La dynamique des systèmes comme outil d'aide à la gestion du sol urbain

Monique Dantas, Patrick Point

▶ **To cite this version:**

Monique Dantas, Patrick Point. La dynamique des systèmes comme outil d'aide à la gestion du sol urbain. 41èmes Journées de Statistique, SFdS, Bordeaux, 2009, Bordeaux, France, France. inria-00386749

HAL Id: inria-00386749
https://inria.hal.science/inria-00386749

Submitted on 22 May 2009

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.

LA DYNAMIQUE DES SYSTEMES COMME OUTIL D'AIDE A LA GESTION DU SOL URBAIN

Monique DANTAS
Doctorante

Université Montesquieu - Bordeaux IV
GREThA UMR CNRS 5113
Avenue Léon Duguit 33608 Pessac Cedex
monique.dantas@u-bordeaux4.fr

Patrick POINT
Directeur de Recherche CNRS

Université Montesquieu - Bordeaux IV
GREThA UMR CNRS 5113
Avenue Léon Duguit 33608 Pessac Cedex
patrick.point@u-bordeaux4.fr

RESUME : La dynamique des systèmes est adaptée aux problématiques nécessitant la compréhension d'un système dans lequel les variables qui le composent sont interreliées. Tel est le cas du sol urbain dont la complexité des interactions rend délicate la mise en place de politiques adaptées. La construction d'un modèle de gestion du sol basé sur la dynamique des systèmes permet de simuler, sur 30 ans, les effets de politiques de programmation de logements neufs dans une optique de gestion durable du sol dans des communes du SCOT (*Schéma de Cohérence Territoriale*) du Bassin d'Arcachon préalablement sélectionnées grâce à une typologie obtenue par les méthodes d'analyse de données.

ABSTRACT : System dynamics is adapted to problems requiring the understanding of a system in which its component variables are interrelated. This is the case of urban land which the complexity of interactions makes delicate the implementation of adapted policies. The construction of a land management model based on system dynamics allows to simulate, over 30 years, the effects of programming policies for new housing in a sustainable management of land in the SCOT cities of the Arcachon Bay previously selected through a typology obtained by data analysis methods.

Mots-clés : Dynamique des systèmes, Programmation de logements, Foncier urbain, Typologie

1. Introduction

Un système est un « ensemble organisé de processus liés entre eux par un ensemble d'interactions à la fois assez cohérent et assez souple pour le rendre capable d'un certain degré d'autonomie » (Lapierre, 1992) et dont la lecture globale, l'évaluation et la prédiction dans le temps sont ardues. Cette difficulté est essentiellement due à la multiplicité des variables interreliées (dont les délais de réactions peuvent être différents et complexes) créant des boucles de rétroaction (positives et/ou négatives) dans le système. Ceci justifie alors l'utilisation d'un modèle de simulation de dynamique des systèmes définie par son créateur Jay Forrester (1961) comme « un mode d'étude du comportement […], permettant de montrer comment des politiques, des décisions, des structures et des délais sont en interrelation pour influencer la croissance et la stabilité ». Cette technique s'adapte particulièrement à la problématique de la gestion du sol. Dans une optique de développement durable, cette gestion nécessite de concilier maîtrise des dynamiques urbaines et préservation des milieux naturels. Or, cela est rendu délicat par la complexité des interactions liées aux usages du sol : disponibilité foncière, droits (d'usage, de construire...) attachés aux terrains, évolutions démographiques, caractéristiques socio-économiques et environnementales… Le recours à la dynamique des systèmes permet de modéliser l'ensemble des interactions liées à la gestion du sol urbain afin de mieux comprendre leur complexité mais aussi d'évaluer et d'anticiper les conséquences de l'adoption de politiques de maîtrise de l'étalement urbain et de valorisation économique des milieux naturels par les pouvoirs publics locaux. Plus précisément, notre modèle a vocation à simuler les effets à moyen terme de la programmation communale de logements neufs[1]

