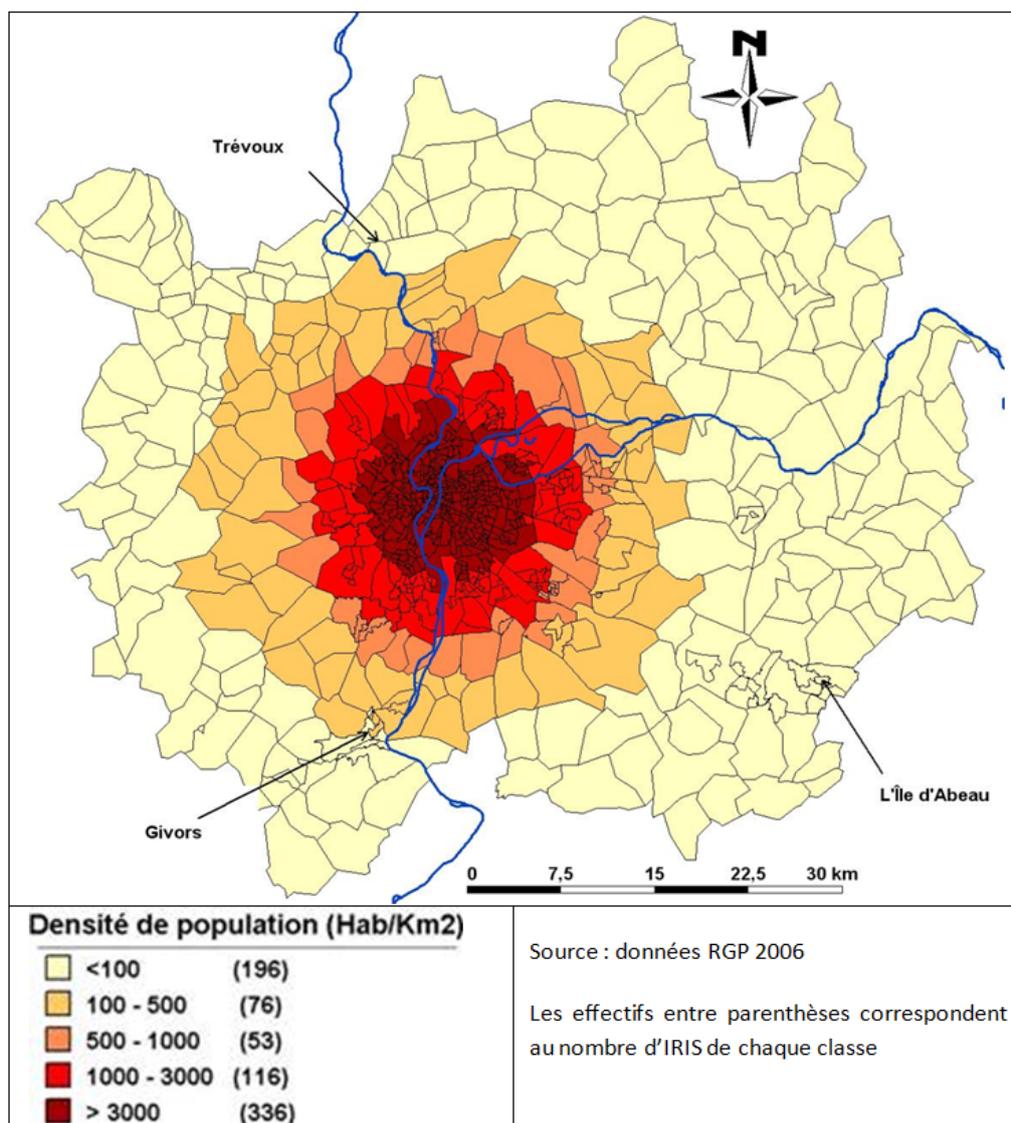
Les chiffres entre crochets représentent l'intervalle de confiance.

Source : données RGP (2006)

24 Au-delà de cette logique concentrique dans la répartition des densités, il existe également une logique sectorielle radiale. Ainsi, nous pouvons distinguer deux bandes radiales partant du centre et orientées l'une vers le sud-ouest et l'autre vers le sud-est. Ces densités élevées correspondent respectivement aux villes de Givors et de L'Isle d'Abeau. Le modèle de Bussière ne reproduit pas ces densités car il considère que le temps généralisé d'accès à l'emploi est fonction de la seule distance au centre selon une logique purement monocentrique.

Or, ces deux zones sont situées sur des axes autoroutiers, A7 et A48, qui améliorent fortement leur accessibilité, d'une part, et elles ont fait l'objet de politiques volontaristes à travers le projet de ville nouvelle à l'Isle d'Abeau et la construction importante de logements sociaux à Givors, d'autre part. Le relâchement des hypothèses simplificatrices devrait permettre une meilleure reproduction des densités résidentielles, si le coût de transport est déterminant par rapport au rôle des macro-agents et des politiques de logement.

**Figure 4 : Densité de population par IRIS estimée à partir de la distance au centre sur l'aire urbaine de Lyon en 2006**



### Relâchement de l'hypothèse d'homogénéité de l'espace : temps généralisé de déplacement

- 25 La distance au centre constitue la variable d'origine du modèle tel que René Bussière l'a formulé en 1972. Dans la mesure où seuls les déplacements domicile travail sont pris en compte et que tous les emplois sont au centre, les ménages choisissent leur lieu de localisation en fonction de la distance qui les sépare du centre. Cette distance  $r$  au centre représente le coût de transport supporté pour se rendre sur son lieu de travail.
- 26 La modélisation transport (Bonnell, 2004 ; Ortuzar et Willumsen, 2001) nous enseigne depuis longtemps que le temps généralisé de déplacement est une mesure beaucoup plus adaptée que la distance afin de prendre en compte d'une part la performance des réseaux de transport et d'autre part la perception que les individus en ont. Cette analyse n'a pas été conduite dans le passé car elle nécessite de disposer des temps généralisés à chacune des dates de recensement.

Nous présentons dans la section suivante la construction de cette donnée qui a été faite dans le cadre du projet SIMBAD (Nicolas et al., 2009 ; Godinot et Bonnel, 2008).

27 Les équations de densité et de population cumulée deviennent :

$$P(TT) = 2\pi \int_0^{TT} D(r) \cdot TT \cdot dTT \quad (5)$$

$$P(TT) = \frac{2\pi A}{b^2} * [1 - (1 + b \cdot TT) * e^{-b \cdot TT}] \quad (6)$$

28 Avec  $TT$  le temps de transport généralisé pour se rendre au centre de l'agglomération.

29 L'interprétation de l'évolution des choix de localisation sera plus ardue. En effet, l'utilisation des temps de trajets généralisés permet aux zones étudiées d'être mobiles dans l'espace-temps défini. Ainsi, un IRIS situé à 25 minutes du centre en 1990 peut très bien être situé à 15 minutes du centre en 2006 suite à la construction d'une nouvelle infrastructure, alors qu'un autre pourra se trouver éloigné du fait d'une croissance de la congestion. Dès lors, il faudra bien identifier l'effet temps dans les mobilités des ménages lors de l'interprétation des coefficients.

