



HAL
open science

Modélisation de l'interaction transport-urbanisme - Choix résidentiels des ménages dans l'aire urbaine de Lyon

Marius Homocianu

► **To cite this version:**

Marius Homocianu. Modélisation de l'interaction transport-urbanisme - Choix résidentiels des ménages dans l'aire urbaine de Lyon. Economies et finances. Université Lumière - Lyon II, 2009. Français. NNT: . tel-00359302

HAL Id: tel-00359302

<https://theses.hal.science/tel-00359302>

Submitted on 6 Feb 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.

UNIVERSITE LUMIERE LYON 2
LABORATOIRE D'ECONOMIE DES TRANSPORTS
Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise

***MODELISATION DE L'INTERACTION TRANSPORT-
URBANISME - CHOIX RESIDENTIELS DES MENAGES DANS
L'AIRE URBAINE DE LYON***

Thèse pour le Doctorat en Sciences Economiques
Mention Economie des Transports

Présentée et soutenue publiquement le 29 janvier 2009 par

George Marius HOMOCIANU

Directeur de thèse : M. Patrick BONNEL

MEMBRES DU JURY :

M. Patrick BONNEL, E.N.T.P.E., *Directeur de Thèse*

M. Eric CORNELIS, Professeur - Université de Namur (Belgique), *Rapporteur*

M. Jean LATERRASSE, Professeur - Université Marne la Vallée, *Rapporteur*

M. Alain BONNAFOUS, Professeur - Université Lumière Lyon 2

M. Olivier FREROT, Directeur général - Agence d'Urbanisme de Lyon

M. Jean-Pierre NICOLAS, Chargé de recherche - E.N.T.P.E.

Remerciements

A ma famille, éloignée et pourtant si proche, qui a su me soutenir et encourager dans les moments difficiles. Ce travail, avec toutes les difficultés que nous avons dépassées ensemble, constitue la meilleure occasion de montrer une reconnaissance profonde à votre égard.

Je tiens à remercier tout d'abord Patrick BONNEL pour avoir assuré la direction de cette thèse et pour son soutien intellectuel et ses conseils pertinents.

Je remercie Messieurs Eric CORNELIS et Jean LATERRASSE pour avoir accepté de participer en tant que rapporteurs au jury, et Messieurs Alain BONNAFOUS, Olivier FREROT et Jean-Pierre NICOLAS pour avoir accepté de participer en tant que membres à ce jury.

Je souhaite remercier Jean-Pierre NICOLAS, directeur du projet SIMBAD et directeur adjoint du Laboratoire d'Economie des Transports, pour nos échanges et la confrontation de nos réflexions, et pour m'avoir permis de finir ma thèse dans les meilleures conditions.

Merci aux membres du Laboratoire d'Economie des Transports pour leurs conseils et avis pertinents.

Je voudrais remercier également la Direction Générale de l'Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise de m'avoir offert des conditions de travail particulièrement favorables. Un grand merci à Sylvia ROSALES-MONTANO, qui a encadré mon travail au sein de l'Agence, et aux collègues de l'Agence, pour leur compréhension et leur accueil chaleureux.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	5
CHAPITRE 1. MODELISATION DE L'INTERFACE TRANSPORT-URBANISME	12
INTRODUCTION	13
1.1. LES DIMENSIONS DE L'INTERFACE TRANSPORT – URBANISME	15
1.2. LES FONDEMENTS THEORIQUES DE L'ANALYSE ET DE LA MODELISATION DE L'INTERFACE TRANSPORT – URBANISME	27
1.3. LES MODELES D'INTERACTION TRANSPORT-URBANISME	36
1.4. LE MODELE – UN OUTIL D'AIDE A LA DECISION STRATEGIQUE : DES EXEMPLES D'APPLICATION	56
CONCLUSION	64
CHAPITRE 2. MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS DES MENAGES	66
INTRODUCTION	67
2.1. APPROCHES THEORIQUES DE LA MOBILITE ET DE LA LOCALISATION RESIDENTIELLE	69
2.2. LES FACTEURS DETERMINANTS DES CHOIX RESIDENTIELS	79
2.3. LA MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS : LA THEORIE DES CHOIX DISCRETS	89
CONCLUSION	99
CHAPITRE 3. LE CAS DE L'AIRE URBAINE DE LYON	100
INTRODUCTION	101
3.1. LE CONTEXTE DE LA MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS DES MENAGES DE L'AIRE URBAINE DE LYON : LE PROJET SIMBAD (SIMULER LES MOBILITES POUR UNE AGGLOMERATION DURABLE)	102
3.2. LA PLATEFORME DE SIMULATION URBAINE URBANSIM	115
3.3. LES SOURCES DE DONNEES ET LES VARIABLES DISPONIBLES POUR LA MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS	123
CONCLUSION	146
CHAPITRE 4. ANALYSE ET MODELISATION DE LA MOBILITE RESIDENTIELLE DES MENAGES DE L'AIRE URBAINE DE LYON	147
INTRODUCTION	148
4.1. ETUDE EXPLORATOIRE SUR LES RELATIONS ENTRE LES VARIABLES LIEES AU COMPORTEMENT DE MOBILITE RESIDENTIELLE DES MENAGES	150
4.2. IDENTIFICATION DES DETERMINANTS DE LA MOBILITE RESIDENTIELLE ANNUELLE DES MENAGES	155
4.3. ANALYSE DES COMPORTEMENTS DE MOBILITE RESIDENTIELLE DES MENAGES	161
4.4. LE MODELE DE CHOIX DE CHANGEMENT DE RESIDENCE DES MENAGES	165
CONCLUSION	170

CHAPITRE 5. ANALYSE ET MODELISATION DES CHOIX DE LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES DANS L'AIRE URBAINE DE LYON	171
INTRODUCTION	172
5.1. ETUDE EXPLORATOIRE D'IDENTIFICATION DES RELATIONS ENTRE LES VARIABLES LIEES AU COMPORTEMENT DE LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES – TRAITEMENT DES DONNEES DE L'ENQUÊTE LOGEMENT 2002	173
5.2. ANALYSE STATISTIQUE DE LA REPARTITION TERRITORIALE DES MENAGES DANS L'AIRE URBAINE DE LYON	180
5.3. ANALYSE DES COMPORTEMENTS DE LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES DE L'AIRE URBAINE DE LYON	205
5.4. MODELISATION DU CHOIX DE LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES	219
CONCLUSION	232
CONCLUSION GENERALE	234
<i>Bibliographie</i>	<i>241</i>
<i>ANNEXES</i>	<i>251</i>

INTRODUCTION GENERALE

Le fonctionnement urbain est caractérisé par des déplacements et des localisations, qui se co-déterminent l'un l'autre. Des interactions fortes et complexes existent entre urbanisation, demande de déplacement et offre de transport. Le tout évolue dans un ensemble de contraintes urbaines, environnementales, politiques et légales qui ne peuvent être ignorées.

Le fait que les transports et l'aménagement du territoire s'influencent mutuellement est une réalité généralement reconnue. La prise en compte et la compréhension de l'interaction transport-urbanisme est donc nécessaire et essentielle. Par exemple, pour prendre des décisions sur un projet de nouvelle infrastructure de transport, les acteurs publics s'interrogent sur les effets à court, moyen et long terme de sa mise en service sur l'occupation du sol, en termes de localisation résidentielle ou des activités économiques. Réciproquement, ils cherchent à mesurer les effets des localisations sur les déplacements.

Les enjeux des politiques publiques en matière de planification et de coordination entre le volet transports et le développement urbain sont multiples et généralement communs aux agglomérations urbaines : diminuer le temps dédié aux déplacements quotidiens de la population en assurant une cohérence entre la répartition de l'habitat et des emplois sur le territoire, limiter le plus possible l'étalement urbain, maîtriser l'usage de l'automobile et développer l'usage des modes doux, favoriser l'urbanisation autour des nœuds de transport (gares, stations de transport collectif en site propre...), lutter contre la ségrégation sociale dans le territoire à travers des dessertes plus importantes des quartiers sociaux, etc.

La diversité de ces enjeux reflète la complexité des interactions entre transport et urbanisme dans le fonctionnement urbain. Dans ce contexte, l'analyse et la modélisation de la problématique de l'interaction entre transport et urbanisme est justifiée, à la fois, par l'importance pratique et la complexité de l'objet étudié.

Même si le fait que toute démarche de planification, au niveau global, doit prendre en compte l'interaction entre le système des transports/déplacements et le système des localisations est évident, dans la pratique, cette coordination se heurte à de nombreuses difficultés.

Comment articuler la composante transports à l'urbanisation ? Cette question, apparemment très simple, a fait l'objet de nombreux débats ces dernières années et continue à alimenter la réflexion tant sur le plan théorique que sur celui de la modélisation des interactions transport-urbanisme. La coordination transport-urbanisme est ainsi devenue sujet d'actualité scientifique et politique (en Europe, elle a été reprise dans les programmes de recherche de l'UE (Union Européenne)).

La problématique de la thèse

L'interface transport-urbanisme désigne les interactions complexes qui existent entre le système des transports et celui des localisations (des ménages et des activités), en tant que composantes du système urbain global, pour un territoire donné, dont le fonctionnement est déterminé par les comportements de la population en matière de déplacements et localisation spatiale.

La problématique de l'interface transport-urbanisme relève donc d'une réalité complexe, multidimensionnelle. Un modèle est, par définition, une simplification d'une réalité complexe. Toute démarche de modélisation est centrée sur la question de la causalité logique entre les différentes dimensions du système multidimensionnel à modéliser. L'enjeu de la modélisation est d'établir l'existence et la forme de ces relations.

Dans notre cas, nous cherchons à modéliser le fonctionnement du système urbain global, afin de comprendre les interactions entre les différents sous-systèmes urbains et de simuler des politiques de transport et d'aménagement urbain. Ce cadre général correspond à l'objet d'étude du projet SIMBAD (SIMuler les MoBilités pour une Agglomération Durable), dans lequel s'inscrit la recherche menée dans cette thèse.

Les choix de localisation constituent l'une des dimensions clés du système urbain global. Des questions liées à la localisation des différentes activités dans l'espace urbain apparaissent partout dans les enjeux majeurs de la planification et de la coordination des politiques de transport et d'urbanisation. Cependant, ce concept de localisation recouvre une diversité d'aspects. A côté des activités économiques et commerciales, des infrastructures physiques et des processus sur les marchés correspondants, la localisation des activités résidentielles constitue une dimension importante dans le fonctionnement urbain, étant en relation avec les transports et les autres activités de la ville.

Dans la modélisation transport traditionnelle, qui s'appuie généralement sur la structure classique des modèles à quatre étapes, l'impact des choix de localisation sur les transports est pris en compte. Toutefois, les choix de localisation sont considérés comme exogènes au modèle transport. La rétroaction de l'impact du système des transports sur le système des localisations n'est donc pas prise en compte. C'est pour cette raison que la problématique de cette recherche a été définie autour de la question de la relation transport-urbanisme, ou plus précisément, de l'impact de la composante transports/déplacements sur la localisation. Elle sera centrée uniquement sur la localisation résidentielle des ménages dans le territoire urbain,

sachant que l'autre composante de la localisation – celle des activités économiques, fera l'objet d'un modèle parallèle au sein de SIMBAD.

Lorsqu'on traite de l'impact des transports sur l'urbanisation, on trouve au cœur de cette relation la notion d'accessibilité. L'accessibilité est aussi l'un des facteurs qui orientent les choix des ménages en matière de localisation résidentielle.

Il faut remarquer la complexité de la notion d'accessibilité, à laquelle correspond une multitude de mesures ou d'indicateurs. Ceux-ci peuvent varier selon la mesure qu'on adopte (la distance, le temps ou le coût d'accès) ou selon le type d'opportunités à atteindre (le centre, les infrastructures de transport, les activités économiques, les services commerciaux, les établissements d'enseignement, etc.).

L'objectif de la thèse est donc de proposer une modélisation des comportements résidentiels des ménages. La décision des ménages en matière résidentielle est en fait un processus unique qui intègre deux composantes : le choix de changement de résidence (ou de déménagement) et le choix d'une nouvelle localisation. Compte tenu de ce fait, théoriquement, il serait plus réaliste de modéliser les décisions en matière résidentielle des ménages (mobilité + localisation) par un seul modèle. Toutefois, étant donné le fait qu'on ne dispose pas des données nécessaires pour ce faire, la décision sera décomposée en deux choix : celui de mobilité résidentielle et celui de localisation (solution qui est, par ailleurs, proposée dans la version actuelle d'URBANSIM). La recherche s'appuiera sur le cas lyonnais, qui est le territoire retenu pour le projet SIMBAD. Le choix du territoire répond aux exigences de la prospective SIMBAD, qui se place au niveau du bassin de vie de l'agglomération lyonnaise, tout en tenant compte des contraintes d'accès aux données et des périmètres existant. Le modèle est ainsi construit sur l'aire urbaine de Lyon.

L'année de calage du modèle est 1999 (qui correspond au dernier Recensement Général de la Population et pour laquelle on dispose des bases de données les plus complètes), et les estimations serviront à faire des simulations dans SIMBAD à un horizon d'environ 20 ans (2025), ce qui correspond à l'échelle temporelle à laquelle il est possible de travailler avec ce type d'outils.

La démarche adoptée

Le cadre général de modélisation, dans lequel s'inscrit notre thèse, est celui du projet de recherche SIMBAD, à l'intérieur duquel la logique de fonctionnement de la plateforme de

simulation urbaine URBANSIM a été retenue. Le choix d'URBANSIM répond aux attentes de SIMBAD, et il a été effectué en tenant compte d'un certain nombre de critères (fondements théoriques, caractère dynamique, structure modulaire) au regard des différents modèles LUTI (*Land Use Transport Interaction*). La structure d'URBANSIM va donc orienter notre démarche de modélisation des choix résidentiels.

Comme préalable à toute modélisation, une analyse des facteurs déterminants des comportements résidentiels des ménages est nécessaire. Elle vise à comprendre comment les ménages s'adaptent aux changements de la société.

L'objectif du modèle de choix résidentiels sera d'expliquer et de prévoir les choix des ménages en fonction de l'évolution des variables explicatives. Ce type de modèles vise à prévoir la probabilité qu'un ménage change de résidence et son choix en matière de nouvelle localisation. Il sera appliqué pour simuler l'évolution du système urbain sous diverses hypothèses d'évolution du contexte et pour tester des politiques de transport et d'urbanisme.

Toute démarche de modélisation doit s'appuyer sur une étude de son objet via une analyse statistique des variables et des relations entre les variables d'intérêt proposées par la littérature correspondante. Cette étude permet de prendre connaissance de la situation concrète du phénomène étudié sur le territoire concerné – dans notre cas, le comportement de mobilité et de localisation résidentielle des ménages dans l'aire urbaine de Lyon.

L'approfondissement de l'analyse des comportements de choix des ménages en matière résidentielle débouchera finalement sur la proposition d'une modélisation des choix de mobilité et de localisation résidentielle des ménages qui, dans notre cas, va être fondée sur la théorie des choix discrets (approche de l'utilité aléatoire). La technique des choix discrets fournit une solution pertinente pour la modélisation des choix résidentiels des ménages, si on tient compte du fait qu'un modèle stochastique est préférable à un modèle déterministe pour modéliser les comportements des ménages et que cette approche fait partie de la famille des approches désagrégées (qui est d'ailleurs adoptée par le système de modélisation d'URBANSIM).

Le plan de la thèse

Dans le premier chapitre, l'objectif est de rendre compte du cadre général dans lequel s'inscrit la problématique de la thèse, qui correspond à l'analyse et la modélisation de l'interaction transport-urbanisme dans le mécanisme de fonctionnement urbain global. Dans un premier temps, nous illustrons la complexité de la problématique de l'interaction transport-

urbanisme, qui nécessite une simplification des relations afin d'identifier les principales composantes concernées par cette interaction. Nous abordons ensuite les fondements théoriques sur lesquels s'appuient l'analyse et la modélisation de l'interface transport-urbanisme. Ces différents fondements théoriques sont utilisés et combinés dans la construction des modèles LUTI. La section suivante, centrée sur la modélisation, présente la notion de modèle et les modèles d'interaction transport-urbanisme, avec leur logique de fonctionnement. Nous proposons une classification illustrée par quelques exemples de modèles. Enfin, pour se rendre compte de l'utilité de ces outils, nous présentons les apports concrets de la modélisation en tant qu'outil d'aide à la décision publique, à travers de quelques exemples d'application.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude des choix des ménages en termes de mobilité résidentielle et de localisation résidentielle et les liens de ceux-ci avec la structure urbaine et le système de transport et déplacements. Cette analyse nous amène vers la proposition d'une méthode de modélisation de ces choix. Dans cette logique, la première section apporte les éléments théoriques sur lesquels s'appuie l'analyse des choix résidentiels des ménages. Après avoir introduit les éléments qui décrivent les liens entre ces choix et les transports / déplacements, nous présentons les différentes approches théoriques sur le sujet des choix résidentiels des ménages. Dans la section suivante, nous présentons une analyse bibliographique sur les déterminants des choix de mobilité et localisation résidentielles des ménages. Nous observons, d'une part, les motivations qui sont à l'origine des décisions de changement de résidence et les facteurs d'influence (les critères de choix) de la mobilité résidentielle, et d'autre part, les déterminants de la localisation résidentielle (autant les caractéristiques des ménages que celles de l'environnement résidentiel). Cette analyse vise à identifier les facteurs (variables) susceptibles d'être intégrés dans notre modèle de choix résidentiels. En conclusion, nous développons la technique de modélisation retenue le plus souvent par les modèles LUTI, à savoir l'approche des choix discrets fondée sur la théorie de l'utilité aléatoire, avec ses différentes formulations.

L'objectif du troisième chapitre est d'introduire la problématique lyonnaise par rapport au cadre d'analyse et de modélisation des choix des ménages en termes de mobilité et localisation résidentielle. Nous présentons le projet SIMBAD, avec la plateforme de simulation urbaine URBANSIM, qui a été choisie et qui va orienter notre travail de modélisation des choix résidentiels. Ensuite, nous présentons les données disponibles sur l'aire urbaine de Lyon, qui seront utilisées pour modéliser la mobilité et la localisation résidentielle des ménages sur ce territoire.

Dans le quatrième chapitre, nous traitons la première étape du processus de décision résidentielle des ménages, celle du choix de déménagement. La première section du chapitre donne une image d'ensemble sur les relations importantes qui se manifestent entre ces variables et la mobilité résidentielle des ménages. Dans la deuxième section, nous tentons d'identifier les facteurs déterminants de la mobilité résidentielle annuelle des ménages, qui seront utilisés dans le modèle de choix de déménagement. L'analyse des tableaux croisés réalisée dans la troisième section permet de valider et d'expliquer les constats des analyses précédentes sur le comportement de mobilité résidentielle des ménages lyonnais. Enfin, la dernière section est dédiée à la construction du modèle de changement de résidence des ménages, qui passe par les étapes de spécification, de calage sur les données de l'aire urbaine de Lyon et de validation du modèle estimé.

Enfin, le dernier chapitre a pour objet d'étudier et de modéliser les comportements de choix de localisation résidentielle des ménages de l'aire urbaine de Lyon. Une première tentative d'identification des facteurs liés à la localisation résidentielle des ménages de l'aire urbaine de Lyon, tels qu'ils ressortent de l'analyse des données de l'Enquête Logement 2002, sera effectuée dans la première section. Elle sera complétée, dans la deuxième section, par une analyse en termes de répartition territoriale des ménages dans l'aire urbaine de Lyon, basée sur les données agrégées du Recensement Général de la Population de 1999, qui nous fournit des informations plus précises sur la localisation des ménages (localisation à l'IRIS). La section suivante fera l'objet d'une étude plus fine, désagrégée et variable par variable, des comportements de localisation résidentielle des ménages en fonction de leurs caractéristiques. Enfin, la dernière section sera consacrée à la modélisation de la localisation des ménages. Nous proposons deux alternatives pour le logit multinomial. Dans la première, nous considérons comme alternatives de choix pour les ménages les différents types d'IRIS en fonction de leur degré d'urbanisation. Dans la deuxième, qui correspond à la structure de la plate-forme de simulation URBANSIM, les ménages font un choix parmi l'ensemble des zones en fonction des caractéristiques de celles-ci.

CHAPITRE 1. MODELISATION DE L'INTERFACE TRANSPORT- URBANISME

INTRODUCTION

L'interface transport-urbanisme reflète les interactions complexes qui existent entre le système des transports et le système des localisations (des ménages et des activités), en tant que composantes du système urbain global, pour un territoire donné. Le fonctionnement de celui-ci est conditionné par les comportements de la population et des acteurs économiques en termes de demande de déplacements et de localisation spatiale (résidentielle et de l'emploi).

La problématique de l'interface transport-urbanisme relève donc d'une réalité complexe, multidimensionnelle. Un modèle est, par définition, une simplification d'une réalité complexe (Bonnell, 2004, Masson, 2000). Toute la démarche de la modélisation doit être centrée sur la question de la causalité logique, le modèle traduisant en fait un schéma causal. Cette causalité implique la corrélation statistique entre les différentes dimensions du système multidimensionnel à modéliser, l'enjeu de la modélisation étant, de ce point de vue, d'établir l'existence et la forme de ces relations. Mais, dans la construction d'un modèle, il ne faut pas se contenter d'analyser uniquement en termes de corrélations, il faut aussi représenter le sens de ces relations. La mise en évidence par un modèle des corrélations existantes nous permet de faire l'hypothèse de l'existence d'un lien causal, mais cette hypothèse doit être confrontée à la connaissance que l'on a de l'objet d'étude ou aux données empiriques existantes.

Dans notre cas, la réalité à modéliser est le fonctionnement du système urbain, et l'enjeu est double : d'une part, comprendre les interactions entre les différents sous-systèmes urbains, et d'autre part, simuler des politiques de transport et d'aménagement urbain.

L'objet de ce premier chapitre est l'analyse des interactions qui se manifestent entre transport et urbanisme (notamment, l'impact des transports sur l'urbanisation) et la modélisation de ces interactions, qui peut servir d'outil d'aide à la décision pour les acteurs publics.

Le chapitre est structuré dans quatre sections. Au début, pour introduire et rendre compte de la complexité de la problématique de l'interface transport-urbanisme, nous illustrons la multiplicité des dimensions de cette interface, en essayant d'identifier les grandes composantes qui se détachent par rapport à notre problématique (première section). Le concept d'accessibilité, qui se trouve au centre de la relation transport-urbanisme, fera l'objet d'une analyse plus détaillée en fin de cette première section. Les fondements théoriques sur lesquels s'appuient l'analyse et la modélisation de l'interface transport-urbanisme sont

présentées dans la deuxième section. Ces différents fondements théoriques sont utilisés et combinés dans les modèles. La troisième section, centrée sur la modélisation, présente la notion de modèle et les modèles d'interaction transport-urbanisme, avec leur logique de fonctionnement, une proposition de classification et quelques exemples de modèles. Enfin, pour se rendre compte de l'utilité de ces outils, dans la quatrième section nous présentons les apports concrets de la modélisation en tant qu'outil d'aide à la décision publique, à travers quelques exemples d'application.

1.1. LES DIMENSIONS DE L'INTERFACE TRANSPORT - URBANISME

Les enjeux des politiques publiques en matière de planification et coordination entre le volet transports et le développement urbain sont multiples et imbriqués. A titre d'exemple, on va citer quelques uns des enjeux majeurs « transport-urbanisme », communs aux agglomérations urbaines (Kaufmann et al., 2003) :

- diminuer le temps dédié aux déplacements quotidiens de la population en assurant une cohérence entre la répartition de l'habitat et des emplois/activités sur le territoire ;
- limiter le plus possible l'étalement urbain et favoriser les modes d'urbanisation moins consommateurs d'espace ;
- maîtriser l'usage de l'automobile pour limiter la dispersion urbaine ;
- développer le réseau de transport public dans tous les territoires ;
- renforcer les infrastructures de transports et favoriser l'urbanisation autour des nœuds de transport public : gares, stations de transport collectif en site propre... ;
- lutter contre la ségrégation sociale dans le territoire à travers des dessertes plus importantes des quartiers sociaux ;
- favoriser l'utilisation des modes de transport moins consommateurs d'énergie et moins polluants, en cohérence avec les objectifs liés à la protection de l'environnement ;
- ...

On voit donc la complexité d'une action en matière de transport d'agglomération, qui se trouve au carrefour d'actions publiques multiples : environnement, transport, aménagement du territoire, économie, volet social. La multiplicité des enjeux de la coordination entre transport et urbanisme reflète la multidimensionalité de l'interface transport-urbanisme. L'analyse et la modélisation de la problématique de l'interaction entre transport et urbanisme, justifiée par l'importance pratique de l'objet étudié, nécessite une définition de cette problématique, dans le sens d'un éclairage sur les dimensions de la réalité à étudier.

Les différents chercheurs, par leur positionnement vis-à-vis de ces enjeux, ont tenté d'identifier et de structurer les différentes dimensions de l'interface transport-urbanisme dans le fonctionnement urbain.

1.1.1. Le débat sur les dimensions de l'interface transport-urbanisme

Comprendre la relation transport-urbanisme signifie appréhender sa complexité. La multiplicité des liens et des corrélations entre transports et urbanisme a fait l'objet de nombreuses démarches analytiques et de recherche.

On va illustrer ces aspects en faisant référence à des chercheurs représentatifs, qui appartiennent à des sphères d'étude différentes, comme l'urbanisme, les transports, l'économie ou la modélisation.

Lowry (1964), qui a construit le modèle de base de la localisation urbaine, a abordé l'interface transport-urbanisme en postulant que la structure des usages du sol, à un moment donné, est déterminée en même temps, par :

- la nature et la localisation des activités industrielles d'une ville, et
- les distances ou les temps de transport entre les zones de cette ville.

Pour cet auteur les dimensions clé de cette interface sont :

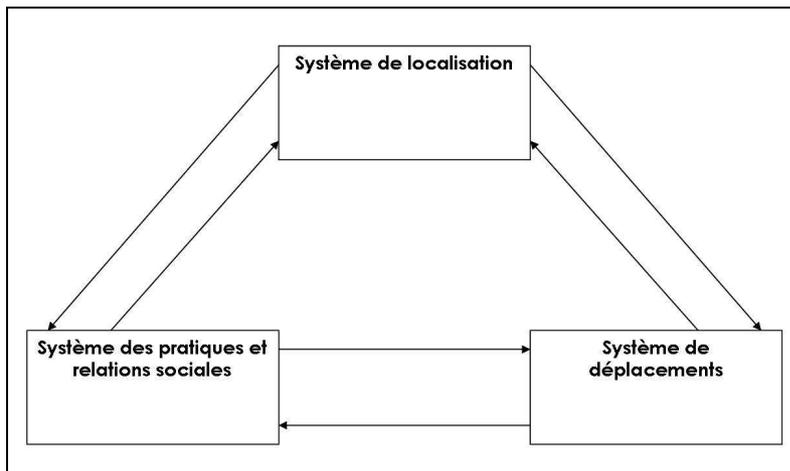
- la localisation de la population dans le territoire,
- le volume de l'emploi des services rendus à la population et sa localisation dans les territoires, et
- la structure des déplacements domicile-travail et domicile-commerces.

Plus récemment, Bonnafous et Puel (1983) décrivent l'interaction entre transport et urbanisme par une triple relation entre sous-systèmes du système urbain (figure n° 1) :

- Le sous-système des localisations : conditionne la formation des déplacements dans la mesure où la demande de déplacements est une demande « utilitaire » (les individus se déplacent dans le but de réaliser une activité).
- Le sous-système de déplacements : intervient sur le système des localisations, par le biais du développement des infrastructures et l'introduction/renforcement de nouveaux modes de transport. Ainsi, l'amélioration des systèmes de transport, et donc les changements dans les niveaux d'accessibilité habitat/emploi/activités, peut potentiellement modifier la structure de la mobilité – activités.

- Le sous-système de pratiques et relations sociales : les activités de la vie quotidienne (le travail, les achats, les loisirs, etc.) s’inscrivent dans le fonctionnement de la société, et de ce fait ce sous-système désigne le déroulement des activités des citoyens, scandé notamment par l’organisation temporelle de la société urbaine.

Figure n°1 : Les interactions entre sous – systèmes au sein du système urbain



Source : A partir de Bonnafous et Puel, 1983.

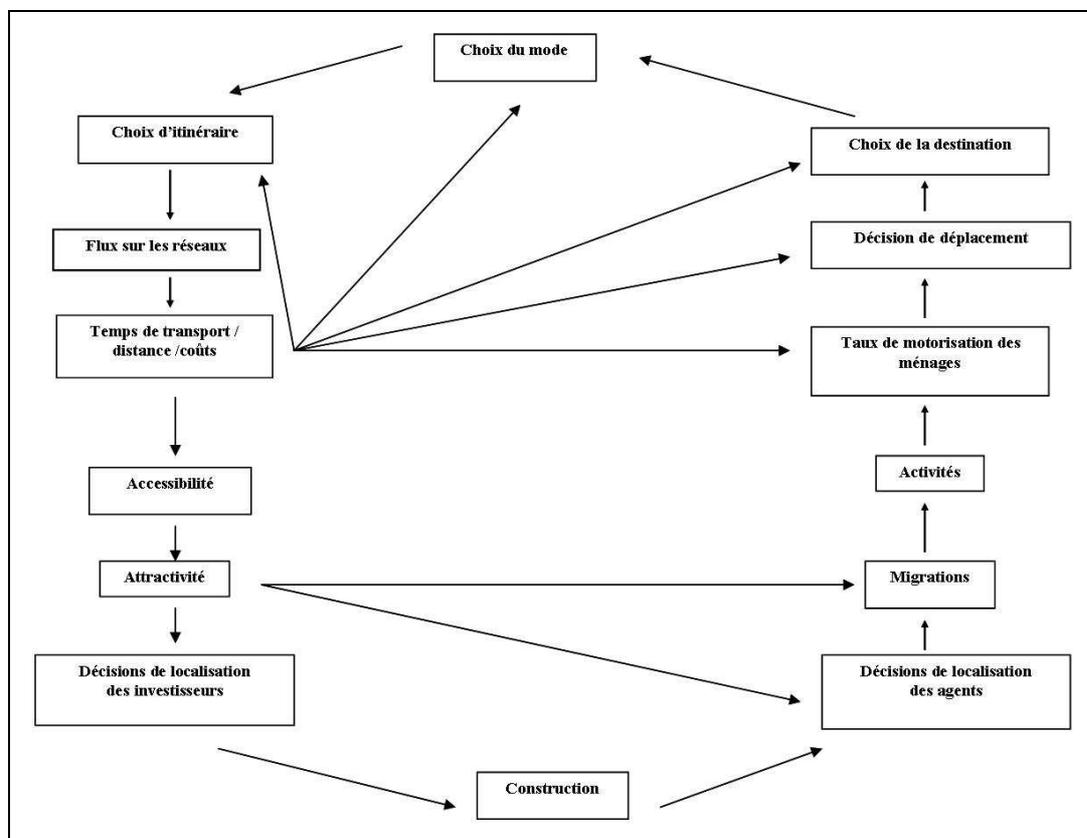
Cette présentation simplifiée des interfaces de base, peut être complexifiée pour insister sur les aspects dynamiques des interrelations. Wegener (2000) distingue, afin de modéliser le fonctionnement urbain, huit sous-systèmes : les réseaux, le mode d’occupation des sols, les lieux d’emploi, les lieux de résidence, l’emploi, la population, le transport de marchandises et les déplacements de personnes.

Dans ce système, les interactions transport-urbanisme forment une « boucle de rétroaction » (figure n° 2), et sont décrites ainsi :

- La distribution des modes d’occupation des sols urbains, telles que les aires résidentielles, industrielles ou commerciales, détermine la localisation des activités humaines telles la résidence, le travail, les achats, l’éducation ou le loisir.
- La distribution de ces activités entraîne des interactions spatiales matérialisées par des déplacements.
- Les déplacements se réalisent dans les systèmes de transport selon une séquence de choix : posséder une automobile, décider de se déplacer ou non, choisir une destination, un mode et un itinéraire de déplacement.

- Les décisions se traduisent par des flux sur les réseaux et éventuellement par des phénomènes de congestion et des temps, des distances et des coûts de déplacements accrus. Ceci détermine alors les conditions de l'accessibilité.
- Les niveaux d'accessibilité associés à d'autres indicateurs d'attractivité, conditionnent les choix de localisation des investisseurs et celles des nouvelles constructions, donc les modifications du système d'urbanisation qui déterminent en retour les décisions de localisation des résidents et des activités.

Figure n°2 : « Boucle de rétroaction » transport-urbanisation

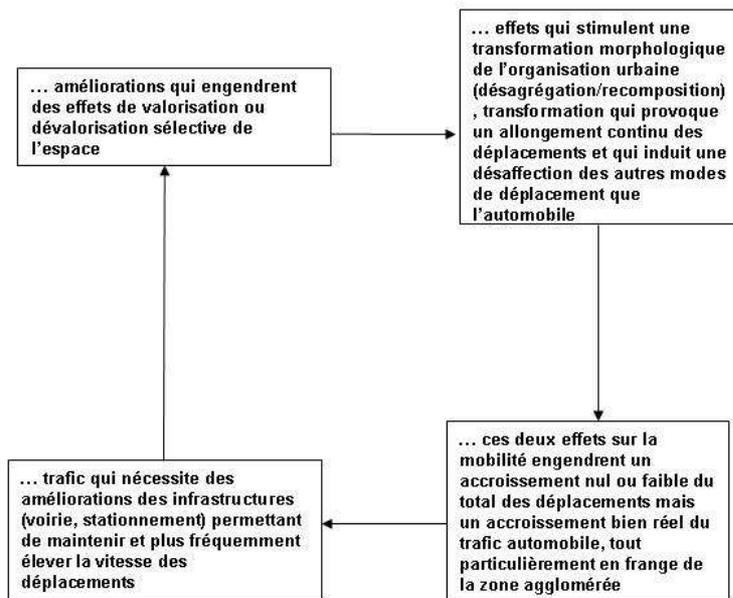


Source : Wegener, 2000.