[1] La programmation de logements neufs concernent toutes les catégories de logements : logements nouveaux en accession, en locatif, individuels, collectifs, issus de la réhabilitation d'un parc récemment vacant…

dans une optique de gestion de l'étalement urbain. L'originalité de ce modèle réside alors dans la construction d'un système cohérent et dynamique dans lequel s'articulent les politiques locales d'aménagement du territoire et d'habitat unies par le rôle central du marché immobilier et foncier. Cette démarche est appliquée à certaines communes du SCOT (Schéma de Cohérence Territoriale) du Bassin d'Arcachon, le SCOT semblant être le document d'urbanisme privilégié pour l'application du principe de la loi littoral[1] d'équilibre entre aménagement, protection et mise en valeur du littoral. La construction d'une typologie grâce aux outils de l'analyse de données, nous permettra de simuler les conséquences de programmations de logements sur les communes les plus représentatives de chaque classe ainsi constituée. Les conclusions de ces simulations pourront alors être élargies aux autres communes de sa classe.

2. Méthodes

2.1. Structure du modèle de la dynamique du système de gestion du sol urbain

Notre modèle repose sur la construction d'un système autoalimenté et articulé (Figure 1) en cinq blocs liés entre eux par des relations causales (dont beaucoup sont supposées suivre les rythmes de croissance des années 1990).

Dans le premier bloc, la production de logements (c'est-à-dire l'offre effective de logements neufs) est définie à partir des besoins en logements de la commune :

- des habitants en résidences principales liés notamment à la croissance démographique et au desserrement des ménages ;
- du parc liés au renouvellement du parc ancien ;
- du marché pour en assurer sa fluidité.

Puis, cette production influe directement sur le développement urbain de la commune c'est-à-dire l'évolution de sa surface consommée, qui nous permet ainsi de déterminer « l'offre foncière potentielle » (Ruegg, 2000 et Halleux, 2005). Cette offre se définit comme la surface disponible à la construction dans la surface communale urbanisable (somme de la zone U, NA et NB[2] des Plans d'Occupation des Sols ou POS) une fois retirée la surface consommée par le bâti.
Les deux premiers blocs ont ensuite un effet sur le marché immobilier du neuf et plus particulièrement sur les prix des biens immobiliers neufs. D'après le mécanisme du compte à rebours du promoteur, ce marché détermine les prix des terrains à bâtir constructibles également influencés par le développement urbain à travers la surface des réserves foncières communales dans les zones urbanisables des POS.
Enfin, le marché foncier agit sur l'attractivité résidentielle de la commune, et plus précisément sur le taux migratoire annuel, qui influence les besoins en logements neufs par le canal démographique et donc la production de logements décidée par les communes. Le système est ainsi bouclé.