### L'abandon du monocentrisme : le passage à l'accessibilité gravitaire

30 L'utilisation des temps de trajet permet de relâcher l'hypothèse contraignante d'homogénéité de l'espace, mais l'hypothèse de monocentrisme avec l'ensemble des emplois localisés au centre de l'agglomération est, elle aussi, problématique d'autant plus que la donnée sur leur localisation réelle est disponible.

31 L'utilisation de l'accessibilité gravitaire (Hansen, 1951) comme indicateur de distance aux emplois apparaît comme un moyen de relâcher cette hypothèse restrictive. La mesure gravitaire établit une relation entre l'utilité d'une destination, ici le nombre d'emplois à destination, et le temps généralisé de déplacement. Cette mesure peut être exprimée de la manière suivante :

$$W_i = \sum_j O_j * f(T_{ij}) \quad (7)$$

32 où  $W_i$  est l'accessibilité de la zone  $i$  aux activités potentielles des zones  $j$ ,  $O_j$  représente les opportunités dans la zone  $j$ ,  $f$  est la fonction de résistance et  $T_{ij}$  la fonction de temps généralisé de transport pour se déplacer entre  $i$  et  $j$ . Le temps généralisé associé au déplacement entre un point d'origine et une destination influe sur l'attractivité de l'opportunité. Plus une opportunité est éloignée de la zone d'origine, moins son niveau d'accessibilité est élevé. L'accessibilité gravitaire permet de tenir compte de la performance du système de transport, en ce sens qu'un grand nombre d'opportunités augmente les chances de trouver la destination convoitée et que plus une opportunité est éloignée, moins elle est convoitée (Koenig, 1980).

33 La fonction de résistance prend souvent une forme exponentielle (Bonnel, 2004 ; Ortuzar et Willumsen, 2001) :

$$W_i = \sum_j O_j * e^{\beta * T_{ij}} \quad (8)$$

34 avec  $O_j$  le nombre d'emplois dans l'IRIS  $j$  et  $T_{ij}$  le temps généralisé de transport pour aller de la zone  $i$  à la zone  $j$ , composé de la somme du temps de trajet VP (voiture particulière) et de la distance parcourue multipliée par le prix du carburant et divisée par la valeur du temps. Nous fixons  $\beta = -0.2$ , ce qui correspond à une valeur moyenne de différents calages sur l'Aire Urbaine de Lyon (Nicolas et al., 2009).

35 Dans ce modèle, la variable  $W_i$  représente assez simplement l'ensemble des emplois de l'aire urbaine pondérés par un temps généralisé de transport depuis la zone de départ  $i$  qui rend les emplois plus proches plus « utiles » que ceux qui sont plus éloignés du fait de l'exponentielle négative.

36 Notre modèle de Bussière revisité admet donc la fonction de densité de population d'un IRIS dont l'accessibilité est à un niveau  $W$  :

$$D(W) = A * e^{-bW} \quad (9)$$

ce qui nous donne la fonction de population cumulée suivante :

$$P(W) = \frac{2\pi A}{b^2} * [1 - (1 + b \cdot W) * e^{-bWT}] \quad (10)$$

37 L'interprétation des coefficients nécessite ici encore une attention particulière. En effet, la valeur de  $A$  ne représentera pas la densité de population au centre de la ville, mais celle pour les espaces où l'accessibilité gravitaire sera la plus élevée relativement aux mesures gravitaires des autres espaces. Ainsi, les résultats sont plus délicats à interpréter parce qu'ils montrent une mesure d'accessibilité qui intègre de manière simultanée plusieurs dimensions qui peuvent évoluer dans des sens différents dans le temps. D'une part, les temps généralisés, comme on l'a mentionné dans la section précédente, peuvent conduire à une « mobilité » des zones. D'autre part, la localisation des emplois peut suivre des logiques pour partie étrangères aux contraintes de temps généralisés. Les niveaux absolus d'accessibilité ont donc peu de sens en eux-mêmes, mais peuvent être analysés en relatif et surtout en évolution relative.

## Données et calibration du modèle

38 Le modèle de Bussière dans sa forme initiale requiert des données qui sont facilement accessibles puisqu'il nécessite deux types de données : la distance au centre de chacune des zones et le nombre d'habitants par zone. La distance au centre a été obtenue assez facilement en utilisant un logiciel de SIG (Systèmes d'Information Géographique) capable de donner les distances à vol d'oiseau de centroïde de zone à centroïde de zone. Le nombre d'habitants par IRIS est lui fourni par les Recensements Généraux de Population (INSEE). En revanche, le relâchement des hypothèses restrictives du modèle classique de l'économie urbaine requiert une production de données spécifiques et lourdes, ce qui explique l'originalité des résultats de cet article.

39 Le passage des distances euclidiennes aux temps généralisés nécessite la disponibilité d'un modèle d'affectation transport. S'il est généralement possible de trouver une matrice de temps généralisé en sollicitant les organismes en charge de la modélisation dans les agglomérations, il devient beaucoup plus difficile d'obtenir les matrices correspondantes à chacune des dates de recensement car les réseaux ne sont pas toujours conservés d'une part et d'autre part, les principes de codification peuvent évoluer dans le temps en fonction des besoins d'études de ces organismes. Cette recherche a pu être réalisée grâce aux travaux conduits dans le cadre du projet SIMBAD. Afin de pouvoir caler la dynamique des systèmes de transport et de localisation (Bonnafous et Puel, 1983) et de leur interaction sur les 20 dernières années, il était nécessaire de modéliser les réseaux de transport de manière cohérente et consistante aux différentes dates pour lesquelles nous disposons de données de demande. Ce lourd travail permet de disposer de matrices de temps généralisé correspondant à chacune des dates de recensement de 1990, 1999 et 2006 sur le découpage fin en IRIS de l'aire urbaine lyonnaise (Bonnal et Godinot, 2008 ; Cabrera, 2008 ; Cabrera et Bonnal, 2012).

40 Les données utilisées pour estimer les emplois par IRIS proviennent des fichiers SIRENE de 1990, 1999 et 2006. Ces fichiers fournissent pour chaque établissement le nombre d'emplois par classe, le secteur d'activité, le type du local ainsi que son adresse. Ces données ont été traitées dans le cadre du développement du modèle FRETURB (Gérardin et al., 2000).