La nécessité de comprendre la transformation du système est aussi un enjeu. M. Wiel (1999), par exemple, représente la ville (ou les territoires) comme un système dynamique qui s'adapte en permanence aux comportements et aux interactions de ses occupants. De ce fait, ce système est dessiné par les choix que les ménages et les entreprises réalisent pour organiser leur mobilité en fonction des localisations souhaitables et possibles (habitat/emploi), de

l'offre, des capacités de mobilité (motorisation, revenus...). La dynamique de la transformation de ce système par les nouvelles conditions de la mobilité urbaine suit, selon l'auteur, la logique suivante (figure n° 3) :

Figure n°3 : La dynamique du système urbain



Source : Wiel, 1999.

1.1.2. Les grandes composantes de l'interaction transport-urbanisme

En essayant d'établir une convergence entre les approches qui viennent d'être présentées, on peut mettre en évidence les grandes composantes concernées par l'interaction transport-urbanisme :

- La composante déplacements/transports, qui vise la structure des déplacements par modes de transport, motifs du déplacement, le volume et la longueur des déplacements
- La composante localisation/occupation du sol, qui vise la localisation résidentielle (les choix résidentiels des ménages en fonction de leurs caractéristiques sociodémographiques et économiques) et des activités

économiques (la répartition sur le territoire des activités industrielles, commerciales et tertiaires)

- La composante accessibilité, qui vise l'accès aux différentes activités et services urbains (lieu d'emploi, établissements d'enseignement, espaces commerciaux, équipements de loisir, infrastructures de transport, centre de la ville, etc.)

La mise en évidence de ces grandes composantes facilite la compréhension du fonctionnement du système urbain global, et va nous aider aussi à comprendre la logique des modèles d'interaction transport-urbanisme, dans lesquels la connexion entre le module de transport et le module d'urbanisme est réalisée par la composante accessibilité.

La composante déplacements/transports

Les déplacements des personnes et le transport des marchandises constituent des services qui ont une place essentielle dans la ville. Le bon déroulement de la vie sociale et de l'économie d'une ville dépendent de l'efficacité et de la fluidité de son système de transport.

Bonnafous et Puel (1983) donnent la définition suivante au sous-système de transports : « celui-ci est constitué tout à la fois des flux de biens et de personnes qui parcourent la ville et de ce qu'il convient d'appeler le système de transport ».

Manheim (1979) considérait que la composante transports d'une aire urbaine doit être considéré comme un système multimodal unique. L'analyse de ce système suppose d'étudier la formation des flux de déplacement, sa structure et ses déterminants. Les déplacements résultent de la rencontre entre l'offre de transport (les réseaux) et la demande de circulation (qui dépend du système d'activités). La demande de déplacement renvoie aux comportements de choix des individus, et est une demande dérivée, le déplacement étant effectué non pour lui-même, mais comme un moyen de se rendre en certaines localisations, dans le but de réaliser certaines activités, telles que le travail, les études, les achats, le loisir, la résidence.

La composante localisation/occupation du sol

Cette composante désigne l'utilisation du sol, que ce soit aux fins d'usage direct (voirie, espaces verts, etc.) ou comme supports d'immeubles.

La localisation des activités, comme sous-système du système urbain, est représenté par la répartition dans l'espace des équipements où sont réalisées les activités humaines. Ces

équipements visent les résidences, les emplois, les établissements d'enseignement, les commerces, les équipements de loisirs.

A l'intérieur de ce sous-système se déroule les processus de production et de transformation de l'espace par les différents agents.

La composante accessibilité

La composante transports intervient sur la composante localisation par le biais du développement des infrastructures. L'amélioration du réseau de transport a un impact sur les schémas d'activités via les changements dans les niveaux d'accessibilité des différentes activités. Ainsi, la notion d'accessibilité est interprétée par certains auteurs comme le lien économique entre le système de transports et le système de localisation.

Etant donnée l'importance de ce principe d'accessibilité par rapport à la problématique de notre thèse, principe qui est à la base de l'organisation interne de l'espace urbain, on va accorder une attention particulière à cette notion.

1.1.3. L'accessibilité – au centre de la relation transport-urbanisation

La composante accessibilité se trouve au cœur de la relation transport-urbanisation. Elle influence la localisation des activités urbaines, déterminant l'utilité du choix de localisation des activités résidentielles et économiques dans le territoire.

Etant donnée sa complexité, la notion d'accessibilité fait l'objet de plusieurs propositions de définition et de mesure. Le choix d'une mesure ou d'une autre dépend finalement de l'objectif suivi par l'application envisagée.

De façon générale, l'accessibilité est une mesure de la séparation spatiale des activités humaines, ou bien de la facilité avec laquelle les activités peuvent être atteintes à partir d'une localisation donnée. Mais cette notion ne peut pas se résumer à une mesure de séparation spatiale, elle doit prendre en compte les coûts de transport et le motif du déplacement, qui est l'activité urbaine envisagée. Certains auteurs proposent même de construire des mesures d'accessibilité individuelles, sur la base de la théorie comportementale de l'individu.

Sous l'hypothèse d'une ville monocentrique, on peut avoir une première idée sur l'accessibilité en l'appréciant en termes de distance, coût ou temps d'accès au centre. Généralement, on considère que le temps de déplacement est une mesure plus adéquate pour apprécier le coût du transport que la distance. Il est à noter que la configuration géographique

de certaines villes rende la distance physique difficile à utiliser pour approximer l'accessibilité.

Néanmoins, si on tient compte du fait que la plupart des déplacements constituent des moyens pour atteindre un objectif, pour effectuer une activité, une mesure de l'accessibilité qui reflète la distribution des activités à l'intérieur d'une ville semble pertinente, ou en tout cas plus adéquate et plus complète qu'un indicateur de distance, temps ou coût de transport, qui décrit simplement la facilité de parcourir une distance par un mode de transport donné.

En effet, il existe autant d'indicateurs d'accessibilité que de types d'opportunités : emplois, établissements d'enseignement, commerces, loisirs etc. Ensuite, la mesure de la séparation spatiale peut être exprimée de différentes façons : en termes de distance, de temps réel ou perçu, de coût, de coût (temps) généralisé, et cela implique de considérer les modes de transport utilisés.

Si on se réfère à l'accessibilité individuelle, Ben Akiva et Lerman (1979) considèrent que la perception de l'accessibilité varie en fonction des caractéristiques individuelles, du motif de déplacement, et finalement, ils affirment qu'on ne peut pas parler d'un indicateur mais d'indicateurs d'accessibilité.

En fonction de l'objectif envisagé et de la définition que l'on adopte pour l'accessibilité, on peut avoir plusieurs mesures, avec une diversité des éléments et de leurs combinaisons dans l'indicateur d'accessibilité.

Ainsi, si on veut mesurer le degré de connexion entre deux points, on parle de mesure d'accessibilité relative (partielle), qui reflète l'effort nécessaire pour se déplacer entre les deux points. En revanche, si on veut décrire le degré d'interconnexion entre un point donné et tous les autres à l'intérieur d'un territoire, on parle de mesure d'accessibilité totale (globale), qui indique un temps moyen d'accès à l'ensemble des opportunités sous contrainte du système de transport.

Deux approches se distinguent dans la démarche de mesurer l'accessibilité : l'approche gravitaire, dans laquelle l'indicateur d'accessibilité est une fonction directe du volume d'opportunités et inverse de la séparation spatiale par rapport à ces opportunités, et l'approche des mesures isochroniques, indiquant le nombre d'opportunités qui peuvent être atteintes dans une distance ou un temps donnés, qui sont souvent utilisées dans les études de planification urbaine. Une limite importante des mesures isochroniques est qu'elles ne rendent pas compte des perceptions et de l'effort des individus pour atteindre, avec un mode de transport, les activités et services de la ville (Bonnaïfous et Puel, 1983 ; Caubel, 2006). Cependant, ce type

d'indicateurs présente un avantage pratique en termes de communication, étant « plus parlant ».

L'avantage des mesures gravitaires est qu'elles considèrent toutes les destinations possibles des déplacements et évitent ainsi la nécessité de faire des hypothèses subjectives et parfois aléatoires sur la frontière spatiale à considérer. En général, une mesure de l'accessibilité qui reflète la répartition des opportunités dans un territoire semble plus pertinente ou au moins plus complète que les indicateurs de distance, temps ou coût de transport, parce qu'elle exprime d'une manière synthétique l'accès (la proximité) de l'individu à toutes les activités et services.

La mesure de l'accessibilité la plus utilisée découle de celle proposée par Hansen (1959) :

$$A_{ik} = \sum_j O_{jk} f(c_{ij}) \quad (1)$$

où :

A_{ik} - l'accessibilité de la zone i aux opportunités de types k dans les zones j

O_{jk} - une mesure des opportunités de type k offertes dans la zone j

c_{ij} - une mesure de la séparation spatiale entre i et j

$f(c_{ij})$ - la fonction de résistance aux déplacements

En fait, Hansen traduit la mesure de l'accessibilité comme le produit entre une fonction d'attraction (les opportunités des zones de destination) et une fonction de résistance (la distance de déplacement). A partir de cette formule, on peut obtenir un ensemble de mesures de l'accessibilité, en fonction des types d'opportunités considérés (activités économiques, commerces, services, loisirs, etc.), de la façon d'exprimer la séparation spatiale (distance, temps ou coût), des modes de transport considérés ou de la façon de spécifier la fonction de résistance (les formulations les plus couramment utilisées sont du type hyperbolique – $1/d$ ou $1/d^2$ – et exponentielle négative – e^{-d}).

Cette formulation proposée par Hansen a été remise en cause par certains auteurs, particulièrement en raison de la forte dépendance des résultats par rapport à la formulation de la fonction de résistance, dont les formulations ont l'inconvénient de pondérer très fortement les distances faibles et de manière très faible et uniforme les distances élevées.

Ben-Akiva et Lerman (1979) considèrent qu'elle élimine toute considération sur les bénéficiaires de l'accessibilité, les individus. Cette formulation de Hansen repose sur l'hypothèse que tous les individus d'une zone bénéficient du même niveau d'accessibilité. En effet, la perception de l'accessibilité varie en fonction des caractéristiques socio-économiques des individus. Ainsi, ils proposent une mesure de l'accessibilité basée sur l'approche de

l'utilité aléatoire. Cette mesure serait l'espérance du maximum d'utilité que le consommateur pourrait obtenir dans une situation donnée :

$$A_i = E(\text{Max}_k U_{ik}) \quad (2)$$

Une approche très intéressante est celle de Koenig (1974). Il propose une théorie économique de l'accessibilité qui cherche à évaluer l'utilité procurée par la possibilité d'accéder aux différents points d'intérêt de la ville par le réseau de transport. L'auteur part de l'insuffisance de la notion de coût généralisé, donnée par le fait qu'elle n'intègre que les facteurs négatifs (coûts monétaires, temps perdus), et donc elle ne peut pas traduire la satisfaction (utilité) ressentie par l'usager. La solution proposée par Koenig est d'associer à tout indicateur d'accessibilité les aspects positifs liés à l'amélioration de l'accessibilité. L'idée serait de mesurer l'utilité nette d'un déplacement pour un agent économique comme une différence entre la satisfaction attachée à la possibilité d'accéder à une destination donnée et le temps, l'argent ou l'inconfort qu'il faut « payer » pour s'y déplacer.

La théorie de Koenig s'appuie sur l'approche de la mesure de la satisfaction de l'usager de transport de Poulit (1974). Dans son indice de choix, Poulit propose qu'à toute progression linéaire du coût de transport soit associée une progression multiplicative des choix offerts à la destination. Mathématiquement, il propose donc de considérer le logarithme des ressources (biens) offertes pour exprimer la satisfaction de l'usager : $A_i = \log(R_j)$. La satisfaction ressentie par l'usager, pour une liaison $i - j$, s'obtient en retirant le facteur négatif, c'est-à-dire le coût généralisé de transport c_{ij} :

$$A_{ij} = \lambda \log(R_j e^{-\beta c_{ij}}) \quad (3)$$

L'indicateur (parfois appelé « logsomme ») proposé par Koenig pour mesurer l'accessibilité prend la forme suivante :

$$A_i = \lambda \log(\sum_j R_j e^{-\beta c_{ij}}) \quad (4)$$

où :

A_i – accessibilité (utilité, satisfaction) de l'individu par rapport à l'ensemble des choix possibles des activités de la ville

λ - constante d'ajustement

i – la zone de résidence de l'individu

R_j – nombre de ressources de la zone j

C_{ij} – coût généralisé du transport de la zone i vers la zone j

β – paramètre de la sensibilité au coût généralisé (coefficient de conductance des modèles gravitaires)

L'accessibilité d'une zone doit tenir compte de l'ensemble de destinations possibles de ses déplacements générés.

Caubel (2006) propose un indicateur d'accès à un panier de biens. Cet indicateur est défini par le temps minimal pour accéder, depuis le lieu de résidence des individus, à au moins une activité de chaque type de services du panier avec un mode de transport donné. L'accessibilité est donnée par le temps maximal parmi les temps minimaux d'accès à au moins une activité de chaque type de services :

$$\text{Accessibilité} = \text{Max}(T_{\min}^M(\text{achats}), T_{\min}^M(\text{santé}), T_{\min}^M(\text{démarches}), T_{\min}^M(\text{loisirs})) \quad (5)$$

avec M – mode de transport (VP ou TC)

Cette mesure donne une indication limitée sur la proximité des activités d'un lieu de résidence. Elle ne tient pas compte de la distribution et de la densité hétérogènes des activités et des individus, ni de leurs interactions au sein de l'espace urbain.

Un autre concept est celui de « prismes spatio-temporels » (Dijst et Vidakovic, 1997), qui tente de prendre en compte la dimension temporelle de l'accessibilité. Il s'agit de mesurer le volume d'activités potentiellement accessibles par les individus depuis un lieu donné de l'espace urbain, à un moment donné de la journée, sous les contraintes temporelles des individus et des activités. Le principe de ces prismes est que, pendant la journée, en fonction des contraintes spatiales et temporelles, le volume de ressources que peut atteindre un individu peut varier.

Hurd (1903) propose comme indicateur d'accessibilité la distance aux infrastructures de transport. Dans sa théorie, il postule que les aires résidentielles tendent à se développer le long des voies rapides. Elle est confirmée par l'étude de Asabere et Huffman (1996), qui évalue l'impact des infrastructures majeures de transport de la ville de Philadelphie sur les prix des logements. En utilisant comme indicateur d'accessibilité la distance à l'infrastructure, ils trouvent, par un modèle de régression hédonique, que la valeur des appartements diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne des grands axes. La conclusion qu'ils tirent c'est que les logements situés le long des grands axes de transport capitalisent davantage les gains d'accessibilité que les infrastructures plus éloignées.

Benjamin et Sirmans (1996) déterminent que la présence d'une station de métro augmente le prix des logements situés à proximité. Un autre constat c'est le fait que la modification de la valeur du sol se produit plus rapidement que les changements de l'occupation du sol et peut donc influencer la forme urbaine.

La théorie de la rente urbaine postule que le centre d'emploi est le premier facteur déterminant de la valeur des logements. Dans les centres d'emploi, les logements sont les plus chers et la densité de la population est la plus élevée.

Palmquist (1982) affirme que l'un des indicateurs d'accessibilité les plus utilisés serait la part de l'emploi dans un temps donné d'accès au centre (central business district – CBD). Mais on peut dire que cette approximation de l'accessibilité n'est raisonnable que dans la situation où on a des infrastructures desservant le centre.

1.2. LES FONDEMENTS THEORIQUES DE L'ANALYSE ET DE LA MODELISATION DE L'INTERFACE TRANSPORT - URBANISME

On a vu dans la section précédente qu'il existe des raisons fortes pour traiter les questions de transport et d'urbanisme non pas séparément, mais d'avoir une vision globale du fonctionnement urbain, dont la réalité est caractérisée par des interdépendances multiples entre ces deux composantes. Maintenant, on va voir sur quelles bases théoriques reposent les analyses concernant l'interaction entre transport et urbanisme et, par conséquent, les modèles correspondants qui ont été construits.

Cette section est organisée en 5 sous-sections. Une première approche consistante sur la question de l'interaction transport-urbanisme, fondée sur la théorie de la base économique, est celle de Lowry, présentée dans la première sous-section. La deuxième sous-section présente les éléments de la microéconomie urbaine qui constituent une base théorique importante pour la compréhension des interactions entre transport et urbanisme dans les agglomérations. L'analyse entrée-sortie de Leontief, présentée dans la troisième sous-section, offre des éléments théoriques utiles pour la compréhension et la modélisation de l'interaction entre transport et urbanisme dans le cadre du fonctionnement du système urbain. Le principe de maximisation de l'entropie de la théorie de l'information et son utilisation dans la modélisation de l'interaction transport-urbanisme est présenté dans la quatrième sous-section. Les éléments de la théorie de l'utilité aléatoire, qui a l'avantage d'intégrer de nouvelles hypothèses économiques sur les comportements ayant un caractère plus réaliste, sont présentés dans la cinquième sous-section.

1.2.1. L'approche de Lowry fondée sur la théorie de la base

L'approche de Lowry (1964) est celle qui a débouché sur le premier modèle à ambition opérationnelle qui introduisait le système de transport comme facteur structurant des formes urbaines et qui peut être considéré comme le précurseur des modèles intégrés transport-urbanisme d'aujourd'hui.

Le modèle de Lowry est fondé notamment sur la théorie de la base économique, qui cherche à expliquer les principes de croissance des agglomérations urbaines. Dans une perspective macroéconomique, elle définit la ville comme un ensemble de relations économiques.

Le point de départ de cette approche réside dans une analyse dichotomique des fonctions urbaines, en faisant la distinction entre les fonctions qui répondent à la demande externe et qui déterminent la spécialisation de la ville dans la division spatiale du travail (appelées activités de la base), et les fonctions qui répondent aux besoins locaux de la population (appelées activités dérivées). En accord avec la théorie keynésienne de la croissance économique, les activités exportatrices ont le rôle central dans la croissance urbaine. Ce sont donc les activités basiques qui deviennent le moteur de la croissance urbaine. Les revenus des personnes qui y travaillent dépendent de leur croissance, mais, en raison des multiples mécanismes d'interdépendance dans la production et la consommation, les revenus des activités qui leur sont reliées et des activités de services fournies à la population urbaine globale sont influencés par cette croissance.

La difficulté liée à la théorie de la base économique est la détermination des activités basiques. Généralement, seules les activités industrielles sont considérées comme basiques à l'échelle d'une ville, tout en considérant les activités tertiaires comme dérivées. Le problème c'est que l'on ne dispose pas d'informations quantitatives sur les exportations urbaines.

Dans le modèle de Lowry, la théorie de la base permet d'estimer deux variables liées à la base économique – la population résidente et l'emploi dans le secteur des services. Le modèle utilise aussi le principe d'interaction spatiale, sous la forme de deux modèles gravitaires à contrainte unique, utilisés pour répartir, d'une part, la population autour des lieux de travail (modèle résidentiel), et d'autre part, l'emploi du secteur des services autour des résidences et des lieux de travail (modèle de localisation des services).

Le modèle de simulation des localisations urbaines de Lowry avait comme objectif de simuler la structure des usages du sol à un moment donné sur la base des informations concernant la nature et la localisation des activités industrielles d'une ville et la matrice des distances ou des temps de transport entre les zones de cette ville. Le modèle était censé estimer la localisation de la population dans les zones de la ville, le volume de l'emploi des services rendus à la population et sa localisation dans ces zones et le schéma des déplacements domicile-travail et domicile-commerces (la demande de déplacements) de la ville.

L'hypothèse sous-jacente à la logique de localisation est que le choix résidentiel est déterminé uniquement par l'accessibilité aux lieux de travail, sans même considérer les valeurs foncières, et le choix de localisation des activités est orienté par l'accessibilité de la clientèle potentielle.

Dans la logique du modèle, le volume de la population résidente totale dépend du total des emplois de la ville. La population est répartie dans les différentes zones en fonction du nombre total d'emplois et d'une fonction de résistance aux déplacements domicile-travail. Ainsi, la population localisée dans chaque zone sera une fonction de l'accessibilité de cette zone aux opportunités d'emploi, sous une contrainte de densité résidentielle maximale.

Parmi les limites de ce modèle, on peut évoquer la faiblesse de la spécification des modèles d'interaction spatiale et son caractère statique. Les deux modèles d'interaction spatiale de Lowry sont insuffisamment spécifiés dans le sens où le modèle de localisation résidentielle ne satisfait pas la contrainte de destination, c'est-à-dire qu'il ne garantit pas que la somme de ceux qui se déplacent pour travailler en différentes zones de destination est égale au nombre de postes de travail existants dans ces zones, et le modèle de localisation des activités est pareillement limité (Masson, 2000). Le caractère statique du modèle implique qu'il ne prend pas en compte la variation dans le temps du rapport entre activités basiques et activités dérivées, sachant qu'avec la croissance de la dimension urbaine l'importance relative des activités de service augmente elle-aussi.

Cependant, ce modèle a fait l'objet de nombreuses extensions, et sa logique à inspiré plusieurs modèles d'interaction transport-urbanisme, comme ITLUP (Putman, 1973-1974), DRAM (Putman, 1983), LILT (Mackett, 1983) ou celui de Anas (1984).

1.2.2. La théorie de la microéconomie urbaine

Les apports de la microéconomie urbaine pour l'analyse des interactions entre transport et urbanisme sont significatifs. Elle offre des éléments très intéressants pour la compréhension de ces interactions dans le cadre du fonctionnement urbain global. Les contributions de Von Thünen (1826), Wingo (1961) et Alonso (1964) constituent les travaux fondateurs de ce champ, et cette direction a été continuée et développée par le courant de la Nouvelle Economie Urbaine.

Cette approche se préoccupe notamment des comportements des ménages en termes de choix de localisation résidentielle et de formation du prix foncier.

Alonso (1964) propose une transposition de la théorie de la localisation agricole de Von Thünen à la localisation résidentielle et des firmes urbaines, pour expliquer le fonctionnement interne de la ville. Pour cela, il construit une approche économique dans laquelle il cherche à relier la rente foncière à l'utilisation des sols.

Le modèle d'Alonso se base sur un certain nombre d'hypothèses ayant un caractère très réducteur. Ainsi, la ville est considérée circulaire, monocentrique et implantée sur une plaine isotrope. Le modèle monocentrique s'appuie sur l'hypothèse de base selon laquelle dans la ville, le centre attire la plupart de l'activité (l'emploi) de sa région et le résidentiel est situé autour de ce centre. Une autre hypothèse de cette théorie est que les décisions de localisation résidentielle et le prix du logement sont une fonction de l'accessibilité – coût de transport, du coût du terrain et du revenu du ménage.

Selon la logique proposée par Alonso, dans le jeu du marché résidentiel, les résidents sont en compétition pour les différentes zones, en accord avec leur disponibilité à payer pour accéder à ces zones (« bid rent theory »). La localisation des différents groupes relativement homogènes de la population doit être en accord avec le gradient de leur courbe « bid rent ». Les valeurs foncières résultent d'un arbitrage entre les coûts de transport et l'accessibilité. Les coûts de transport augmentent avec la distance au centre d'emploi (« central business district ») et sont identiques pour l'ensemble des ménages suburbains, et donc les rentes et les densités diminuent avec la distance au centre. L'augmentation des coûts de transport entraîne un accroissement de la pente de la rente de marché et une réduction de la taille de la ville. Inversement, lorsque les coûts de transport diminuent, la pente de la rente s'aplatit, et la taille de la ville de la ville augmente, l'amélioration des transports abaissant les valeurs foncières au centre tout en les augmentant à la périphérie, ce qui favorise l'urbanisation de nouvelles surfaces.

Dans son approche, Wingo (1961) donne aussi un rôle central aux transports dans le fonctionnement urbain, en considérant que le marché foncier est conditionné par les transports urbains. Son apport essentiel c'est la prise en compte dans le modèle d'un coût généralisé de transport au lieu d'un coût de transport fonction linéaire de la distance au centre. Ce coût généralisé reflète l'ensemble des dépenses monétaires de transport et la valeur attribuée au temps de trajet. Il arrive à la conclusion que l'amélioration du réseau de transport entraîne une diminution des valeurs foncières et des densités résidentielles et une extension de la ville.

Face au caractère réducteur des hypothèses de ces modèles, divers auteurs ont tenté d'apporter des améliorations, en levant certaines hypothèses.

Mills (1967) a introduit dans son modèle le secteur des transports en tant que secteur de production.

Capozza (1973) considère deux modes de transport : le métro, qui doit être construit près du centre urbain, et la route, qui doit couvrir tout le territoire urbain.

Anas et Shyong Duann (1985) ont essayé d'intégrer l'effet de capitalisation du réseau de transport dans les biens fonciers et immobiliers, dans un modèle qui avait comme objectif de rendre compte de l'impact d'une amélioration des transports sur les valeurs des biens immobiliers en milieu urbain.

Ryan (1999) a souligné aussi que les hypothèses faites sur les coûts de transport et les distances dans le modèle initial sont valables que si les villes sont supposées monocentriques. Les villes polycentriques génèrent des schémas de déplacement difficilement prévisibles dans la mesure où les dessertes offertes par l'infrastructure peuvent ne pas satisfaire les besoins de certaines catégories de ménages ou de firmes. Dans ce cas, il est possible que les coûts de transport et la distance à l'infrastructure ne soient pas corrélés.

En dehors des hypothèses simplificatrices déjà évoquées, l'approche de la microéconomie urbaine présente certaines limites. De la Barra (1989) a identifié les principaux défauts : les consommateurs et les producteurs sont supposés disposer d'une information parfaite sur les conditions du marché, ils ont une mobilité à faible coût et peuvent apparaître et disparaître sans coûts, les fonctions d'utilité sont supposées déterministes, l'approche est trop agrégée (on raisonne sur un individu moyen) et a un caractère statique.

Malgré cela, les éléments de cette approche constituent, dans une mesure plus ou moins importante, les fondements théoriques pour les analyses et les modèles interactifs transport-urbanisme. Les modèles de la microéconomie urbaine apportent des éclairages essentiels sur le comportement des agents économiques dans la ville, sur les déterminants des choix de localisation des ménages ou sur l'impact des transports sur les formes urbaines.

1.2.3. L'analyse entrée-sortie de Leontief

Une autre approche de nature économique, l'analyse entrée-sortie, offre des éléments théoriques utiles pour la compréhension et la modélisation de l'interaction entre transport et urbanisme dans le cadre du fonctionnement du système urbain. Cette approche est fondée sur le modèle des interdépendances sectorielles de Leontief. L'intérêt de cette approche réside dans le fait qu'elle introduit la dimension de la production et ses relations avec la structure urbaine ou régionale. Parfois, on considère le modèle de la base économique comme un cas particulier de modèle entrée-sortie (avec seulement deux secteurs de production).

Dans un modèle entrée-sortie, on considère une matrice $n \times n$ représentant les flux de vente en ligne et d'achat en colonne. Il s'agit des flux annuels intermédiaires qui se manifestent entre les n secteurs de produits locaux. Dans la matrice on a également des colonnes

présentant les ventes de chaque secteur à la demande finale (consommation privée, publique, investissements et exportations), et des lignes présentant les diverses composantes de la valeur ajoutée des différents secteurs (salaires et profits) et les importations.

La matrice entrées-sorties permet d'établir les flux de vente du secteur i vers le secteur j . A partir de ceux-ci, on peut déterminer les « coefficients techniques », qui représentent le rapport entre les flux de vente entre les deux secteurs i et j et la valeur de la production du secteur acquéreur. Ces coefficients techniques indiquent combien d'unités monétaires de produit i il faut pour produire une unité monétaire de produit j . A partir de la matrice des coefficients techniques on obtient la matrice inverse de Leontief, qui ensuite permet de calculer la production de chaque secteur i déterminée par la demande finale adressée à chacun des secteurs j .

L'hypothèse de base des modèles entrée-sortie est l'absence de rendements d'échelle, pour que les coefficients techniques demeurent constants malgré l'accroissement de la production.

Dans les modèles urbains, l'approche des matrices entrée-sortie est utilisée pour représenter les liens entre les différents acteurs, en termes de besoins des entreprises en employés, les besoins des employés en résidences, les besoins des résidents en commerces, etc. En fait, les secteurs économiques se « consomment » mutuellement : l'industrie « consomme » les ménages, les ménages « consomment » des services et du terrain, les activités de services consomment des ménages et du terrain, etc. Ces matrices permettent de calculer les niveaux des besoins d'échange (que l'on peut appeler « flux fonctionnels »).

L'approche entrée-sortie a été implémentée notamment dans les modèles d'interaction transport-urbanisme MEPLAN et TRANUS. Dans le modèle MEPLAN, l'analyse entrée-sortie est utilisée pour traiter les interactions entre les activités, en se basant sur l'hypothèse que la production d'une activité économique consomme d'autres types d'activités et, dans le cycle de production, est consommée par d'autres activités. Dans TRANUS, les activités économiques sont également représentées par un modèle entrée-sortie, qui est utilisé pour effectuer les calculs concernant l'occupation des sols et pour produire les matrices des flux fonctionnels entre les zones.

1.2.4. La théorie de l'information et la maximisation de l'entropie

Wilson (1970) a introduit dans le champ de l'analyse du comportement spatial le concept d'entropie, emprunté à la thermodynamique. L'entropie est utilisée en thermodynamique pour

mesurer le degré de désordre atteint par un système physique. En fait, ce concept décrit le parcours d'un système soumis à une influence externe, qui va de l'ordre au désordre, c'est-à-dire d'une situation de faible probabilité à une situation de forte probabilité. Le principe de l'entropie a été repris dans la théorie de l'information, où il permet, dans une situation d'information imparfaite, de déterminer la tendance la plus probable du système qui correspond à sa condition d'équilibre (ou d'entropie maximale).

Wilson applique le principe de l'entropie à un système spatial, représenté par une matrice de déplacements (interactions) entre une série de zones d'origine et de zones de destination. L'information de base est limitée au macro-état du système, c'est-à-dire au nombre de résidents dans chaque zone d'origine et au nombre d'emplois dans chaque zone de destination. Le micro-état du système, c'est-à-dire la localisation de chaque résidence et de chaque emploi, est inconnu, mais on peut considérer que ce n'est pas important. L'inconnue importante est le nombre d'habitants de chaque zone d'origine qui se rend tous les jours au travail dans chaque zone de destination. En introduisant l'entropie du système, Wilson détermine la probabilité qu'une personne effectue un déplacement de la zone d'origine i vers la zone de destination j . Mais, comme le souligne Fustier (1988), il ne faut pas interpréter ces probabilités comme une tentative de formalisation des comportements individuels. Wilson ne s'intéresse pas à l'individu, mais au comportement global du groupe. Le degré de désordre maximal atteint par le système spatial correspond à une répartition uniforme des activités de chaque unité spatiale, distribution qui est la plus fréquente. Le degré d'ordre (ou de désordre) d'un système spatial dépend du nombre de contraintes imposées. Dans une situation avec un maximum de contraintes (par exemple, quand un planificateur territorial décide de minimiser la consommation du sol et de maximiser les économies d'échelle dans la construction et le transport), l'habitat résidentiel et les lieux d'emploi seront concentrés dans une seule zone. Au contraire, en absence de contraintes, le principe de l'entropie pousse le système vers le désordre et la probabilité maximale, c'est-à-dire, vers une situation de répartition spatiale homogène des deux activités. Dans la réalité, la distribution qui a le plus de chance d'être observée n'est pas la distribution homogène, car le degré de désordre est limité par l'introduction de contraintes.

L'approche par l'entropie conduit, en fonction des choix des contraintes, à différentes formulations. L'une des plus utilisées de ces formulations correspond à la spécification gravitaire (issue de la théorie de la gravitation universelle de Newton). En fait, on peut considérer que l'approche par l'entropie est une justification théorique des modèles gravitaires.

1.2.5. La théorie de l'utilité aléatoire

L'approche de l'utilité aléatoire, qui est apparue suite aux travaux sur la théorie des fonctions d'utilité aléatoire et des choix discrets (Domencich et McFadden (1975), Anas (1983), Wegener (1994)), intègre de nouvelles hypothèses économiques sur le comportement des acteurs. Elle est, en fait, l'adaptation de la théorie classique du consommateur au champ des choix discrets, et vise à donner un caractère plus réaliste aux modèles de la microéconomie urbaine.

Dans les modèles standards, on considère une fonction d'utilité de l'individu (consommateur) représentant ses préférences qui est de type déterministe, en accord avec la théorie économique néoclassique, qui suppose que l'individu dispose d'un pouvoir discriminant parfait qui lui permet de déterminer sa préférence de manière certaine et cohérente. On fait aussi l'hypothèse qu'il existe une règle de décision de l'individu qui est stable.

