
VERS UN MODELE DYNAMIQUE DES MOBILITES RESIDENTIELLES : DEVELOPPEMENT SUR BOGOTA

Marie Piron : Institut de Recherche pour le Développement, UR Geodes
piron@bondy.ird.fr

Françoise Dureau : Université de Poitiers, Equipe Migrinter (UMR 6588)
f.dureau@wanadoo.fr

Christian Mullon : Institut de Recherche pour le Développement, UR Geodes, Université de Cape Town
cmullon@egs.uct.ac.za

RÉSUMÉ. Dans le cadre d'un programme de recherche sur les mobilités spatiales et les transformations territoriales de Bogota, capitale de la Colombie, nous cherchons à modéliser de façon dynamique les mobilités résidentielles intra-urbaines et les changements du parc de logements. Nous proposons d'élaborer, dans le cadre de la théorie des jeux, un modèle économique basé sur le marché du logement et plus précisément sur un équilibre spatial entre l'avantage et le coût de déménager : les ménages cherchent un logement en fonction de l'attractivité des différents secteurs urbains (la localisation, la composition du parc de logements). Nous couplons ce modèle à un modèle démographique qui prend en compte l'évolution et les modifications de la population et du parc de logements. Nous considérons pour cela des groupes homogènes de ménages et de logements. Ces groupes sont obtenus à partir d'analyses typologiques réalisées sur les données des recensements et sont localisés. Nous adoptons par conséquent une approche intermédiaire entre les approches spatiale et individuelle classiquement utilisées dans l'élaboration des modèles urbains dynamiques.

ABSTRACT. Within the framework of a research programme on spatial mobilities and the territorial transformations of Bogota, capital of Colombia, we aim at modeling the dynamics of intra-urban residential mobility and the changes in housing stock. We propose to build up, in the framework of game theory, a economic model based on the housing market, and more precisely on a spatial equilibrium: households choose housing as a result of the attraction exerted by different urban districts (the location, the housing stock). We couple above mentioned model, to a demography model which takes into account the evolution and the modifications of the population and the housing stock. We consider groups of households homogeneous and groups of housing homogeneous. These groups have been obtained by means of preliminary typological analyses made from census data and are localized. We are then taking an intermediate approach between the spatial and the individual approaches used classically when building dynamical urban models.

MOTS-CLÉS : Bogota, modèle dynamique, modélisation urbaine, mobilités résidentielles, théorie des jeux.

KEY WORDS: Bogota, dynamic modeling, urban modelling, residential mobilities, game theory.

TITLE : *Towards a dynamic model of mobilities résidentielles*

1 Introduction

Nous nous intéressons, dans cette communication, à l'articulation entre les mobilités résidentielles et la dynamique du parc du logement. Plus précisément, nous nous demandons dans quelle mesure la mobilité résidentielle, c'est-à-dire l'acte de déménager, contribue à modifier les caractéristiques de l'offre de logements soit par exemple par la libération d'un logement sur le marché (avec un rythme de rotation variable selon les caractéristiques des ménages) soit encore par la construction ou la transformation de logements [Driant 97]. C'est le cas lorsque le marché doit s'adapter à une demande toujours plus importante due à un accroissement rapide de la population sur une courte période comme par exemple dans les villes du Sud. Inversement, « *les parcours résidentiels s'adaptent à la structure de l'offre locale et aux caractéristiques du peuplement... les caractéristiques de l'offre locale provoquent des mécanismes de mobilités différenciés qui expliquent en partie les variations dans les structures d'occupation d'un même type d'habitat... enfin, les liaisons entre les caractéristiques des types d'habitat et les caractéristiques des occupants définissent des contextes socio-morphologiques qui influencent les formes de mobilité résidentielles* » [Lévy 97]. Comprendre ces articulations et les généraliser à l'ensemble d'une ville doivent permettre de mettre à jour les transformations des structures sociales et spatiales urbaines.

Ces dynamiques résidentielles et les recompositions urbaines ont été étudiées sur la capitale de la Colombie, Bogota, dans le cadre d'un programme de recherche mené depuis 1992 par une équipe franco-colombienne de l'IRD et du CEDE (Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico, de l'Université des Andes) [Dureau et Florez 99]. Comme beaucoup d'autres villes du Sud, Bogota connaît une forte croissance démographique, accompagnée de changements importants de la société colombienne (éducation, insertion professionnelle des femmes, augmentation des classes moyennes) et en même temps des processus d'expansion spatiale et de densification de certains quartiers [Dureau 00]. Plus des 3/4 des changements de logements réalisés en 1991 correspondent à une mobilité résidentielle interne à la ville : celle-ci est devenue le principal facteur d'offre de logement et, par conséquent, l'élément fort de transformation du système métropolitain.