41 La mesure de l'accessibilité gravitaire nous donne des valeurs allant de moins de 30 000 pour les IRIS ayant le moins d'accessibilité à quasiment 400 000 pour les IRIS du centre de l'Aire Urbaine. Nous avons dû retravailler ces valeurs pour arriver à produire un résultat cohérent dans le cadre du modèle de Bussière (Monchambert, 2011). Pour cela, nous avons divisé ces valeurs par 10 000 afin de les ramener à une échelle de 1 à 40, puis nous avons remplacé chaque valeur par son complément à la valeur de l'accessibilité maximale afin de placer les IRIS ayant la plus forte accessibilité le plus proche du centre. Illustrons cette démarche avec un exemple fictif :

- nous sommes en présence des deux IRIS situés aux extrema de la répartition des IRIS en fonction de l'accessibilité gravitaire : le premier ( $I_1$ ) a un niveau d'accessibilité gravitaire égal à 334 000, le second ( $I_2$ ) égal à 60 000.
- *étape 1* : on ramène l'ensemble sur une échelle cohérente avec le modèle en divisant par 10 000 :

$$I'_1 = \frac{334000}{10000} = 33,4$$

et

$$I'_2 = \frac{60000}{10000} = 6$$

- *étape 2* : on calcule pour chaque IRIS le complément à la valeur de l'accessibilité gravitaire de l'IRIS le plus accessible :  $I''_1 = 33,4 - 33,4 = 0$  et  $I''_2 = 33,4 - 6 = 27,4$

## Résultats

42 L'estimation des coefficients traduisant la relation entre la densité de population de l'IRIS, considérée comme variable dépendante, avec le temps généralisé d'accès au centre (Utilisation d'une distance temps généralisé) ou l'accessibilité gravitaire à l'ensemble de l'emploi (L'accessibilité gravitaire) est effectuée pour les années 1990, 1999 et 2006. Nous présentons les résultats des estimations avec les intervalles de confiance pour permettre d'analyser la significativité des évolutions. Même si nous ne disposons que de 3 observations, nous tenterons d'analyser la possibilité de modéliser ces évolutions afin de tester la potentialité du modèle de Bussière tel que nous l'avons amendé pour simuler la croissance urbaine de l'agglomération lyonnaise. Dans un second temps, nous analysons les résultats des densités estimées en les comparant aux densités observées.

### Utilisation d'une distance temps généralisé

43 L'estimation des densités de population des IRIS à partir des temps généralisés (Figure 5) donne de meilleurs résultats que celle effectuée à partir des distances à vol d'oiseau (Figure 3) vu les  $R^2$  des trois modèles qui sont légèrement plus élevés.

**Figure 5 : Populations cumulées estimées à l'IRIS selon le temps généralisé de trajet VP au centre de l'aire urbaine de Lyon en 1990, 1999 et 2006**

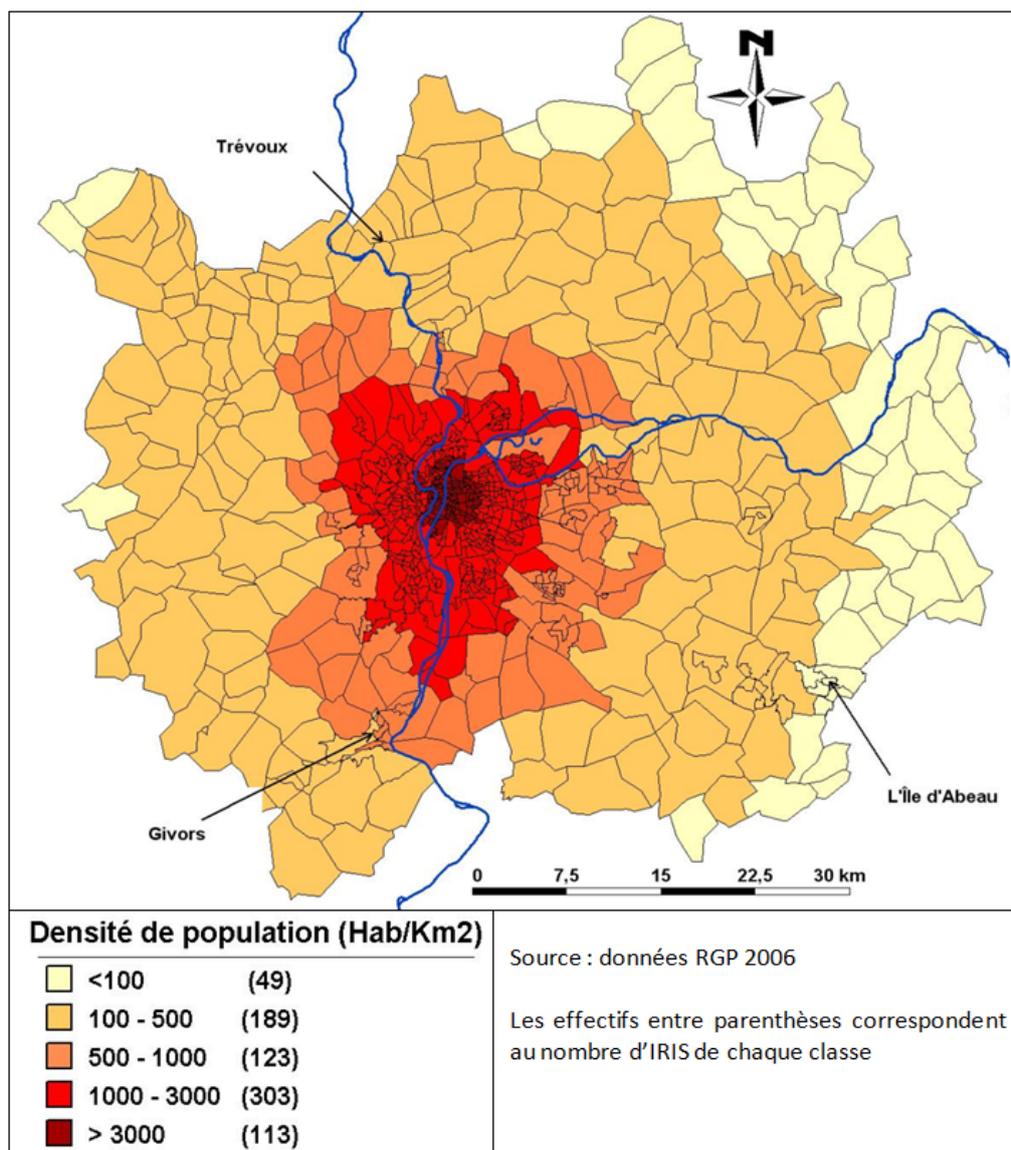
Années	1990	1999	2006
A	5568 [5507 - 5630]	5279 [5229 - 5330]	6585 [6546 - 6624]
b	0,144 [0,143 - 0,145]	0,135 [0,135 - 0,136]	0,150 [0,150 - 0,151]
R <sup>2</sup> ajusté	0,9987	0,9990	0,9996

Source : données RGP (1990-2006) et SIMBAD ; Les chiffres entre crochets représentent l'intervalle de confiance.