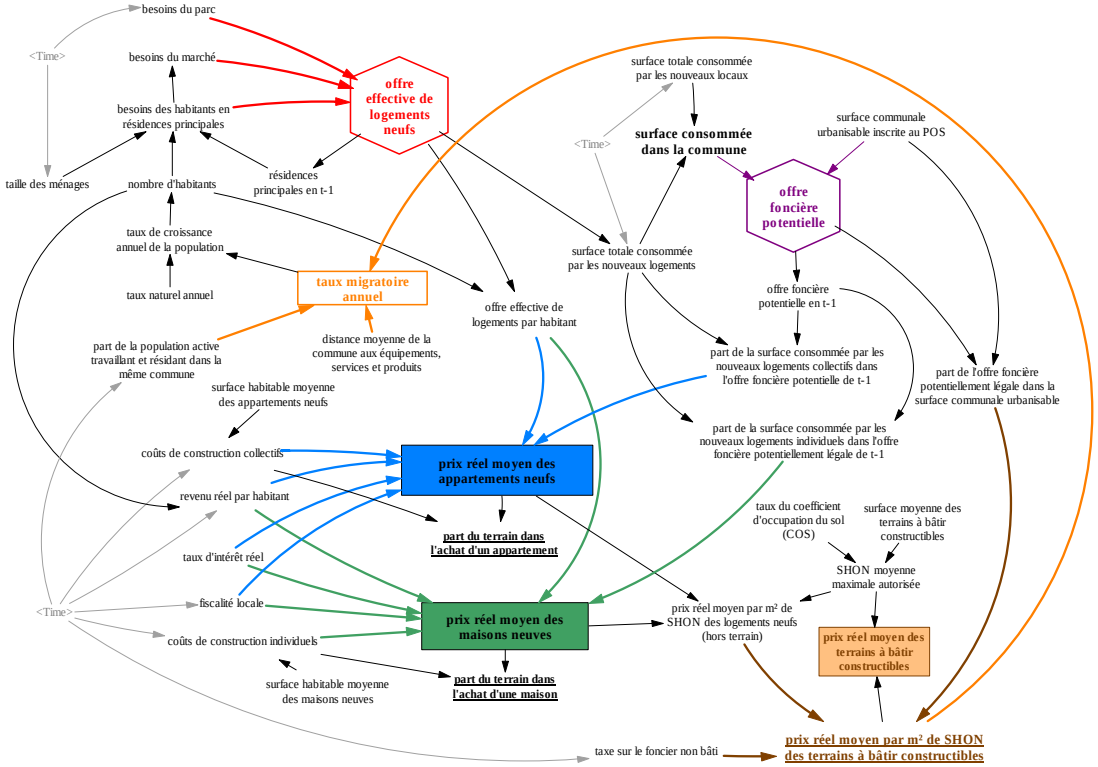
Etant donné la complexité et la multiplicité des relations causales définissant les trois derniers blocs, les techniques économétriques ont été requises pour estimer les déterminants de la fonction des prix réels moyens d'un logement neuf (en prenant notamment en compte des aspects macroéconomiques et des caractéristiques intrinsèques et extrinsèques aux logements), celle des prix réels moyens du mètre carré de Surface Hors Œuvre Nette (SHON) d'un terrain à bâtir constructible (en considérant le coefficient d'occupation du sol attaché à chaque terrain) et celle du taux migratoire annuel illustrant l'attractivité résidentielle.

Par ailleurs, les tests de sensibilité, servant notamment à juger la stabilité du modèle lorsque la valeur des constantes est modifiée, ont montré que notre modèle est robuste.

[1] Loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral
[2] Dans un POS, la zone U désigne la zone urbaine, la zone NA la zone d'urbanisation future et la zone NB la zone naturelle peu équipée (hameaux).

Pour réaliser ce modèle, nous mobilisons essentiellement cinq sources de données : les transactions immobilières et foncières de la base notariale Perval, les données relatives aux surfaces des nouveaux locaux de la base Sitadel, les données socio-démographiques du recensement de l'Insee de 1990 et 1999, ainsi que la part de chaque zonage des POS de 2002, et enfin les surfaces consommées par commune extraites de l'étude sur « l'évolution de l'urbanisation sur le SCOT du Bassin d'Arcachon » du Centre d'études techniques de l'équipement du Sud-Ouest de 2006.

Figure 1: Représentation du modèle de dynamique du système de gestion du sol urbain



2.2. Typologie des communes

La sélection des communes sur lesquelles vont se porter nos simulations nécessite la mobilisation des techniques de l'analyse de données qui regroupent des méthodes et des outils destinés à synthétiser et structurer l'information contenue dans de grands ensembles de données.