Or, en réalité, même si les individus sont dans des situations identiques, leurs choix ne sont pas uniformément rationnels, ni répétitifs. Il est nécessaire donc de prendre en compte la dispersion des préférences individuelles, qui est à l'origine de la variabilité des choix.

Les modèles de choix discret fondés sur la théorie de l'utilité aléatoire s'inscrivent dans la ligne des modèles probabilistes. La formulation probabiliste a l'avantage de permettre d'envisager des localisations discrètes et la possibilité de l'existence de différences entre les préférences individuelles.

Dans cette approche des économistes, ou plus précisément des économètres, introduit par McFadden, l'ensemble de la population est partitionnée en segments en fonction de différentes caractéristiques socio-économiques, dans chaque segment, les individus étant supposés statistiquement identiques. L'utilité de l'individu face à une alternative de choix parmi plusieurs a deux composantes : une composante déterministe, reflétant les caractéristiques de l'alternative et de l'individu, et une composante aléatoire, reflétant les éléments de subjectivité du décideur et les erreurs d'évaluation dues au manque d'information ou à la rationalité limitée de celui-ci.

Ces modèles permettent de calculer la probabilité de choix d'une alternative et donc de prévoir le comportement des décideurs, sur la base de certaines hypothèses sur la distribution de la composante aléatoire. Ils se basent sur le principe de la maximisation de l'utilité, selon lequel l'individu prend la décision en choisissant l'alternative qui lui procure la plus forte

utilité. La probabilité qu'un consommateur particulier choisisse une alternative est celle que l'utilité de cette alternative pour ce consommateur soit la plus élevée (plus élevée que pour toutes les autres alternatives).

On va revenir pour présenter plus en détail cette approche, avec sa formulation mathématique et son application dans le contexte des choix résidentiels, dans un chapitre ultérieur de notre travail.

1.3. LES MODELES D'INTERACTION TRANSPORT-URBANISME

La recherche théorique sur l'interaction urbanisme-transport reste sans avenir si des efforts importants de modélisation ne sont pas engagés. Or, à ce jour, il y a un retard en France en ce qui concerne la prise en compte de ces interactions dans les modèles. Les soucis concernant la soutenabilité des villes mènent à des efforts concertés de modélisation de leur fonctionnement et de prévision des tendances futures.

Cette section va introduire d'abord la notion de modèle en général (première sous-section), pour traiter ensuite la modélisation de l'interaction transport-urbanisme (deuxième sous-section). Ainsi, seront abordées les questions de la justification, du rôle de la démarche de modélisation dans la compréhension de l'interface transport-urbanisme, en passant par le fonctionnement d'un tel type de modèle, par la typologie des modèles existants et les nouvelles techniques de modélisation. Enfin, la dernière sous-section apportera une présentation de quelques exemples de modèles, avec leurs atouts et leurs limites particuliers.

1.3.1. Le concept de modèle

L'emploi scientifique de la notion de modèle a eu lieu d'abord dans la cybernétique, et il s'est répandu rapidement dans les diverses sciences, y compris les sciences humaines.

Un modèle est, par définition, une représentation simplifiée, relativement abstraite, d'un système ou d'un processus complexe, en vue de le décrire, de l'expliquer ou de prévoir ses impacts ou dynamiques (Bonnell, 2004).

Du point de vue économétrique, un modèle est une représentation mathématique des relations très complexes qui existent dans une réalité, exprimées sous forme d'équations. Ces équations permettent d'expliquer comment une variable peut changer à la suite des modifications d'autres variables qui l'influencent.

La simplification (représentation simplifiée d'une réalité complexe, multidimensionnelle), impliquée par le processus de modélisation, vise en fait deux aspects : d'une part, la construction théorique, et d'autre part, la formalisation mathématique du modèle.

La construction théorique détermine une simplification de l'objet étudié dans le sens où elle suppose de faire un choix des variables explicatives (et donc d'éliminer l'influence des

autres variables potentiellement explicatives), et d'opérer une simplification de la relation existant entre ces variables et les variables à expliquer.

La formalisation mathématique, qui suppose de choisir la forme des relations entre les variables du modèle, est également une source de simplification, pour plusieurs raisons : les fonctions mathématiques doivent utiliser des variables qui puissent être mesurées, et ces variables ne sont pas toujours facilement mesurables, les fonctions mathématiques utilisent généralement des variables continues, et les données dont on a besoin ne sont pas toujours disponibles dans ce format, la fonction mathématique choisie ne correspond pas exactement à la distribution réelle des variables (Bonnell, 2004).

L'outil « modèle » est utilisé dans les différents domaines scientifiques et d'activité, tant par les chercheurs que les décideurs, pour ses apports à la compréhension, l'évaluation et l'anticipation de l'évolution des réalités complexes. La réalité urbaine ne fait pas exception, les modèles transport-urbanisme sont ainsi utilisés notamment pour simuler les effets des mesures de politiques publiques et alimenter soit des décisions soit des débats.

La démarche de modélisation s'avère souhaitable dans nombre de cas, parce qu'elle permet de rendre compte des aspects cachés, indétectables souvent par l'analyse de processus simples.

Dans cette démarche de modélisation, le rôle du modélisateur est de simplifier, c'est-à-dire de retenir certaines dimensions en fonction de l'objectif poursuivi, mais aussi en fonction de la possibilité que l'on a de mesurer et de quantifier ces dimensions.

L'utilité de la modélisation se trouve aussi dans la recherche des relations de causalité logique dans le fonctionnement du système modélisé. De ce point de vue, l'enjeu de la modélisation, dans n'importe quel domaine, est d'établir l'existence et la forme de ces relations, dans le but de faciliter la compréhension du fonctionnement du phénomène.

En dehors des enjeux de simplification et de compréhension, un modèle peut également servir à d'autres fins, comme la simulation de l'évolution future de la réalité étudiée sous certaines hypothèses d'évolution du contexte ou la comparaison entre différents scénarios. Pour les décideurs, ces modèles, même s'ils ne sont pas parfaits, constituent un outil d'aide, dans la mesure où ils permettent de simuler les répercussions de certains changements (politiques) sur la réalité étudiée.

Pour qu'un modèle puisse être appliqué à la réalité, il doit être « opérationnel ». Bonnafous (1989) a évoqué trois conditions pour qu'un modèle satisfasse la condition d'opérationnalité :

- la cohérence : le modèle doit remplir non seulement une condition triviale de cohérence interne (non contradiction), mais aussi une condition de cohérence avec son objectif, c'est-à-dire une compatibilité parfaite entre sa structure logico-mathématique et ses ambitions théoriques.
- la pertinence : le modèle doit être conforme à la réalité, quant à la forme des équations et aux relations de causalité. Si cette condition n'est assurée, les résultats du modèle seront vides de sens.
- la mesurabilité : le modèle doit utiliser des variables et des paramètres qui puissent être estimés à partir des données statistiques disponibles.

Ces trois conditions nécessaires et suffisantes pour l'opérationnalité d'un modèle sont cependant contradictoires, et déterminent la problématique du modèle. Ainsi, pour assurer la pertinence, il faut introduire des variables ou des mécanismes qui parfois soulèvent des difficultés logico-mathématiques et de mesure ; pour satisfaire la mesurabilité, on réduit le modèle aux variables statistiques disponibles, en éliminant certaines variables explicatives et en affectant négativement sa cohérence et sa pertinence.

1.3.2. Les modèles d'interaction transport-urbanisme

Nous centrons notre analyse sur les modèles qui tentent de représenter les interactions qui se manifestent entre transport et urbanisme dans le fonctionnement global d'une agglomération.

1.3.2.1. La logique d'un modèle transport-urbanisme et ses apports

Les modèles transport-urbanisme font partie de la famille des modèles mathématiques.

Ces modèles ont deux composantes – le module d'urbanisme (utilisation du sol) et le module de transport, avec des mécanismes de couplement de ces modules, dans un système plus ou moins intégré.

Le modèle d'urbanisme - est utilisé pour simuler les évolutions démographiques et économiques basées sur la distribution spatiale des activités. Ses indicateurs décrivent la population, habituellement en termes de revenu et emploi, et les modes d'utilisation des sols d'une aire urbaine.

Le modèle de transport (plus précisément, le modèle de demande de transport) - a le rôle de simuler les comportements de déplacement dans le réseau de transport d'une aire urbaine. Cette classe de modèles simule le comportement des individus concernant leurs déplacements, en le considérant en rapport avec la répartition spatiale des activités humaines et les caractéristiques du réseau de transport.

Les modèles transport-urbanisme simulent l'interaction entre la composante transport et la composante localisation. Généralement, cette interaction est simulée par des mécanismes de *feedback*. Ces deux sous-systèmes sont liés par deux liens principaux. Le premier, via une liaison instantanée : le modèle localisation fournit au modèle transport des estimations de la localisation des ménages et des activités. La deuxième, via une liaison retardée : l'accessibilité affecte les coûts de transport, qui en retour influencent la localisation des activités urbaines.

On va décrire quelques éléments-clé subséquents des modèles urbanisme-transport.

Au niveau le plus élevé, on a un mécanisme de modélisation de l'utilisation des sols et un modèle séparé de transport.

Le module d'urbanisme dépend, en degrés variables, des sous-modèles de localisation, développement urbain, et d'un mécanisme qui équilibre la demande et l'offre sur les marchés. Le système urbain est largement modelé par la simulation des mécanismes qui affectent la localisation spatiale des activités dans la ville. Le plus important de ces facteurs de localisation est l'accessibilité, mais on peut rajouter d'autres facteurs géoéconomiques qui illustrent les interactions complexes et les motivations dans le processus de localisation : le prix foncier et immobilier, la planification, la topographie, le climat, etc. Dans un modèle d'interaction transport-urbanisme, on décompose le processus de décision de localisation en fonction des usages du sol les plus importants. On distingue ainsi souvent le modèle de localisation résidentielle et celui des activités économiques.

Le module de transport est généralement simulé via un processus à quatre étapes : génération des déplacements, distribution spatiale de ceux-ci, choix modal et affectation sur le réseau.

La notion d'accessibilité est un ingrédient clé dans plusieurs composantes d'un modèle urbanisme-transport. En termes d'utilisation du sol, l'accessibilité détermine l'utilité du choix de localisation d'une activité dans une zone, par le biais des coûts de transport en termes de distance, temps et convenance. L'accessibilité – la proximité de toutes les facilités urbaines – dépend donc largement des coûts de transport. Les firmes requièrent l'accessibilité aux

facteurs de production et aux marchés, et les ménages ont besoin d'accessibilité aux opportunités d'emploi, commerces, écoles et équipements récréationnels.

Les modèles d'interaction transport-urbanisme ont généralement l'objectif de simuler les effets des mesures de planification. La façon dont la planification influence l'utilisation des sols, la localisation et les transports est simulée par l'introduction de changements dans les valeurs des variables déterminées de manière exogène (population et emploi). Les scénarios de politiques appliquées aux systèmes transport-urbanisme visent les politiques de régulation, de prix, d'investissement et de bien-être.

Les modèles de simulation permettent d'étudier et de planifier les systèmes urbains. Ces modèles soulignent l'importance des interdépendances entre système de transport et d'occupation des sols dans les processus de planification. Ils permettent au planificateur de mieux prévoir les effets des politiques d'urbanisation et de transport, et de tirer des enseignements quant à l'optimisation des investissements. Leur complexité conduit à construire des modèles destinés à prévoir et analyser le développement des systèmes urbains à un niveau de détail tel qu'ils puissent intégrer les processus les plus essentiels du développement spatial urbain.

Les modèles combinent théorie, données et algorithmes pour arriver à une représentation du fonctionnement du système urbain, de telle sorte que, une fois qu'on a calibré une simulation pour un scénario connu, le modèle puisse être utilisé pour faire des prévisions sur l'état futur du système. Ces modèles ont été créés pour être utilisés dans le management des systèmes urbains, afin de faciliter la planification de long terme, de simuler les résultats potentiels des décisions sur les villes et de tester des hypothèses concernant les systèmes urbains.

Toutefois, les modèles urbanisme-transport, comme tous les autres modèles, supposent un certain degré d'abstractivité et d'incertitude dans la représentation des systèmes et processus réels. En plus, la simulation urbaine pose des problèmes particuliers : les sous-systèmes urbains représentés dans les modèles – économique, social et environnemental – sont difficiles à simuler, les modèles sont utilisés comme support à des décisions ayant des impacts profonds dans la vie des personnes, les politiques de la ville sont difficiles à expérimenter.

Ces modèles font aujourd'hui l'objet d'améliorations. Parmi les tendances actuelles de développement des modèles d'interface transport-urbanisme on peut énumérer : la prise en compte de l'hétérogénéité des agents et des nombreux paramètres des déplacements (mode,

itinéraire, tranche horaire), la modélisation de l'évolution des prix de l'immobilier, la prise en compte du cycle de vie des ménages, des accessibilités, l'équilibre partiel, etc.

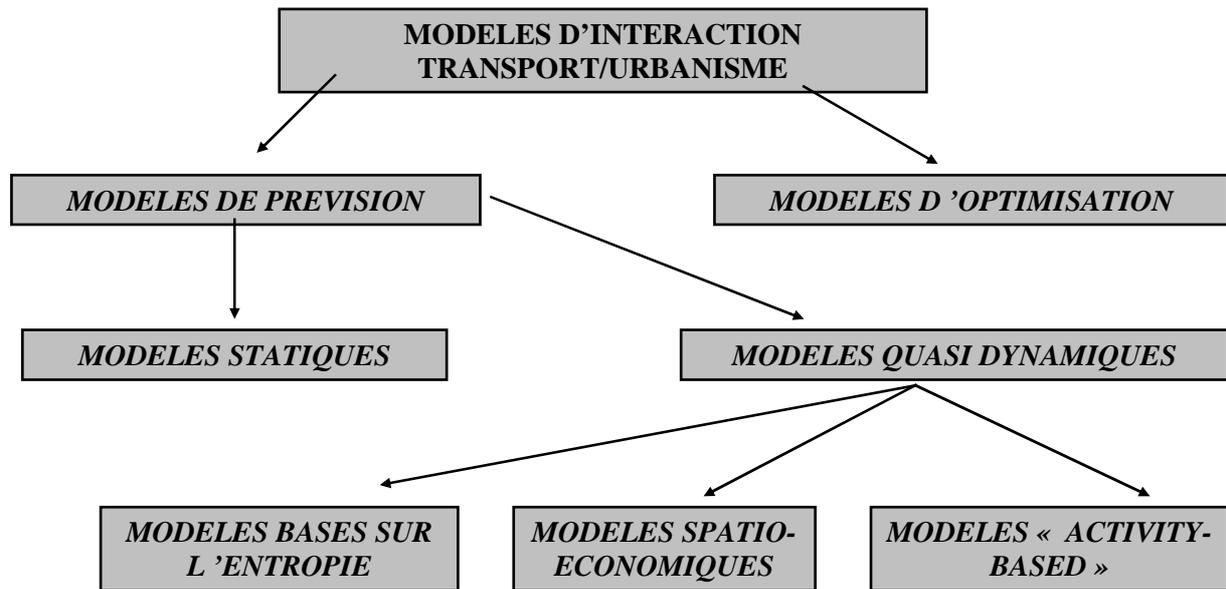
1.3.2.2. Une proposition de classification des modèles LUTI

Il existe de nombreux modèles d'interaction transport-urbanisme (ces modèles sont connus dans la littérature sous le nom de modèles LUTI – *Land Use Transport Interaction*). Les différents modèles peuvent se distinguer selon certaines caractéristiques, et notamment selon la façon dont les variables, l'espace et le temps sont représentés dans le modèle, mais aussi selon certaines caractéristiques structurelles : la prise en compte de la dynamique, le type de structure causale intégrée, les types de fonctions utilisées, etc. Ils sont également très diversifiés du point de vue des fondements théoriques sur lesquels ils s'appuient, des techniques de modélisation qu'ils emploient, des variables qu'ils introduisent, de l'échelle géographique qu'ils retiennent, etc., chaque type de modèles ayant ses atouts et ses inconvénients. Par ailleurs, des travaux comme ceux de Hunt et al. (2005) ou de Waddell et al. (2001) essaient d'offrir une analyse avec un caractère comparatif des modèles LUTI, en se basant sur les particularités des différents modèles par rapport à certains critères.

Ces modèles sont donc très hétérogènes, et il est difficile de proposer une classification, car chacun combine différents principes et caractéristiques.

Cependant, la classification de ces modèles proposée par Simmonds, Echenique et Bates (1999) (figure n° 4) semble avoir fait l'objet d'un consensus dans la communauté des modélisateurs. En effet, l'intérêt de cette classification repose sur le fait qu'elle nous donne une image synthétique des modèles groupés en fonction de critères pratiques, liés à leur opérationnalité, comme l'objectif d'utilisation ou le caractère statique ou dynamique, plutôt que sur des aspects théoriques et méthodologiques spécifiques aux différents modèles.

Figure n°4 : Classification des modèles LUTI



Source : Simmonds, Echenique et Bates, 1999.

A un premier niveau de classification, compte tenu de l'objectif d'utilisation des modèles, on a deux groupes : les modèles d'optimisation et les modèles de prévision.

Les modèles d'optimisation ont été construits avec l'objectif d'optimiser les systèmes urbains, plutôt que de simuler les impacts des politiques de transport et d'aménagement sur l'évolution urbaine. Un modèle d'optimisation est conçu comme un outil qui vise à trouver un « design » qui optimise une certaine fonction urbaine, et donc il diffère nettement des autres modèles, qui répondent à un « design » défini par l'utilisateur, et sont traités séparément par la littérature des modèles d'interaction transport-urbanisme (Simmonds et al., 1999). Les modèles d'optimisation sont généralement utilisés à des fins de recherche ou dans une perspective de planification à long terme, mais ils sont souvent difficilement applicables à la réalité.

Dans le deuxième groupe, on a les modèles qui visent à simuler l'évolution future des systèmes urbains. Parmi ces modèles, on distingue deux classes de modèles : ceux statiques et ceux quasi-dynamiques.

Même si les modèles statiques visent à faire de la prévision, comme ceux quasi-dynamiques, ils s'appliquent à un moment donné dans le temps. La différence principale par rapport aux modèles quasi-dynamiques réside sur l'introduction de l'hypothèse d'équilibre et la non prise en compte de la dynamique d'évolution. La plupart des premiers modèles d'occupation des sols étaient des modèles statiques qui essayaient de prévoir la localisation de

certaines variables en considérant les autres variables comme données. De tels modèles ne pouvaient donc pas représenter de façon réaliste les processus de changement urbains, qui par nature prennent un certain temps pour réagir à n'importe quel changement de situation. Ils sont cependant aujourd'hui retenus pour deux raisons principales : d'une part, ils sont un moyen de prendre en considération la dimension impact du système urbain sans pour autant s'engager dans un travail fastidieux de construction d'un modèle dynamique, et de l'autre, les modèles statiques représentent un état d'équilibre dont l'intérêt est de caractériser, voire quantifier les déséquilibres qui sont à l'origine des processus de changement urbain.

A l'inverse, les modèles quasi-dynamiques fonctionnent sur plusieurs périodes de temps, ainsi ils peuvent prendre en compte les changements du système des transports qui nécessitent généralement plus d'une période de temps pour avoir un impact sur l'occupation du sol. Dans ces modèles, le système urbain est en état de déséquilibre dynamique, qui tend vers l'équilibre théorique jamais atteint.

Au dernier niveau de la classification, ce sont surtout les éléments théoriques qui différencient les modèles quasi-dynamiques. Toutefois, les auteurs font la remarque qu'il est très difficile de grouper ces modèles, à cause du fait que chacun d'entre eux est complexe et combine plusieurs éléments théoriques. Ainsi, selon ces auteurs, on distingue les modèles basés sur l'entropie, les modèles spatiaux-économiques et les modèles « activity-based ».

Les modèles basés sur l'entropie sont construits notamment sur le principe de maximisation de l'entropie (Wilson, 1970). Ils permettent, dans une situation d'information imparfaite, de déterminer la tendance la plus probable d'un système, qui correspond à sa condition d'équilibre. Appliqué à la problématique des interactions entre transport et urbanisme, ce principe permet de définir la configuration la plus probable des déplacements et celle qui associe les localisations d'emplois et de résidences de chaque individu.

Les modèles spatio-économiques cherchent à inscrire les phénomènes socio-économiques dans leur dimension spatiale, en intégrant dans un cadre spatial des modèles économiques indépendants. Fondés du point de vue théorique notamment sur l'analyse entrée-sortie de Leontief, leur structure correspond aux standards de l'économie traditionnelle, dans la mesure où ils représentent les mécanismes économiques du marché afin d'aboutir à l'équilibre entre offre et demande à la fois pour les comportements de localisation et de déplacement.

Les modèles dits « activity-based » - modèles qui se basent principalement sur la représentation des différents processus qui affectent les différents types d'activités considérées - sont actuellement les modèles les plus appréciés, grâce à leur structure théorique solide (notamment l'intégration des éléments de la théorie de l'utilité aléatoire), et ils sont

largement utilisés dans les simulations urbaines en Etats-Unis et en Europe. Cherchant à estimer la localisation des différentes activités et à identifier les déterminants des choix de localisation, ils considèrent le transport comme une demande dérivée, c'est-à-dire dérivée du besoin de poursuivre les activités distribuées dans l'espace. Ils reconnaissent les interactions complexes dans les comportements d'activité et de déplacement. Une importante caractéristique de ces modèles basés sur l'activité est qu'ils incorporent les effets des variables sociodémographiques des ménages, ce qui permet d'examiner les modifications des schémas de transport à travers le temps causés par les changements sociodémographiques.

Les tableaux suivants présentent, pour chacune des classes de modèles de prévision, des exemples représentatifs de modèles avec leurs applications, la modalité d'articulation entre transport et urbanisme, qui rend compte du degré d'intégration des deux composantes (modèle intégré – les matrices origine-destination de déplacements sont déterminées à l'intérieur du module d'utilisation des sols versus modèle connecté – le module de transport est connecté à un modèle de localisation, mais les deux fonctionnent de façon indépendante) et leur niveau de résolution spatiale, qui indique le degré de flexibilité du modèle en ce qui concerne la définition du zonage qui peut être considéré.

Parmi les modèles statiques, on a des modèles comme DSCMOD (Simmonds, 1991) ou MUSSA (Martinez, 1992) (tableau n° 1). (Le modèle MUSSA fera l'objet d'une présentation plus détaillée dans la section 1.3.3.)

Tableau n°1 : Modèles statiques

<i>Modèle</i>	<i>Application</i>	<i>Degré d'intégration</i>	<i>Résolution spatiale</i>
DSCMOD (Simmonds, 1991)	Edinburgh Bristol Merseyside (Liverpool) Dublin Sao Paulo	connecté	faible résolution spatiale
MUSSA (Martinez, 1992)	Santiago du Chili	intégré	toute résolution spatiale

LILT (Mackett, 1979, 1983) et DRAM/EMPAL (Putman, 1995) font partie de la famille des modèles quasi-dynamiques basés sur l'entropie (tableau n° 2). (Le modèle DRAM/EMPAL sera présenté dans la section 1.3.3.)

Tableau n°2 : Modèles quasi-dynamiques basés sur l'entropie

<i>Modèle</i>	<i>Application</i>	<i>Degré d'intégration</i>	<i>Résolution spatiale</i>
LILT (Mackett, 1979, 1983)	Leeds	connecté	
DRAM/EMPAL (Putman, 1995)	Etats-Unis – début des années '90	connecté	zones de trafic

Les modèles quasi-dynamiques spatio-économiques les plus connus sont MEPLAN (Echenique et al., 1990), TRANUS (de la Barra et Perez, 1982) et MENTOR (Echenique et al., 1998) (tableau n° 3). (MEPLAN et TRANUS seront les modèles présentés dans la section 1.3.3.)

Tableau n°3 : Modèles quasi-dynamiques spatio-économiques

<i>Modèle</i>	<i>Application</i>	<i>Degré d'intégration</i>	<i>Résolution spatiale</i>
MEPLAN (Echenique et al., 1990)	San Sebastian Londres Tunnel sous la Manche etc.	intégré	le zonage peut varier entre quelques centaines de mètres et le diamètre d'une commune (applications à l'échelle communale)
MENTOR (Echenique et al., 1998)	Cambridge	intégré	le zonage peut varier entre quelques centaines de mètres et le diamètre d'une commune (applications à l'échelle communale)
TRANUS (de la Barra et Perez, 1982)	Caracas Bruxelles etc.	intégré	n'importe quel degré de résolution spatiale (applications à l'échelle communale)
METROSIM (Anas, 1982)	Région métropolitaine de New-York Chicago San Diego	intégré	zones de trafic

La famille des modèles quasi-dynamiques basés sur l'activité est représentée par des modèles comme IRPUD (Wegener, 1983, 1998) ou URBANSIM (Waddell, 1994) (tableau n° 4). (L'exemple présenté dans la section 1.3.3. est celui du modèle IRPUD.)

Tableau n°4 : Modèles quasi-dynamiques « activity-based »

<i>Modèle</i>	<i>Application</i>	<i>Degré d'intégration</i>	<i>Résolution spatiale</i>
IRPUD (Wegener, 1983, 1998)	Aire métropolitaine de Dortmund	connecté	faible résolution spatiale
URBANSIM (Waddell, 1994)	Aire métropolitaine de Eugene-Springfield	connecté	tous types de résolution spatiale

1.3.2.3. Les nouvelles techniques de modélisation

Aujourd'hui, la modélisation urbaine est confrontée à de nouveaux défis en raison des problèmes de développement durable, de développement des nouvelles technologies et des politiques d'aménagement. Les modèles doivent donc être capables de prédire non seulement les impacts économiques mais également les impacts environnementaux des politiques de transport et d'aménagement urbain. Les systèmes de modélisation existant sont trop agrégés pour répondre à ces défis. Les modèles classiques distinguent seulement quelques entreprises, groupes socio-économiques et catégories de logements. De plus, la plupart d'entre eux reposent sur un système zonal dans lequel il est supposé que tous les attributs sont uniformément distribués à travers une zone. Enfin, ils ignorent que les activités socio-économiques et leurs impacts environnementaux sont continus dans l'espace.

Par conséquent, cela suggère une nouvelle organisation des modèles urbains basés sur un point de vue microscopique du changement urbain. Les modèles de micro-simulation, les automates cellulaires et les systèmes multi-agents tentent de répondre à ce nouveau défi.

Une première méthode de ce type est la *micro-simulation de Monte-Carlo*. De façon basique, la micro-simulation est la reproduction d'un processus macro par plusieurs processus micro. Ces modèles reproduisent les comportements humains au niveau de l'individu, c'est-à-dire comment les individus choisissent entre plusieurs options, suivant leurs perceptions, leurs préférences et leurs habitudes sous contrainte d'incertitude, de manque d'information et des limites de temps et d'argent.

Récemment, la micro-simulation a retrouvé plus d'intérêt, car sa flexibilité lui permet de modéliser des processus qui ne peuvent pas être modélisés dans les modèles agrégés. La modélisation des transports est probablement l'une des aires d'application les plus avancées dans les modèles urbains de micro-simulation. Ce type de modèles est généralement considéré comme le modèle de prévision de transport du futur.

Toutefois, en utilisant cette technique, on peut modéliser aussi des processus comme les choix individuels, les transitions (changements) d'un état à un autre ou des mesures de politique publique dans le processus de développement urbain (Wegener, 2000 ; Waddell et Ulfarsson, 2003). Le développement méthodologique sous-jacent renvoie à la théorie des choix discrets, qui permet de simuler les décisions face à plusieurs alternatives de choix, et consiste à déterminer une distribution de probabilités en donnant une vraisemblance plus élevée aux alternatives plus attractives.

Aujourd'hui, il existe des modèles de micro-simulation appliqués dans le champ des interactions entre transport et urbanisme, comme le modèle ILUTE (Integrated Land Use and Transportation Environment – Canada, 1998). Mais il faut mentionner aussi que des modèles plus « classiques », comme URBANSIM ou IRPUD, intègrent de façon partielle (dans certains modules) les éléments de cette technique.

Une autre classe est représentée par les *modèles automates cellulaires*, qui se sont développés à partir de 1994 avec les travaux de Batty et Clarke. Ces travaux peuvent également enrichir les modèles traditionnels, pour dépasser les limites liées à leur approche agrégée.

Dans un modèle automate cellulaire, le territoire est divisé en plusieurs morceaux, appelés cellules, chaque cellule étant caractérisée par un état particulier. Tout changement d'état d'une cellule dépend uniquement des facteurs et règles caractérisant les cellules voisines. Dans ce type de modèle on détermine la probabilité, pour chaque cellule, de passer d'un état à un autre.

Dans ce champ, les recherches sont en cours, les équipes universitaires cherchant à améliorer les performances et prolonger l'exploration de cette nouvelle technique de modélisation. En ce qui concerne son application dans la modélisation de l'interface transport-urbanisme, il faut noter que, dans la plupart des cas, ces modèles n'intègrent pas vraiment de module de transport (le flux de trafic n'est pas simulé).

Dans cette direction s'inscrivent les travaux d'Arentze et Timmermans, qui ont développé un prototype d'un système de modélisation appelé ABSOLUTE, qui relie un modèle de demande de transport à un large modèle de décisions (des personnes et des entreprises) et de changements des modes d'utilisation du sol.

La technique des automates cellulaires, comme la micro-simulation, peut également être intégrée dans des modèles « classiques ». Par exemple, le modèle URBANSIM intègre certains aspects de ces développements (dans le module de développement urbain).

Les *modèles multi-agents* sont issus de l'approche automates cellulaires, mais s'en différencient par le fait qu'ils prennent en compte la confrontation des règles de décision des différents agents. Ainsi, ils permettent de simuler les diverses interactions et processus complexes entre les agents individuels, comme les interactions sociales, économiques ou des processus spatiaux tels que les flux de déplacements.

Le développement en cours de cette technique, qui s'inscrit dans le cadre de l'évolution de la théorie des jeux, envisage de modéliser les interactions entre les agents sur différents

marchés sous des hypothèses moins restrictives que celles de l'approche néoclassique des marchés de concurrence pure et parfaite.

Des recherches qui ont apporté des extensions de l'approche des automates cellulaires vers des modèles multi-agents sont celles de Baty et al. (1998) et O'Sullivan et Torrens (2000). Dans leurs modèles, ils considèrent les cellules comme des agents preneurs de décisions, et essaient d'étendre les interactions au-delà du voisinage.

La difficulté majeure dans la mise en œuvre de ces nouvelles techniques de modélisation vient du fait qu'elles sont fortement consommatrices de procédures lourdes et de bases de données très grandes, ce qui fait que l'intérêt pour l'utilisation pratique des modèles « classiques » agrégés reste toujours primordial.

1.3.3. Quelques exemples de modèles LUTI

Afin d'illustrer la diversité des modèles LUTI aussi que leur complexité, on va décrire les fondements théoriques (sachant que, étant donnée leur complexité et leur caractère modulaire, les modèles peuvent faire appel à des éléments théoriques de plusieurs approches différentes), la logique de fonctionnement et les particularités de quelques-uns des modèles que l'on considère comme les plus représentatifs des familles de modèles évoquées dans la classification que l'on vient de présenter.

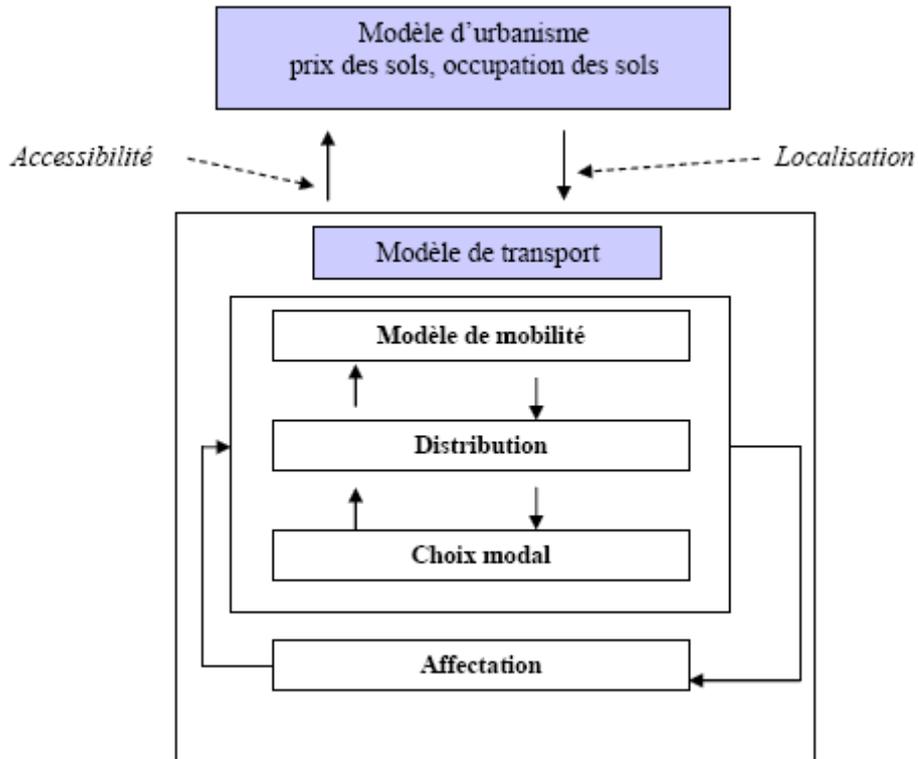
1.3.3.1. Le modèle MUSSA

Le modèle MUSSA fait partie de la classe des modèles statiques. Il a été développé par Martinez dans les années 90 (Martinez, 1992,1996), pour la ville de Santiago du Chili. Ce modèle est relié à un modèle de transport à quatre étapes (ESTRAUSS).