44 L'analyse de l'évolution de  $A(t)$  nous montre qu'il y a une redensification du centre de l'agglomération entre 1990 et 2006, mais que cette évolution s'est faite en deux phases bien distinctes (Figure 5). De même,  $b(t)$  ne suit pas une évolution continue, puisque qu'il diminue entre 1990 et 1999, puis augmente de manière importante entre 1999 et 2006 confirmant ainsi les tendances de redensification du périmètre-temps le plus dense et le retour au centre constatés précédemment. La présence de ces deux phases ne nous permet pas de dégager une tendance linéaire dans l'évolution des coefficients, ce qui rend la simulation difficile.

45 La croissance continue de la population pendant cette période récente touche particulièrement les IRIS situés à plus d'une demi-heure de transport du centre. L'interprétation n'est pas aisée, car il faut distinguer l'effet temps, les IRIS pouvant se rapprocher ou s'éloigner du centre, de l'effet démographique. L'augmentation observée est due à la périurbanisation, mais il est aussi possible que l'amélioration ou la création de certaines infrastructures ait rapproché certains IRIS du centre en termes de temps de trajet, ce qui bien sûr augmente la densité de population à un temps de trajet donné du centre. En revanche, entre 1999 et 2006, l'augmentation de la population est visible à partir de 10 minutes de trajet du centre, et nous remarquons que l'écart entre les deux courbes diminue après 50 minutes. Nous ne pouvons pas considérer que cela est entièrement dû à un repositionnement des IRIS dans l'espace-temps puisque nous n'avons pas observé une amélioration aussi significative des infrastructures sur cette période.

**Figure 6 : Densité de population estimée par le modèle de Bussière avec l'utilisation du temps généralisé de trajet VP au centre sur l'Aire Urbaine de Lyon en 2006**



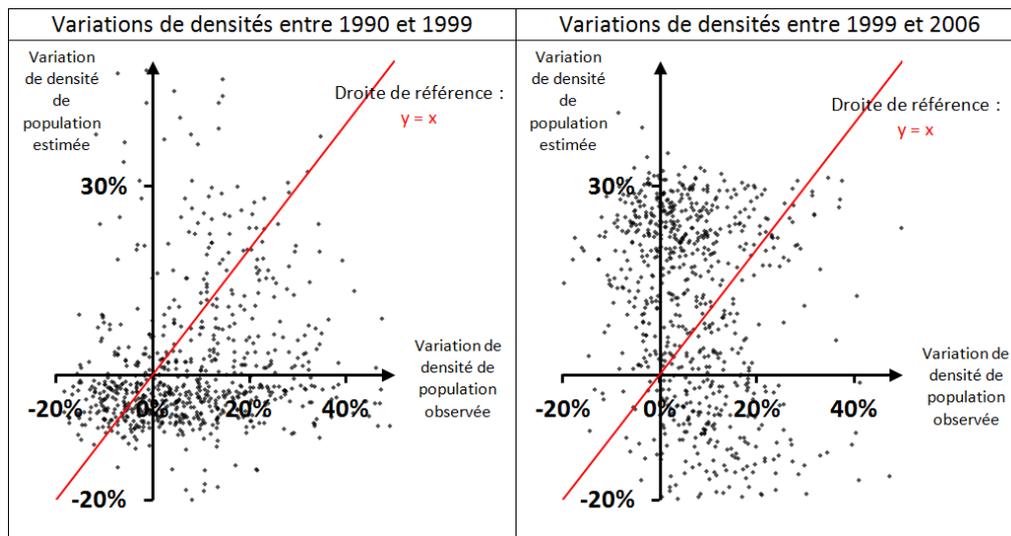
46 La répartition des densités de population estimée à partir des temps généralisés de transport illustre bien les deux logiques concentrique et radiale (Figure 6) et semble plus proche de la répartition réelle des densités dans l'aire urbaine sur l'année 2006 (Figure 2). Contrairement aux résultats issus de la distance à vol d'oiseau, les densités suivant l'axe nord-sud (A6 – A7) ainsi que les densités périphériques sont mieux représentées. Malgré son intérêt et sa vraie valeur ajoutée par rapport à la distance au centre, la prise en compte du temps de transport est loin de permettre une reproduction des densités réelles pour chacune des trois années du fait probablement de la dominance de la logique monocentrique inhérente à l'hypothèse de départ liée à la concentration des emplois au centre de l'aire urbaine.

47 Bien que ces résultats montrent une portée intéressante mais encore limitée quant à la reproduction des densités de population à une échelle très fine et à une date donnée, l'objectif principal reste celui de tester la capacité du modèle à reproduire les variations dans le temps de ces densités à la même échelle.

48 L'analyse de la figure 7 montre que la majorité des points est située dans les quarts haut-droite et bas-gauche du graphique. Dans ces parties du graphique, le modèle reproduit les bons sens de variation de densité de population. Cependant, de nombreux points sont assez éloignés de la bissectrice, qui correspond à une égalité des variations de densité observées et simulées, ce qui remet en cause la qualité du modèle. Les variations de densité estimées entre 1990 et 1999 sont beaucoup plus souvent négatives que celles estimées entre 1999 et 2006. C'est pour

la première période que nous reproduisons le mieux les variations de densités de population. Notre modèle restitue donc très grossièrement ces évolutions. Mais la qualité de restitution nous empêche de le considérer en l'état comme un outil de prospective localisée fiable.

**Figure 7 : Variations de densités de population observées et estimées par le modèle de Bussière avec l'utilisation du temps généralisé de trajet VP au centre**



49 L'utilisation des temps généralisés en lieu et place de la distance au centre améliore le modèle car cela nous permet de relâcher une hypothèse contraignante. Cependant, si les résultats obtenus permettent d'apprécier l'évolution de la ville, ils ne permettent pas en l'état une approche prospective localisée. C'est pourquoi nous allons relâcher l'hypothèse de monocentrisme des emplois en utilisant une mesure de l'accessibilité gravitaire.

### L'accessibilité gravitaire

50 Le relâchement de l'hypothèse du monocentrisme à travers l'utilisation de l'accessibilité gravitaire va permettre de tester la capacité réelle du coût de transport, traduit ici en termes d'accessibilité à l'emploi, à expliquer le niveau de densité de population en statique mais aussi en dynamique. A travers les résultats (Figure 8), nous analysons d'abord l'évolution des paramètres sur les trois années avant de juger de leur pertinence en termes de prospective par rapport aux résultats précédents.