Pour analyser notre base de données renseignant le profil des communes du SCOT du Bassin d'Arcachon, nous avons retenu une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) (qui permet de décrire les correspondances entre différentes variables qualitatives) car elle permet de rendre homogène nos données nominales (par exemple, si la commune est littorale[1] ou appartient à l'arrière-pays littoral[2] est un indicateur essentiel à considérer dans notre cas) et continues (revenu, densité de population…). A ce titre, Escofier et Pagès (2008) soulignent que la codification de variables quantitatives en qualitatif réduit l'information mais augmente paradoxalement la richesse des résultats.
Notre base de données ainsi constituée se compose de 17 individus (les communes), 35 variables actives et de 159 modalités qui leurs sont associées. Elle repose essentiellement sur quatre critères relatifs aux aspects démographiques, socio-économiques, immobiliers et fonciers mais aussi sur l'organisation ou la structure territoriale de chaque commune.
La réalisation de l'ACM (sous SPAD) nous conduit à ne retenir que les 2 premiers axes factoriels. Le premier sépare les communes ayant un développement touristique et résidentiel élevé de celles

[1] La loi littoral définit les communes littorales comme les communes maritimes, riveraines des océans, des lagunes et des estuaires.
[2] L'arrière-pays littoral désigne ici les communes non littorales du SCOT du Bassin d'Arcachon.

qui connaissent un développement faible. Quant au second axe, il distingue les communes ayant un développement économique plutôt rural de celles davantage tournées vers une économie urbaine.

Pour réaliser une typologie des communes, nous procédons à une classification afin d'isoler un nombre réduit de classes de communes à partir desquelles nous allons sélectionner les communes les plus représentatives de chaque classe. Nous nous baserons ensuite sur ces communes en particulier pour procéder aux simulations de programmation de logements neufs. La méthode de classification la plus utilisée est la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) qui permet d'effectuer une hiérarchie des partitions à partir des coordonnées factorielles déterminées préalablement par l'ACM. Dans notre cas, une partition des communes en quatre classes est retenue. Cela permet de dresser la typologie suivante (Figures 2 et 3) :

- La classe 1 regroupe les communes littorales se situant à l'ouest du Bassin d'Arcachon (dont le parangon est La Teste de Buch). Ces dernières se caractérisent par de fortes attractivités touristiques et résidentielles (témoignant d'un fort développement économique), et donc par de fortes pressions sur le marché immobilier et foncier et sur l'environnement par l'essor du tourisme balnéaire et de plaisance ;
- La classe 2 (dont le parangon est Audenge) réunit Marcheprime et les communes littorales de l'est du Bassin d'Arcachon jouxtant pour la plupart des communes de l'arrière-pays littoral. Il s'agit de communes définies par une forte expansion démographique due à l'accueil de populations ayant subi des phénomènes d'éviction par le foncier des communes de la classe 1 notamment, rendant dès lors les communes de la classe 2 davantage attrayantes tant sur le plan de l'habitat que de l'emploi (tertiaire) ;
- La classe 3 rassemble toutes les communes de l'arrière-pays littoral de notre échantillon à l'exception de Marcheprime (Mios étant le parangon de cette classe). Celles-ci se caractérisent par une attractivité touristique, résidentielle et donc économique faible. Elles sont sous l'influence urbaine à la fois de la communauté urbaine de Bordeaux et des communes littorales, notamment de la classe 1 ;
- La classe 4 est uniquement représentée par la commune atypique d'Arcachon.

Figure 2 : Projection des quatre classes d'individus sur le plan des deux premiers axes factoriels