Ce modèle intégré à cinq étapes est composé de deux modules (figure n° 5) :

- un module d'urbanisme, incluant les mécanismes de localisation et de rente
- un module de transport, comportant les quatre étapes classiques d'un modèle standard

Figure n°5 : Architecture du modèle MUSSA



Source : <http://www.mussa.cl>

Sur le plan théorique, il combine la théorie des enchères d'Alonso et la théorie de l'utilité aléatoire.

Dans la logique du modèle, il est supposé que l'agent prend des décisions de localisation et de déplacement guidé par l'objectif de maximiser son utilité ou son profit (surplus). Les décisions de localisation tiennent compte des niveaux d'accessibilité des différentes zones. La localisation des activités affecte les prix des sols, en modifiant les caractéristiques du voisinage des zones. L'impact de celles-ci sur la rente foncière peut modifier, en retour, les décisions de localisation.

La situation d'équilibre spatial apparaît quand deux conditions sont satisfaites simultanément : chaque consommateur se localise dans une zone qui maximise son surplus à un niveau donné du prix et les prix sur le marché foncier résultent du principe de la plus forte enchère.

1.3.3.2. Le modèle DRAM/EMPAL

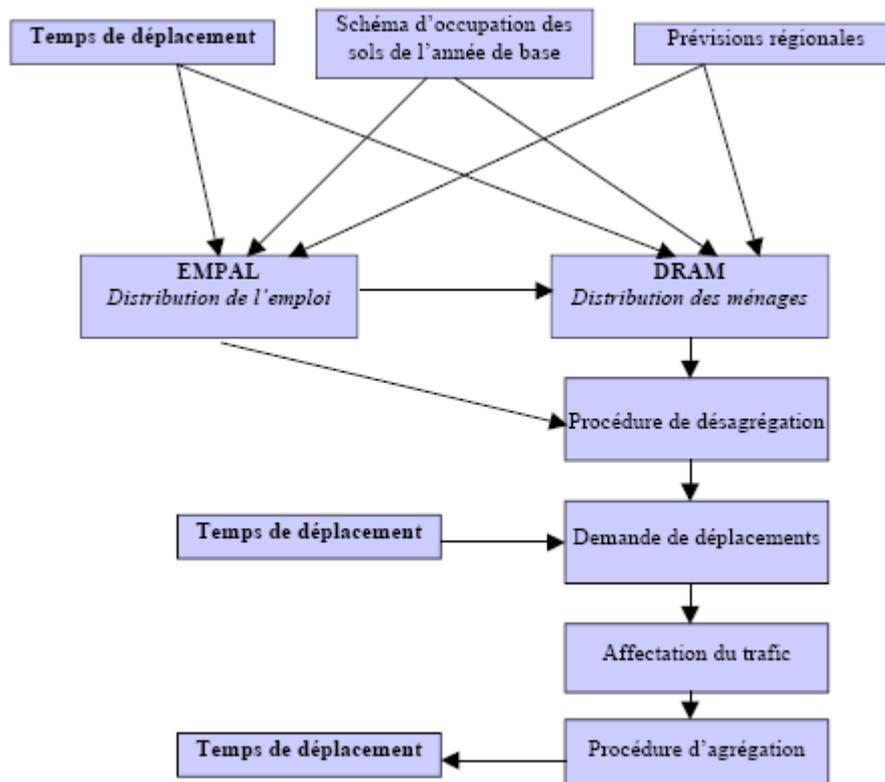
Ce modèle a été conçu par Putman (1994) et a été le modèle le plus utilisé aux Etats-Unis dans les années 90. C'est un modèle quasi-dynamique d'interaction spatiale fondé sur la théorie de l'entropie.

Le modèle global contient deux modules qui tournent séparément (figure n° 6) :

- le module DRAM (*Disaggregated Residential Allocation Model*) prédit la localisation future et la probabilité d'occurrence des déplacements domicile – travail entre chaque paire de zones
- le module EMPAL (*Employment Allocation Model*) calcule la localisation future des emplois des différents secteurs par une fonction d'attractivité par zone et le niveau d'emploi préexistant dans chaque zone

Les premières versions du modèle sont basées sur une approche à la Lowry, puis il a évolué en intégrant les éléments de la théorie des choix discrets.

Figure n°6 : Architecture du modèle DRAM / EMPAL



Source : Putman, 1994.

Ce modèle présente, cependant, de nombreuses limites.

Les principales caractéristiques démographiques des ménages qui affectent de façon significative les choix de localisation et de déplacement manquent.

Le marché foncier n'est pas représenté. Ainsi, l'effet des changements dans les services de transport sur les prix des sols et les aspects clé du processus de développement urbain ne peuvent pas être reflétés.

L'incohérence entre le zonage utilisé par DRAM/EMPAL et celui utilisé dans la modélisation transport peut causer des pertes d'information et affecter la précision des prévisions.

Il est recommandé que le modèle soit itéré jusqu'à ce que les résultats des deux modules convergent, autrement, les résultats risquent de ne pas être cohérents.

Le concepteur du modèle assume que le modèle ne fonctionne pas bien avec un zonage fortement désagrégé ou lorsque l'activité est éparse.

1.3.3.3. Le modèle MEPLAN

A été développé par Echenique et alii (1990). A côté de TRANUS, MEPLAN est un exemple clé de modèle quasi-dynamique spatio-économique.

Le modèle MEPLAN a été utilisé dans de nombreuses études de planification, à toutes les échelles spatiales.

MEPLAN est plus qu'un modèle au sens conventionnel du terme, il constitue plutôt une plateforme de modélisation qui fournit les moyens à l'utilisateur de développer son propre modèle en fonction de l'objectif poursuivi. Le modèle de transport est pleinement intégré avec un modèle d'utilisation du sol ou économique.

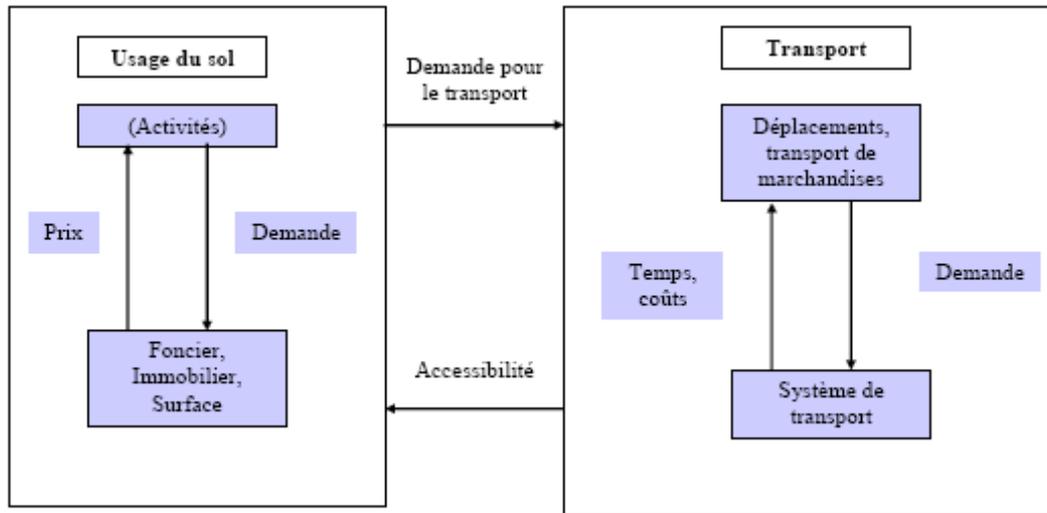
La structure de MEPLAN (figure n° 7) est donnée par plusieurs modules inter reliés :

- un module d'usage du sol, qui modélise la localisation spatiale des activités (l'emploi, la population) et génère les échanges entre les zones. Il contient l'étape de distribution des déplacements.
- un module de transport, qui affecte les matrices de flux aux différents modes de transport et itinéraires. Il contient les étapes de répartition modale et d'affectation.
- un module d'interface, qui transforme les matrices d'échange du premier module en matrices de flux de transport et les désutilités de déplacement estimées par le module de transport en désutilités ou accessibilités pour le module d'usage du sol. Il contient l'étape de génération des déplacements.

Il existe aussi un module d'évaluation (exogène à l'interaction transport-urbanisme), qui fournit les bénéfices de transport et d'usage du sol, par des indices de performance tels que la vitesse moyenne, les bénéfices par groupes socioéconomiques, les émissions, la consommation d'énergie, etc.

Ces modules fonctionnent sur la base de rétroactions entre transport et usage du sol d'une période de temps à la suivante (modèle dynamique).

Figure n°7 : Architecture du modèle MEPLAN



Source : Echenique et alii, 1990.

Le cœur de la logique de MEPLAN est l'interrelation entre transport et configuration de l'activité économique. La modélisation au sein de MEPLAN repose sur les hypothèses suivantes : la demande de déplacement est une demande dérivée des interactions économiques entre les différentes activités ; l'influence du transport sur la localisation des activités se fait avec un décalage temporel ; le transport et l'occupation du sol sont considérés comme des marchés où l'interaction entre l'offre et la demande détermine le prix du transport et du sol.

En termes de fondements théoriques, les interactions entre les activités sont traitées par une analyse entrée-sortie (*input-output*), et les choix de mode de transport, d'affectation et de localisation sont modélisés par l'approche des choix discrets fondée sur la théorie de l'utilité aléatoire. Le modèle entrée-sortie est basé sur l'hypothèse que la production d'une activité économique consomme d'autres types d'activité et, dans le cycle de production, est consommée par d'autres activités. Pour représenter ce mécanisme, MEPLAN se base sur la séparation des secteurs économiques (ou de l'emploi) en activités produisant essentiellement pour l'export en dehors de l'aire d'étude et activités produisant pour les besoins locaux (théorie de la base économique). Le choix de localisation des activités de la base n'est pas déterminé par le besoin d'accéder au marché local, comme c'est le cas pour les activités dérivées. Le modèle de choix de localisation, par exemple, estime, par l'intermédiaire d'un

modèle logit, pour chaque ménage et emploi, les échanges de la zone de production à la zone de consommation et la quantité produite dans chaque zone.

Echenique et son équipe ont développé un nouveau modèle (MENTOR), construit sur la structure de MEPLAN, mais qui fonctionne à un niveau plus désagrégé de segmentation des activités et qui, en plus, intègre des facilités SIG (Système d'Information Géographique).

1.3.3.4. Le modèle TRANUS

Le modèle TRANUS a été développé par De la Barra et Perez depuis 1982. TRANUS est un modèle intégré, très proche, dans sa conception et ses fondements théoriques, du modèle MEPLAN.

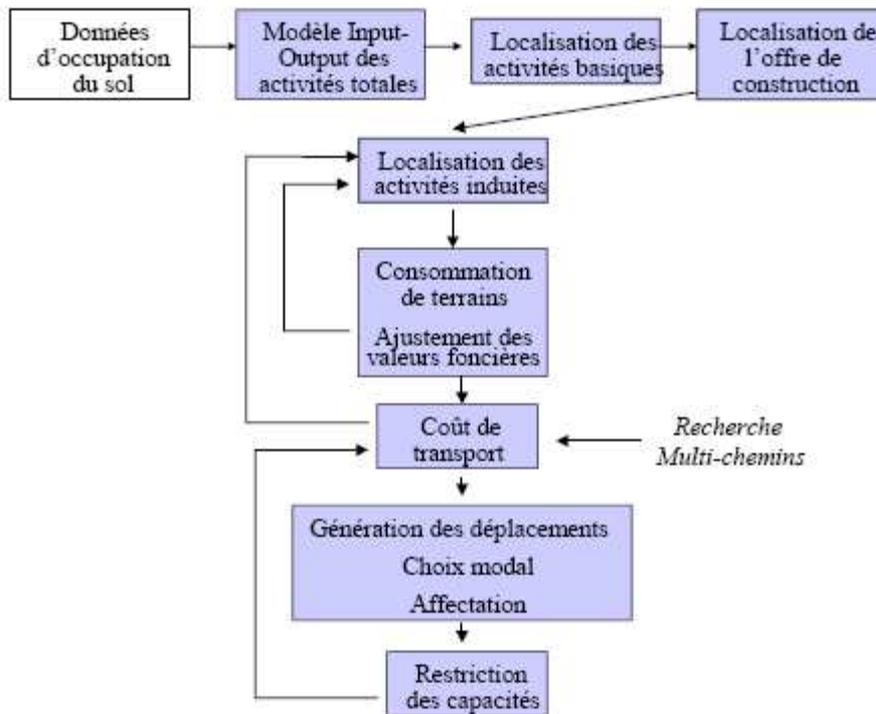
Ce modèle peut être appliqué à l'échelle urbaine ou régionale, afin de simuler les impacts des politiques de transport et d'urbanisation et de les évaluer du point de vue social, économique et financier.

C'est un modèle très complet du point de vue théorique, faisant appel à des outils théoriques très divers, de l'analyse entrée-sortie, de la théorie de la base, de la théorie de l'utilité aléatoire, de la théorie des enchères d'Alonso et de la théorie économique de l'équilibre de l'offre et de la demande par les prix.

Le modèle est composé de deux sous-modèles, qui interviennent successivement, présentés de manière décomposée dans la figure n° 8 :

- un sous-modèle d'urbanisation, qui estime la localisation des activités dans les différentes zones, s'équilibrant selon le mécanisme de formation du prix sur le marché, et fournit un ensemble de matrices origine-destination, représentant les flux fonctionnels entre les zones. Les calculs concernant l'occupation des sols sont fondés sur la division des activités économiques en activités de base et activités induites (conformément à la théorie de la base), qui sont représentées par un modèle entrée-sortie, qui est reformulé selon les principes de la théorie de l'utilité aléatoire.
- un sous-modèle de transport, où les matrices des flux fonctionnels produites par le sous-modèle d'urbanisation sont transformées en matrices de déplacements, qui sont affectées sur le réseau (liaison immédiate, dans la même période). En retour, ce sous-modèle calcule les coûts généralisés de transport, qui sont utilisés ensuite dans la fonction d'utilité du sous-modèle de localisation (liaison décalée, dans la période suivante). Le modèle de transport se présente sous la forme d'un modèle logit hiérarchique choix de mode/choix d'itinéraire.

Figure n°8 : Architecture du modèle TRANUS



Source : de la Barra, 1989.

Les disponibilités foncières et le réseau de transport sont modifiés à chaque horizon temporel, et le modèle calcule la localisation des ménages et des emplois, le prix du foncier et les déplacements avec leur affectation par mode sur le réseau.

Même si on trouve de nombreuses applications du modèle TRANUS, il est considéré comme un modèle difficile à calibrer, nécessitant de très grosses bases de données pour pouvoir être appliqué (Deymier et Nicolas, 2005).

1.3.3.5. Le modèle IRPUD

Le modèle IRPUD a été développé par Wegener à partir de 1983, pour l'aire métropolitaine de Dortmund.

Il fait partie de la famille des modèles quasi-dynamiques « activity-based », et cherche actuellement à intégrer les techniques de la micro-simulation dans tous ses sous-modèles. Il est l'un des modèles LUTI les plus sophistiqués, étant apprécié par ISGLUTI comme le plus puissant des modèles opérationnels, croisant les meilleures caractéristiques des autres modèles. En fait, il a été conçu avec un objectif beaucoup plus ciblé et plus ambitieux que celui des autres modèles déjà présentés, puisqu'il se proposait d'évaluer les conséquences en termes de structuration spatiale et de transport de l'évolution économique, appréhendée par

l'évolution de l'emploi dans chaque secteur et de la population à un niveau très fortement désagrégé suivant des critères socioéconomiques.

Le modèle prédit, pour chaque période, la localisation des activités industrielles, des promoteurs immobiliers et des ménages, les schémas de migration et de transport, la construction et le développement urbain, évaluant ainsi l'impact des politiques publiques sur le développement industriel, le logement, les équipements publics et le transport.

Les individus interagissent sur cinq marchés : le marché du travail, le marché des locaux non-résidentiels, le marché du logement, le marché foncier et le marché du transport. Les choix sur chaque marché sont contraints par l'offre, et déterminés par des variables d'attractivité (qualité du voisinage, accessibilités).

Le modèle a une structure modulaire, les six modules étant en interrelation et opérant de manière répétitive.

Le processus global est modélisé par le recours à la théorie de l'utilité aléatoire, enrichie de modèles d'évolution des individus et des infrastructures et de détermination du taux de motorisation. Concernant la localisation des individus, le modèle utilise pour la demande mais aussi pour l'offre de logements la théorie de l'utilité aléatoire (formulation logit), prenant en compte l'espace disponible dans la zone et l'utilité ressentie par le promoteur de la construction d'un même type de logement dans cette zone lors de la période précédente. Le modèle de transport, qui intègre de nombreux motifs et modes de transport, détermine de façon interne la motorisation en fonction du budget transport des familles et du coût d'entretien d'un véhicule, la phase de distribution des flux sur le principe de maximisation de l'entropie (formulation gravitaire), et intègre une phase de choix du mode et une phase d'affectation sur le réseau avec une capacité contrainte.

On voit donc que IRPUD combine des techniques de la première génération de modèles, comme les modèles gravitaires, avec des techniques nouvelles, telle que la micro-simulation, qui correspond davantage à la dernière génération des modèles LUTI.

1.4. LE MODELE – UN OUTIL D'AIDE A LA DECISION STRATEGIQUE : DES EXEMPLES D'APPLICATION

Dans la section précédente, on a traité la question de la modélisation de l'interface transport-urbanisme d'un point de vue technique, en se concentrant surtout sur les aspects théoriques et méthodologiques de ces modèles. Mais il ne faut pas oublier que ces outils sont construits pour répondre à des besoins pratiques, notamment pour aider les acteurs publics dans leur prise de décision en matière de politiques d'aménagement et de transport. L'objectif de cette section est de montrer en quoi les modèles transport-urbanisme sont utiles, vu les enjeux et questions auxquels ils sont censés répondre, en passant par quelques exemples concrets d'application.

Les acteurs publics sont confrontés à un ensemble d'alternatives d'action et doivent tenir compte de tous les éléments composant le système urbain. La planification doit permettre d'établir une hiérarchie de ces alternatives. La complexité des enjeux et les arbitrages entre les objectifs contradictoires justifient la nécessité de recourir à des études et analyses plus fines dans ce champ. L'objectif global de la planification est de réguler l'ensemble du système des transports en harmonie avec l'urbanisation. Les politiques de transport doivent être considérées dans leur lien avec l'aménagement urbain et l'économie de la ville.

L'horizon d'étude est un aspect important de la démarche de planification. A partir des années '80, la prise en compte des effets de long terme s'inscrivant dans une logique de développement durable des villes a été privilégiée. Les études à long terme, qui supposent un écart important entre la situation de référence et l'horizon d'étude, reposent sur des hypothèses fragiles, et l'incertitude des résultats est élevée. Cependant, malgré la précision réduite des résultats, ces études ont la capacité de mesurer l'existence d'une cohérence entre le système de transports et le processus de développement urbain.

Dans ce contexte d'intégration de plus en plus forte des politiques de transport et d'urbanisation, la modélisation, et plus particulièrement les modèles interactifs transport-urbanisme, devient l'instrument privilégié de la planification. Ces modèles doivent avoir la capacité de prévoir la demande de déplacements à long terme et d'expliquer les changements à long terme de l'usage du sol.

Qu'il s'agisse d'objectifs scientifiques ou politiques, la modélisation doit tenir compte d'une diversité d'attentes en lien avec les interfaces transport et urbanisme décrites. A titre d'exemple, au-delà des démarches de recherche, voici quelques applications et problématiques illustrant cette diversité :

- le modèle MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator), appliqué à Madrid au début de cette décennie, a été utilisé pour simuler les effets des projets d'infrastructure de transport (extension d'une ligne de métro, installation d'un réseau radial de bus) en termes de « soutenabilité » (durabilité). D'autres exemples d'application du modèle MARS dans le monde, dans le cadre de la même problématique générale des effets des projets d'infrastructure de transport sur l'urbanisation, sont Edimbourg, Helsinki, Leeds, Oslo, Stockholm, Vienne et Lisbonne.

- le modèle URBANSIM, développé sur l'aire métropolitaine d'Eugene-Springfield (Etats-Unis), en 1994, a été utilisé dans l'optique de relier la planification de l'occupation de l'espace au transport et à l'environnement et de contrôler les effets de la croissance tels que l'étalement urbain, la congestion etc. Ce modèle a été appliqué, dans la dernière décennie, dans d'autres villes américaines, et actuellement, il est en cours de mise en œuvre dans des projets européens sur des villes comme Amsterdam, Zürich ou Paris.

- le modèle MEPLAN a été développé et mis en œuvre à Helsinki, au début des années 90, pour prévoir les effets d'un changement dans le transport sur l'aménagement ou le potentiel de développement et vice versa, ainsi que pour évaluer des stratégies de développement alternatives et quantifier les coûts et les avantages des différentes décisions d'investissement. D'autres exemples d'application du modèle, dans le cadre d'études de planification urbaine, sont San Sébastian, Londres et Tunnel sous la Manche (années 90).

- le modèle TRANUS, conçu pour analyser les dynamiques spatiales, la mobilité quotidienne, les choix résidentiels, le marché foncier et du travail, a été appliqué tant pour simuler les effets de l'extension de la ligne de métro de Caracas, que pour analyser et proposer un plan d'actions autour des principaux problèmes de voirie et de développement de transports urbains à Barcelone-Puerto la Cruz à Venezuela (2002-2003), ou pour la simulation des scénarios multimodaux contribuant à la définition du Plan de mobilité de Bruxelles (Plan IRIS) en 1997.

Maintenant, on va présenter avec plus de détails deux exemples qui nous semblent très intéressants du point de vue de notre problématique, pour montrer les attentes par rapport à la modélisation transport-urbanisme et les apports de ces modèles à l'orientation des décisions

publiques. Le premier, le projet PROPOLIS, dont le cœur est la problématique du développement durable, est un projet d'envergure européenne, dont les résultats sont issus de l'application de plusieurs modèles dans différentes villes européennes. Le deuxième, SIMAURIF, est un projet français qui évalue les impacts de la construction d'une grande infrastructure de transport sur l'urbanisation. Ce projet met en œuvre la même plate-forme de simulation urbaine qui est actuellement utilisée dans le cadre du projet lyonnais SIMBAD (projet dans le cadre duquel s'inscrit cette thèse, dont la description détaillée est présentée dans le chapitre 3).

1.4.1. Le projet PROPOLIS (Planning and research of policies for land use and transport for increasing urban sustainability)

1.4.1.1. Les objectifs

L'objectif du projet européen PROPOLIS est d'étudier les stratégies d'urbanisation et leurs effets à long terme (à l'horizon 2020) dans des agglomérations de villes européennes très contrastées (carte n° 1) : Bilbao (Espagne), Bruxelles (Belgique), Dortmund (Allemagne), Helsinki (Finlande), Inverness (Royaume Uni), Naples et Vicenza (Italie). Il s'agit donc aussi bien de villes compactes et centralisées que de villes dispersées et polycentriques, avec des infrastructures de transport et des répartitions modales des déplacements elles aussi très diverses.

Carte n°1 : Les villes étudiées dans le projet PROPOLIS



Source : K. Spiekermann et M. Wegener, 2003.

L'approche du développement durable est au cœur de la problématique du projet, qui donne une importance particulière aux questions comme la pollution de l'air, la consommation de ressources naturelles, la qualité des sols, l'équité et les opportunités, les bénéfices économiques des transports et de l'occupation du sol.

Le projet vise également à tester et évaluer l'impact des politiques intégrées d'utilisation du sol et de transport (comme l'implémentation de nouvelles infrastructures, politique de prix et de régulation). Les politiques apparaissent sous forme de scénarios sur les investissements urbains, l'augmentation du coût d'usage de l'automobile, l'augmentation du coût de stationnement, la mise en place de péages type cordon, la diminution de la vitesse automobile, la diminution du temps de parcours des transports publics, l'augmentation de la densité d'habitation en zone urbaine bien desservie par les transports publics, qui sont combinés et comparés avec un scénario fil de l'eau. Les différentes politiques sont évaluées à l'aide de trois indices agrégés : un indice économique, un indice social et un indice écologique.

1.4.1.2. Les modèles utilisés

Pour chacune des sept villes étudiées dans le cadre du projet, on a utilisé un modèle opérationnel d'interaction transport-urbanisme. Les modèles appliqués sont :

- MEPLAN – à Bilbao, Helsinki, Naples et Vicenza
- TRANUS – à Bruxelles et Inverness
- IRPUD – à Dortmund

Ces trois outils, qui font partie de la grande famille des modèles dits d'interaction transport-urbanisme, diffèrent entre eux par les fondements théoriques et les techniques de modélisation sur lesquelles ils se basent. Cependant, ils répondent au même objectif, qui est de simuler les effets des politiques publiques sur la localisation des ménages et des firmes et sur le comportement de mobilité des individus.

L'utilisation de plusieurs modèles a permis de tester la stabilité des résultats et de s'assurer qu'ils ne varient pas en fonction du modèle utilisé. Pour cela, les données utilisées et les indicateurs calculés ont été harmonisés pour assurer la comparabilité des résultats.

1.4.1.3. Les principaux résultats

Les principales conclusions du projet, qui visent des aspects communs aux agglomérations étudiées, peuvent être résumées dans quelques lignes :

- avec l'augmentation des volumes de trafic, la soutenabilité écologique et sociale se détériore, malgré les politiques mises en place pour améliorer la situation, et seules les actions radicales peuvent maintenir un certain niveau de durabilité.

- la soutenabilité du système peut être améliorée en offrant de meilleurs services de transports publics, tout en restreignant l'usage de la voiture et en développant des politiques d'aménagement du territoire.

- des politiques centrées sur le développement des transports publics, qui favorisent l'augmentation de la vitesse, s'avèrent plus efficaces. Mais il faut faire attention aux effets sur l'urbanisation, surtout l'étalement urbain.

- certaines mesures qui visent à réduire la demande de transport à court terme peuvent, à long terme, conduire à l'augmentation du trafic VP.

- on obtient de meilleurs résultats si on utilise des politiques combinées. La coordination des politiques produit des effets positifs cumulés et limite les effets négatifs en termes d'utilisation du sol de chaque politique prise séparément.

- ainsi, une politique combinée transport-urbanisme a des effets positifs évidents : réduction des émissions de CO₂ de 15-20%, réduction des accidents de 8-17%, augmentation de l'accessibilité au centre de la ville et aux services urbains, des bénéfices socio-économiques pour les habitants.

1.4.2. Le projet SIMAURIF (Modèle dynamique de simulation de l'interaction urbanisation-transports en région Île-de-France)

1.4.2.1. Les objectifs

L'objectif du projet - en cours - est d'élaborer une nouvelle méthodologie permettant de traiter l'interaction au cours du temps entre urbanisation et transport. L'outil est appliqué sur le cas du projet de transport ferré Tangentielle nord, en Île-de-France. Il s'agit de modéliser l'interface transport-urbanisme sur le territoire desservi par cette grande infrastructure ferrée (carte n° 2), sur une période de 20 à 40 ans.

La Tangentielle nord est un projet de liaison ferrée de rocade pour les voyageurs, qui est né de la convergence du positionnement de la grande ceinture ferrée et de l'évolution de l'urbanisation francilienne ; il vise à offrir une nouvelle offre de transport, en reliant huit gares existantes sur les lignes radiales du réseau et six gares nouvelles à créer avec les lignes de banlieue et le tramway. Le territoire concerné est aujourd'hui un espace urbain socialement défavorisé et peu dynamique au plan économique.

Carte n°2 : Périmètre du projet de la Tangentielle nord



Source : A. De Palma, D. Nguyen-Luong et alii, 2004.

La simulation devra apporter des recommandations sur les actions de planification stratégique qu'il conviendrait de mener pour maximiser les retombées de l'investissement de la Tangentielle nord.

La démarche menée par l'IAURIF va compléter les études de trafic déjà réalisées, qui n'ont pas pris en compte les effets des transports sur l'urbanisation. De ce fait, l'apport majeur attendu de ce travail est de contribuer à la réflexion sur l'avenir du territoire et sur l'impact à terme de la Tangentielle nord sur l'occupation du sol.

A noter que l'outil de modélisation, une fois construit pour approcher un territoire de 17 communes (600 000 habitants), pourra être ensuite appliqué pour l'étude de l'interface transport-urbanisme dans un périmètre plus large.

1.4.2.2. Le modèle utilisé

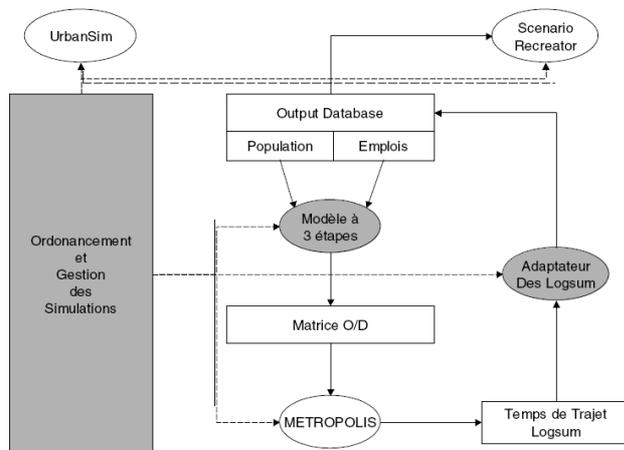
Le modèle d'interface transport-urbanisme, est constitué de deux modules principaux :

- la plate-forme de simulation urbaine URBANSIM
- le modèle de trafic METROPOLIS

L'architecture du modèle global et les échanges entre URBANSIM et METROPOLIS sont illustrés dans la figure n° 9. Les deux modules fonctionnent de manière individuelle, et l'interface entre eux consiste dans l'échange suivant :

- METROPOLIS calcule les accessibilités (« logsum »)
- ces accessibilités sont ensuite utilisées comme inputs par URBANSIM
- en retour, URBANSIM produit la nouvelle distribution spatiale des ménages et des emplois et les nouvelles matrices origine-destination (O-D), pour alimenter le modèle de trafic

Figure n°9 : Architecture du modèle intégré URBANSIM – METROPOLIS



Source : A. De Palma, D. Nguyen-Luong et alii, 2004.

1.4.2.3. Les résultats attendus

S'agissant d'une recherche en cours (depuis 2004), on ne dispose pas à ce jour de résultats définitifs de la simulation, mais on peut évoquer les apports attendus de ce projet :

- confronter les résultats issus de la modélisation interactive et ceux issus d'une approche qualitative plus classique utilisée par les urbanistes pour réfléchir sur les effets de la Tangentielle-Nord sur l'urbanisation.

- concevoir des recommandations sur les actions de planification stratégique qu'il conviendrait de mener pour maximiser les retombées de l'investissement de la Tangentielle-Nord. Ces recommandations peuvent se référer à la planification spatiale, à la programmation des investissements ou à la mobilisation des différents acteurs concernés.

- ce projet repose aussi sur une approche multidisciplinaire et ouvre un espace de dialogue entre modélisateurs, ingénieurs des transports, économistes et urbanistes. À son issue, les concepteurs devraient être mieux en mesure de déterminer les voies de

développement futures nécessaires à la mise en place d'un modèle d'interaction entre transport et urbanisme.

CONCLUSION

L'objectif de ce premier chapitre était de fixer le cadre général dans lequel s'inscrit la problématique de notre thèse, à savoir l'analyse et la modélisation des interactions entre transport et urbanisme. Ce cadre général nous fournira des éléments de compréhension et nous permettra ensuite de nous concentrer sur la question de l'impact des transports sur la localisation résidentielle des ménages, via notamment la composante accessibilité.

La première idée qu'il faut retenir est qu'il existe des interactions multiples entre transport et urbanisme. Les différentes facettes de cette interface ont été synthétisées, et on a retenu les grandes composantes de l'interaction transport-urbanisme - la localisation (résidentielle et des activités économiques), la composante déplacements et la composante d'accessibilité aux différents services et aménités de la ville. En accord avec la problématique de notre thèse, la dimension de la localisation résidentielle, plus précisément la question des choix de localisation résidentielle des ménages en fonction des facteurs déterminants, y compris l'accessibilité, sera traitée dans les chapitres suivants.

Pour la compréhension des questions « transport-urbanisme », la transposition dans des éléments théoriques est une démarche essentielle. Ces éléments théoriques constituent la base des analyses et des modèles censés répondre aux questions que se posent les décideurs en matière de transport et d'aménagement du territoire.

Il était nécessaire de montrer la complexité, la multi-dimensionnalité de la réalité urbaine et de l'interface transport-urbanisme, qui est l'argument primordial qui justifie la démarche modélisatrice, qui a comme atout principal le fait qu'elle permet de simuler l'évolution du phénomène analysé. On a pu constater qu'il existe une diversité de modèles de ce type, chacun d'eux combinant plusieurs éléments théoriques afin de mieux représenter et analyser les différents « morceaux » de la réalité urbaine.