51 D'un point de vue analytique, nous constatons principalement une baisse des coefficients b sur l'ensemble de la période. L'analyse doit cependant être conduite avec prudence car seul le coefficient b de 2006 est significativement différent des deux autres. Si cette baisse est synonyme d'étalement urbain à travers la dilatation de la zone dense centrale ou du périmètre-temps dense central, son interprétation doit être menée ici avec beaucoup de soin du fait de la double composante de l'accessibilité gravitaire aux emplois, à savoir la répartition des emplois dans l'aire urbaine et les temps de trajets entre chaque IRIS. Globalement, cette baisse signifie une diminution de l'écart relatif de niveau d'accessibilité gravitaire entre les zones les plus centrales de l'aire urbaine et les zones situées en périphérie proche. En effet, dans un contexte d'amélioration d'accessibilité gravitaire dans l'ensemble de l'aire urbaine, ce sont les IRIS du centre et de la première couronne qui en bénéficient le plus, du fait du retour au centre d'une partie des emplois pendant la période la plus récente et la relative stabilité de la congestion. La mise en place du périphérique Nord en 1997 a permis par exemple de lier les quartiers de la couronne Est à ceux de la couronne Ouest et de diminuer la congestion, améliorant ainsi les temps généralisés (Deymier, 2002). Mais on observe également la déconcentration de l'emploi qui a permis d'augmenter le niveau d'accessibilité notamment en périphérie Est, car l'évolution de la congestion est fortement défavorable aux IRIS les plus éloignés du centre et des pôles d'emplois.

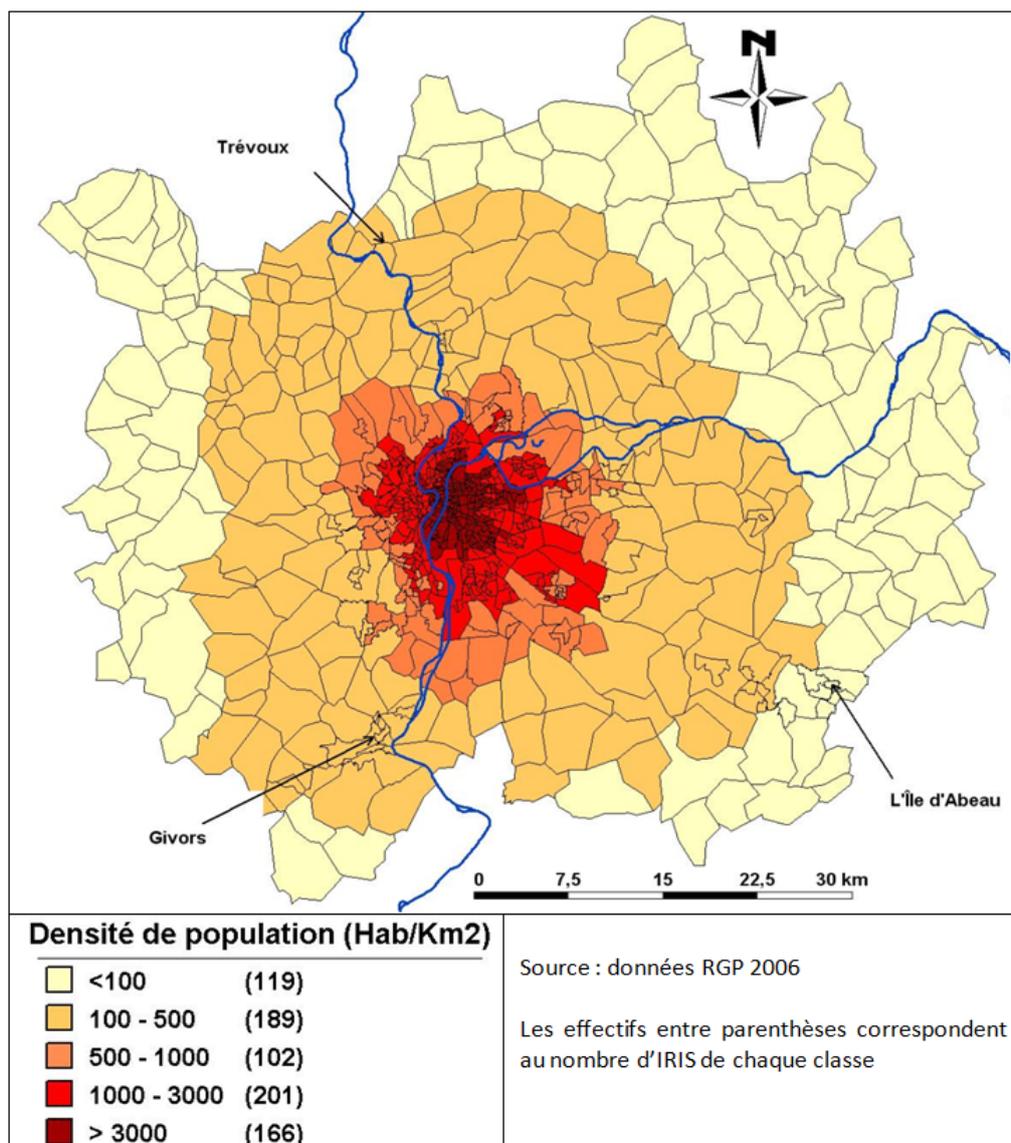
**Figure 8 : Populations cumulées estimées par le modèle de Bussière avec l'utilisation du niveau d'accessibilité gravitaire aux emplois sur l'aire urbaine de Lyon en 1990, 1999 et 2006**

Années	1990	1999	2006
A	6805 [6685 - 6926]	6813 [6676 - 6951]	6647 [6504 - 6790]
b	0,165 [0,163 - 0,167]	0,162 [0,160 - 0,164]	0,156 [0,154 - 0,158]
R <sup>2</sup> ajusté	0,9975	0,9966	0,9961

Source : données RGP (1990-2006) et SIMBAD ; Les chiffres entre crochets représentent l'intervalle de confiance.