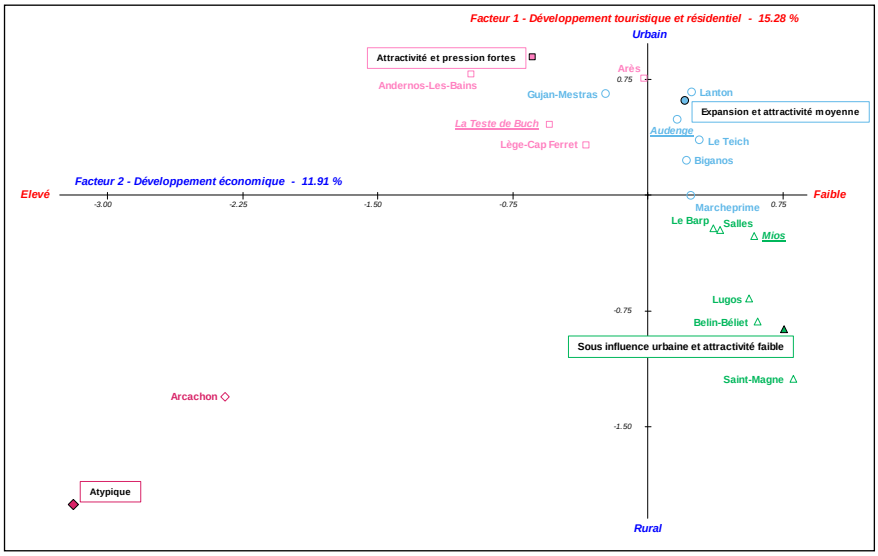
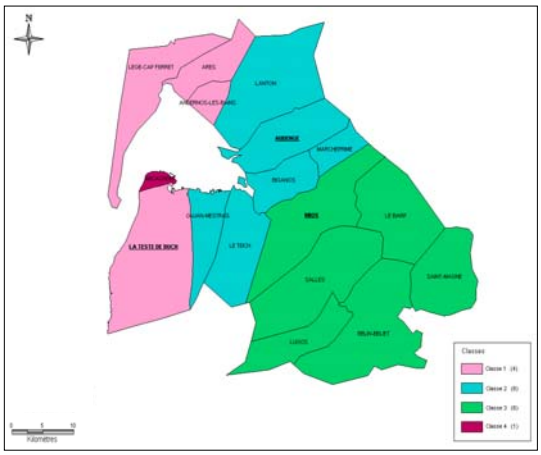


Figure 3 : Représentation spatiale des classes des communes du SCOT du Bassin d'Arcachon et de leur parangon



Note : Les parangons sont soulignés et en gras.

3. Résultats

Une fois le modèle constitué, nous simulons de 2000 à 2030 (grâce au logiciel Vensim), des programmations de logements neufs dans les communes les plus représentatives de chaque classe, selon trois scénarios illustratifs de gestion de l'étalement urbain :

- *scénario haut* de poursuite de l'urbanisation des années 1990 dans lequel tous les besoins en