Enfin, on a vu, à travers les exemples d'application présentés, que la modélisation vise à apporter des réponses ou des éclairages à des questions que se posent les acteurs dans le processus de prise de décision de politique publique.

Cette présentation générale des éléments théoriques et des modèles d'interaction transport-urbanisme effectuée dans ce premier chapitre offre une image d'ensemble et une compréhension du cadre dans lequel se situe la question centrale de la thèse (qui est la

modélisation des choix de localisation résidentielle des ménages, dont le cadre théorique fera l'objet du chapitre suivant) et donne une première indication du fait que, parmi les facteurs qui influencent ces choix, l'accessibilité a un rôle significatif.

CHAPITRE 2. MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS DES MENAGES

INTRODUCTION

La localisation constitue l'une de ses dimensions clés de l'interaction transport-urbanisme. Cependant, ce concept de localisation recouvre une diversité d'aspects. A côté des activités économiques et commerciales, des infrastructures physiques et des processus sur les marchés correspondants, la localisation des activités résidentielles constitue une dimension importante dans le fonctionnement urbain, étant en relation avec les transports et les autres activités de la ville.

Dans ce chapitre, nous nous centrons sur la localisation résidentielle, c'est-à-dire, les choix de mobilité et de localisation résidentielle des ménages d'une agglomération. L'objectif de ce chapitre est donc d'analyser les choix des ménages en termes de mobilité résidentielle et localisation résidentielle et les liens de ceux-ci avec la structure urbaine et le système de transport et les déplacements, analyse qui va nous amener vers la proposition d'une méthode de modélisation de ces choix.

Dans cette logique, on a structuré ce chapitre en trois sections. La première section a le rôle d'apporter les éléments théoriques sur lesquels s'appuie l'analyse des choix résidentiels des ménages. Après avoir introduit les éléments qui décrivent les liens entre ces choix et les transports / déplacements, nous présentons les différentes approches théoriques sur le sujet des choix résidentiels des ménages – le modèle de base fondé sur la théorie de la microéconomie urbaine avec ses extensions, l'approche des choix discrets fondée sur la théorie de l'utilité aléatoire, l'approche par cycle de vie et trajectoire résidentielle des ménages et celle des automates cellulaires et multi-agents. Dans la deuxième section, nous menons une recherche sur les déterminants des choix de mobilité et de localisation résidentielle des ménages, afin d'identifier les facteurs (variables) susceptibles d'être intégrés dans un modèle de choix résidentiels. Nous analysons, d'une part, les motivations qui sont à l'origine des décisions de changement de résidence et les facteurs d'influence (les critères de choix) de la mobilité résidentielle, et d'autre part, les déterminants de la localisation résidentielle (autant les caractéristiques des ménages que celles de l'environnement résidentiel). Dans la dernière section de ce chapitre, nous décrivons la technique adoptée dans notre démarche de modélisation – le modèle de choix discrets fondé sur la théorie de l'utilité aléatoire, avec ses différentes formulations, en montrant que le choix de cette technique de

modélisation est justifié par rapport à la question des comportements (choix) des ménages, y compris en matière résidentielle.

2.1. APPROCHES THEORIQUES DE LA MOBILITE ET DE LA LOCALISATION RESIDENTIELLE

Globalement, l'organisation spatiale de nos villes est le résultat des interactions complexes entre les facteurs sociaux, culturels, politiques, économiques et technologiques. Le développement des interactions sociales et des échanges économiques se traduit par des choix de mobilité et de localisation des agents, qui vont déterminer la configuration de la localisation, que ce soit des résidences ou des autres activités.

La compréhension des multiples dimensions de la structure spatiale des villes peut aboutir avec l'apport de plusieurs disciplines, comme l'économie, la géographie, la sociologie. Cette compréhension multidisciplinaire des processus liant les différentes structures spatiales est un facteur clé pour la meilleure planification des agglomérations.

Cette compréhension est considérée comme très importante par l'économie urbaine. Les études empiriques sur la localisation résidentielle assument généralement l'existence d'un marché résidentiel, dont l'équilibre spatial reflète les préférences des ménages en termes de localisation résidentielle.

2.1.1. Choix résidentiels, déplacements et accessibilité

Les gens se déplacent principalement parce qu'ils veulent participer à des activités comme résider, travailler ou se récréer dans des lieux différents. Dans cette perspective, le transport peut être conçu comme une conséquence de l'organisation de l'espace, cette organisation (en termes de localisation) ayant un impact significatif sur les comportements de déplacement.

Un grand nombre de recherches qui ont étudié l'impact de la localisation sur les comportements de déplacement ont examiné les attributs des ménages et de leurs résidences. On s'est rendu compte que, dans les groupes homogènes en termes de revenu, âge ou structure du ménage, il existe des différences en ce qui concerne les préférences pour les modes de transport, notamment voiture et transport public. On peut donc se poser des questions comme : existe-il une relation entre ces préférences et les préférences pour des caractéristiques de la zone de résidence ? Les préférences en matière de déplacements ont-elles une influence sur les choix résidentiels des ménages ? Ces préférences ajoutent-elles un

pouvoir explicatif aux modèles qui incluent des attributs des ménages, des logements et des zones de résidence ?

Une étude de Van Wee et al. (2002) donne des réponses positives à toutes ces questions.

En revanche, d'autres recherches, comme celle de Bagley et Mokhtarian (2002), ont conclu que les variables caractérisant les ménages et leurs logements sont corrélées dans une moindre mesure avec des variables d'utilisation du sol et de localisation qu'avec des variables caractérisant les comportements en termes de déplacements.

L'importance de l'accessibilité comme facteur d'influence des choix des ménages en termes de localisation résidentielle est évidente. Les agents font des choix et prennent des décisions concernant la localisation de leur résidence en tenant compte d'une série de caractéristiques du ménage, du quartier, de l'emploi et du système de transport. La théorie économique « *bid-rent* » est basée sur l'hypothèse que les décisions de localisation résidentielle dépendent essentiellement d'un arbitrage entre l'accessibilité (particulièrement, l'accessibilité à l'emploi) et le coût immobilier ou foncier. Mais il existe une variété de facteurs qui, en interaction avec l'accessibilité, peuvent affecter les choix en matière de localisation résidentielle. Parmi ces facteurs, on peut citer les caractéristiques des ménages (l'âge, le revenu du ménage...), de l'environnement résidentiel (la densité résidentielle, le niveau des services publics tels que l'éducation, les services de récréation du quartier...) et du logement (le prix, la taille, la qualité...).

Le prix du foncier et le choix de localisation ont généralement été examinés comme problèmes distincts. Toutefois, ces questions sont étroitement liées, étant données les interactions entre les marchés urbains, et l'examen des accessibilités relie ces deux questions en discussion.

Les études de Boyce et alii (1972), Dornbusch (1976) et Lerman (1977) ont montré que le facteur transport a une influence relativement réduite, mais statistiquement significative sur le prix de l'immobilier. D'autre part, les études empiriques de Mayo (1973), Friedman (1975) et Pollakowski (1975), qui ont examiné l'impact des facteurs socio-économiques et du niveau des services publics sur les décisions de localisation des ménages, ont conclu que le niveau des services d'éducation et récréation ont, généralement, une moindre importance sur les choix de localisation que l'accessibilité à l'emploi, et que l'effet de l'accessibilité est conditionné par des attributs comme la taille et le revenu des ménages. Ils ont aussi montré que le degré de motorisation des ménages a une influence sur les décisions de localisation résidentielle.

Dans leur étude, Weisbrod, Ben-Akiva et Lerman (1980) montrent que le coût du logement est un facteur très important dans les décisions de mobilité et de localisation résidentielle. Ils soutiennent qu'un faible changement dans le coût du logement peut avoir un effet équivalent à l'effet d'un changement plus significatif du temps d'accès au travail.

2.1.2. Le modèle de base et ses extensions

La théorie de la microéconomie urbaine fournit un cadre d'analyse pertinent pour l'étude du comportement des agents économiques dans la ville. Même si les hypothèses sont relativement simples, les modèles fondés sur cette théorie apportent des aspects essentiels pour la compréhension des comportements des ménages, des déterminants de la localisation résidentielle, de l'impact du transport sur les formes urbaines.

Selon la théorie de l'économie urbaine, la localisation des ménages résulte d'un arbitrage entre accessibilité au centre (où sont localisés les emplois) et le prix du logement, qui diminue avec la distance au centre (Fujita, 1989). Cet arbitrage s'exprime à travers un mécanisme d'enchère foncière. Chaque localisation étant attribuée au plus offrant, on aboutit, dans un espace homogène, à la formation des courbes de rente foncière (courbes d'enchère) décroissantes avec la distance au centre.

Le modèle de base de choix résidentiel, développé notamment par les travaux d'Alonso (1964), Mills (1967) et Muth (1969), postule que la structure d'équilibre d'utilisation du sol est déterminée par l'arbitrage effectué par les ménages entre la rente foncière et l'accessibilité au centre de la ville, lieu de concentration des emplois. L'inclination à substituer de l'espace à l'accessibilité diffère entre les ménages car ils ont des revenus et des niveaux d'accès différents dépendant de leurs activités. La demande de logement résidentiel va s'orienter vers les zones permettant d'accéder efficacement au centre, lieu de concentration des emplois, des loisirs ou des centres d'achats. Le prix du sol est donc le résultat d'une position plus ou moins favorable par rapport à ce lieu d'attraction.

Le modèle d'Alonso se base sur certaines hypothèses relatives à la représentation de l'espace urbain, aux caractéristiques des agents économiques, aux types de déplacements et au marché foncier. La ville, supposée monocentrique et circulaire, est considérée comme un système fermé, ce qui permet de se concentrer sur des problèmes spécifiquement urbains. Les sols urbains sont supposés libres d'utilisation et de qualité uniforme. Le prix du sol est décroissant avec la distance au centre (CBD). Les agents économiques (les ménages) sont considérés comme ayant le même revenu et les mêmes préférences. Les déplacements,

effectués uniquement par les salariés du ménage, sont des déplacements aller-retour au CBD. La configuration de la voirie est radiocentrique. On a un seul mode de transport – l’automobile. Le marché du foncier fonctionne en concurrence pure et parfaite, s’y déroulent en permanence des enchères. Les ménages disposent d’une offre de rente décroissante par rapport à la proximité au centre.

Etant données ces hypothèses, les différents types de localisation ne se distinguent entre elles que par leur distance au centre, ce qui fait que le choix de localisation se réduit à un choix d’une distance au centre.

Dans ce modèle, conformément à la théorie néoclassique du consommateur, le ménage cherche à maximiser son niveau d’utilité sous contrainte de revenu et prix. Le logement, c’est-à-dire le bien consommé par le ménage, est défini par sa superficie, le transport vers le lieu d’emploi au centre-ville, et une complexité des autres biens non spatialisés.

Suite à l’application de son modèle, Alonso trouve que la généralisation de la voiture particulière peut augmenter le confort des déplacements, mais augmente également ses coûts. Par contre, l’augmentation de la population de la ville peut induire des économies d’échelle sur les moyens de transport et en diminuer le coût, mais augmenter la congestion et la pénibilité. Il explique aussi que, dans les villes américaines, une forte préférence pour la consommation du sol conduit les ménages les plus aisés à se localiser en périphérie. Une éventuelle augmentation de la population va accroître la demande de sol dans la ville et, finalement, un accroissement de sa superficie, une hausse de la rente foncière et une augmentation de la densité urbaine.

Le modèle d’Alonso est trop réducteur : il suppose un espace homogène qui n’est pas compatible avec les espaces urbains réels complexes, l’accessibilité est représentée uniquement par une distance au centre et le système de transport est restreint à un seul mode de transport (routier) et un seul motif (déplacements domicile-travail).

C’est pourquoi, divers auteurs ont essayé d’améliorer ce modèle, mais il faut noter que ces extensions ne remettent pas en cause les grands résultats du modèle initial.

Les extensions et les formulations proposées ont eu comme objectif d’améliorer le réalisme du modèle, mais la complexité inhérente à toute analyse spatiale limite le nombre d’hypothèses susceptibles d’être relâchées.

Wingo (1961) propose d’approfondir les effets du système de transport sur la distribution spatiale des valeurs foncières et des densités résidentielles, par une étude des coûts généralisés de transport intégrant la valeur du temps de déplacement.

Dans la plupart des modèles de la Nouvelle Economie Urbaine, le réseau de transport est envisagé en termes de surface de voirie, le partage de l'usage du sol étant calculé comme un rapport entre la surface de voirie et la surface totale.

Capozza (1973) propose un modèle d'équilibre spatial où il essaie de démontrer l'avantage d'une complémentarité entre modes de transport. Le modèle considère deux modes de transport : la voiture particulière et le métro. L'auteur montre que la « ville routière » est moins dense, plus étalée, plus suburbanisée et plus congestionnée que la « ville métro ». Outre cet effet d'extension de la ville en périphérie, il y a un impact important sur le prix du logement. Dans les villes mixtes, la population résidant dans la zone la plus proche du centre utilisera le métro, tandis que les habitants de la zone périphérique utiliseront à la fois la voiture et le métro, ce qui est considéré comme le plus efficace.

Les conséquences de la congestion sur la rente foncière et la densité résidentielle ont été étudiées par Solow (1972). La densité du trafic est une fonction décroissante de la distance au centre. L'introduction de la congestion dans le modèle détermine l'augmentation de degré de convexité des profils de rente. En ce qui concerne la densité résidentielle, elle est une fonction décroissante et convexe par rapport à la distance au centre. L'introduction de la congestion dans le modèle fait que le degré de convexité s'élève suite à l'introduction des coûts associés à la congestion.

Alonso (1964) introduit une variable d'aménités dans la fonction d'utilité des ménages, dans un modèle de choix résidentiel avec externalités, repris par Beckerich (1997). Dans le modèle avec aménités, le comportement des ménages en termes de choix de localisation résidentielle se traduit par un arbitrage entre distance au centre et aménités et type de logement. L'offre d'un bien public local (par exemple, la création d'une nouvelle ligne de métro) peut modifier les aménités et l'accessibilité dans sa zone. Ainsi, un logement situé à proximité devrait avoir une valeur supérieure après la création de cette nouvelle offre de transport (on dit que le prix foncier et immobilier capitalise la valeur des biens publics).

Richardson (1977) introduit d'autres éléments dans la détermination de la rente foncière. Il parle de rente d'externalités associée aux faibles densités pour lesquelles les ménages peuvent avoir des préférences. Du fait que la densité diminue avec la distance au centre, la rente d'externalités va être une fonction croissante de cette distance.

Papageorgiou (1973) aborde la question des préférences spatiales en termes de qualité de l'environnement. Cette qualité de l'environnement est conçue comme présence d'attributs qui peuvent avoir un impact positif (les aménités) ou négatif (les nuisances).

Fujita (1989) a repris ces travaux en introduisant dans l'arbitrage des ménages en termes de choix de localisation résidentielle les externalités et l'anisotropie des localisations.

2.1.3. L'approche alternative au modèle de base : la théorie de l'utilité aléatoire et les modèles de choix discrets

Une approche alternative considère la probabilité qu'un ménage choisisse un type de logement comme une fonction des caractéristiques du logement, des caractéristiques du ménage et des caractéristiques du voisinage où le logement est localisé, y compris l'accessibilité.

Cette approche alternative à celle d'Alonso, qui avait un caractère déterministe et faisait l'hypothèse d'une ville monocentrique, a été proposée par McFadden (1978) et Anas (1982) et elle est fondée sur la théorie de l'utilité aléatoire.

Cette approche vise à construire des modèles plus réalistes, cherchant à dépasser les hypothèses trop simplificatrices des modèles de la microéconomie urbaine, comme celle d'une information parfaite des consommateurs et producteurs sur le marché, le caractère déterministe de la fonction d'utilité des demandeurs, le caractère trop agrégé de ces modèles.

Les modèles de choix discrets sont des modèles probabilistes, qui permettent de prendre en compte l'existence d'une diversité de préférences individuelles.

La logique de ces modèles est la suivante : un individu, qui doit choisir une zone de localisation résidentielle parmi un ensemble d'alternatives, attribue à chaque localisation une fonction d'utilité, définie comme une fonction des attributs de la zone (accessibilité, environnement), et sélectionne la localisation qui maximise l'utilité. L'utilité d'un agent face à une alternative contient donc une composante déterministe, exprimée par les attributs de la zone et les caractéristiques de l'agent, et une composante aléatoire, reflétant les éléments de subjectivité des agents (manque d'information, rationalité limitée).

Un tel modèle a été construit par de Palma et Lefèvre (1985). Ils ont adopté la formulation logit multinomial, qui est la forme la plus utilisée pour les choix probabilistes.

2.1.4. Cycle (parcours) de vie et trajectoire résidentielle des ménages

Le cycle de vie des ménages constitue un objet d'étude en soi, mais il est largement utilisé en tant que cadre d'analyse d'autres phénomènes. Au cours des dernières décennies, plusieurs auteurs ont mis en évidence la relation entre le cycle de vie des ménages et les

mouvements résidentiels et ont abordé la question de la mobilité résidentielle dans le contexte plus large du cycle ou de la trajectoire de vie des ménages.

Glick (1947) est l'un des premiers chercheurs qui ont lié explicitement le cycle de vie, les changements dans la composition et la taille des familles avec la mobilité résidentielle. Il définit sept étapes dans le cycle de vie d'une famille (cas américain) : mariage, naissance du premier enfant, naissance du dernier enfant, mariage (et départ) du premier enfant, mariage (et départ) du dernier enfant, décès de l'un des conjoints et décès du conjoint survivant, étapes qui peuvent conduire le ménage à changer de résidence.

Lansing et Kish (1957) apprécient que les étapes les plus importantes pour expliquer les comportements des individus et ménages, y compris en matière résidentielle, sont les changements qui affectent le statut familial, comme le mariage ou la naissance du premier enfant. Le cycle de vie familial possède, selon eux, un pouvoir explicatif plus important que celui de la seule variable âge.

Face à la diversité des situations familiales et personnelles, le concept de cycle de vie, qui met en avant le ménage, est progressivement délaissé, à partir des années soixante-dix, au profit de celui de parcours de vie, centré sur l'individu. Le parcours de vie est défini comme une succession d'étapes, de transitions, d'événements qui rythment l'existence d'un individu de sa naissance à sa mort (Rérat, 2005). Du point de vue des migrations résidentielles, les événements les plus importants sont la décohabitation, le mariage (la mise en union), le divorce (la séparation), la naissance des enfants et la retraite.

Rogers (1988), qui a étudié la relation entre la mobilité résidentielle et le parcours de vie, a trouvé, malgré la diversité des parcours de vie, des régularités évidentes concernant les taux de migration. Son analyse repose sur l'observation empirique de la courbe par âge des migrants et a été validée par de nombreuses études de cas. Les similarités identifiées dans le profil par âge s'expliquent par la relation de l'âge avec d'autres caractéristiques individuelles et d'autres aspects liés au cycle de vie familial et au parcours professionnel, qui engendrent des besoins et attentes distinctes en termes de résidence (taille du logement, localisation, etc.).

En dehors de la partie résiduelle qui n'est pas expliquée par l'âge, la propension à migrer connaît quatre pics. Le premier correspond aux enfants et renvoie à la trajectoire résidentielle de leurs parents. Le deuxième correspond à la transition de l'adolescence à l'âge adulte, qui est associée à la décohabitation, motivée par la nécessité de bouger pour suivre une formation supérieure, pour la recherche d'un emploi ou la formation d'une union. Le troisième pic survient à l'âge de la retraite, motivé par la présence d'aménités ou par le retour dans la

région d'origine. Le dernier pic arrive en fin de vie, avec des déménagements motivés notamment par le rapprochement du reste de la famille.

Mais l'âge et le parcours de vie n'influencent pas que la propension à migrer, mais aussi la décision de localisation résidentielle. Pumain et Saint-Julien (1995), qui ont étudié les caractéristiques dans la répartition des catégories sociales dans les villes françaises, ont trouvé que la première composante concernait le cycle de vie : recherche du centre au début de la vie conjugale, ensuite migration des familles vers la périphérie, avec l'arrivée des enfants. Da Cunha et Both (2004), dans leur étude sur les agglomération suisses, trouvent aussi que l'âge apparaît comme un critère dans le choix de la direction de la migration : « l'âge des enfants, autant que leur nombre, semble être un facteur décisif du choix résidentiel. Les familles avec enfants en bas âge ou scolarisés s'installent de manière préférentielle dans les communes périurbaines et suburbaines où elles semblent trouver une offre immobilière mieux adaptée à leurs besoins en surface, à leurs aspirations en termes de cadre de vie et compatible avec leurs ressources économiques ».

L'étude des parcours de vie se base sur des méthodes qualitatives, comme les histoires de vie ou les récits biographiques, ou quantitatives, comme les analyses longitudinales, basées sur des enquêtes par lesquelles on suit les membres d'une cohorte au fil du temps, afin d'observer les transformations qu'ils connaissent.

La modélisation de la trajectoire de vie, avec ses composantes familiale, résidentielle et professionnelle, qui sont en interdépendance, suppose la localisation dans le temps et dans l'espace des événements survenus dans la vie des personnes/ménages enquêtés, le développement de structures logiques capables de traiter ce type de données et l'application des méthodes statistiques pour modéliser les facteurs de transition d'état et déterminer la probabilité d'une telle transition (régression logistique intégrant la temporalité, régression de Cox) (Thériault, 2002). Un tel modèle de trajectoire de vie permet d'inclure des facteurs spatiaux, calculés dans le SIG, qui ont une influence sur les choix résidentiels (distance résidence-travail, proximité de l'école, etc.).

2.1.5. L'approche des automates cellulaires et systèmes multi-agents

Dans les dernières années, de nouvelles approches et techniques de modélisation ont émergé, et leur champ d'application s'est étendu progressivement, en touchant aussi la problématique des choix résidentiels. Les automates cellulaires et les systèmes multi-agents sont représentatifs de ces techniques nouvelles.

La mobilité résidentielle à l'intérieur d'une ville constitue un élément essentiel de son fonctionnement urbain. La logique du couple « mobilité et localisation » est au cœur de la compréhension de la dynamique urbaine.

L'apparition des techniques de modélisation dynamique issues de l'informatique (intelligence artificielle distribuée, vie artificielle) ont permis d'aborder le problème du comportement des acteurs ou celui des interactions multiples dans l'espace et le temps.

Les automates cellulaires (Couché (1985), Phipps et Langlois (1997)) ont un intérêt évident pour la modélisation des systèmes dynamiques complexes. Ces modèles introduisent une représentation du territoire correspondant à un ensemble de cellules de forme identique, chaque cellule étant décrite par des caractéristiques de milieu, habitat, population etc. Des fonctions d'état permettent de caractériser l'évolution de chaque cellule en fonction de son état et de celui de ses voisins.

Les systèmes multi-agents (Bura et alii (1996), Benenson (1998)) trouvent un intérêt réel dans la modélisation dynamique des problématiques sociales. Ils sont fondés sur la formalisation des interactions locales entre les agents et avec leur environnement. Les agents évoluent dans un espace prédéfini ou, au contraire, libres de contrainte, et interagissent. Le choix de cette technique se justifie lorsque le système à simuler est très complexe pour être modélisé globalement, tout en ayant des comportements locaux connus et simples à modéliser.

L'avantage des systèmes multi-agents par rapport aux automates cellulaires est la prise en compte d'un espace différencié et hiérarchisé, ainsi que des trajectoires de chaque individu ou groupe. Le comportement de l'ensemble d'entités est modélisé selon un paquet de lois ou de règles. Les systèmes multi-agents permettent l'utilisation conjointe de règles qualitatives et d'équations quantitatives, ce qui permet de modéliser tout processus ou toute structure, quelle qu'en soit la complexité.

Un modèle combinant les deux techniques pour étudier la complexité des liens entre mobilité résidentielle et territoire a été développé et appliqué à Bogota (Badariotti et Weber, 2002).

L'unité décisionnelle, c'est-à-dire la personne ou l'ensemble des personnes qui prend la décision de changer de résidence, est à considérer selon les étapes du cycle de vie familial, professionnel et le statut d'occupation du logement. Dans ce modèle, ce sont les ménages qui ont été retenus. Ils sont caractérisés par une série de variables démographiques (classe d'âge), économiques (statut professionnel) et par le statut d'occupation du logement. En matière de localisation résidentielle, l'aspect décisionnel fait intervenir non seulement le logement et ses

caractéristiques, mais aussi l'adéquation entre une motivation et une localisation (zone et logement). Les zones de résidence retenues correspondent aux secteurs de recensement (pour lesquelles les données existent).

Le comportement des ménages en matière de mobilité et de localisation résidentielle, implémenté dans le modèle, est supposé comportant trois étapes : d'abord, chaque ménage évalue son bien-être (confort) actuel et attribue au lieu de résidence un niveau de préférence ; ensuite, il cherche dans le voisinage un lieu plus confortable, avec un niveau de préférence plus élevé ; il émet le souhait de déménager s'il trouve un lieu pour lequel sa préférence est plus élevée que celle de son actuelle localisation. Chaque groupe (classe) de ménages a une propension à bouger qui lui est propre : par exemple, les ménages propriétaires et de personnes âgées auront une moindre propension que les ménages locataires et jeunes. Un ménage peut également être amené à bouger, non pas parce qu'il est attiré par une autre zone, mais parce qu'il est mécontent de sa localisation actuelle.

L'automate cellulaire est basé sur les stocks de logements, et repose sur le principe de similarité des comportements des groupes sociaux. Dans la logique de ce modèle, les zones où l'état d'occupation du stock de logements est inférieur à un moment donné à son optimum agissent comme des attracteurs et, parallèlement, les groupes d'individus issus des cellules denses s'adaptent à cette situation par un mouvement vers ces zones.

Le modèle multi-agents introduit les individus caractérisés par des comportements et des critères de choix résidentiels différents. Des règles pour les préférences individuelles, les logements et les zones d'habitation sont introduites dans la simulation. Les choix se basent sur l'évaluation des caractéristiques de chaque zone et sur une confrontation avec les critères individuels.

2.2. LES FACTEURS DETERMINANTS DES CHOIX RESIDENTIELS

Le terme « choix résidentiels » désigne la stratégie adoptée par le ménage en vue de prendre une décision de mobilité et de localisation résidentielle.

L'étude de la mobilité et de la localisation résidentielle, qui est strictement liée à d'autres formes de mobilité, comme la mobilité quotidienne et la mobilité professionnelle, doit être conçue comme une analyse des transformations sociales, démographiques, politiques, économiques qui affectent le milieu urbain. D'un point de vue pratique, la connaissance des facteurs déterminants des comportements résidentiels des ménages permet de comprendre comment l'homme s'adapte aux changements de la société concernant l'activité économique, la vie privée, le progrès technique, les formes d'urbanisation, etc. D'un point de vue théorique, la recherche des facteurs explicatifs des choix résidentiels est une étape essentielle de la démarche de modélisation de ces choix.

2.2.1. La mobilité résidentielle

La connaissance des déterminants de la mobilité résidentielle est nécessaire et importante notamment pour guider les politiques d'habitat et les acteurs du marché du logement.

Nous décrivons, d'une part, les motivations de la mobilité résidentielle, c'est-à-dire, des raisons qui poussent les ménages à prendre la décision de changer de logement, et, d'autre part, des variables qui peuvent avoir un impact plus ou moins significatif sur ces décisions de déménagement et en fonction desquelles on peut segmenter les ménages, caractérisés par des niveaux de mobilité différents.

Nous abordons la question des motivations ou des raisons que les ménages invoquent au moment où ils prennent la décision de changer de logement.

La mobilité résidentielle est fortement liée à des événements familiaux, comme les naissances, les mises en union, les séparations, la retraite professionnelle ou le décès. La fonction principale de la mobilité est le processus par lequel une famille ajuste son logement à ses besoins qui sont générés par les variations de la composition familiale accompagnant le cycle de vie. Par exemple, l'apparition des enfants est un événement, qui fait que le ménage peut avoir besoin de posséder un logement avec une plus grande surface, et ensuite de chercher la proximité à une école. En effet, concernant cette articulation entre cycle de vie et mobilité résidentielle, les recherches effectuées en France tendent vers la conclusion que le

comportement résidentiel correspond à un processus d'adéquation entre la taille du ménage et celle du logement.

L'ensemble de ces caractéristiques du cycle de vie constitue la base d'un système dynamique résidentiel, et l'élaboration d'une typologie des ménages selon celles-ci va permettre de mettre en évidence ses mécanismes, logiques et interactions internes, qui gouvernent les choix résidentiels des ménages.

Un changement de logement peut être aussi motivé par un changement d'emploi (et parfois l'inverse). Le comportement rationnel des ménages consiste à choisir leur lieu de résidence en fonction de la localisation de l'emploi de chacun des membres. Mais la perte ou le changement d'emploi d'un ou de plusieurs membres ne sera pas forcément accompagné par une décision de changement de logement. Des études effectuées en France indiquent que l'emploi joue de moins en moins un rôle important dans la mobilité à l'intérieur des agglomérations.

Debrand et Taffin (2005), en évaluant l'importance des différents facteurs déterminants de la mobilité résidentielle, montrent que les événements familiaux s'avèrent des facteurs plus importants que ceux liés à l'emploi; ces derniers ne jouent le rôle principal que dans le cas de la mobilité de longue distance, mais c'est la mobilité de courte distance qui reste majoritaire. Gobillon (2001) affirme aussi que les facteurs de la mobilité résidentielle de courte distance (intra-communale) ne sont pas identiques à ceux de la mobilité de longue distance (intra-départementale et intra-régionale). Il précise que sur les deux dernières décennies, la décroissance de la part de la mobilité de courte distance et la croissance de celle de longue distance suggèrent une modification des raisons de déménager, sachant que la mobilité de courte distance est déterminée notamment par des événements liés aux caractéristiques du ménage et du logement, tandis que la mobilité de longue distance est plutôt associée à la mobilité professionnelle.

Une interrogation sur le statut d'occupation du logement est également nécessaire, puisque rester locataire ou devenir propriétaire est un acte qui semble orienter les choix en matière résidentielle, si on tient compte du fait que, conjugué avec la localisation (l'environnement résidentiel), le statut d'occupation constitue une forme de représentation sociale.

Dans la littérature, on trouve des références à d'autres facteurs qui peuvent favoriser la décision de changer le logement, comme le désir de posséder un logement supérieur du point de vue qualitatif ou d'habiter dans une zone avec une meilleure qualité du voisinage (Kestens,

2004), mais ces facteurs ont un poids moins important parmi les motivations évoquées par les ménages comme des raisons de déménagement.

On va faire maintenant un passage en revue des variables qui sont liées et conditionnent le comportement des ménages en matière de mobilité résidentielle.

Les études effectuées sur la mobilité résidentielle et son évolution en France nous offrent une liste de ces variables, parmi lesquelles on retrouve notamment les caractéristiques sociales, démographiques et économiques des ménages, comme l'âge de la personne de référence, la taille ou le nombre d'enfants du ménage, le statut d'occupation du logement ou le revenu du ménage. Nous allons voir quels sont les enseignements que l'on peut tirer de ces études concernant les relations qui existent entre ces variables et la mobilité résidentielle des ménages.

Une étude de Laferrere (2006) montre que l'ancienneté d'occupation du logement, qui est utilisée comme indicateur de mobilité résidentielle des ménages, a augmenté de 1984 à 1996, et s'est maintenue relativement stable entre 1996 et 2002, mais cette stabilité résulte de deux tendances opposées : une augmentation de l'ancienneté chez les personnes plus âgées et une diminution surtout chez les plus jeunes. Cette augmentation de l'ancienneté (diminution de la mobilité résidentielle) avec l'âge se fait de plus en plus avec le temps. En même temps, l'augmentation de la mobilité des moins de 65 ans est évidente pour les locataires et moins pour les propriétaires, tandis que pour les plus de 65 ans la baisse de la mobilité s'observe surtout pour les propriétaires et les locataires du secteur social.

Driant, Drosso et Vignal (2005) s'intéressent sur la mesure dans laquelle les retraités participent aux mouvements résidentiels, dans le contexte du phénomène actuel de vieillissement de la population. Selon eux, le seuil de 60 ans, couramment utilisé pour qualifier les personnes âgées et le phénomène démographique de vieillissement de la population, cache une grande diversité de situations en lien avec les choix résidentiels. L'analyse globale qui décrit les seniors comme des propriétaires des maisons individuelles et peu mobiles est insuffisante. Par exemple, il est intéressant d'observer que la majorité des personnes âgées vivent en maison individuelle, mais cette caractéristique baisse au fur et à mesure du vieillissement, et est accompagnée par un recul de la propriété et, en termes de localisation, d'un retour à la ville.

L'étude de Debrand et Taffin (2005) sur la période 1979-2002 confirme l'existence d'une relation évidente entre l'âge de la personne de référence du ménage et le statut d'occupation du logement, d'une part, et la probabilité de changer la résidence, de l'autre.

Les études de Henley (1998) et Gobillon (2001) mettent en évidence la relation qui existe entre la composition du ménage et la mobilité résidentielle : plus le nombre d'enfants ou la taille du ménage est grande, moins il est mobile.

Dans les conditions actuelles, les bouleversements de la famille ont comme effet que le nombre des ménages s'accroît plus que la population, conduisant à la réduction de la taille des ménages et la diversification des types de ménages. Ces aspects sont importants à étudier, parce qu'ils se traduisent par une pression de plus en plus forte sur le marché immobilier. En effet, l'accroissement du nombre de ménages d'une personne a des effets sur le logement, dans le sens où il accroît la pression sur le marché du logement et les personnes vivant seules privilégient les localisations centrales et donc le collectif et la location. De plus, si on met en relation la taille des ménages et la taille des logements, on constate que, dans le temps, il y a une relation inverse entre les deux indicateurs.