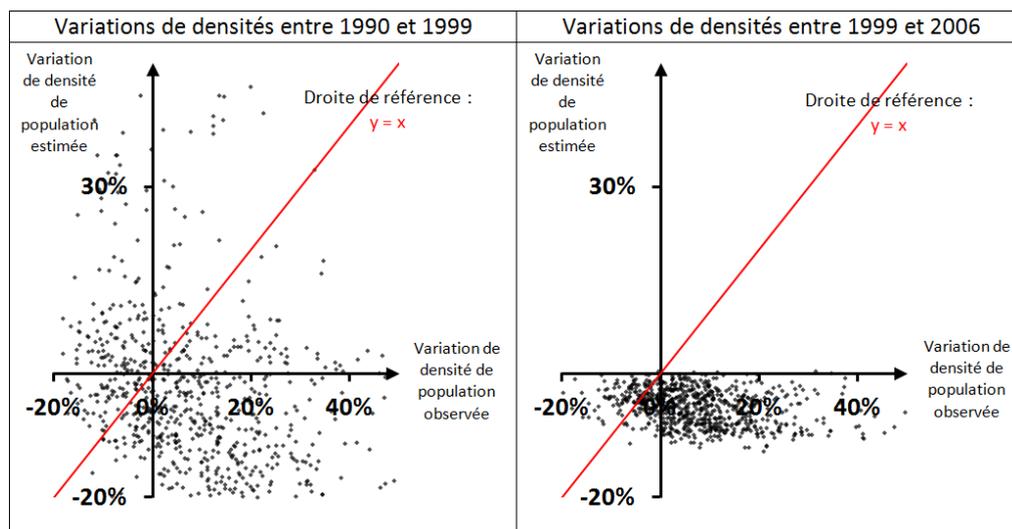
- 52 Il y a bien reconcentration de la densité de population autour des IRIS les plus accessibles. Elle est liée à une double dynamique contradictoire de retour au centre et de périurbanisation des emplois d'une part, et de croissance de la congestion légèrement plus favorable à la zone centrale d'autre part.
- 53 Les figures 9 et 10 permettent d'analyser l'efficacité de notre modèle en termes de répartition des densités à l'échelle des IRIS respectivement en statique et en dynamique. Bien que la qualité des estimations soit plus satisfaisante que celle qui utilise la distance au centre, elle n'améliore guère les résultats issus de l'utilisation des temps généralisés d'accès au centre. La comparaison des deux figures (8 et 5) montre en effet des R<sup>2</sup> ajustés légèrement plus faibles pour chacune des trois années. Par rapport à ces résultats contre-intuitifs, nous pouvons avancer deux explications complémentaires mais qui renforcent l'hypothèse du monocentrisme de l'aire urbaine de Lyon. En considérant que l'accès à l'emploi est l'élément le plus déterminant, c'est alors le temps d'accès aux emplois du centre qui domine la logique de localisation des populations et le rôle des emplois périphériques est négligeable. Malgré les mouvements de périurbanisation, le centre de Lyon - Villeurbanne concentre encore environ la moitié de l'emploi de l'aire urbaine en 2006 (75 % de l'emploi si on intègre les communes adjacentes de la première couronne). De plus, au-delà des emplois, le centre concentre également des aménités urbaines et sociales auxquelles les ménages sont sensibles. Le temps d'accès au centre donne des résultats plus satisfaisant que l'accessibilité à l'ensemble de l'emploi. Ce constat semble renforcer l'hypothèse selon laquelle au-delà de la proximité à l'emploi les ménages sont également sensibles à la centralité et aux aménités qu'elle recèle. Les résultats seraient certainement différents dans le contexte d'autres aires urbaines telles que Marseille ou Lille, où les centres secondaires, respectivement d'Aix-en-Provence ou Roubaix-Tourcoing structurent une zone d'emploi et d'activité importante (Bouzouina, 2008).
- 54 En prenant en compte la répartition réelle des emplois en plus de celle de l'hétérogénéité de l'espace, le dépassement de l'hypothèse du monocentrisme débouche sur une répartition des densités de population suivant une logique largement concentrique (Figure 9). Bien que l'estimation au niveau de la partie la plus centrale semble proche de la distribution réelle, le modèle peine à reproduire les densités de population dans des zones spécifiques telles que les quartiers d'habitat social ou des grands ensembles, dans les zones d'activités économiques et industrielles ou dans la ville nouvelle de L'Isle-d'Abeau. La répartition des densités de population dans ces zones semble dépasser le seul déterminant du coût de transport. Elle dépend en grande partie des décisions exogènes des politiques publiques d'aménagement et relève du rôle des macro-agents.

**Figure 9 : Densité de population estimée par le modèle de Bussière avec l'utilisation du niveau d'accessibilité gravitaire aux emplois sur l'aire urbaine de Lyon en 2006**



55 L'analyse des variations des densités observées et simulées (Figure 10) montre que de nombreux points sont situés dans le quart bas-droite. Pour ces IRIS, le modèle simule une baisse de la population alors qu'en réalité elle augmente. Toutefois, notre modèle reste dans les mêmes ordres de grandeur que les évolutions réelles, entre -20 et +20 %. Il y a relativement peu de points aberrants dus au modèle (situés sur un axe loin de l'origine). Toutefois, l'utilisation de la mesure de l'accessibilité gravitaire n'apporte pas d'amélioration significative dans la portée prédictive du modèle par rapport à celle du temps généralisé d'accès au centre.

**Figure 10 : Variations de densités de population observées et estimées par le modèle de Bussière avec l'utilisation de l'accessibilité gravitaire aux emplois**



## Conclusion et perspectives

- 56 Ce papier a pour objectif d'étudier la capacité prospective du modèle de Bussière en ce qui concerne l'étalement et l'évolution des densités urbaines, en apportant des améliorations théoriques à ce modèle. Force est de constater que les résultats obtenus sont très contrastés. En effet, si le modèle de Bussière confirme sa capacité à être un outil d'analyse pertinent, son pouvoir prédictif à une échelle fine se révèle faible.
- 57 Du point de vue strictement théorique, nous avons amélioré le modèle de Bussière en dépassant deux hypothèses restrictives. Cela nous a permis dans un premier temps de rendre plus pertinent le coût de trajet supporté par les habitants, en remplaçant la simple distance à vol d'oiseau par des temps généralisés de trajet voiture particulière avec congestion. Dans un second temps, nous avons relâché l'hypothèse du monocentrisme des emplois, en prenant en compte la répartition réelle des emplois dans l'ensemble de l'aire urbaine grâce à l'usage de l'accessibilité gravitaire aux emplois.
- 58 L'application du modèle de Bussière sur l'aire urbaine de Lyon montre une grande efficacité à reproduire les tendances lourdes d'évolution des densités de population en fonction des différents proxy du coût de transport, et sa qualité prédictive est relativement améliorée par le relâchement des hypothèses contraignantes sur chacune des trois années. Cependant, l'utilisation de l'accessibilité gravitaire aux emplois dans un contexte de ville monocentrique n'améliore pas les estimations par rapport à l'utilisation des temps généralisés d'accès au centre qui semble la variable la plus pertinente pour estimer des densités de population à une date donnée. En effet, le centre domine encore l'offre de marché d'emplois. De plus, au-delà des emplois, la centralité se traduit également par la concentration des aménités urbaines et sociales auxquelles les ménages sont très sensibles dans leur choix de localisation. Malgré l'universalisme de l'arbitrage entre coût de transport et coût de l'immobilier et les conséquences en termes de densités urbaines, il existe des exceptions et des spécificités géographiques et temporelles. Au-delà des effets liés au cycle de vie urbain, les résultats seront certainement différents entre l'aire urbaine de Lyon, largement monocentrique, et les aires urbaines de Lille ou Marseille, qui sont marquées par leur polycentrisme.
- 59 Malgré le lien important établi en statique entre la densité de population d'une zone et le coût de transport pour accéder à l'emploi à partir de cette zone, et quelle que soit la finesse de la mesure utilisée, l'analyse temporelle montre les limites de cette relation. La plupart des travaux se contentent de coefficients estimés à une date donnée pour simuler l'interaction entre coût de transport et densités urbaines, en raison de la difficulté liée à la modélisation de l'évolution temporelle des temps généralisés de transport. Nos résultats, bien que limités, montrent la complexité des dynamiques urbaines et invitent les chercheurs et les praticiens à prendre plus de précautions dans les études de modélisation transport-urbanisme.