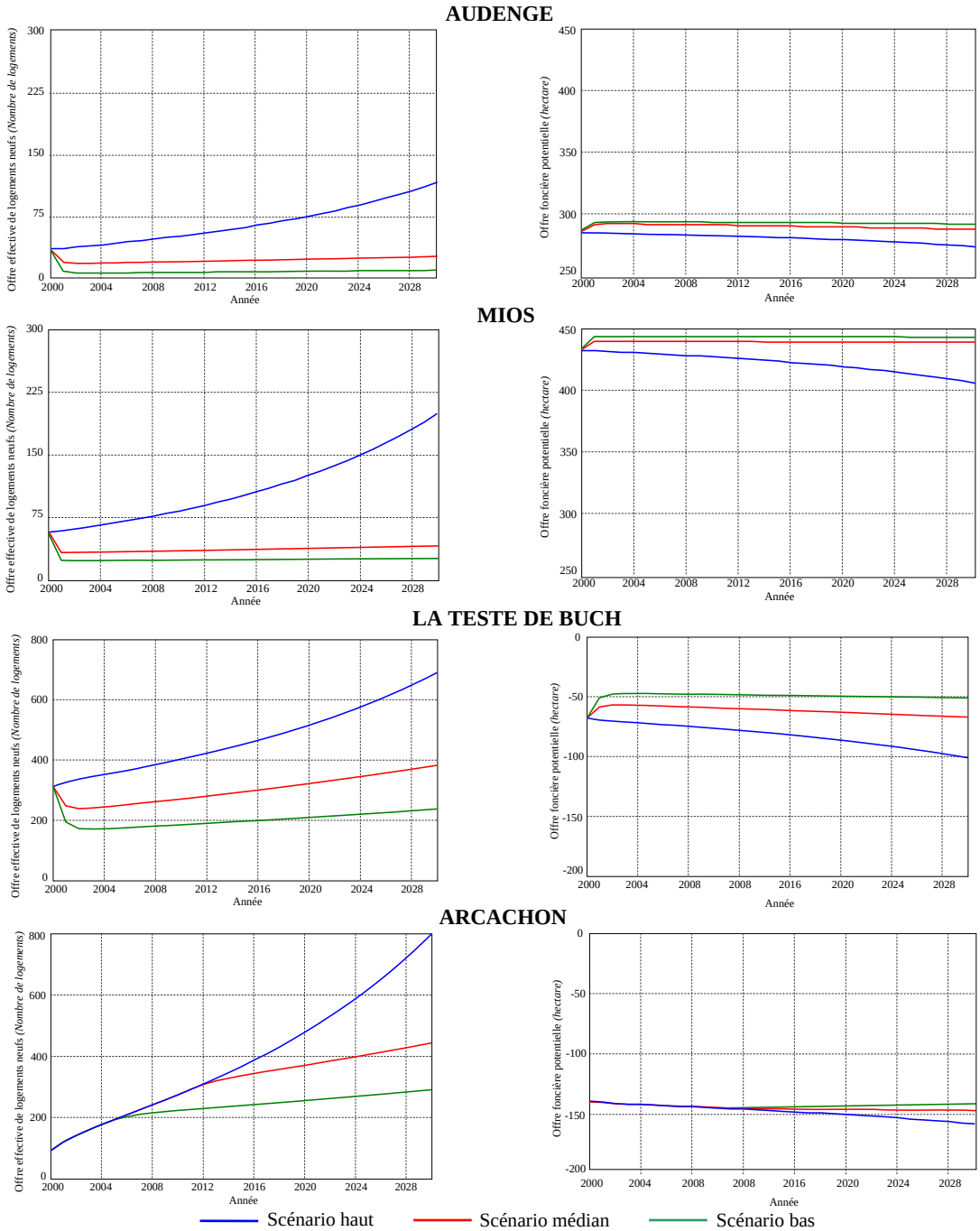
logements sont satisfaits ;

- *scénario médian* de maîtrise de l'urbanisation qui s'appuie sur une production de logements répondant notamment à un taux de croissance annuel moyen de la population plus faible (par rapport au premier scénario) de 1%, moyenne observée entre les différentes aires urbaines littorales[1] du littoral atlantique sud (Bayonne, Arcachon, Royan, Rochefort et La Rochelle) ;

- *scénario bas* de constructibilité limitée qui correspond à un modèle de rupture dans lequel la population croît à un taux moyen de 0,5% par an (taux régional).

La simulation de ces scénarios (Figure 4) illustre la non convergence des instruments de régulation de l'étalement urbain. En effet, les spécificités de chaque commune dégagées dans la typologie, doivent être prise en compte pour choisir une politique adaptée à leurs dynamiques urbaines.

Figure 4 : Simulation des scénarios de programmation de logements neufs de 2000 à 2030



[1] Une aire urbaine littorale est une aire urbaine contenant au moins une commune littorale au sens de la loi littoral.

Pour Audenge et Mios, bien que l'allure des courbes de l'offre effective de logements et de l'offre foncière potentielle soit proche, il existe une nette différence de niveau en défaveur de Audenge au regard de la ressource foncière. Les instruments de gestion du sol doivent alors être différents.
Par ailleurs, il s'avère urgent de préserver les ressources naturelles et foncières pour La Teste de Buch et surtout pour Arcachon. En effet, pour ces communes littorales très attractives, l'offre foncière potentielle négative implique que la nouvelle urbanisation se fait, non plus dans les zones urbanisables du POS mais en grignotant les zones naturelles et notamment forestières et agricoles. On observe que le scénario bas permet une stabilisation rapide de l'offre foncière potentielle. Dans ce cas, la production réduite de logements neufs (par rapport au scénario haut) ne peut se faire qu'en densifiant les espaces déjà bâtis (en zone urbanisable).