Dans ce contexte, nous proposons un modèle dynamique pour expliciter et tester des hypothèses générales sur les causes des mécanismes observés. Pour cela, nous faisons le choix (1) de considérer l'ensemble de la ville, (2) de représenter le comportement de groupes de ménages et de logements localisés sur la période d'une génération. Nous nous situons dans une perspective globale en nous appuyant sur les grandes structures de la ville et adoptons ainsi une approche intermédiaire entre les approches spatiale et individuelle classiquement utilisées dans l'élaboration des modèles urbains dynamiques [Sanders 01] et notamment ceux relevant de la modélisation par automates cellulaires et système multi-agents développés sur Bogota [Vanbergue *et al.* 00], [Badariotti et Weber 02].

Nous partons du principe que les mobilités résidentielles s'inscrivent dans le cadre d'un marché du logement et que les stratégies résidentielles des ménages varient selon les groupes sociaux et les étapes du cycle de vie. Le modèle doit s'appuyer sur la prise en compte des spécificités, changeantes dans le temps et dans l'espace, du parc de logements, de la composition sociale de la ville ainsi que des représentations qu'ont les ménages de l'habitat et de l'espace social et physique environnant.

Peu de travaux, mettant en relation mobilités résidentielles et changements du parc de logements, ont été jusqu'à présent développés. Pour Lévy [Lévy 97], « *les travaux des économistes restent centrés sur des logiques d'offre tandis que ceux des démographes et des sociologues portent essentiellement sur des logiques sociales et ignorent le rôle du parc dans les processus de mobilité* ». En effet, « *la mobilité résidentielle a rarement été étudiée dans ses implications sur la sphère du logement [...] qui est pensée ordinairement en termes de stocks et rarement analysée comme dépendant des mobilités intra et extra-urbaines, alors que celles-ci ont un impact considérable sur l'offre* » [Lelièvre et Levy-Vroelant 1992]. Nous proposons de prendre en compte dans le modèle ces différents points de vue en intégrant la dimension spatiale.

Comme beaucoup d'autres modèles dynamiques, celui-ci a une fonction heuristique importante et permet, entre autres, de mettre à l'épreuve une série de d'hypothèses relatives à l'organisation spatiale de la ville, la relation habitat-habitant, l'évolution de la composition sociale, les logiques résidentielles des groupes sociaux. Formulées à partir des études localisées sur Bogota, ces hypothèses sont formalisées dans le cadre du modèle. Nous présentons ici le principe du modèle et la démarche de construction en discutant les premiers résultats de simulation.

2 La structure du modèle

2.1 Principe

Le modèle proposé est basé sur le marché d'offre et de demande de logements formalisé dans le cadre de la théorie des jeux [Mullon *et al.* 01]. Il résulte du couplage d'un modèle déterministe des processus

démographiques et d'un modèle économique des mobilités intra-urbaines et repose sur une vision globale des structures spatiales et sociales de la ville. La démarche est la suivante :

1. définir des groupes sociaux (notés s) et des types d'habitat (notés h) en réalisant deux analyses typologiques d'une part, sur les ménages d'autres part, sur les logements; puis établir, à partir de ces définitions, l'état des lieux de la répartition spatiale et sociale de la population et du parc de logements sur l'ensemble de la ville divisée en 19 arrondissements (noté z);
2. prendre en compte l'évolution du parc de logements, l'évolution de la composition sociale de la population, la croissance démographique endogène, les migrations extra-urbaines comme facteurs exogènes ; ceci constitue la base du modèle démographique.
3. déterminer les mobilités résidentielles intra-urbaines comme le résultat d'un équilibre spatial entre d'une part, une demande construite sur l'attractivité différentielle des différents types d'habitat selon les groupes sociaux et de la connectivité entre arrondissements ; et d'autre part, une offre qui est fonction de la capacité d'accueil des arrondissements selon les types d'habitat disponibles ; ceci constitue la base du modèle économique.

A chaque pas de temps t (équivalent à une année), les ménages d'un arrondissement donné et d'un groupe social donné (z,s) ont la possibilité de se répartir dans les différents types d'habitat de tous les arrondissements (z,h). Ils tiennent compte pour cela des coûts de mobilité entre un arrondissement et un autre, de leur préférence, compte tenu de leur groupe social, pour un type d'habitat. L'ensemble constitue un marché du logement dans lequel les ménages s'échangent des logements de différents types dans différents arrondissements. En prenant des fonctions simples, et néanmoins réalistes, pour calculer le bénéfice à déménager d'une entité (z,s) en fonction des choix des autres entités, on obtient un jeu non coopératif dont on montre qu'il présente un et un seul équilibre.