Si on s'interroge sur l'effet du revenu d'un ménage sur ses chances de déménager, on s'attend a priori à ce que davantage de revenu augmente la mobilité résidentielle, donc à une liaison négative entre le revenu et l'ancienneté d'occupation du logement. Mais on pourrait aussi faire l'hypothèse contraire si on considère que davantage de revenu à un âge donné permettra de bouger moins souvent au cours de sa vie si on est plus aisé, par exemple parce qu'on est propriétaire plus tôt.

Un certain nombre d'études qui analysent l'importance du chômage régional dans l'explication de la mobilité, montrent que les ménages partent des régions où les revenus sont faibles et les taux de chômage élevés vers des régions avec des caractéristiques opposées.

La mobilité résidentielle est aussi influencée par la conjoncture économique. La mobilité de courte distance (qui est la plus fréquente) dépend étroitement de l'offre qui existe sur le marché local de l'habitat. Les phases de croissance économique, qui supposent une hausse des revenus des ménages, favorisent donc la mobilité.

2.2.2. La localisation résidentielle

De façon idéale, un modèle de choix de localisation résidentielle devrait capturer tous les facteurs qui contribuent à un choix du ménage concernant sa résidence et le voisinage correspondant, et reconnaître le grand nombre d'alternatives de choix. L'omission de certaines variables pertinentes dans un modèle conduit à une surestimation de l'impact des variables explicatives de ce modèle.

Dans la prise de décision concernant la localisation de leur résidence, qui est une décision complexe et qui vise le long terme, les ménages cherchent à maximiser leur satisfaction – ou utilité. Mais cette utilité ressentie par les ménages est en réalité une résultante de plusieurs facteurs : les facteurs subjectifs, qui tiennent des caractéristiques socio-démo-économiques spécifiques à chaque ménage ou catégorie de ménages et des comportements et préférences de ceux-ci en matière de localisation résidentielle, et les facteurs objectifs, qui relèvent des caractéristiques physiques de l'environnement résidentiel (logement, aménités, accessibilités).

2.2.2.1. La relation entre le profil socio-démo-économique des ménages et la localisation résidentielle

Concernant le premier groupe de facteurs, qui visent les caractéristiques subjectives, spécifiques aux différents ménages, on va analyser les relations qui existent entre les comportements de localisation des ménages et les variables les caractérisant, comme la catégorie socioprofessionnelle (CSP), le revenu, le niveau d'études, la taille du ménage ou le nombre d'enfants, l'âge (comme indicateur du cycle de vie), le statut d'occupation du logement, le nombre de voitures particulières et le nombre d'actifs. Ce sont des variables qui pourraient être utilisées pour stratifier les ménages en vue de l'estimation de leurs préférences de localisation.

Une idée généralement admise est que la mixité sociale comme objectif de l'action publique va à l'encontre de la préférence des individus pour « l'entre soi », l'option la plus courante étant de se rapprocher autant que possible de son groupe de référence. Dans cette logique, les choix résidentiels des ménages seraient donc des facteurs de ségrégation. De nombreuses études ont montré que le comportement des ménages en matière de localisation varie significativement avec la catégorie socioprofessionnelle des individus qui les composent. La typologie par catégories socioprofessionnelles traduit souvent le statut socioéconomique, synthétisé par deux variables corrélées : le revenu et le niveau d'études. La variable clé, qui est le revenu, est certainement une variable explicative de la décision de localisation résidentielle, que ce soit par le jeu du marché du logement, ou bien par l'influence des interactions sociales. Si on classe les ménages en fonction du revenu, de la catégorie socioprofessionnelle ou du niveau d'études de leurs membres, la concentration territoriale est évidente aux deux extrémités de l'échelle sociale, mais à une extrémité elle est choisie, à l'autre subie. La question qui se pose est si la composition sociale des territoires est un critère ou une conséquence indirecte des choix de localisation résidentielle. A cette question, la recherche n'apporte que des réponses nuancées et partielles.

Certains économistes considèrent que le niveau de vie, reflété par le profil socio-économique des ménages, est déterminant dans leurs choix en matière de localisation résidentielle. On peut évoquer dans ce sens les apports d'Alonso (1964), Mills (1967) et Muth (1969), qui soutiennent l'idée que l'offre et la demande sur le marché du logement expliquent la localisation des ménages aisés et des ménages pauvres dans des lieux différents, ou ceux de Tiebout (1956), selon lequel le jeu d'attraction et de répulsion entre différentes catégories de ménages structure l'espace résidentiel selon le niveau de vie.

Par contre, d'autres auteurs considèrent que ce n'est pas le niveau de vie qui influence le choix du lieu de résidence, mais plutôt l'inverse. Ces auteurs accordent une très grande importance aux caractéristiques socio-économiques du quartier, ces dernières influençant, selon eux, plus le revenu des agents que toute considération relative à l'accessibilité aux zones d'emploi.

On peut remarquer qu'en France, comme aux Etats-Unis, l'homogénéité des ménages au sein des quartiers est très visible dans le paysage urbain. Ainsi, il est possible de réaliser une typologie des quartiers, séparant les zones dans des classes selon le profil des ménages qui y habitent.

Les extensions apportées au modèle standard de l'économie urbaine permettent d'introduire une différenciation dans les caractéristiques des agents économiques, en tenant compte de la composition du ménage (taille ou nombre d'enfants du ménage). Les premiers modèles de localisation, comme celui d'Alonso, Muth et Mills, ne tenaient pas compte de la structure démographique du ménage. Or, un ménage composé d'un nombre important de membres, par exemple, est plus susceptible de choisir une résidence en périphérie, afin de bénéficier d'une plus grande superficie à moindre coût qu'un ménage composé d'un nombre plus réduit de personnes. Hochman et Ofek (1977) vont dans ce sens, en soulignant l'existence d'une corrélation positive entre la taille du ménage et la distance entre le lieu de résidence et le centre.

Les événements du cycle de vie des ménages motivent la décision de déménager, mais l'étape du cycle de vie a également une influence sur le choix de la localisation ou du type de bien (logement) acheté, en fonction des impératifs comme la naissance des enfants ou la retraite. Par le biais de ces étapes, l'âge des membres ou de la personne de référence du ménage apparaît comme une variable qui peut varier avec sa localisation dans le territoire.

D'autres recherches suggèrent qu'il existe une asymétrie importante entre les locataires et les propriétaires en termes de décisions de localisation résidentielle, ce qui semble logique

dans la mesure où le statut d'occupation du logement est corrélé avec des variables comme le revenu du ménage ou l'âge de la personne de référence.

Un lien existe certainement entre la localisation d'un ménage et son degré de motorisation, représenté par le nombre de véhicules possédés. A priori, il existe une relation positive entre le degré de motorisation des ménages et la distance par rapport au centre de leur résidence : plus on s'éloigne du centre, qui est le pôle principal des activités de la ville, plus le besoin d'avoir au moins une voiture augmente. Le principal mode de transport utilisé par les membres de ces ménages pour se déplacer vers les différentes destinations, notamment le lieu de travail, est nécessairement la voiture, tandis que pour les ménages habitant dans les zones plus centrales, l'alternative des modes de transport collectif reste viable.

Dans un contexte où la mobilité liée au travail est un aspect important, dans la mesure où, par le biais des localisations de l'emploi et de la résidence, ce type de déplacement structure fortement l'ensemble de la mobilité, la présence et le nombre d'actifs ou plutôt d'actifs occupés dans un ménage est à prendre en compte dans une analyse de la répartition spatiale de l'habitat.

L'augmentation de la mobilité domicile-travail se produit dans un contexte caractérisé par un dynamisme économique et démographique marqué. De plus, le marché de l'emploi connaît des transformations structurelles importantes, comme la féminisation ou la tertiarisation. Ces évolutions urbaines induisent des changements importants dans le système de localisation d'une agglomération, et cette redistribution spatiale des emplois et des logements influe sur les comportements des ménages, en modifiant l'univers des choix de ceux-ci en matière de localisation.

2.2.2.2. Le lien entre les caractéristiques de l'environnement résidentiel et les choix de localisation résidentielle des ménages

La nouvelle théorie du consommateur de Lancaster met en évidence que le logement (ou la résidence) peut être vu comme un bien multidimensionnel différencié en un ensemble d'attributs variant en quantité et en qualité. Il peut ainsi se décomposer en trois dimensions : ses caractéristiques intrinsèques, les aménités et l'accessibilité.

Lorsqu'un ménage choisit un logement, il tient compte de multiples variables structurelles, soit quantitatives, comme la superficie ou le nombre de pièces de la résidence, ou qualitatives, comme le type (individuel – maison ou collectif – appartement), l'âge de l'immeuble (neuf ou ancien) ou le niveau d'équipement. Ces caractéristiques d'un logement se reflètent, en général, dans son prix sur le marché immobilier, ce prix étant également un

critère en fonction duquel les ménages font leurs choix résidentiels. L'approche hédonique du prix immobilier (ANNEXE 1) repose sur cette hypothèse que le logement est un bien complexe, dont les caractéristiques sont les facteurs déterminants de son prix.

Le choix de la localisation résidentielle effectué par les ménages est lié à la qualité de l'environnement social, économique et physique de la zone de résidence. En retour, ces choix individuels déterminent une dynamique de cet environnement.

La théorie du *flight-from-blight* (en français, esquivance des externalités négatives) explique la structuration, dans le contexte américain, d'une aire urbaine selon le niveau de revenu, à la lumière des externalités produites par la coexistence sur un territoire donné des ménages appartenant à des classes de revenu différentes. En fait, les interactions entre les différents groupes de ménages dotés de niveaux de revenu différents, qu'elles passent par la fiscalité ou plus généralement par les relations de proximité, sont susceptibles de structurer l'aire urbaine en fonction du niveau de vie des ménages. Ainsi, la cohabitation, au centre-ville, entre les classes aisées et les classes à bas revenu, génère des externalités qui incitent les classes aisées à établir leur lieu d'habitation dans la périphérie et ce afin de se soustraire à ces externalités. Il apparaît une représentation de l'aire urbaine qui prend la forme d'une juxtaposition de communes qui sont protégées les unes des autres par l'élaboration de barrières à l'entrée. Les ménages à bas revenu se retrouvent ainsi concentrés dans les villes-centres et isolés du reste de la population. Cette isolation aggrave généralement leur situation en amoindissant le niveau et/ou la qualité des aménités endogènes dont ils peuvent bénéficier. Ainsi, les ménages à bas revenus sont confrontés à un cercle vicieux, car leur situation de pauvreté est confortée et accentuée par les caractéristiques du quartier dans lequel ils résident.

Dans son étude, Zenou (2002) a cherché à prendre en compte l'influence des aménités afin d'expliquer la ségrégation résidentielle. Il conclut que les ménages aisés donnent une plus grande importance à la présence d'aménités que les ménages disposant d'un revenu plus faible.

Il faut également noter que les caractéristiques socio-économiques des quartiers sont en mesure d'influencer les chances que les habitants accèdent à l'emploi, le quartier de résidence, à travers les relations de voisinage, peut conditionner d'autres décisions prises par les ménages ou que les ressources du voisinage peuvent avoir une influence sur la formation du capital humain.

Le choix de la localisation des ménages dépend aussi de leurs préférences concernant la qualité de l'environnement résidentiel, traduite en termes de présence d'espaces verts et de loisir et de niveau de pollution de l'air. Des chercheurs qui ont investigué l'effet de la

présence de la végétation sur la valeur des propriétés, comme, par exemple, Thériault, Kestens et Des Rosiers (2002), ont mis en évidence la relation positive qui existe entre ces variables. Des études sur la perception des gens vis-à-vis de la présence des espaces verts dans la proximité de leur résidence ont également confirmé l'existence de cette relation avec la valeur du logement.

Les choix de localisation des ménages, mais aussi la valeur des logements, dépendent également de leur proximité aux différents activités et services de la ville. La présence dans la zone de résidence d'activités économiques, d'établissements d'enseignement ou commerciaux, la proximité au centre et aux grands infrastructures de transport, le niveau de la densité de la population, sont des facteurs qui vont guider les décisions des ménages de se localiser dans une zone ou une autre, en fonction de leurs besoins et préférences.

L'hypothèse de capitalisation des avantages retirés de la localisation résidentielle, tels que les aménités de voisinage ou l'accessibilité aux différents services découlent de nombreux travaux théoriques et empiriques en économie urbaine qui convergent vers l'idée que sur un marché immobilier concurrentiel, les consommateurs enchérissent pour les localisations selon leur propension à payer pour les attributs de localisation et c'est l'enchère maximale qui l'emporte et détermine le prix du marché. La valeur d'un bien est le résultat de l'interaction entre l'offre, et la demande qui reflète les caractéristiques des consommateurs (leurs préférences, revenus). Or, ce n'est que dans un marché de concurrence pure et parfaite que le prix du marché pour un bien est identique à la valeur de ce bien. En réalité, le marché des biens immobiliers s'écarte de ces conditions idéales en raison des caractéristiques propres aux biens immobiliers – indivisibilité, hétérogénéité, information partielle. Selon Van Lierop et Rima (1982), le marché du logement comme tel n'existe pas : « Ce que nous appelons le marché du logement est un phénomène complexe d'éléments et de sous-marchés corrélés et mutuellement influençant. Parmi les facteurs, les forces et les composantes qui interagissent pour former le marché du logement, on peut inclure une multitude d'acteurs individuels et groupes avec des intérêts et des références contradictoires, une multitude de motifs individuels et attributs de comportement résidentiel, une multitude de possibilités de choix (localisations alternatives, logements alternatifs, etc.), une multitude d'effets de débordements social et spatial et externalités (comme par exemple le fait que la qualité d'une résidence est déterminée par les unités individuelles de logement dans cette aire, une multitude de processus dynamiques associés avec le développement économique et géographique d'un système spatial, une multitude de régulations publiques qui contraignent un système de marché libre pour le marché du logement ».

Le tableau n° 5 synthétise, sous la forme d'une liste de variables, les principaux facteurs déterminants des choix de mobilité et de localisation résidentielle des ménages identifiés dans cette section.

Tableau n°5 : Les facteurs déterminants des choix résidentiels des ménages

<p><i>Facteurs (variables) – mobilité résidentielle</i></p>	<p>âge de la PR nombre d'enfants / taille du ménage statut d'occupation du logement revenu du ménage taille du logement cycle de vie du ménage emploi aménités de la zone</p>
<p><i>Facteurs (variables) – localisation résidentielle</i></p>	<p>revenu du ménage CSP de la PR niveau d'études de la PR nombre d'enfants / taille du ménage âge de la PR nombre d'actifs du ménage statut d'occupation du logement nombre de VP prix immobilier caractéristiques du logement (superficie, nombre de pièces, type, âge, niveau d'équipement) caractéristiques socioéconomiques de la zone (revenu, âge, taille des ménages) caractéristiques physiques de la zone (superficie des espaces verts et de loisir, niveau de pollution de l'air) accessibilité aux opportunités (activités économiques, commerces, établissements d'enseignement, infrastructures de transport)</p>

2.3. LA MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS : LA THEORIE DES CHOIX DISCRETS

Le processus de décision en matière résidentielle est complexe. En outre, il est un choix interdépendant à d'autres choix, comme celui du mode de transport pour se rendre au travail, par exemple. Dans ce cas, il n'existe pas un sens clair de la relation de causalité entre ces deux choix, la causalité peut s'établir dans les deux sens simultanément, les choix étant donc interdépendants. La décision de déménager ou celle de se localiser dans une zone donnée sont aussi influencées par d'autres choix du ménage : celui de devenir propriétaire ou locataire de son logement, ou celui de vivre dans une maison individuelle ou dans un appartement. Un exemple dans ce sens c'est que le désir d'être propriétaire d'une maison individuelle explique en grande partie les choix de localisation des ménages en zone périurbaine.

Une source supplémentaire de complexité est donnée par la multitude de variables qui peuvent influencer ce choix. En dehors des facteurs majeurs et aisément identifiables et mesurables, il faut aussi prendre en compte des facteurs difficiles à quantifier et fortement subjectifs, tels que les préférences des ménages ou leurs opinions en matière d'externalités sociales de localisation (l'apparence, la possibilité de lier des connaissances, etc.). Les sociologues ont également mis en évidence que l'individu ou le ménage ne prend pas ses décisions uniquement en fonction de ses propres caractéristiques à un moment donné, mais aussi en fonction d'autres critères sociaux, psychologiques, affectifs (comme l'attachement à un lieu, l'appartenance à un groupe de référence, à une communauté d'origine).

On voit donc que, dans leurs décisions en matière résidentielle, les ménages disposent d'un certain niveau de liberté d'action et de rationalité, mais sans avoir un contrôle absolu de la situation. On a ainsi une vision déterministe, liée aux critères quantitatifs et qualitatifs que l'on peut mesurer, et à la fois une vision stochastique, liée aux critères affectifs ou émotionnels (Des Rosiers, 2001).

Si on regarde en dynamique, on voit que les facteurs déterminants peuvent se modifier parallèlement à l'évolution de la société. Dans de nombreux modèles urbains, la localisation de l'emploi constitue le noyau dur du choix de localisation résidentielle. Toutefois, sous l'influence d'autres facteurs, la localisation du domicile tend à se desserrer par rapport à celle du travail pour un grand nombre de ménages. Cette tendance est mise en évidence par les chercheurs, comme Andan et alii (1999) qui avancent l'idée que la localisation du logement semble de plus en plus indépendante de la localisation du travail, comme si l'échelle des

choix de localisation des entreprises et des ménages devenait de plus en plus large. L'explication de ce phénomène se trouve dans le fait que l'offre d'habitat se développe là où les conditions de marché sont les plus favorables au niveau de la rente et de la disponibilité des terrains à bâtir, dans l'apparition de nouveaux comportements des ménages tels que les nouveaux modes de vie, l'accession à la maison individuelle. La résidence est davantage choisie pour ses qualités intrinsèques répondant aux nouveaux modes de vie des ménages que pour la proximité au lieu de travail, même s'il faut souligner que la contrainte de temps de déplacement reste un critère déterminant.

Face à cette complexité du processus décisionnel des ménages, la modélisation des choix résidentiels passe par une simplification. Même si la logique des choix résidentiels pouvait être suffisamment bien comprise dans un modèle, en pratique celui-ci serait trop lourd à utiliser et extrêmement coûteux en termes de données. Il faut donc établir ce qui doit être modélisé de façon à simplifier suffisamment le problème afin de développer un modèle opérationnel.

Dans cette section on va présenter de manière détaillée la technique des modèles de choix discrets fondée sur la théorie de l'utilité aléatoire. Cette approche a été privilégiée pour un certain nombre de raisons. D'abord, il s'agit d'une approche qui fait recours à des éléments théoriques solides de la microéconomie urbaine et de la théorie de l'utilité aléatoire (approche probabiliste, qui a l'avantage d'éliminer les restrictions de l'approche déterministe). Ensuite, s'agissant d'une technique de type économétrique désagrégée, elle est bien adaptée pour répondre à notre objectif de modéliser les comportements (choix) résidentiels au niveau désagrégé du ménage, en prenant en compte les nombreuses variables (facteurs) explicatives des choix résidentiels. De plus, on a pu constater dans la présentation des différents modèles d'interaction transport-urbanisme qu'il existe une tendance évidente d'intégration progressive de cette technique dans leur construction. (A noter que dans la plate-forme de modélisation URBANSIM – choisie pour être utilisée dans le projet SIMBAD (Simuler les Mobilités pour une Agglomération Durable), dans lequel s'inscrit cette thèse – la localisation (résidentielle et des activités) est modélisée par cette technique (on va développer ces aspects dans un chapitre ultérieur).)

2.3.1. Utilité aléatoire et choix discrets

S'agissant de modéliser des choix, que ce soit de mobilité ou de localisation résidentielle, qui ont à la fois une composante déterministe et une composante stochastique (aléatoire), l'approche qui constitue le fondement de la modélisation dans ces cas est la théorie de l'utilité aléatoire, avec ses modèles de choix discrets.

Les modèles de type déterministe basés sur la théorie économique de l'utilité présentent certains inconvénients, liés à leurs hypothèses (la rationalité du consommateur, l'équivalence entre tous les individus, l'information supposée parfaite) et au fait que les facteurs psychologiques ne sont pas pris en compte. Ces inconvénients sont contournés si on adopte l'approche alternative, celle de l'utilité aléatoire.

Selon la nature du caractère aléatoire du choix, on fait la distinction entre deux classes de modèles : ceux qui supposent que les règles de décision sont aléatoires et les utilités déterministes, et ceux qui, à l'inverse, font l'hypothèse que les règles de décision sont déterministes et les utilités aléatoires. C'est la deuxième classe qui s'inscrit dans la tradition de la théorie néoclassique des choix.

En économie, c'est l'approche de McFadden (1978) qui s'est imposée.

Dans la logique de cette approche, on considère une population d'individus confrontés au même ensemble A d'actions et on cherche à déterminer le nombre d'individus qui choisissent une certaine action. La population est partitionnée en différents segments en fonction des divers facteurs socio-économiques (revenu, âge, profession, etc.). Chaque segment est supposé être constitué d'individus statistiquement identiques. Dans un segment donné, chaque individu est supposé avoir une fonction d'utilité déterministe U définie sur A . Toutefois, le modélisateur n'est en général pas en situation d'observer toutes les caractéristiques des actions influençant le comportement de choix de l'individu. De plus, il y a des éléments de subjectivité de chaque décideur et des erreurs d'évaluation dues à une manque d'information ou à la rationalité limitée dans laquelle il effectue le choix. En outre, il n'a qu'une connaissance imparfaite de la fonction U . On décompose alors U en deux parties : d'une part, une fonction V représentant la partie connue de l'utilité et qui est définie sur les caractéristiques observables des actions et, d'autre part, une fonction e qui représente la différence entre U et V . Dès lors, pour $i=1, \dots, n$, on a :

$$U_i = V_i + e_i$$

Même si l'individu a un comportement déterministe, le modélisateur est incapable de le prévoir avec certitude puisque, par hypothèse, il ne connaît pas la fonction e . De plus, on suppose que la population considérée est telle que ses membres diffèrent les uns des autres par rapport aux seules caractéristiques et facteurs socio-économiques non observables. En conséquence, le modélisateur peut, au mieux, prédire le comportement d'un individu à une fonction de probabilité près. De ce fait, e_i est représenté par une variable aléatoire continue de moyenne nulle. Dans cette expression, V_i reflète les préférences communes de la population tandis que e_i exprime les variations de goûts à l'intérieur de cette même population, relativement à l'action i .

Dans cette approche, l'hypothèse de base est celle de maximisation de l'utilité du consommateur, selon laquelle il prend la décision en choisissant l'alternative qui lui procure la plus forte utilité. Dans cette logique, et si $P(e_i=e_j)=0$ pour tout $j \neq i$, alors la probabilité qu'un individu pris au hasard choisisse i est donnée par :

$$P_A(i) = P(U^i = \max U^j), \text{ pour } j = 1, \dots, n.$$

Ainsi, les probabilités de choix sont construites à partir de la maximisation d'utilités stochastiques. Pour calculer $P_A(i)$, il suffit de connaître les fonctions de distribution des variables e_i .

Dans la théorie de l'utilité aléatoire, on fait l'hypothèse (qui est une simplification pour des raisons de commodité analytique) que l'utilité d'une alternative pour un consommateur peut être spécifiée comme une fonction linéaire des caractéristiques du consommateur et des attributs de l'alternative, plus un terme d'erreur.

En faisant l'hypothèse de validité du principe de maximisation de l'utilité, la probabilité de choix d'une alternative représente la probabilité que l'utilité de cette alternative soit plus élevée que l'utilité de toutes les autres alternatives.

2.3.2. Les modèles de choix discrets

Les modèles de choix discrets sont basés sur l'utilisation de la théorie de l'utilité aléatoire sur des alternatives discrètes. Ils ont comme objectif l'estimation (la prévision) d'un choix à partir de la connaissance d'un ensemble d'alternatives mutuellement exclusives et collectivement exhaustives.

La modélisation des choix discrets commence par l'association à chaque alternative constituant l'ensemble étudié d'une utilité qui dépend des caractéristiques des individus et des alternatives. On déduit après, pour chaque individu, la probabilité de choisir une alternative,

en tenant compte du fait que l'individu vise à maximiser son utilité. Cette utilité a deux composantes :

$$U_{in} = V_{in} + e_{in}$$

où : U_{in} – utilité de l'alternative i pour l'individu n

V_{in} – partie observable, déterministe de l'utilité

e_{in} – terme aléatoire, erreur

La partie observable est conçue comme une fonction des attributs de l'alternative i et des caractéristiques socio-démo-économiques de l'individu (ménage) n :

$$V_{in} = \theta_1 Z_{in1} + \theta_2 Z_{in2} + \dots + \theta_t Z_{int} = \theta Z_{in}$$

où : θ – vecteur de paramètres

$$Z_{in} = f(X_i, S_n)$$

X_i – alternative i

S_n – caractéristiques socio-économiques de l'individu n

La probabilité que l'alternative i soit choisie par l'individu n est donnée par :

$$P_n(i) = P(U_{in} > U_{jn}), j \neq i$$

où : P – probabilité

j – alternative j

L'équation précédente est utilisée pour calculer la probabilité que l'individu n réalise le choix de l'alternative i sous l'hypothèse qu'on peut estimer la distribution du terme aléatoire.

Un problème central est la spécification de V , c'est-à-dire de se demander quelles variables doivent entrer dans la fonction d'utilité déterministe et quelle est la forme fonctionnelle appropriée pour V . Dans la plupart des cas, on utilise des fonctions linéaires.

Ensuite, on se pose la question de la distribution statistique du terme aléatoire. En fonction de l'hypothèse que l'on fait sur cette distribution, on aura un modèle logit, un modèle probit ou d'autres formulations intermédiaires.

2.3.2.1. Le modèle logit

L'hypothèse la plus utilisée est celle de la distribution des erreurs selon la loi de Gumbel, ce qui génère le modèle logit.

Le modèle logit repose sur l'hypothèse que les composantes aléatoires des fonctions d'utilité sont indépendamment et identiquement distribuées selon une loi doublement exponentielle (loi de Gumbel). Une variable aléatoire e suit une distribution de Gumbel de paramètres μ et η si celle-ci s'exprime par la formule :

$$F(\varepsilon) = \exp(-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)}), \mu > 0$$

et la loi de densité de Gumbel est :

$$f(\varepsilon) = \mu e^{-\mu(\varepsilon-\eta)} \exp(-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)})$$

On fait aussi l'hypothèse que la structure de la matrice de variance-covariance du terme d'erreur entre les alternatives est identique pour tous les individus. Cette hypothèse traduit le fait que la variation due aux facteurs non observés est identique entre les individus.

En fonction du nombre d'alternatives de choix dont le décideur dispose, on aura soit une formulation logit binomial (on a deux alternatives de choix) soit une formulation logit multinomial (on a trois alternatives de choix ou plus).

Le logit binomial

Si on a deux alternatives, i et j , la probabilité de choix de l'alternative i est donnée par :

$$P_n(i) = e^{\mu V_{in}} / (e^{\mu V_{in}} + e^{\mu V_{jn}})$$

Le logit multinomial

Si on a plus de deux alternatives, la probabilité de choix de l'alternative i est donnée alors par :

$$P_n(i) = e^{\mu V_{in}} / \sum_j e^{\mu V_{jn}}$$

L'inconvénient majeur de ce modèle est ce qu'on appelle la propriété IIA – *Independance of Irrelevant Alternatives*. C'est-à-dire, la probabilité relative qu'un individu n choisisse l'alternative i plutôt que l'alternative j ne dépend que des caractéristiques des alternatives i et j . La probabilité relative de choix entre i et j est donc indépendante des autres alternatives disponibles : si les valeurs de U_{in} et U_{jn} ne changent pas, la probabilité relative ne change pas, même si d'autres alternatives sont ajoutées ou supprimées de l'ensemble. En fait, l'introduction d'une alternative nouvelle risque de déterminer une incohérence importante, puisque l'on se base sur des fonctions d'utilité qui traduisent des lois de comportement qui risquent de ne plus être valables dans les conditions de l'introduction de cette nouvelle alternative.

Un exemple classique d'un ensemble de choix qui viole la propriété IIA est celui du bus rouge et du bus bleu (Debreu, 1960). Soit des individus ayant le choix entre deux modes de transport pour se déplacer : l'automobile ou un service d'autobus rouge. Les coûts généralisés (ou la désutilité) des deux modes étant identiques, la répartition prévue par un modèle logit multinomial sera équivalente, 50% pour chacun. Si l'on peint en bleu la moitié de la flotte des bus (les autres attributs restant inchangés), les voyageurs ont désormais le choix entre trois modes de transport : l'automobile, le bus rouge, le bus bleu. On admet que les individus

n'accordent aucune importance à la différence de couleur. Intuitivement, on s'attend à ce que les probabilités de choix respectives soient égales à $P(\text{voiture}) = 1/2$; $P(\text{bus bleu}) = P(\text{bus rouge}) = 1/4$. Le modèle logit multinomial, du fait de l'hypothèse IIA ($P(\text{voiture})/P(\text{bus bleu}) = P(\text{voiture})/P(\text{bus rouge}) = 1$) conduit à la répartition modale suivante : 33% pour la voiture, 33% pour le bus rouge et 33% pour le bus bleu. Ces probabilités de choix sont incohérentes étant donné que même s'ils sont de couleurs différentes, les autobus ne représentent qu'un seul et même mode de transport. Il n'y a donc pas de raison pour que les parts de marché changent puisque les caractéristiques physiques du service bus (c'est-à-dire la vitesse, le coût, le confort, etc.) sont inchangés. En résumé, la propriété d'indépendance des alternatives non pertinentes est violée lorsque les alternatives (bus rouge / bus bleu) ne sont pas indépendantes l'une de l'autre, et la probabilité de choisir l'une est très corrélée à la probabilité de choisir l'autre.

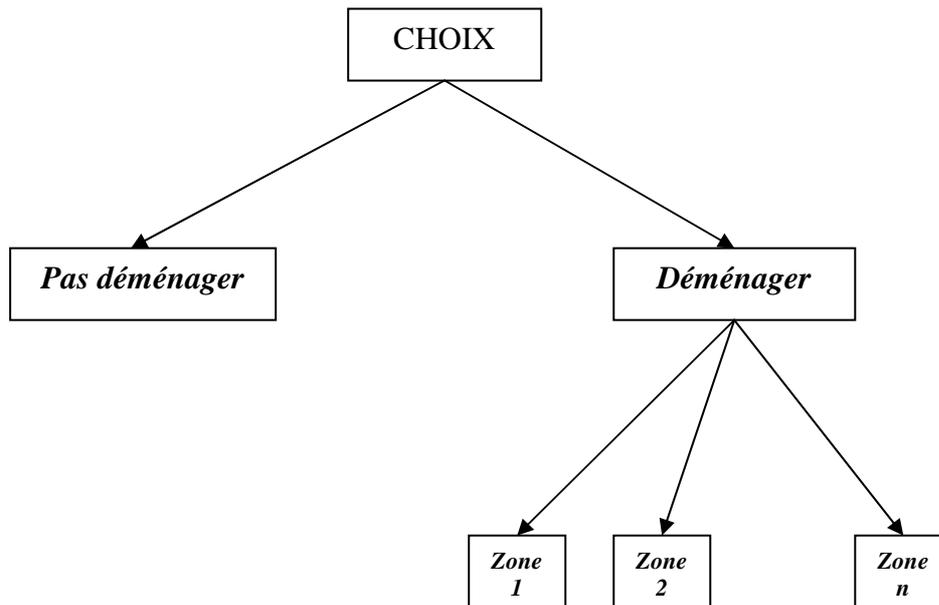
Mais cette propriété est aussi un avantage du modèle logit, dans le sens où le modèle peut être calibré sur un ensemble d'alternatives et utilisé pour prédire les choix pour un ensemble modifié.

Le logit hiérarchique (ou emboîté)

Si on veut résoudre la violation de la propriété IIA, et donc prendre en compte la dépendance qui existe entre les différentes alternatives, une solution serait de travailler avec plusieurs niveaux de décision, c'est-à-dire de modéliser une structure hiérarchisée des choix (on appelle ce modèle logit hiérarchique ou emboîté).

Si on fait référence à notre problématique, celle de la décision en matière de mobilité/localisation résidentielle, on s'aperçoit que la décision comporte deux étapes, deux niveaux de choix, où le deuxième dépend du premier. On peut illustrer cette structure décisionnelle hiérarchique de la façon suivante (figure n° 10) :

Figure n°10 : Structure hiérarchique de choix résidentiels



Dans une situation comme celle-ci, on a deux possibilités :

- soit on estime deux modèles logit : un logit binomial pour prévoir si un ménage va déménager ou pas, et un logit multinomial pour prévoir, si le ménage change de logement, quelle sera la zone où il va se localiser
- soit on estime un modèle logit hiérarchique, qui permet de modéliser le processus de décision dans son ensemble, et qui est fondé sur des probabilités conditionnelles

La détermination de la structure de choix et l'adoption de l'une de ces deux possibilités de modélisation seront effectuées en fonction des conclusions de l'étude réalisée sur la problématique abordée, mais aussi des données disponibles.