4. Conclusion

La complexité des relations intervenant dans la gestion du sol urbain peut être appréhendée par les techniques de la dynamique des systèmes. Ces dernières permettent aussi de simuler des scénarios de politiques locales relatives à l'urbanisme et à l'habitat qui se veulent cohérentes au sein du territoire d'un SCOT (préalablement étudié par les techniques de l'analyse de données). Par ailleurs, il s'avère nécessaire de réfléchir à la nature de l'habitat en termes de densification des espaces déjà urbanisés par des constructions de logements collectifs plutôt qu'individuels ou encore de diversité de l'offre de logements (locatif social ou privé, accession aidée, etc.).

Bibliographie

[1] Benzécri, J.P. (1973) *L'analyse des données*, Tome 1 : La taxinomie, Tome 2 : L'analyse des Correspondances, Dunod, Paris.
[2] Bouroche, J-M. et Saporta, G. (2002) *L'analyse des données*, 8e ed., Presses universitaire de France, Paris, Collection Que sais-je ?, 127 p.
[3] Casanova, P. (2004) *Travaux de recherche pour l'étude prospective de la mobilité et des systèmes de déplacements quotidiens urbains - Coûts monétaires et jeux d'acteurs – MobiSim III*, Rapport de recherche, PREDIT n° 02 MT 34, ATN, Paris, 111 p.
[4] Di Pasquale, D. et Wheaton, W.C. (1994), Housing market dynamics and the future of housing prices, *Journal of urban economics*, vol. 35, n° 1, p. 1-27.
[5] Escofier, B. et Pagès, J. (2008) *Analyse factorielle simples et multiples : objectifs, méthodes et interprétation*, Dunod, 4e édition, Paris, 318 p.
[6] Forrester, J.W. (1961) *Industrial Dynamics*, Cambridge, MIT Press, 464 p.
[7] Forrester, J.W. (1969) *Urban Dynamics*, Cambridge, Productivity Press, 285 p.
[8] Fortin, M. et Leclerc, A. (2002) Déterminants du prix réel des logements au Canada, *L'actualité économique, Revue d'analyse économique*, vol. 78, p. 293-320.
[9] Halleux, J-M. (2005) *Structuration spatiale des marchés fonciers et production de l'urbanisation morphologique. Application à la Belgique et à ses nouveaux espaces résidentiels*, Thèse pour le Doctorat en Sciences, Université de Liège, Liège, 308 p.
[10] Lapierre, J-W. (1992) *L'analyse de systèmes. L'application aux sciences sociales*, Syros, Collection Comprendre, Paris, 229 p.
[11] Lebart, L., Piron, M. et Morineau, A. (2006) *Statistique exploratoire multidimensionnelle : visualisation et inférence en fouilles de données*, 4e ed., Dunod, Paris, 464 p.
[12] Mankiw, N.G. et Weil, D.N. (1989) The baby boom, the baby bust and the housing market, *Regional Science and Urban Economics*, vol. 19, p. 235-258.
[13] Morineau, A. (1984) Note sur la caractérisation statistique d'une classe et les valeurs-tests, *Bulletin Technique Centre de Statistique et d'Informatique Appliquées*, vol. 2, n° 1-2, p 20-27.
[14] Renard, V. (2004) Les enjeux urbains des prix fonciers et immobiliers, in PRAGER J-C, *Villes et économie*, La documentation française, Paris, p. 85-108.
[15] Ruegg, J. (2000) *Zonage et propriété foncière*, ADEF, Paris, 256 p.