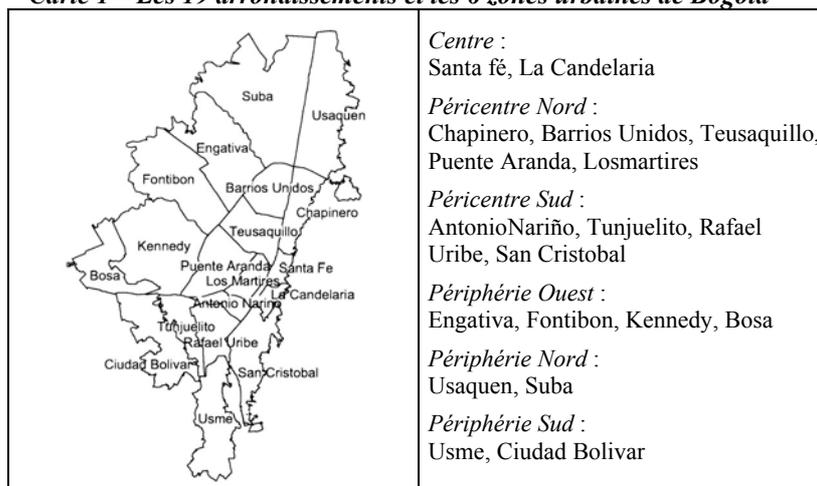
L'offre exprime ici la capacité d'un arrondissement à accueillir et à satisfaire les ménages c'est-à-dire l'utilité ou encore la *possibilité de déménager*. La demande traduit un avantage à déménager dans un logement et un arrondissement plus attractif mais elle représente aussi un *coût* qui sera d'autant plus élevé que l'attractivité est faible.

En appliquant et ajustant le modèle dans un premier temps sur la période de 1973 à 1993, les simulations obtenues doivent reproduire correctement les principales formes observées dans l'évolution sociale et spatiale de la ville entre ces deux dates.

2.2 Les données de base et éléments du modèle

Le modèle est construit sur une période d'une génération (20 ans) à l'échelle des 19 arrondissements de la ville (cf carte 1) à partir des données du recensements de 1973 (un peu moins de 500 000 ménages) et de 1993 (environ 1 300 000 ménages).

Carte 1 – Les 19 arrondissements et les 6 zones urbaines de Bogota



Les analyses typologiques (enchaînement d'une analyse des correspondances multiples et d'une classification ascendante hiérarchique [Lebart *et al.* 02]), présentées ici, sont réalisées sur l'ensemble des ménages des deux recensements :

- Les groupes sociaux sont des groupes homogènes de ménages ayant un même profil socio-économique. Ils sont définis à partir de 11 variables descriptives du ménage (le nombre de personnes dans le ménage et le

statut d'occupation du logement) et du chef de ménage (le sexe, l'âge, l'état civil, le lieu de naissance, le lieu de résidence 5 ans avant le recensement, le niveau d'éducation, l'analphabétisme, le type d'activité, le statut professionnel). On obtient ainsi 11 groupes sociaux (cf. tableau 1-a) qui traduisent à la fois le cycle de vie et la hiérarchie sociale.

- Les types d'habitat sont des groupes homogènes de logements quant à leur équipement et matériaux de construction. Ils sont définis à partir de 11 variables caractéristiques du logement : connexion électricité, connexion eau et sanitaire, des matériaux sol et matériaux mur, du type de logement (maison, appartement, autre), nombre de pièces, type de sanitaire, cuisine et énergie cuisine, mode d'accès à l'eau. On obtient une typologie en 8 types d'habitat (cf. tableau 1-b) qui traduit une échelle de qualité de l'habitat et de l'équipement de la zone.

L'utilisation d'une analyse typologique sur des données standards présentes dans toutes les collectes socio-démographiques offre des avantages à une démarche de modélisation : elle produit des structures stables nécessaires à une analyse diachronique.

Tableau 1 – Typologie de ménages (a) et typologie de logements (b)

Tableau 1-a : les onze groupes sociaux	Tableau 1-b : les huit types d'habitat
S1 : Inactif âgé (15%)	H1 : Petit logement en zone non équipée (2,5%)
S2 : Analphabète (3%)	H2 : Logement en zone sous équipée (3,4%)
S3 : Chômeur non qualifié (5%)	H3 : Pièce (14,7%)
S4 : Femme séparée (9 %)	H4 : Petit logement précaire (2 pièces) (8,1%)
S5 : Jeune célibataire (8%)	H5 : Petit logement de base (2 pièces) (15,6%)
S6 : Jeune migrant actif (8%)	H6 : Logement confort (3 pièces) (14%)
S7 : Jeune natif de Bogota actif (10%)	H7 : Logement confort – appartement (4 pièces) (15,9%)
S8 : Actif d'âge moyen, études secondaires (11%)	H8 : Grand logement confort – maison (+5 pièces) (18,8%)
S9 : Actif d'âge mûr, famille nombreuse (10%)	
S10 : Actif âgé travailleur indépendant (10%)	
S11 : Actif très qualifié, employeur (11%)	