- 60 Les tendances contradictoires de concentration et d'étalement urbain qui ont marqué l'aire urbaine lyonnaise pendant cette période courte et récente ne permettent pas de définir une loi d'évolution des coefficients de densité dans le temps. La complexité des dynamiques de localisations résidentielles intra-urbaines, fonction des mécanismes individuels et collectifs, nécessite, dans cette approche par les densités, de prendre en compte les autres facteurs traduisant les préférences pour les aménités urbaines et sociales.
- 61 La densité, qui ne présente qu'une dimension de l'usage du sol, n'est pas seulement la conséquence des choix de localisation des populations en fonction du coût de transport. C'est aussi le résultat des politiques urbaines d'usage du sol et des macro-agents qui décident, ou non, de l'urbanisation d'une zone ainsi que de sa fonction résidentielle, d'activité ou de loisirs. Peut-on complètement endogénéiser l'usage du sol dans un modèle d'interaction transport-urbanisme dans un contexte de ville marquée par le poids du politique ?

---

### **Bibliographie**

- Alonso W., 1964, *Location and land use*, Cambridge, Mass. : Harvard University Press.
- Anas A., Arnott R. J., Small K. A., 1998, "Urban spatial structure", *Journal of Economic Literature*, 36, 1426-1464.
- Antoni J.-P., 2010, *Modéliser la ville : formes urbaines et politiques de transport*, Paris, Economica, coll. Méthodes et Approches.
- Baudelle G., Darris G., Ollivro J., Pihan J., 2004, « Les conséquences d'un choix résidentiel périurbain sur la mobilité : pratiques et représentations des ménages », *Cybergeo : European Journal of Geography* 17 p., Dossiers, 3ème colloque du Groupe de Travail Mobilités spatiales et fluidité sociale (GT23) : Offre urbaine et expériences de la mobilité, Strasbourg, France 20-21 et 22 mars 2003, consulté le 10 avril 2012. <http://cybergeo.revues.org/3430>.
- Bonnafous A., Puel H., 1983, *Physionomies de la ville*, Paris, Économie et humanisme, Les éditions ouvrières, série initiation économique..
- Bonnafous A., Tabourin E., 1998, Modélisation des évolutions des densités urbaines. In D. Pumain D., Mattei M.-F. (Eds.), *Données urbaines*, Paris, Anthropos.
- Bonnell P., 2004, *Prévoir la demande de transport*, Paris, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.
- Bouzouina L., 2008, *Dynamiques métropolitaines et ségrégation spatiale*, Thèse de Doctorat en sciences économiques, Université Lyon 2.
- Bretagnolle A., Paulus F., Pumain D., 2002, « Time and space scales for measuring urban growth », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Dossiers, 12ème Colloque Européen de Géographie Théorique et Quantitative, St-Valéry-en-Caux, France, 7-11 septembre 2001, consulté le 10 avril 2012. URL : <http://cybergeo.revues.org/3790>.
- Bussièrre R., 1972, *Modèle de localisation résidentielle*, Annales du centre de Recherche et d'Urbanisme.
- Cabrera J., 2008, « Quelle dynamique temporelle pour le modèle à quatre étapes », Région Rhône-Alpes, *séminaire de recherche du Cluster 8, Transports, Territoire et Société*, 16 juin 2008.
- Cabrera J., Bonnell P., 2012, « Aurait-on pu prévoir l'allongement des distances des déplacements urbains observé ces vingt dernières années avec le modèle de distribution gravitaire ? », *Cahiers Scientifiques du Transport*, 62, 33-64.
- Campion A. G., 1992, "Urban and regional demographics trends in developed world", *Urban Studies*, No.29, 3/4, 461-482.
- Cattan N., Pumain D., Rozenblat C., Saint-Julien Th., 1994, *Le système des villes européennes*, Anthropos, Coll. Villes, 2° édition 1999.
- Clark C., 1951, "Urban Population Densities", *Journal of the Royal Statistical Society*, 114, 490-494.
- Clark C., 1968, *Population growth and land use*, New York, St Martin Press.
- Crozet Y., Joly I., 2007, « La loi de Zahavi : quelle pertinence pour comprendre la construction et la dilatation des espaces-temps de la ville ? », Edition PUCA, *recherche* No.163.
- Deymier G., 2002, « Le nouveau périphérique nord de Lyon : comment analyser les effets anticipés sur l'évolution du marché foncier et immobilier de l'agglomération lyonnaise ? », *ASRDLF*, Trois rivières, Canada.