2.3.2.2. Le modèle probit

Une autre possibilité est de supposer que la distribution des résidus est normale, et on aura le modèle probit. On suppose également que la matrice de variance-covariance du terme d'erreur des différentes alternatives a une structure identique pour tous les individus, en abandonnant la propriété IIA dans ce type de modèles.

Le probit binaire

Si on suppose que e_{in} et e_{jn} suivent chacun une loi normale de moyenne nulle et de variance σ_i^2 et σ_j^2 , on aboutit à la formulation suivante :

$$P_n(i) = \frac{1}{\sigma' \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{V_i - V_j} \exp\left(\frac{-t^2}{2\sigma'^2}\right) dt$$

Le probit multinomial

La formulation probit est beaucoup plus complexe, difficile à paramétrer et interpréter (surtout lorsque le nombre d'alternatives est supérieur à trois, car il faut estimer aussi les paramètres de la matrice de variance-covariance), et le fait que les résultats (notamment en termes de distribution du terme d'erreur) des deux types de modèles, logit et probit, sont très proches conduit à l'utilisation généralisée de logit.

2.3.3. L'estimation et la validation des modèles de choix discrets

L'estimation d'un modèle de choix discret se fait généralement en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance de Fisher. Le modèle est estimé à partir d'un échantillon. Elle consiste à définir une fonction de vraisemblance ($L(\theta)$) et à chercher la valeur des paramètres qui rend cette fonction maximum. La fonction de vraisemblance exprime la probabilité d'obtenir l'échantillon de N observations indépendantes, étant donnée la distribution de probabilité qui est le modèle dont on cherche le vecteur des paramètres à estimer.

L'information dont on dispose est le choix effectué, les valeurs des caractéristiques des individus et des différentes alternatives.

Pour apprécier la précision des estimations, on dispose d'une série d'indicateurs et de tests statistiques.

Une première mesure de la précision de l'estimation est l'écart-type de chaque coefficient estimé, utilisé pour construire l'intervalle de confiance dans lequel doit se situer la valeur réelle du paramètre et les t de Student, calculés comme rapport entre la valeur du coefficient et son écart-type.

Un autre critère pour apprécier la qualité d'ajustement du modèle est le ratio de vraisemblance. L'hypothèse qui est testée est si tous les coefficients sont nuls. Le test est basé sur la statistique $-2(L(0) - L(\theta))$, qui est distribuée asymptotiquement suivant une loi du χ^2 . Une valeur plus forte du test indique une amélioration significative de l'information reprise par le modèle.

L'indicateur ρ^2 permet de mesurer la qualité d'ajustement du modèle, c'est-à-dire le gain d'information apporté par rapport à un modèle constant. Il est donné par la relation :

$$\rho^2 = 1 - L(\theta) / L(0)$$

La valeur du ρ^2 est comprise entre 0 et 1, et une valeur de ρ^2 plus proche de 1 indique un meilleur modèle. (En pratique, une valeur de ρ^2 comprise entre 0,3 et 0,4 correspond à un ajustement de bonne qualité.)

Les logiciels fournissent également un autre indicateur, le ρ^2 redressé, qui est une correction du ρ^2 par le nombre de coefficients estimés, ce redressement permettant de corriger le fait que la vraisemblance augmente automatiquement quand le nombre de variables explicatives dans le modèle croît. (Cette statistique est l'équivalent du R^2 des régressions linéaires, et elle est parfois appelée pseudo- R^2 de McFadden.)

En dehors des tests statistiques, la validation des résultats du modèle suppose de vérifier la cohérence des signes et des valeurs des coefficients estimés par rapport à ce que stipule la théorie.

2.3.4. Les limites des modèles de choix discrets

Il existe un certain nombre de limites dans l'élaboration et l'application de ce type de modèles.

Parmi ces limites on mentionne d'abord celle liée aux données. Il s'agit de la disponibilité ou même de l'existence de certaines données nécessaires pour alimenter le modèle, qu'il faut produire, en organisant des enquêtes spécifiques ou en faisant appel à des techniques informatiques sophistiquées.

Il y a ensuite des limites qui tiennent de la méthodologie statistique et économétrique, qui concernent le fait que l'on raisonne toujours dans la logique « toutes choses égales par ailleurs ». Le modèle logit suppose une grande homogénéité des comportements des individus (ménages), et que tous les individus ont la même perception des différentes variables prises en compte dans la fonction d'utilité. Mais cette hypothèse conduit à une simplification majeure par rapport à la réalité, car il est très peu probable que tous les individus d'une population accordent la même importance (le même poids) aux caractéristiques des différentes alternatives.

Dans ces modèles, le problème porte surtout sur les hypothèses qu'on fait sur les résidus, que l'on suppose identiques pour tous les individus. L'additivité des termes de la fonction d'utilité pourrait également être évoquée.

CONCLUSION

L'étude théorique sur la question des choix résidentiels nous a permis d'aller vers l'identification des facteurs déterminants du processus de décision en matière de mobilité et de localisation résidentielles. Ces facteurs seront testés et, selon le cas, intégrés, sous forme de variables, dans la modélisation des choix résidentiels des ménages de l'aire urbaine de Lyon au cours des prochains chapitres de la thèse.

L'analyse effectuée dans ce chapitre suggère que l'approche des choix discrets fournit une solution pertinente pour la modélisation des choix résidentiels des ménages. Il existe des raisons fortes qui justifient l'utilisation d'un tel modèle pour simuler les choix de mobilité et de localisation résidentielle des ménages. La principale est qu'un modèle stochastique est préférable à un modèle déterministe, si on tient compte du fait que les comportements des ménages ne respectent pas toujours l'hypothèse de rationalité, qu'il n'est pas possible d'introduire dans la fonction d'utilité toutes les variables qui influencent le choix, et que le ménage ne dispose pas en réalité d'une information parfaite sur les alternatives offertes.

La théorie des choix discrets, faisant partie de la famille des approches désagrégées, a aussi l'avantage qu'elle propose une modélisation des choix de changement du logement et du nouveau lieu de résidence au niveau individuel, comme un choix discret. Etant donné un groupe de variables qui caractérisent le ménage, le logement, le voisinage, le choix du lieu d'habitation peut être décrit par un modèle logit binomial / multinomial, logit hiérarchique ou probit. On pourra ainsi estimer la probabilité qu'un ménage change de résidence et, une fois la décision de déménager prise, la probabilité qu'un ménage se localise dans une zone i , calculée en se basant sur les considérations de la théorie classique de la maximisation de l'utilité du consommateur, exercice qui fera l'objet des deux derniers chapitres de la thèse.

CHAPITRE 3. LE CAS DE L'AIRE URBAINE DE LYON

INTRODUCTION

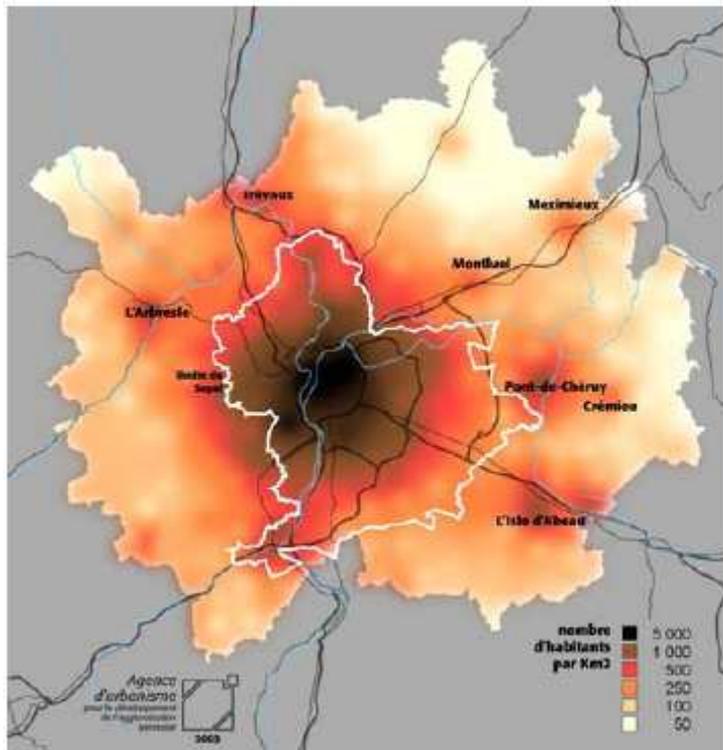
L'objectif de ce chapitre est d'introduire le contexte lyonnais en matière d'analyse et de modélisation des choix des ménages en termes de mobilité et de localisation résidentielle. Ce cadre général, dans lequel s'inscrit notre thèse, est celui du projet de recherche SIMBAD (SIMuler les MoBilités pour une Agglomération Durable), à l'intérieur duquel la logique de fonctionnement de la plateforme de simulation urbaine URBANSIM va orienter notre démarche de modélisation des choix résidentiels.

Le chapitre est structuré dans trois sections. Dans la première, nous présentons le projet SIMBAD, en définissant sa problématique générale, le système de modélisation adopté et les résultats attendus. Par rapport aux tentatives de modélisation antérieures, l'un des enjeux majeurs du projet SIMBAD sera de dépasser les difficultés liées à la modélisation de la localisation des ménages, en essayant d'adopter une approche désagrégée pour modéliser les décisions (les choix) des ménages en matière résidentielle en fonction des facteurs explicatifs. La deuxième section porte sur la plateforme de simulation urbaine URBANSIM, qui a été choisie pour être utilisée dans SIMBAD. La logique de fonctionnement d'URBANSIM (notamment des modules de mobilité et de localisation résidentielle des ménages) va guider le travail de modélisation des choix résidentiels qui sera réalisé par la suite. La dernière section fait un bilan des bases de données disponibles qui seront utilisées pour extraire les données requises par l'analyse statistique et la modélisation à effectuer.

3.1. LE CONTEXTE DE LA MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS DES MENAGES DE L'AIRE URBAINE DE LYON : LE PROJET SIMBAD (SIMULER LES MOBILITES POUR UNE AGGLOMERATION DURABLE)

Le périmètre d'étude retenu pour cette recherche, qui correspond à celui du projet SIMBAD, est l'Aire urbaine de Lyon (carte n° 3).

Carte n°3 : L'aire urbaine de Lyon (densité de population en 1999)



Source : Cartothèque de l'Agence d'urbanisme de Lyon

Ce territoire contient 304 communes, auxquelles correspondent 777 IRIS (unités géographiques définies par l'INSEE). Le centre de l'aire urbaine est représenté par le pôle Lyon – Villeurbanne, les deux communes les plus importantes de la région.

Selon le RGP 1999 de l'INSEE, la population en 1999 (année sur laquelle on va effectuer notre étude) était de 1 648 216 habitants, groupés en 662 249 ménages (deuxième aire urbaine de la France, derrière Île de France). Sa superficie est de 3 325 km².

La prise en compte, plus ou moins explicite, des interactions entre transport et urbanisme fait partie des préoccupations des territoires lyonnais. C'est dans ce contexte que l'application de modèles transport-urbanisme (TRANUS, MOBISIM...) au cas lyonnais a eu lieu, et que, actuellement, le projet SIMBAD (SIMuler les MoBilités pour une Agglomération Durable) se développe en articulant transport et urbanisme à travers la modélisation.

3.1.1. Tentatives de modélisation de l'interface transport-urbanisme dans le cas lyonnais

Des expériences plus ou moins abouties de modélisation de l'interface transport-urbanisme ont déjà été tentées sur l'agglomération lyonnaise, telles que les applications des modèles TRANUS et MOBISIM, ou la tentative de développement d'un modèle d'interaction transport-urbanisme pour l'agglomération lyonnaise du LET (Laboratoire d'Economie des Transports). Elles ont mis en évidence quelques aspects intéressants, mais en même temps des difficultés liées à l'application pratique de ces outils.

En 1999, dans le cadre du programme européen ESTEEM (European Scenarios on Transport-Energy-Environment for Metropolitan Areas – Rapport Final), *le modèle TRANUS* a été appliqué sur l'agglomération lyonnaise. Le choix de ce modèle, qui fait partie de la classe des modèles spatio-économiques, a été motivé notamment par sa structure théorique très solide (il combine des éléments de la théorie de l'utilité aléatoire, la théorie de la base, la théorie économique de l'équilibre, la théorie des enchères ou l'analyse entrée-sortie). L'objectif était de tester plusieurs scénarios contrastés de politiques de transport et d'utilisation du sol. Le périmètre d'étude choisi a été le périmètre de l'enquête ménages-déplacements de 1995, qui correspond au périmètre du schéma directeur de l'agglomération lyonnaise de l'époque. L'application de ce modèle au cas lyonnais n'a pas donné entière satisfaction, à cause notamment des difficultés rencontrées dans la phase de calibration, qui nécessitait de très grosses bases de données, pas disponibles dans leur totalité.

Une autre tentative est celle de l'application à l'aire urbaine de Lyon du *modèle MOBISIM* (www.mobisim.org), qui avait pour objectif la simulation des différents scénarios concernant la mobilité urbaine à 20 ans, en se basant sur la technique de modélisation multi-agents. Cette technique permet de simuler les interactions et processus complexes entre agents

individuels, comme les interactions sociales, économiques ou les processus spatiaux tels que les flux de déplacements.

Le principe directeur du modèle MOBISIM était le suivant : la localisation des habitants et des activités conditionnent la formation de la demande des déplacements ; cette demande est confrontée aux conditions de l'offre de transport, qui interfère avec la répartition modale et l'affectation sur le réseau des déplacements ; la durée des déplacements est l'expression des conditions dans lesquelles s'équilibrent l'offre et la demande de transport.

Les principaux indicateurs de mobilité urbaine utilisés dans le modèle ont été la localisation de la population et des emplois, le volume des déplacements en VP et en TC et les émissions.

5 scénarios d'évolution de la mobilité urbaine, formulés par la DRAST, ont été testés : « Homo technicus » (volontarisme et technologie), « Homo economicus » (maîtrise des coûts et vérité des prix de la mobilité), « Homo contractor » (maîtrise de la mobilité par des transactions privées), « Homo politicus » (maîtrise de la mobilité par une transaction urbaine) et « Homo civis » (innovations et stratégies locales pour une mobilité soutenable).

En termes de résultats, on peut dire que le dernier scénario correspond plus aux critères de développement durable : moins de trafic VP, moins de pollution, diminution de la vitesse d'étalement de la zone périurbaine, plus de déplacements en TC et modes légers. Ces résultats impliquent qu'un certain nombre d'actions pourraient être envisagés : répartition spatiale de la population et de l'emploi dans le sens de leur rapprochement par la réorganisation du prix du foncier et l'augmentation de l'offre de logements dans la ville-centre et la banlieue, mise en place d'un système de vignette urbaine pour contrôler l'accès à la ville-centre, diminution de la capacité du stationnement payé par les entreprises, limitation et uniformisation des vitesses maximales des voitures sur toutes les catégories de routes urbaines, développement de l'offre TC, modification du comportement de la part de la population la plus captive en l'orientant vers l'utilisation des TC.

Une tentative de développement d'un modèle d'interaction entre transport et urbanisme et d'application à l'agglomération lyonnaise a été faite par le LET (Masson, 2000).

Le modèle se propose d'évaluer les effets des politiques de transport sur le système de déplacement et, à long terme, les effets des modifications du système de déplacement sur l'organisation urbaine, en essayant de dépasser les limites des modèles traditionnels de transport.

La démarche proposée n'était pas d'appliquer une structure de modélisation existante, mais de s'appuyer et développer les principes de ces modèles. Ainsi, la composante urbanisation est fondée sur la théorie de la base économique : les activités basiques, dont le niveau et la localisation sont exogènes au modèle, conditionnent le développement de la population et des activités induites par le jeu des multiplicateurs.

Le modèle présente deux sous-modèles : un modèle de répartition des localisations des résidents et des activités induites et un modèle de déplacement. La structure du modèle a été fortement contrainte par les données disponibles - le modèle demeure incomplet et repose sur des hypothèses simplificatrices, notamment au niveau de la localisation des ménages et des activités induites (il s'agit en fait d'un modèle agrégé de répartition spatiale, dont la spécification est relativement sommaire, visant à mesurer l'impact des coûts des déplacements et des coûts immobiliers sur la répartition des résidents et des activités induites), et les prix immobiliers ne sont pas modélisés.

Le périmètre d'étude s'étend sur un rayon de 45 km autour du centre de Lyon, afin de rendre compte des migrations alternantes. L'année de référence du modèle est 1995 et l'horizon de prévision est 2020.

Le modèle a permis de simuler des scénarios contrastés en matière d'évolution économique, de politiques de transport et d'aménagement urbain. En ce qui concerne l'évolution économique, les résultats du modèle soulignent les effets potentiels pervers d'une reprise économique durable sur l'organisation des transports urbains, dans l'hypothèse que les comportements de la population ne se modifient pas. Concernant les effets des mesures de politique de transport, le scénario visant à réduire l'usage de la VP montre un développement plus prononcé des localisations dans le centre et un ralentissement en périphérie, le scénario focalisé sur le développement de l'offre de TC montre qu'une offre performante ne suscite pas automatiquement les reports modaux attendus, et le scénario de développement des capacités routières d'accès à l'agglomération associé à l'accroissement des capacités de stationnement dans la ville-centre indique un bilan environnemental dégradé et un renforcement du phénomène de périurbanisation. Quant à l'impact des mesures d'aménagement urbain, sous l'hypothèse de fortes contraintes d'expansion spatiale, ces mesures ont des effets attendus sur la répartition géographique des déplacements, c'est-à-dire une progression du nombre de déplacements dans la ville-centre, et conduisent à freiner la tendance d'étalement urbain et à densifier la ville-centre et la première couronne.

L'objectif commun de ces modèles était de tester des scénarios de politiques de transport et d'urbanisme et de rendre compte de leurs impacts sociaux, économiques et environnementaux. Par contre, les techniques de modélisation utilisées pour atteindre cet objectif sont différentes : TRANUS est un modèle LUTI existant, MOBISIM s'appuie sur la technique des systèmes multi-agents, le modèle du LET (Masson), fondé notamment sur la théorie de la base, se situe plutôt dans une autre tentative de modélisation de l'interaction entre transport et urbanisme. La difficulté majeure qui a fortement contraint le processus de modélisation et son application pratique a été l'insuffisance des données disponibles par rapport aux besoins de modélisation, ce qui a conduit à travailler à un niveau plutôt agrégé et à limiter les dimensions de l'interface transport-urbanisme. Par rapport à ces tentatives de modélisation, dans le projet SIMBAD l'un des enjeux majeurs sera de dépasser les difficultés liées à la modélisation de la localisation des ménages, en essayant d'adopter une approche désagrégée (la technique des choix discrets fondée sur la théorie de l'utilité aléatoire) pour modéliser les décisions (les choix) des ménages en matière résidentielle en fonction des facteurs explicatifs.

3.1.2. La problématique du projet SIMBAD

Actuellement, sur l'agglomération lyonnaise, le projet de recherche intitulé SIMBAD – SIMuler les MoBilités pour une Agglomération Durable, est en cours de développement, soutenu conjointement par l'Agence d'urbanisme de Lyon et le Laboratoire d'Economie des Transports. Appliqué à l'aire urbaine de Lyon, il a pour objectif d'évaluer la soutenabilité économique, environnementale et sociale de politiques de transport, et ambitionne, pour ce faire, de modéliser les interactions entre transport et urbanisme.

Par rapport aux modèles évoqués précédemment, celui développé dans SIMBAD est censé répondre aux mêmes types de questions. Les enjeux et questions en matière d'interactions entre transport et urbanisme (qu'on a présenté dans la première section du premier chapitre, et qui sont en général communs aux différentes agglomérations urbaines (une présentation détaillée des enjeux lyonnais est fournie dans l'Annexe 2) sont, de façon plus ou moins explicite, synthétisés par les trois volets du développement durable – économique, social et environnemental, et les indicateurs qui seront produits suite au processus de modélisation permettront de répondre, de façon plus ou moins directe, à ces questions. Pour cela, dans SIMBAD on se propose de se procurer les données nécessaires

pour travailler à un niveau suffisamment désagrégé afin d'arriver à modéliser toutes les dimensions importantes du fonctionnement urbain (aspects liés à la localisation résidentielle et des activités économiques et au marché foncier/immobilier).

Le projet SIMBAD a pour objectif de tester des politiques alternatives de transport et d'urbanisme pour rendre compte de leurs impacts sur la mobilité urbaine et les évaluer à l'aune du développement durable, au niveau de l'aire urbaine de Lyon et à l'horizon 2025.

En matière de prospective, SIMBAD va devoir intégrer des problématiques très variées, comme : la démographie (évolution de la natalité, de la mortalité, de la structure par classes d'âge, des flux migratoires d'une population, etc.), la technologie (évolution des équipements urbains, des réseaux d'infrastructures, du bâti, des véhicules, des accessoires personnels, etc.), l'économie (évolution de la production, de la distribution de biens et de services, des métiers, du marché de l'emploi, etc.) ou la sociologie (évolution des valeurs, des comportements, des modes de vie, de l'allocation des ressources temporelles, etc.). L'ambition du projet, à ce niveau, n'est pas de prévoir l'évolution de toutes ces variables, mais de construire des scénarios qui explicitent leurs hypothèses d'évolution et de proposer des futurs possibles, à la fois réalistes et pertinents, qui permettent d'évaluer les conséquences des politiques envisagées lorsqu'elles sont appliquées dans différents contextes.

Le choix du territoire sur lequel porte la prospective SIMBAD se base sur la configuration spatiale des agglomérations (répartition de l'habitat et des activités), qui amène à se placer à l'échelle de l'aire urbaine, voire au-delà. Un tel territoire comprend une superposition de découpages administratifs (carte n° 4), sur lesquels s'exercent des influences différentes, multipliant les possibilités d'évolution.

Carte n°4 : Les SCOT de l'aire métropolitaine lyonnaise



Source : Cartothèque de l'Agence d'urbanisme de Lyon

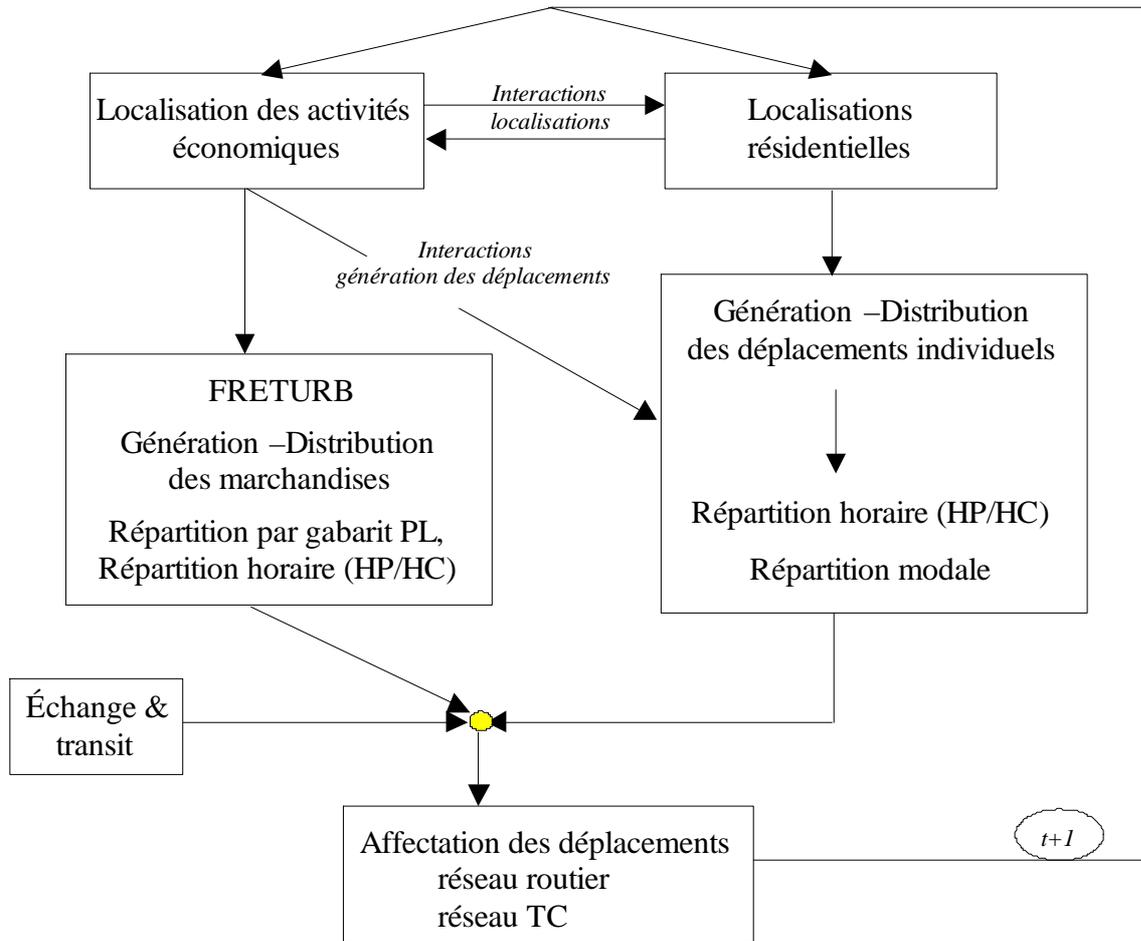
L'horizon des simulations dans SIMBAD est de 20 ans, ce qui correspond à l'échelle temporelle à laquelle il est possible de travailler avec ce type d'outils. Il existe d'autres travaux sur le très long terme, basés sur d'autres types d'approches, mais ils ne permettent pas de répondre aux questions que peuvent se poser les collectivités locales qui voudraient évaluer la mise en œuvre d'une politique de transports et d'urbanisme particulière.

Même si la problématique centrale du projet SIMBAD est centrée sur l'étude de la mobilité urbaine, et sachant que le projet reste cantonné à une sphère scientifique et technique, ses résultats pourront néanmoins contribuer aux réflexions collectives sur le futur de l'agglomération lyonnaise en matière de transport et d'urbanisme et servir éventuellement d'éléments argumentaires dans les débats publics.

3.1.3. Le système de modélisation dans SIMBAD

L'architecture globale du projet SIMBAD (figure n° 11) rend compte des interactions qui existent entre les différentes dimensions du système urbain global.

Figure n°11 : Schéma simplifié du système modélisé par SIMBAD



Source : Nicolas et alii, 2006

L'agencement dynamique des calculs des différents modules peut se décrire comme ci-dessous :

1. A la période initiale, les localisations sont données.
2. Le croisement entre la localisation des activités et les caractéristiques des ménages résidant dans chaque zone permet de déduire les besoins de déplacements entre chaque zone : les déplacements domicile travail liés aux actifs et à l'emploi (*idem* pour les études des jeunes), les autres déplacements liés aux différents besoins des ménages et aux services proposés dans chaque zone. Suivant les motifs et l'accessibilité relative des modes, ces déplacements seront différemment répartis en termes d'horaires et de modes utilisés.
3. Par ailleurs, la localisation des activités va déterminer les flux de marchandises à l'intérieur de l'aire urbaine, là encore avec des types de véhicules et des répartitions horaires différentes selon les activités.

4. L'introduction des flux d'échanges et de transit, calculés sur la base simplifiée de l'évolution économique générale, permet de compléter le tableau des trafics réalisés sur l'aire d'étude.

5. L'ensemble de ces trafics de personnes et de marchandises se retrouve sur les différents réseaux, générant parfois, selon l'heure et le lieu, des points de congestion. Le calcul de l'affectation permet de déterminer des accessibilités moyennes par mode et par période (heures creuses, heures de pointe) entre les zones.

6. Ces accessibilités relatives joueront à long terme sur les localisations et affecteront le point de départ de la période suivante. Par ailleurs, un ajustement entre localisations résidentielles et localisations des activités doit être pris en compte, avec par exemple certaines activités de proximité qui suivent les mouvements résidentiels et d'autres qui peuvent attirer les populations (emplois, services) ou au contraire les repousser (atteintes au cadre de vie, nuisances).

Pour modéliser cette réalité complexe, on utilise plusieurs modèles :

- URBANSIM – plate-forme de simulation urbaine, qui simule la localisation des activités et des ménages
- FRETURB – modèle de transport de marchandises en ville, qui simule les déplacements des marchandises
- Le modèle de transport - qui simule les déplacements des personnes

Ces modèles communiquent les uns avec les autres, et ces échanges de données entre les différentes composantes sont assurés par un module d'interface, qui confère aussi le caractère dynamique.

3.1.4. Les scénarios testés et les indicateurs fournis

La démarche modélisatrice du projet SIMBAD vise à évaluer les effets des politiques de transport et d'urbanisme dans différents contextes possibles. Cette évaluation se fera sur la base d'indicateurs croisant les dimensions économique, environnementale et sociale, permettant d'alimenter le débat sur les questions majeures transport-urbanisme auxquelles se confrontent aujourd'hui les acteurs publics.

En matière de prospective, les variables clé retenues pour faire évoluer le contexte général sont :

- la croissance de la population
- l'évolution économique

- la répartition des revenus
- les coûts d'achat et d'entretien des véhicules
- les prix des carburants

Dans une logique de prospective stratégique, on va s'interroger plus sur l'opportunité d'une politique donnée, appliquée dans un contexte où les hypothèses scénariales sont combinées de manière cohérente et les enjeux économiques, sociaux et environnementaux sont forts. Dans le cadre d'une telle logique de « questions vives », quatre scénarios vont être privilégiés, autour d'un scénario de référence correspondant à l'évolution « fil de l'eau » (Nicolas et Morice, 2006) :

- Scénario « ville mobile » – forte croissance économique, tirant la mobilité automobile. La place de l'automobile est ici prédominante et son omniprésence est ressentie sur tout le territoire de l'aire urbaine, avec les problèmes de pollution, de bruit, de gestion de l'espace et d'exclusion des autres modes que cela entraîne. Dans ce contexte économique favorable, la première réponse à ces problèmes environnementaux est technologique. Des normes très contraignantes sont imposées, qui accélèrent l'entrée dans le parc automobile des véhicules hybrides, voire des voitures à pile à combustible à partir de 2020. Des questions vives auxquelles on devrait répondre dans un tel contexte sont : comment évoluent les émissions atmosphériques des transports ?, comment l'absence de contraintes sur les trafics se traduit en termes d'étalement urbain ?, quelles sont, pour les ménages les plus modestes, les conséquences de l'accroissement du coût de l'automobile ?, la mise en œuvre d'une politique fixant les règles d'un développement urbain plus polarisé, limitant les vitesses sur la route et renforçant l'offre de transports collectifs permet-elle de contrebalancer la croissance forte des trafics ?.
- Scénario « ville figée dans une vieille Europe » - déflation durable, où les difficultés d'investissement et les problèmes sociaux se trouvent placés en premier plan. On est face à un scénario inverse du précédent. Dans ce scénario, les facteurs de la croissance de la mobilité, notamment automobile, ne sont pas au rendez-vous. La croissance des prix des carburants renchérit fortement l'usage de la voiture et les modèles à bas coût sont largement développés. L'augmentation des trafics s'infléchit. Le coût relatif des transports collectifs baisse par rapport à celui de la voiture, et on constate un transfert partiel en leur faveur. Ainsi, les projets les concernant peuvent finalement voir le jour, avec de grandes difficultés du fait des problèmes financiers des collectivités locales. Questions vives : comment évolue la structure urbaine dans ce contexte déprimé ?,

comment les plus modestes se répartissent-ils dans l'aire urbaine et quelles sont leurs capacités financières de mobilité ? quelle est la sensibilité des trafics à un tel contexte ?.

- Scénario « voiture de la cohésion urbaine » - forte augmentation des coûts d'usage de la voiture, dans un contexte de renforcement des prix de l'immobilier qui tend à repousser les plus modestes en périphérie au prix d'une dépendance automobile renforcée. Questions vives : quelle aura été l'ampleur de la migration résidentielle des plus modestes vers la périphérie ?, quel sera le poids du prix du carburant dans leur budget déplacements et que pèsera-t-il dans leur revenu global ? qu'auraient pu donner des politiques préventives, comme une baisse généralisée des vitesses sur l'aire urbaine, ou une politique plus intégrée, jouant sur des mesures d'urbanisme et de transport ?.
- Scénario « à la recherche d'une cohérence territoriale » - politique divergente entre le centre et la périphérie. Cette prospective renverse la logique des précédentes. Plutôt que de partir d'un scénario d'évolution du contexte pour s'interroger sur ses conséquences en matière de mobilité et sur les politiques de transport et d'urbanisme qui permettraient d'en prévenir les effets les plus négatifs, elle relève un risque d'effet pervers lié au mode de gouvernance actuel et veut explorer ses conséquences à long terme dans différents contextes. Questions vives : que risque-t-il d'advenir si les différents SCOT de l'aire urbaine ne sont pas cohérents entre eux ?, comment une divergence entre une politique du SCOT central qui voudrait limiter l'expansion des trafics et une politique périphérique basée sur l'automobilité peut-elle se traduire sur les trafics, sur la répartition de la population et des activités et, in fine, sur les pollutions et les coûts du système de transport ?, le poids du Scot lyonnais est-il suffisant pour structurer le développement spatial de ce bassin de vie ?.