2.3 Description du modèle

On dispose, pour les deux dates 1973 et 1993, des tableaux de données **P** dont le terme général P_{shz} désigne le nombre de ménages du groupe social s dans les logements du type d'habitat h de l'arrondissement z et **L** dont le terme général L_{hz} désigne le nombre de logements de la catégorie h de l'arrondissement z . A partir de là nous établissons les modèles démographique et économique :

- Le modèle démographique permet de calculer à chaque étape t (t variant de 0 (1973) à 19 (1993)) le nombre de ménages par groupe social s et par arrondissement z de la façon suivante :

$$P_{zs}^{t+1} = \sum_{s'} (P_{zs'}^t \times T_{s's}) + I_{zs}$$

où

- $T_{s's}$ est un coefficient obtenu en combinant le taux de croissance endogène du groupe social s et la probabilité d'une transition du groupe social s vers un autre groupe s' . Cette probabilité est définie selon les règles suivantes : la transition entre catégories sociales est faible (termes diagonaux élevés); la transition entre catégories sociales est liée à l'âge des ménages; la transition consiste en un passage d'une catégorie sociale défavorisée vers une plus favorisée.
- I_{zs} désigne le nombre des ménages *immigrants* entrant dans un groupe social s d'un arrondissement z . Elle est calculée sur la base de la proportion de ménages arrivés à Bogota durant les cinq dernières années précédent le recensement de 1993.

On définit également un modèle d'évolution du parc de logements, selon lequel à l'étape t et pour le nombre de logements de la catégorie h de l'arrondissement z , on a :

$$L_{zh}^t = m_{zh} \times L_{zh}^{73}$$

où $m_{zh} = \sqrt[20]{\frac{L_{zh}^{93}}{L_{zh}^{73}}}$ représente le coefficient multiplicateur correspondant à un taux d'accroissement annuel constant du nombre de logements.

- Le modèle économique permet de répartir les ménages dans les différents types d'habitat de tous les arrondissements. Pour cela, on considère, à chaque étape t , une fonction de gain (ou de satisfaction) de chaque groupe social s d'un arrondissement z , correspondant à une mobilité intra-urbaine de $M_{zs,z'h}$ ménages vers l'habitat h de l'arrondissement z' ; elle est calculée de la façon suivante :

$$G_{zs}(M_{zs}) = \sum_{z',h} M_{zs,z'h} (D_{z'h} - C_{zz'} - R_{sh})$$

où :

- 1) $M_{zs} = \{ M_{zs,hz'} \}$ est l'ensemble des mobilités résidentielles intra-urbaines $M_{zs,hz'}$ des ménages du groupe s de l'arrondissement z . Considérant l'ensemble de ces mobilités, la population est redistribuée de la façon suivante : $P_{zs} = \sum_{z',h} M_{zs,z'h}$ et $P_{zh} = \sum_{z',s} M_{zs,z'h}$;

- 2) $D_{z'h} = 1 - \frac{\sum_{z',s} M_{zs,z'h}}{L_{z'h}}$ correspond à la possibilité de déménager. Ce paramètre varie entre 0 et 1 ; il exprime la *capacité d'accueil de l'arrondissement z'* pour le logement de type h . Il y aura saturation lorsque $\sum_{z',s} M_{zs,z'h} = L_{z'h}$ où la matrice L est définie à partir du modèle d'évolution du parc présenté ci-dessus ;

- 3) $C = [C_{zz'}]$ qui peut être considérée comme une *matrice de connectivité* représente les coûts de mobilité variant entre 0 et 1; elle est calculée à partir des distances entre arrondissements; plus le coût est faible, plus l'arrondissement d'arrivée est attractif par rapport à celui du départ. Cette matrice d'ordre (19,19) tient compte de l'organisation spatiale de Bogota et des axes à privilégier tels que centre-périphérie, nord-sud ou est-ouest selon la connaissance que nous avons de la ville ;

- 4) $R = [R_{sh}]$ est la *matrice du rejet* et est inversement proportionnelle à la préférence d'un groupe social pour un type d'habitat. Elle est calculée à partir des attractions entre groupes sociaux et types d'habitat telles qu'elles apparaissent en considérant le tableau de contingence croisant les deux typologies et les valeurs sont comprises dans l'intervalle $[0,1]$.

Chaque groupe social d'un arrondissement (z,s) cherche la stratégie résidentielle $[M_{zs,z'h}]$ qui maximise la fonction de satisfaction G . Chaque entité (z,s) a sa propre stratégie et ignore celles des autres. Nous étudions alors l'équilibre spatial [Aubin 80; Nagurney 98] qui s'installe et qui est caractérisé par :

- il y a des mobilités intra-urbaines pour un groupe social donné d'un arrondissement vers des types d'habitat d'un autre arrondissement ($M_{zs,hz'} \geq 0$) si la satisfaction de déménager est supérieure ou égale aux coûts de déménager $D_{z'h} - C_{zz'} - R_{sh} \geq 0$.
- sinon ($M_{zs,hz'} = 0$), la satisfaction est inférieure au coût du déménagement ($D_{z'h} - C_{zz'} - R_{sh} < 0$).