- Enault C., 2003, « Densité, population cumulée et temps d'accès, Analyse des relations entre morphologie urbaine et temps d'accès dans l'aire urbaine dijonnaise », *6èmes Rencontres de Théo Quant*, Février 2003.
- Gérardin B., Patier D., Routhier J.-L., Ségalou E., 2000, *Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération*, rapport pour le compte du programme national marchandises en ville, LET pour le compte de la DRAST.
- Glaeser E. L., Kahn M., 2004, "Sprawl and urban growth" In Henderson V. J., Thisse J.-F., (Eds.), *Handbook of regional and urban economics*, Amsterdam : Elsevier, 2481-2527.
- Godinot C., Bonnel P., 2008, *Phase d'affectation : mise en forme du réseau routier sur l'aire urbaine de Lyon*, rapport intermédiaire No.8, projet SIMBAD, LET, pour le compte de la DRAST et de l'ADEME dans le cadre du PREDIT.
- Goux J.-F., 1981, « Les fondements de la loi de densité urbaine de C. Clark », *Canadian Journal of Regional Science, La revue Canadienne des Sciences Régionales*, 4.1, 113-132.
- Hansen W.G., 1959, "How accessibility shapes land-use", *Journal of the American Institute of Planners*, No.25, 73-76.
- Henderson V. J., Mitra A., 1996, "The new urban landscape : Developers and edge cities", *Regional Science and Urban Economics*, No.26.6, 613-643.
- Klaassen L. H., Van Der Meer J., 1983, « La dynamique des systèmes urbains et régionaux », in Paelinck, Salles (dir), *Espace et localisation*, Paris, Economica.
- Koenig J.C., 1980, "Indicators of urban accessibility : theory and application", *Transportation*, No.9, 145-172.
- Mills E.S., 1967, "An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area", *American Economic Review*, No.57, 197-210.
- Mills E.S., 1970, "Urban density functions", *Urban Studies*, No.7, 5-20.
- Mills E.S., 1972, *Studies in the structure of the urban economy*, Baltimore, John Hopkins.
- Monchambert G., 2011, *Quelle représentation du phénomène de développement urbain ? Développement du modèle de Bussière adapté à l'Aire Urbaine de Lyon*, Mémoire de Master, Université Lumière Lyon 2, ENTPE.
- Muth R., 1969, *Cities and housing*, Chicago, University of Chicago Press.
- Nicolas J.-P., (dir), Bonnel P., (dir), Routhier J.-L., Cabrera J., Zuccarello P., Godinot C., Toilier F., Homocianu M. 2009, *Simuler les MoBilités pour une Agglomération Durable*. LET, projet Simbad, rapport final, pour le compte de l'ADEME et de la DRAST.
- Nicolas J.-P., 2010, « SIMBAD : un outil pour intégrer le développement durable dans les politiques publiques », in Antoni J.-P., 2010, *Modéliser la ville : formes urbaines et politiques de transport*, Paris, Economica, coll. Méthodes et Approches, 119-164.
- Ortuzar J. de D., Willumsen L.G., 2001, *Modelling transport*, 3<sup>rd</sup> edition, John Wiley & Sons
- Peguy P.-Y., 2000, *Analyse économique des configurations urbaines et de leur étalement*, Thèse d'Etat ès Sciences Economiques réalisée sous la direction du Pr Alain Bonnafous, Université Lumière Lyon II.
- Piron O., 2008, *Etalement urbain. Analyses des définitions usuelles*, IGE, février 2008.
- Pouyane G., 2004, « Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction forme urbaine-mobilité. Méthodologie, premiers résultats », *les Cahiers Scientifiques du Transport*, No.45, 49-82.
- Schéou B., 2007, « Modélisation des déplacements domicile-travail en milieu péri-urbain : le cas de la région lyonnaise », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, consulté le 10 avril 2012. URL : <http://cybergeo.revues.org/5626>.
- Stanback T. M., 1991, *The new suburbanization - Challenge to the central city*, Boulder, CO : Westview press.
- Van Den Berg L., 1987, *Urban systems in a dynamic society*. Aldershot, Hants : Gower.
- Wegener M., 1994, "Operational Urban Models : State of the Art", *Journal of the American Planning Association*, No.60.1, 17-30.
- Wiel M., 2010, *Etalement urbain et mobilité*, PREDIT, La Documentation Française.

## Notes

1 voir Piron (2008) sur les différentes formes de densité.

2 Nous limitons la présentation cartographique et l'analyse statique des densités de population réelles et estimées à la seule année 2006, car les conclusions sont relativement similaires pour les autres années 1990 et 1999.

---

## Pour citer cet article

### Référence électronique

Patrick Bonnel, Louafi Bouzouina et Guillaume Monchambert, « Croissance urbaine et accessibilité : intérêts et limites de l'approche par les densités dans une perspective de modélisation de l'usage du sol », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 642, mis en ligne le 15 avril 2013, consulté le 15 avril 2013. URL : <http://cybergeo.revues.org/25892> ; DOI : 10.4000/cybergeo.25892

---

## À propos des auteurs

### Patrick Bonnel

Laboratoire d'Economie des Transports – ENTPE, Université de Lyon  
Enseignant-Chercheur, HDR en sciences économiques

### Louafi Bouzouina

Laboratoire d'Economie des Transports – ENTPE, Université de Lyon  
Chargé de recherche

### Guillaume Monchambert

Ecole Normale Supérieure de Cachan  
Doctorant

---

## Droits d'auteur

© CNRS-UMR Géographie-cités 8504

---

## Résumés

Les modèles d'interaction transport-usage du sol prennent aujourd'hui une place importante en tant qu'outils d'aide à la décision dans un contexte marqué par le renforcement des contraintes économiques, énergétiques et environnementales. Si l'estimation de la demande de transport et des accessibilités dans ces modèles repose sur les densités, ces dernières sont souvent considérées comme étant exogènes. L'objectif de cet article est de tester la possibilité de les rendre endogènes en mesurant l'effet des accessibilités sur ces densités intra-urbaines de population dans l'aire urbaine de Lyon en 1990, 1999 et 2006 et de définir une loi d'évolution dans le temps des coefficients du modèle. Le relâchement successif des hypothèses d'homogénéité spatiale et du monocentrisme inhérentes au modèle de Bussière et l'amélioration de la mesure du coût de transport (distance au centre, temps généralisé d'accès au centre, accessibilité gravitaire aux emplois) donne des résultats satisfaisants en statique, mais ne permet pas de prédire les évolutions des densités de population à l'échelle des quartiers. Les mouvements sélectifs de périurbanisation et de retour au centre qui ont marqué cette courte période sont loin d'être expliqués par l'évolution des seules accessibilités au centre ou à l'emploi de l'aire urbaine. La répartition des densités dans cette ville monocentrique dépasse largement l'accessibilité aux seuls emplois. Elle semble structurée par la centralité et la distribution des aménités sociales et spatiales qui sont en partie l'œuvre des politiques urbaines et des macro-agents.

## Urban growth and accessibility: interest and limits of density approach for a LUTI model perspective

Land-Use and transport interaction models today take an important role as decision-making tools, especially in a context marked by the reinforcement of economical, energy and environmental constraints. If the estimation of transport demand and accessibilities in these models depends on densities, these densities are often viewed as exogenous. This paper intends to render them endogenous by measuring the effect of accessibilities on intra-urban densities in the urban area of Lyon in 1990, 1999 and 2006, and defining an evolution law over time for the coefficients of the model. The successive relax of the hypothesis of spatial homogeneity and monocentrism which characterize the Bussière model and the improvement of the transport cost measure (distance from the centre of the urban area, generalized time, gravity accessibility to jobs) give good static results but do not allow for predicting the evolutions of the population densities at the district level. The selective movements of peri-urbanization and return to the centre that were stressed during this short time are far from being explained by the evolution of accessibility to the centre or to jobs in the urban area. The distribution of densities in this monocentric city depends not only on the accessibility to jobs but also appear to be structured by the centrality and the distribution of the social and spatial amenities, which in part result from the urban policy and the macro-agents decisions.

### *Entrées d'index*

**Mots-clés** : modèle de Bussière, accessibilité, densité, croissance urbaine, modèle transport-urbanisme

**Keywords** : Bussière model, accessibility, density, urban growth, LUTI model