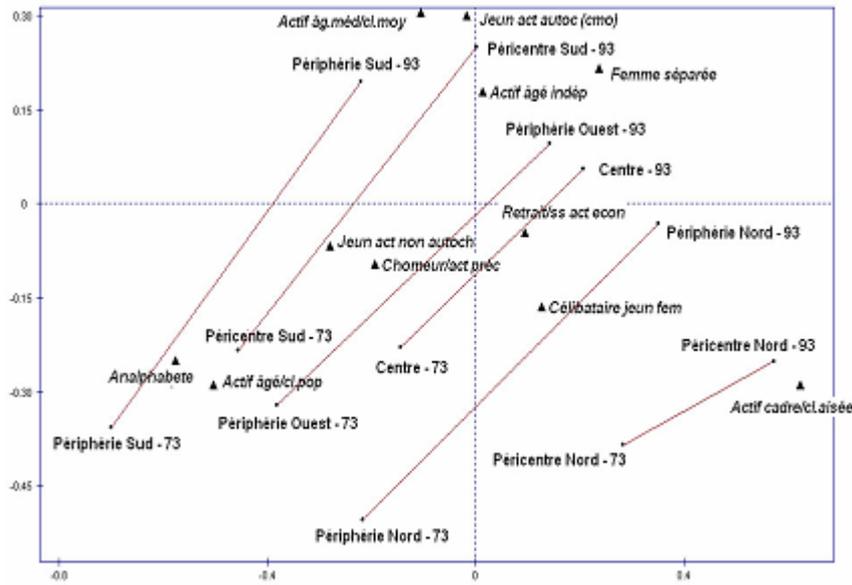
3 Résultats et discussion

3.1 Eléments de validation du modèle

Nous nous fixons comme résultat à reproduire à partir des données du recensement de 1973, les structures socio-spatiales de Bogota observées par le recensement de 1993 et leurs dynamiques entre ces deux années.

Cette dynamique est représentée par le plan factoriel principal de l'analyse des correspondances (cf figure 2) réalisée sur la matrice d'information spatiale croisant les groupes sociaux avec les arrondissements décomposés par dates. L'axe 1 reflète une échelle sociale : il oppose les classes défavorisées (gauche) aux classes favorisées (droite) ; l'axe 2, quant à lui, oppose les classes moyennes (haut) aux classes extrêmes (bas). En projetant les six grandes zones urbaines de Bogota en 1973 et en 1993 et en représentant leur trajectoire, le sens de l'évolution va du bas-gauche vers le haut-droite : les arrondissements populaires du sud en 1973 hébergent d'avantage de classes moyennes en 1993 (compte tenu de la croissance démographique importante entre les deux dates, il s'agit bien d'une « mixité » par arrivée de populations nouvelles et non une simple substitution des catégories sociales); les arrondissements du nord (ceux du péricentre encore plus que ceux de la périphérie) caractérisés par la présence de classes aisées en 1973 voient cette caractéristique s'affirmer en 1993.

Figure 2 : Dynamique socio-spatiale de Bogota entre 1973 et 1993 – Plan factoriel (1,2)



3.2 Mise en œuvre du modèle : les données en entrée et les simulations

Le modèle démographique repose sur les trois matrices déterminées à partir des données des recensements de 1973 et 1993 : la matrice d’immigrants, la matrice de transition entre groupes sociaux et la matrice d’évolution du parc de logements. Les taux d’évolution et de croissance nécessaires à l’élaboration des matrices sont établis et ajustés à partir de ces données.

Le modèle économique met en jeu les deux matrices « coût », celle de connectivité entre arrondissements et celle de préférence (ou de rejet) d’un groupe social pour un type d’habitat. Ces matrices traduisent les hypothèses formulées sur le développement spatial de la ville et sur « le contexte socio-morphologique » du parc de logements tel que défini en introduction. En faisant varier les coefficients de ces matrices, on facilite, ou au contraire, on rend plus difficiles les mobilités résidentielles. On analyse ensuite les configurations socio-spatiales résultantes.

Le jeu de matrices « coûts » retenu rend compte, d’une part de la contiguïté entre arrondissements pour la connectivité et d’autre part d’une liaison entre groupe social et type d’habitat correspondant à celle observée sur l’ensemble des deux années, 1973 et 1993 à l’échelle de la ville. Deux simulations ont été réalisées sur ce jeu de matrices :

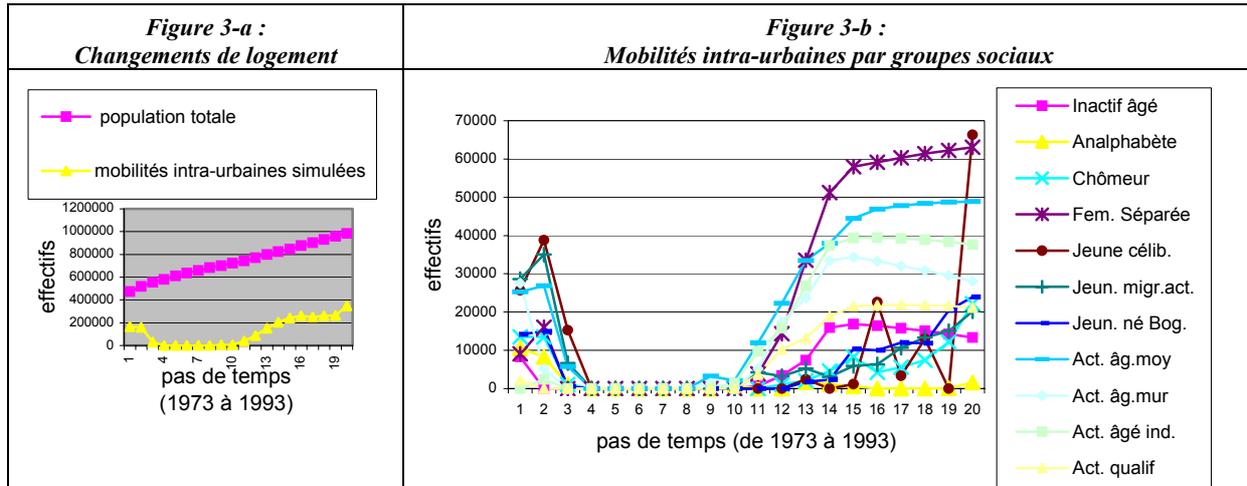
- la première conserve à la fois les coûts de mobilité liés à la connectivité et ceux associés à la préférence d’un groupe social pour un type d’habitat ;
- la seconde annule l’effet de connectivité, c’est-à-dire de contiguïté des arrondissements et renforce ainsi l’effet des différences sociales.

Ces premières simulations et leur comparaison vont permettre d’analyser le comportement du modèle c’est-à-dire sa réaction aux changements de coefficients.

3.3 Simulation 1 : prise en compte des effets des coûts de déménagement

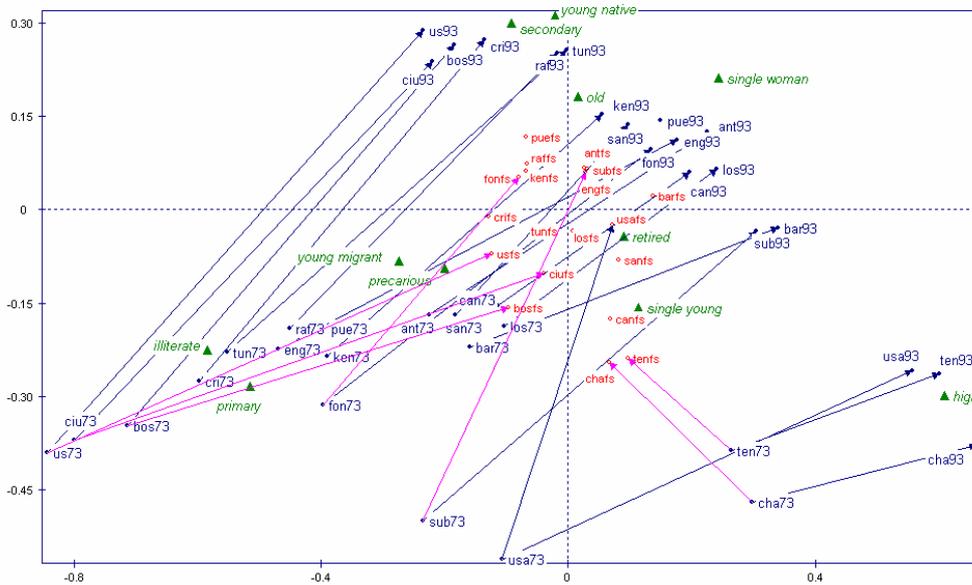
A la lecture de la figure 3-a, la proportion de ménages mobiles (c’est-à-dire changeant de logement) est de l’ordre d’un tiers. La figure 3-b met en évidence des évolutions de forme générale semblable, dont les amplitudes varient néanmoins selon les groupes sociaux, phénomène qu’il reste à expliquer. Les jeunes célibataires se distinguent par une forte augmentation de leur mobilité en fin de période. Il conviendrait, par ailleurs, de voir si la chute des mobilités observée entre les 3^{ème} et 10^{ème} pas de temps est une conséquence du système de l’équilibre du marché de logement ou s’il s’agit d’un artefact lié à l’initialisation du modèle.

Figure 3 : Simulation 1 - Prise en compte des effets des coûts de déménagement



L'examen de la figure 4 montre que les simulations finales, mises en éléments supplémentaires et censées coïncider avec les données de 1993, se projettent au centre du plan ; les profils des arrondissements se confondent avec le profil moyen, ce qui traduit une diminution des écarts entre arrondissements.

Figure 4 : Simulation 1 - Prise en compte des effets des coûts de déménagement
Dynamique socio-spatiale de Bogota entre 1973 et 1993 – Plan factoriel (1,2)



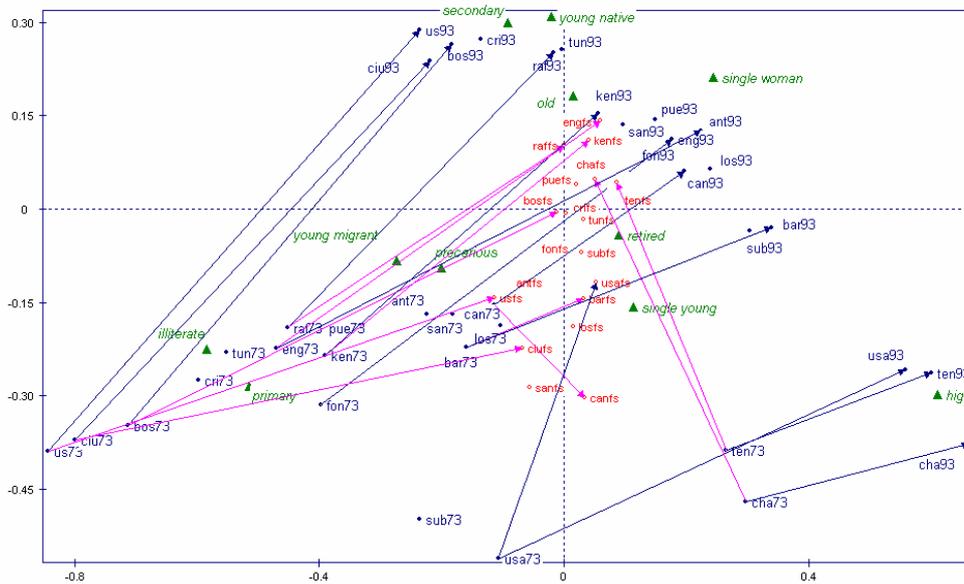
3.4 Simulation 2 : annulation de l'effet de connectivité

En éliminant l'effet de connectivité c'est-à-dire en favorisant la circulation entre arrondissements quelle que soit leur position relative, on augmente l'effet des différences sociales.

En effet, par rapport à la figure 4, les simulations de l'année 1993, projetées en supplémentaires (cf figure 5), sont davantage expliquées par l'axe 2 qui oppose les groupes sociaux des classes extrêmes aux groupes des classes moyennes.

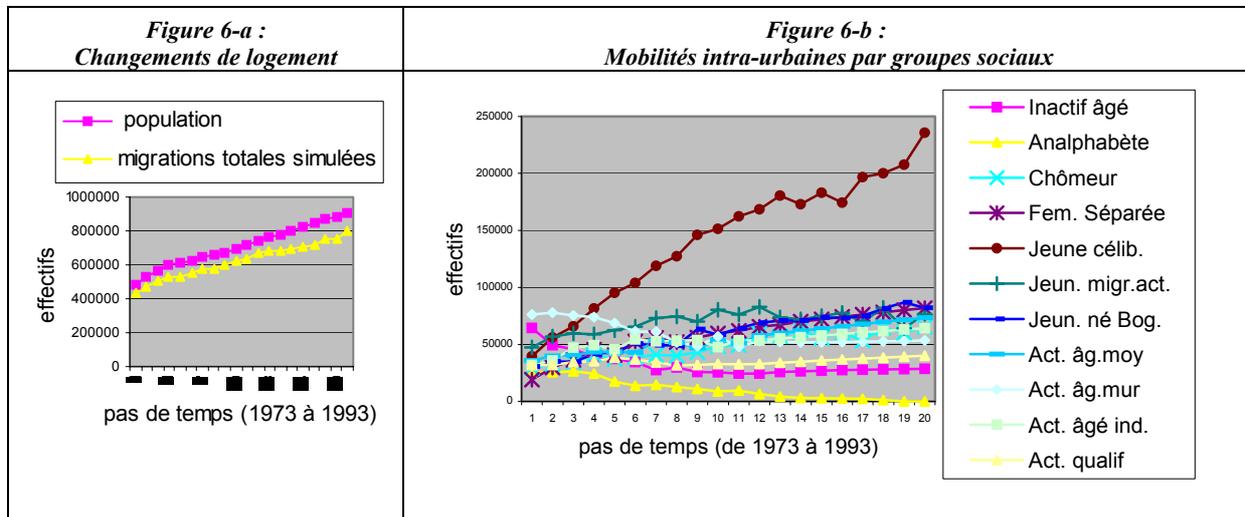
Mais alors que les arrondissements marqués par des groupes sociaux plutôt favorisés (Chapinero, Teusaquillo) se confondent ici au centre du plan, les arrondissements du centre historique (la Candelaria, Santa Fé) ont tendance à se répartir sur les valeurs extrêmes.

Figure 5 : Simulation 2 - annulation de l'effet de connectivité
 Dynamique socio-spatiale de Bogota entre 1973 et 1993 – Plan factoriel (1,2)



L'annulation de la connectivité intervient de façon particulièrement intense sur la mobilité résidentielle des jeunes célibataires ; quant à l'évolution de la mobilité des autres groupes sociaux, elle demeure régulière tout au long de la période, se maintenant à un niveau très élevé.

Figure 6 : Simulation 2 - Annulation de l'effet de connectivité



4 Conclusion

Cette première étape d'analyse de le comportement du modèle doit permettre d'une part de réajuster les matrices du modèle démographique et d'autre part de discuter des comportements résidentiels de certains groupes sociaux, de la configuration des arrondissements compte tenu de leur capacité d'accueil, de l'impact de la connectivité sur les résultats. Les étapes suivantes permettront de calibrer le modèle et d'élaborer des scénarios et des hypothèses sur les formes sociales et spatiales d'évolution de la ville.

Ce modèle, en cours de développement, prend en compte dans sa version actuelle, l'effet de l'immigration à Bogota, mais ne considère pas de façon explicite l'effet de l'émigration. Cet effet sera considéré dans un second temps en raffinant à la fois le modèle démographique et la matrice de connectivité.

De ces premières expériences, nous pouvons conclure que la prise en compte d'un niveau intermédiaire (groupes localisés de ménages et de logements), plutôt que du niveau individuel (de ménages ou de logements comme c'est le cas pour des modèles en microsimulation), rend plus souple la prise en compte ou l'élimination de ces effets.

Se situer à ce niveau de modélisation nécessite de travailler sur des éléments de synthèse plus complexes (les groupes de ménages sont des agrégats à qui on attribue des comportements résidentiels identiques et que l'on fait évoluer) ; mais d'une part, ce niveau intermédiaire offre l'avantage de considérer un nombre important d'individus (ménages et logements) et leurs caractéristiques et, d'autre part, permet une vision globale indispensable à la compréhension des mécanismes de la dynamique sociale et spatiale de la ville.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBIN J.P. (1980), *Mathematical Methodes of Game and Economic Theory*. Elsevier, Amsterdam.
- BADARIOTTI D. et WEBER C. (2002). « La mobilité résidentielle en ville. Modélisation par automates cellulaires et système multi-agents à Bogota », *L'Espace Géographique*, n°2, p97-108.
- DRIANT J.C. (1997), « Enjeux et contraintes des approches des marchés locaux du logement par la mobilité résidentielle », in *Comprendre les marchés du logement*, Coloos B. (sous la direction de), L'Harmattan, p101-102.
- DUREAU F. and FLOREZ C.E. (1999), "Enquêtes Mobilité spatiale à Bogota et dans 3 villes du Casanare (Colombie)". in *Biographies d'enquête. Bilan de 14 collectes biographiques*, Groupe de Réflexion sur l'approche biographique (éd), Paris, INED-PUF, Coll. Méthodes et savoirs, pp 241-278.
- DUREAU F. (2000). « Bogota : une double dynamique d'expansion spatiale et de densification d'espace déjà urbanisés », in *Métropoles en mouvement: une comparaison internationale*. Dureau et al. (éd), Economica, collect. Villes.
- LEBART L., MORINEAU, A. et PIRON M. (2002). *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Paris, éd. Dunod, 4^{ème} édition, 437p.
- LELIEVRE E., LEVY-VROELANT C. (éd.) (1992), *La ville en mouvement : habitat et habitants*. Paris, L'Harmattan, Collection Villes et entreprises, 357 p.
- LEVY J.P. (1997), « Offre de logements et mobilité résidentielle : un point de vue socio-économique » in *Comprendre les marchés du logement*, Coloos B. (sous la direction de), L'Harmattan, pp103-116.
- MULLON C., PIRON M, TREUIL J.P. (2001). « An agent-based approach of urban migration flows ». ESS'2001, Marseille, p380-385.
- NAGURNEY A. (1998), *Networks economics: a variational inequality approach*. Advances in computational economics. Vol 10. Kluwer.
- SANDERS L. (éd.). (2001). *Modèles en analyse spatiale*, Paris, Hermes, 333p.
- VANBERGUE, D., TREUIL, J.-P., DROGOU, A. (2000). Modelling urban phenomena with cellular automata. In Ballot, G. et Weisbuch, G. (eds). *Applications of Simulation to Social Science*. Hermes, pp109-125