Et, dans ces différents contextes, on évaluera l'impact des différentes politiques, telles que :

- la relance de l'investissement routier
- la baisse des vitesses
- le péage de zone
- le renforcement généralisé de la taxation
- une politique combinée transport-urbanisme

Ce type de résultats fera aussi l'objet d'un traitement SIG (Système d'Information Géographique), qui débouchera sur des représentations cartographiques des futurs possibles,

en termes d'évolution des infrastructures de transport, de la répartition spatiale de la population et des activités, etc.

Les indicateurs calculés ont, quant à eux, comme objectif d'ouvrir le cadre de l'évaluation et de permettre le débat autour des politiques.

On aura plusieurs groupes d'indicateurs (voir figure n° 12).

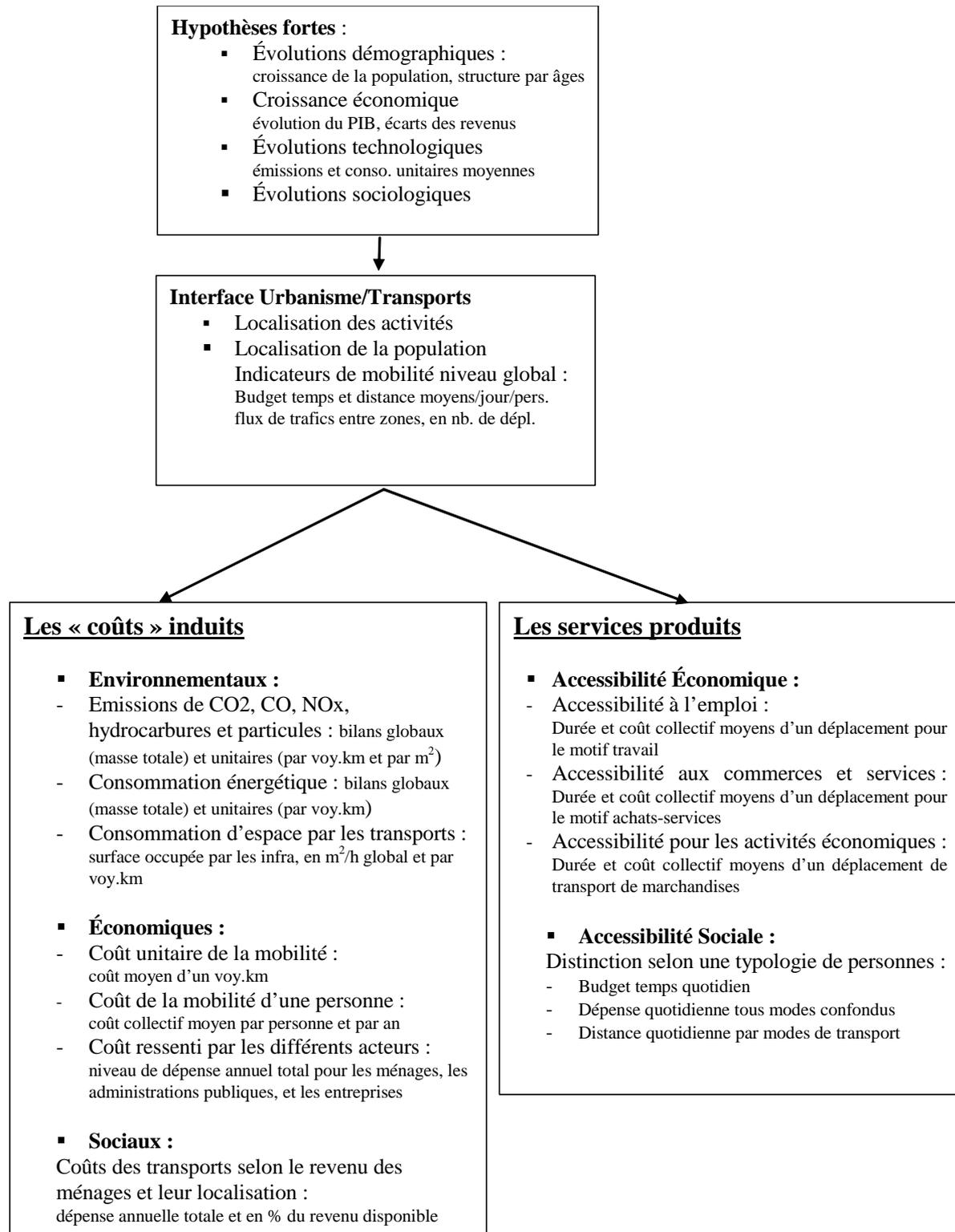
Un premier groupe est constitué des indicateurs qui vont porter sur les services rendus, en termes d'accessibilité économique et sociale.

Les « coûts » induits décrivent les effets économiques, sociaux et environnementaux de la mobilité au sein de l'aire urbaine.

D'autres indicateurs synthétiques permettront de caractériser les hypothèses générales de l'évolution de la société (évolution démographique, économique, technologique, des modes de vie) et les grandes résultantes du modèle concernant l'interface transport-urbanisme (localisation des activités et de la population, mobilité globale).

Les indicateurs ainsi produits seront présentés à plusieurs niveaux géographiques. A l'échelle globale de l'aire urbaine, les chiffres seront très synthétiques et pourront servir de support de communication pour d'éventuels débats. Un second niveau, qui correspond à un découpage en trois zones (Lyon-Villeurbanne, première couronne et reste de l'aire urbaine), permettra de bien visualiser les enjeux en matière de développement urbain, tout en évitant le piège d'une lecture spatialement trop détaillée des résultats, qui chercherait à retrouver les impacts d'une simulation sur une localisation précise. La vocation du modèle reste de type macroéconomique, et c'est à ce niveau que les résultats seront le plus robustes.

Figure n°12 : Les indicateurs fournis par SIMBAD



Source : Very et Nicolas, 2005

3.2. LA PLATEFORME DE SIMULATION URBAINE URBANSIM

Le modèle URBANSIM a été développé par Waddell aux Etats-Unis, avec l'objectif de répondre à la nécessité de lier la planification de l'occupation de l'espace aux transports et à l'environnement, pour simuler les effets de la croissance urbaine tels que l'étalement urbain, la congestion etc. URBANSIM a été développé sur l'aire métropolitaine d'Eugene-Springfield en 1994.

URBANSIM est un modèle très répandu : aux Etats-Unis, il est appliqué à Honolulu, Huston, Wasatch Front, Puget Sound, Denver, Detroit, Phoenix, El Paso et San Antonio, et en Europe, à Amsterdam, Zürich et Paris.

Ce modèle permet de spécifier des politiques de développement (comme des plans d'infrastructure, des contraintes de développement), de générer et comparer des scénarios.

URBANSIM fait partie des modèles dynamiques basés sur l'activité. Il propose une modélisation qui s'appuie sur la théorie de l'utilité aléatoire (choix discret).

3.2.1. Le choix d'URBANSIM

L'objectif du projet SIMBAD étant d'enrichir la réflexion et le débat sur les impacts économiques, sociaux et environnementaux à long terme des politiques de transport et d'urbanisme au sein du bassin d'emploi d'une grande agglomération, l'approche modélisatrice a été privilégiée pour permettre de tester ces politiques dans différents contextes prospectifs et d'évaluer leurs impacts sur les trois dimensions du développement durable.

L'ambition de SIMBAD n'est pas le développement d'un outil novateur en matière de modélisation transport-urbanisme, les techniques nouvelles comme la micro-simulation, les automates cellulaires ou les multi-agents ne seront pas retenues.

La sélection du modèle doit permettre d'intégrer facilement les outils « transport » du LET, et dans ce sens les approches « connectées » seront privilégiées.

Le caractère dynamique d'URBANSIM constitue l'un de ses points forts. En fait, la justification de la recherche d'un modèle LUTI se trouve dans la nécessité de représenter la boucle dynamique d'action-rétroaction entre transport et urbanisme. Ce caractère dynamique permet d'envisager des évolutions progressives des scénarios et des réactions retardées des politiques de transport ou d'urbanisme. Les modèles statiques comme METROPOLIS, DSCMOD ou MUSSA ne modélisent pas la boucle interactive entre transport et urbanisme.

De plus, l'état initial des transports est intégré dans l'explication des résultats de l'occupation des sols. Les modèles dynamiques basés sur l'entropie (LILT, DRAM/EMPAL) intègrent cette boucle, mais ne modélisent pas le marché foncier et immobilier.

Comparativement avec d'autres modèles LUTI, URBANSIM permet de calculer les changements tous les ans, fournissant ainsi une estimation continue des différents effets des politiques planificatrices.

Il est souhaitable que la représentation de la localisation des ménages et des activités passe par la prise en compte du marché foncier et immobilier. Il est difficile de prendre en compte les aspects clé du processus de développement urbain ou de tester des politiques publiques qui ont un impact sur le prix foncier/immobilier sans modéliser ces marchés. La compréhension de la localisation des ménages et des activités économiques dans le territoire nécessite également la prise en compte de ce marché. URBANSIM est fondé sur une base microéconomique qui lui permet de modéliser ce marché.

A côté de TRANUS, MEPLAN et METROSIM, URBANSIM présente des bases théoriques solides. Ces modèles sont fondés sur une base microéconomique qui leur permet de bien représenter le marché foncier et immobilier, fournissent une structure logique permettant une estimation quasi-dynamique des interactions entre transport et utilisation du sol et offrent également la possibilité de considérer un réseau de transport multimodal. En plus, URBANSIM est fondé sur la théorie de l'utilité aléatoire (approche qui est de plus en plus intégrée dans les modèles LUTI), mais il intègre aussi des techniques nouvelles, comme la micro-simulation (par exemple, dans ses modules de localisation résidentielle et des activités économiques, cette technique est utilisée pour modéliser les choix individuels des ménages et des emplois).

Et si dans les trois modèles spatio-économiques, le module de transport est intégré, la plate-forme d'URBANSIM est beaucoup plus souple et plus ouverte. Le caractère modulaire et flexible constitue un atout important de ce modèle, étant, par ailleurs, l'un des critères essentiels pris en compte au moment où l'équipe SIMBAD a fait le choix du modèle à utiliser. Ce caractère « ouvert » permet, en fait, d'opérer des modifications plus ou moins importantes dans la structure et la logique du modèle (de certains modules) en cas de nécessité déterminée, par exemple, par l'indisponibilité de certaines données requises par la structure initiale. Il y a aussi une large flexibilité quant au choix des variables à introduire dans les différents modules. Le fait de ne pas être intégré avec un modèle de transport préétabli laisse à l'équipe SIMBAD la liberté de construire son propre modèle de transport et de le connecter à URBANSIM.

URBANSIM est le modèle le plus désagrégé sur le plan spatial, ce qui va en concordance avec la tendance actuelle de modéliser les processus et phénomènes à un niveau de plus en plus désagrégé. Au niveau le plus désagrégé, il modélise l'espace urbain au niveau de la parcelle et la demande de transport au niveau de la zone de trafic. Mais il offre la possibilité de jouer avec la résolution spatiale, de comparer les estimations que l'on obtient aux différents niveaux de résolution et de vérifier ainsi la robustesse du modèle estimé.

Par ailleurs, URBANSIM est un modèle plus récent, qui a cherché à prendre en compte les expériences passées et à éviter les limites des modèles précédents.

C'est une plateforme publique, accessible directement en ligne avec sa documentation, et permettant à l'utilisateur d'apporter des améliorations ou des adaptations. Il a également la réputation d'être développé par une équipe universitaire, qui répond facilement aux problèmes auxquels se confrontent ses utilisateurs. En plus, le fait qu'il existe plusieurs équipes de recherche qui utilisent actuellement cette plateforme dans le contexte spécifique européen (Paris, Zürich, Amsterdam), avec lesquelles il est possible d'établir un dialogue et d'avoir des échanges a été également décisif pour le choix de ce modèle.

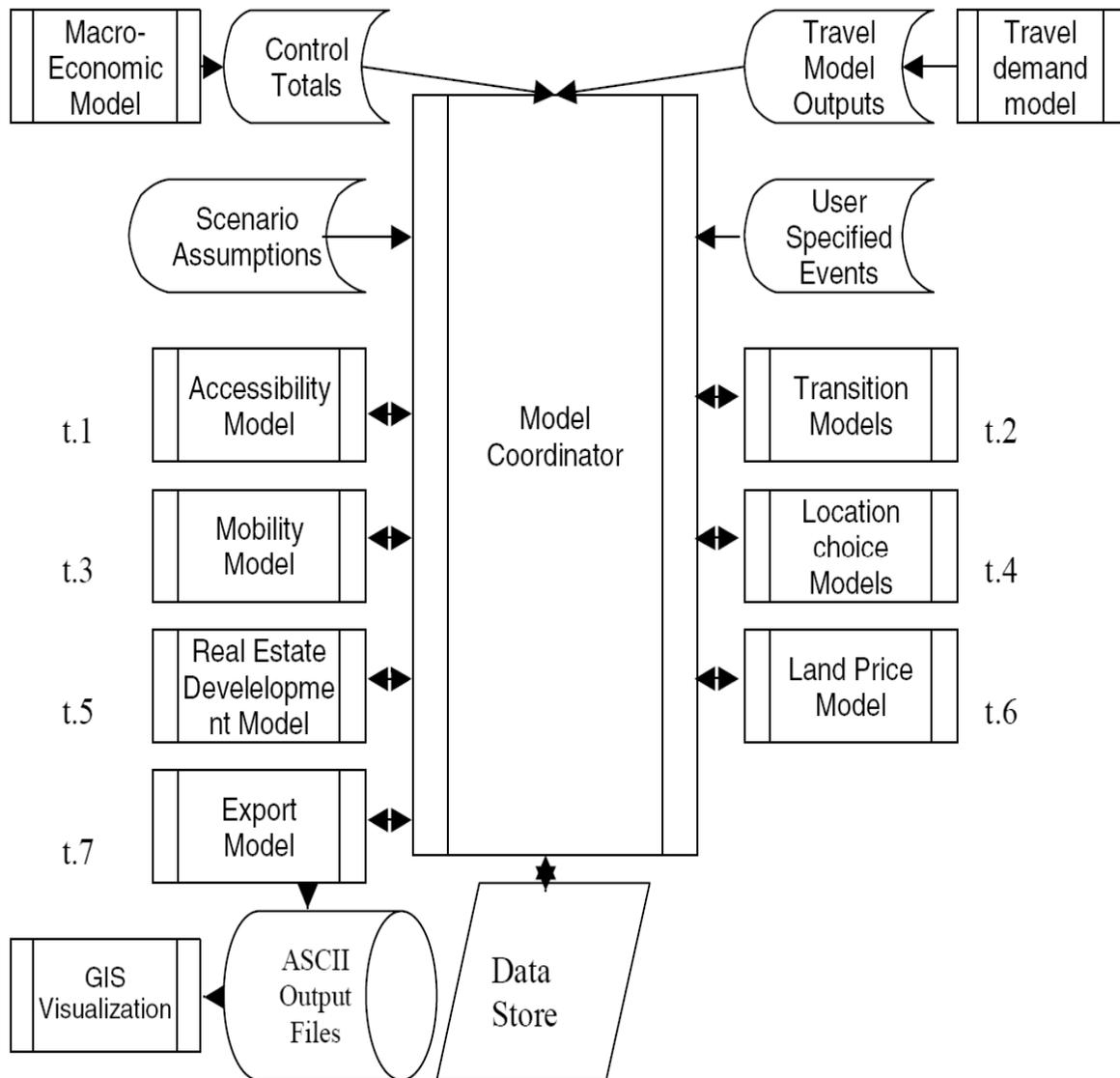
Enfin, même si URBANSIM nécessite de très grande base de données, sa structure lui permet de s'adapter à différentes résolutions spatiales en fonction des données disponibles pour le marché à modéliser.

3.2.2. Description de l'architecture et du fonctionnement d'URBANSIM

URBANSIM est plus qu'un modèle ; il constitue une plate-forme de simulation urbaine.

Il a une structure modulaire, étant composé de plusieurs modules, qui modélisent les choix des ménages, des entreprises, des développeurs immobiliers et des aménageurs, qui interagissent tous sur le marché immobilier (figure n° 13).

Figure n°13 : Architecture d'URBANSIM



Source : <http://www.urbansim.org>

- Module d'accessibilité – calcule chaque année, à l'aide de la matrice issue du modèle de trafic et des données d'occupation du sol, l'attractivité de chaque zone, à partir des variables suivantes : le volume d'activité (par exemple, nombre d'emplois ou de surfaces commerciales), l'accessibilité de la zone destination à partir de la zone origine (calculée par le modèle de trafic) et le nombre total de zones. Cela permet ensuite de créer des indicateurs d'accessibilité qui seront utilisés dans les modules de choix de localisation.

- Module de transition économique – les prévisions agrégées (macroéconomiques) de l'activité et de l'emploi par secteur sont exogènes à URBANSIM. Ces prévisions sont intégrées dans le module de transition économique pour calculer le taux de croissance de l'emploi par secteur et ainsi créer ou détruire des emplois. Les emplois créés sont placés dans la base de données en attente d'affectation par le module de localisation.
- Module de transition démographique – détermine les changements de la distribution des ménages, par type (qui sont le résultat des mécanismes complexes comme la natalité, la mortalité, etc.). Pour déterminer ces changements, URBANSIM utilise, comme pour le module précédent, des données exogènes. Les ménages créés sont placés dans une base de données, en attente de localisation, et l'espace libéré par les ménages détruits est rendu disponible. Remarque : URBANSIM considère comme agent le ménage et non pas l'individu, et prend en compte des caractéristiques des ménages (nombre d'actifs, nombre d'enfants, etc.).
- Module de mobilité de l'emploi – l'unité d'analyse est l'emploi individuel et non pas l'entreprise. Le module détermine la probabilité que chaque emploi soit déplacé d'une zone à l'autre à l'issue d'une année. Les emplois ainsi déplacés seront relocalisés par le module de localisation des activités. Le choix de mobilité est considéré comme indépendant du choix de localisation. L'ensemble des emplois déplacés est déterminé par tirage aléatoire dans l'ensemble total des emplois, à l'aide du taux de mobilité exogène du secteur.
- Module de mobilité des ménages – la décision de mobilité des ménages est déterminée de la même manière que pour les emplois. Des taux exogènes de mobilité par type de ménage sont introduits, à partir des données démographiques.
- Module de localisation de l'emploi – calcule la probabilité qu'un emploi nouveau (créé dans le module de transition économique) ou relocalisé (par le module de mobilité économique) soit localisé dans une zone donnée. L'espace disponible pour l'emploi dans chaque zone dépend de l'espace non résidentiel, du taux d'utilisation de l'espace et du nombre de logements, par type de zone urbaine. L'ensemble des variables pouvant influencer le choix de localisation (accessibilité, âge des immeubles, densité des infrastructures, prix, etc.) est introduit dans un modèle logit multinomial (éventuellement, un par secteur d'activité) afin de déterminer la probabilité qu'un emploi placé aléatoirement dans une file d'attente se localise à un endroit donné.

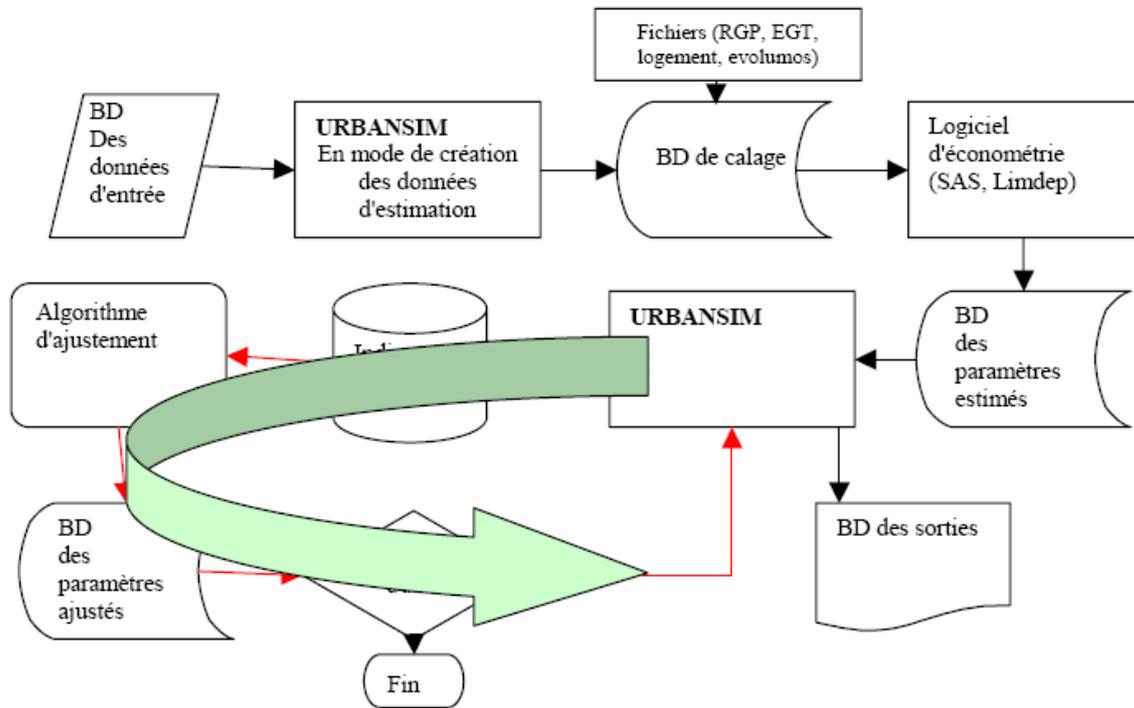
- Module de localisation des ménages – grâce à un modèle logit multinomial (régression logistique multinomiale), prédit la probabilité qu'un ménage nouveau ou déplacé se localise dans une zone donnée. Il est possible de considérer différents types de ménages (selon le revenu, le nombre d'enfants, la CSP, etc.), ou spécifier un seul modèle dans lequel ces variables interagissent avec les caractéristiques des logements (approche utilisée par URBANSIM). Parmi les caractéristiques des zones qui pourraient être utilisées comme variables explicatives du modèle, on a : le coût du terrain, la densité urbaine, le revenu moyen, les caractéristiques des logements et de l'environnement, indicateurs d'accessibilité (coûts généralisés, niveau de desserte de la zone en TC). On pourra introduire des caractéristiques du ménage au moment du déménagement.
- Module de développement immobilier ou urbain – détermine la probabilité de réalisation de programmes immobiliers (de création ou réhabilitation). En fonction du rapport entre espaces non résidentiels et espaces habités, chaque zone appartient à un type de développement urbain donné. Le module estime, à l'aide d'un modèle logit multinomial, la probabilité qu'une zone modifie son type, changement qui est ensuite déterminé par un tirage aléatoire. Les variables explicatives du modèle logit pourraient être : le programme de développement en cours (POS), caractéristiques urbaines, maillage routier, espaces verts, accessibilités, taux de surfaces résidentielles, prix du logement, etc.
- Module du prix du terrain – simule le prix foncier pour chaque zone, en fonction de ses caractéristiques. Ces prix expliquent en partie les choix de localisation des entreprises et des ménages. Le prix du terrain est déterminé par une approche en termes de prix hédoniques. La régression hédonique utilise des variables actualisées par les différents modules. Les caractéristiques entrant dans l'équation de régression linéaire multiple peuvent être : type de zone, accessibilité et desserte, maillage, densité, conditions du marché. Les prix sont actualisés annuellement et utilisés comme référence pour l'année suivante.
- Module d'export de données – permet le regroupement, l'agrégation et l'export des résultats dans des fichiers externes destinés à l'analyse et à l'importation dans un SIG
- Module coordinateur – gère les différents composants individuels et les entrées-sorties

La logique de fonctionnement d'URBANSIM (figure n° 14) suppose l'utilisation en entrée des données suivantes :

- Les données de l'année initiale – décrivent la situation des ménages, des emplois et l'occupation du sol. Les données sur les ménages et les emplois sont complètement désagrégées, c'est-à-dire qu'on a autant d'enregistrements qu'il y a de ménages (ou d'emplois) dans l'aire urbaine.
- Les sorties du modèle de trafic : accessibilité, matrices de temps généralisés de parcours par mode, utilités
- Les paramètres des différents modules – à estimer à partir de données désagrégées, avec un logiciel externe d'économétrie. Il s'agit des taux de transition démographique et économique, des taux de relocalisation des ménages et des emplois, des coefficients de régression linéaire du modèle hédonique du prix immobilier, et des coefficients des régressions logistiques des modèles de choix de localisation et de développement urbain. Pour estimer ces coefficients, il est nécessaire de construire des bases de données de calage, à partir de sources comme l'Enquête Logement, le RGP, des données sur l'immobilier et le foncier, sur l'occupation du sol, etc.
- Les constantes
- Les données de prévisions macroéconomiques
- Les scénarios de politiques d'urbanisation (tenant compte des schémas d'aménagement locaux)
- Il est possible d'entrer des événements spécifiques,

et la fourniture, en sortie, de la nouvelle distribution spatiale des ménages et des emplois, qui doit produire les nouvelles matrices O-D pour alimenter le modèle de trafic.

Figure n°14 : Fonctionnement d'URBANSIM



Source : <http://www.urbansim.org>

Pour assurer l'échange de données entre URBANSIM et le modèle de trafic, il faut construire un module d'interface, qui va automatiser le processus itératif décrit par les étapes suivantes :

- extraction des données depuis la base de données d'URBANSIM
- transformation de ces données dans le format requis par le modèle de trafic
- exécution du modèle de trafic
- extraction des logsommes et des temps généralisés depuis le modèle de trafic
- importation de ces sorties dans la base de données d'URBANSIM
- exécution annuelle d'URBANSIM

Comme remarque importante sur cet échange de données, il faut noter qu'URBANSIM considère comme unité d'analyse le ménage, tandis que le modèle de trafic prend comme unité la personne.

3.3. LES SOURCES DE DONNEES ET LES VARIABLES DISPONIBLES POUR LA MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS

L'objectif de notre travail est de modéliser les choix des ménages en matière de mobilité et de localisation résidentielle. Les données/variables dont on a besoin pour ce faire ont été identifiées, à travers l'étude bibliographique sur les déterminants des choix résidentiels des ménages, dans le chapitre précédent. L'élaboration et le calage d'un tel modèle et les analyses statistiques préalables rendent nécessaire l'utilisation de bases de données volumineuses.

Les variables dont on aura besoin dans notre démarche de modélisation sont assez nombreuses et ne sont pas disponibles dans une même source de données, et donc ne sont pas disponibles au même niveau d'agrégation et de finesse géographique. Cette base de données de calage du modèle résidentiel est en fait le résultat d'une compilation entre les différentes sources de données et d'un travail de traitement des données, pour les amener à une forme comparable. Pour certaines variables, un travail d'adéquation aux besoins de modélisation sera nécessaire : par exemple, tenant compte du fait que l'approche retenue pour modéliser les comportements résidentiels est celle des choix discrets, il faudra que l'on transforme certaines variables continues dans des variables catégoriales correspondantes. Notons aussi que, pour un certain nombre de variables, on n'a pas la capacité de prévoir leur évolution. Or, sachant que le modèle que l'on va estimer sera ensuite intégré dans une plateforme de modélisation qui va simuler des scénarios d'évolution des phénomènes étudiés, on sera obligé de ne pas introduire dans le modèle des variables qui pourraient avoir un pouvoir explicatif, mais dont on n'est pas en mesure de prévoir l'évolution.

Les sources de données sur l'aire urbaine de Lyon dont on dispose, et à partir desquelles on va construire nos bases de données de calage sont les suivantes :

- Le Recensement Général de la Population (RGP) de 1999 – INSEE
- L'Enquête Logement 2002 – INSEE
- Les Revenus fiscaux des ménages 2001 – DGI
- Le fichier « Marché Immobilier des Notaires » (MIN) – PERVAL
- La base « Observatoire des Transactions Immobilières et Foncières » (OTIF) – COURLY
- Données de SPOT Thema SPOT 5
- Le fichier SIRENE – INSEE
- La matrice O-D VP 1999 et quelques indicateurs d'accessibilité calculés par le LET

Pour chacune des sources de données évoquées, on va présenter les variables retenues pour être testées et éventuellement utilisées dans la modélisation, en décrivant brièvement la définition de chacune d'entre elles. La sélection des variables a été faite en tenant compte de trois critères : les suggestions fournies par la littérature de la mobilité et de la localisation résidentielle – voir section 2.2., les contraintes imposées par le fonctionnement d'URBANSIM (les données requises par les modules de mobilité résidentielle et localisation résidentielle d'URBANSIM et les liens avec d'autres modules (prix du foncier, développement urbain, localisation des activités, accessibilité) – voir section 3.2.3.2.) et la disponibilité de ces données dans les différentes sources.

3.3.1. L'Enquête Logement 2002 – INSEE

L'Enquête Logement de l'INSEE est la principale source statistique en France qui permet d'apprécier d'une manière détaillée les conditions résidentielles des ménages à un niveau complètement désagrégé (celui du ménage).

Les Enquêtes Logement, réalisées tous les quatre ou cinq ans, fournissent des données plus complètes sur la mobilité des ménages en fonction de leurs caractéristiques et des attributs des logements.

Avec un échantillon d'environ 45 000 logements/ménages, l'EL 2002 permet de développer des analyses approfondies sur ce thème, étant beaucoup plus précise et plus complète que le recensement. En plus, elle intègre une description de l'effort financier des ménages pour leur logement, ce qu'aucune autre source ne permet de faire.

Le tirage de l'échantillon a été effectué dans deux bases de sondage : l'échantillon-maître issu du recensement de la population de 1999, représentatif de la construction achevée jusqu'à la date du recensement, soit mars 1999, et la base de sondage des logements neufs achevés depuis le recensement de 1999.

Le taux de réponse a été de 79,1% des ménages enquêtés (plus de 32 000 ménages répondants).

Un redressement des données de l'enquête (calcul des pondérations des logements échantillonnés) a été réalisé par l'INSEE, afin de corriger l'effet des non-réponses, de réduire les aléas liés au plan de sondage et de redresser les biais propres à l'enquête ou à ses bases de sondage. La méthode utilisée pour ce faire a été le calage sur marges, qui consiste à utiliser une information auxiliaire connue dans l'échantillon et sur l'ensemble de la population, par

l'intermédiaire de variables dites de calage, méthode qui a permis de réduire notablement l'erreur d'estimation des variables mesurées par l'enquête.

Les principaux thèmes abordés sont : les caractéristiques physiques du parc de logements (taille, confort, etc.), les critères de la qualité de l'habitat (bruit, localisation, environnement, voisinage, etc.), les modalités juridiques d'occupation du logement, les dépenses associées au logement (loyers, charges locatives ou de copropriété, prix) et les aides dont bénéficient les occupants, les ressources perçues par les différents membres du ménage, le patrimoine en logements des ménages, la mobilité résidentielle des ménages, l'opinion des ménages à l'égard de leur logement et leur désir éventuel d'en changer, les enfants de la personne de référence et/ou de son conjoint.

Parmi les limites de cette source de données, on compte le fait qu'elle ne recense que des résidences principales, les personnes vivant dans d'autres types d'habitat (foyers, maisons de retraite, résidences secondaires) étant en dehors du champ de l'enquête, et que les données ne sont pas spatialisées (on a juste une localisation par tranches d'unités urbaines), ce qui réduit fortement les possibilités d'analyse géographique des conditions de logement des ménages.

Par rapport à notre démarche, pour étudier la mobilité résidentielle des ménages et ensuite modéliser le choix de déménagement (estimer les taux/probabilités de déménagement), on a effectué une extraction de variables de l'Enquête Logement 2002 dont on fait l'hypothèse, en se basant sur les enseignements de la littérature correspondante, qu'elles pourraient être en lien avec les comportements résidentiels des ménages.

Les unités statistiques d'analyse sont les ménages de l'aire urbaine de Lyon (en effectuant l'extraction des seuls ménages résidant dans l'aire urbaine de Lyon, la taille de l'échantillon se réduit à environ 900 ménages, ce qui est statistiquement suffisant pour des besoins de modélisation).

Les variables sélectionnées sont les suivantes :

- *Prix du logement*

C'est une variable importante pour la modélisation de l'interaction transport-urbanisme, à côté des variables d'accessibilité. C'est la variable dépendante dans le modèle de régression hédonique du prix foncier/immobilier, qui devient une variable explicative dans le modèle de choix de localisation résidentielle des ménages.

Dans l'Enquête Logement, les données financières liées à l'acquisition par le ménage de sa résidence principale ne concernent que les propriétaires récents. Pour les propriétaires

récents ayant acheté logement et terrain ensemble, le prix du logement inclut : l'achat du terrain, les frais de notaire, d'enregistrement, de taxes, les travaux supplémentaires importants, l'achat ou la construction de dépendances supplémentaires dans l'immeuble ou la propriété (garage, parking, pièces supplémentaires). Pour les propriétaires récents qui ont acheté le terrain sur lequel ils ont fait construire leur résidence, le prix du logement inclut : l'achat du terrain, les frais de notaire, d'enregistrement, de taxes, de viabilisation du terrain, les factures relatives aux travaux de conception et de réalisation de la construction, l'achat direct de matériaux de construction, le paiement direct de frais de main d'œuvre, les travaux supplémentaires importants, l'achat ou la construction de dépendances supplémentaires dans l'immeuble ou la propriété (garage, parking, pièces supplémentaires).

- *Moyen de transport de la PR (personne de référence)*

Il s'agit du moyen de transport utilisé par la personne de référence du ménage pour effectuer ses déplacements, caractéristique dont on fait l'hypothèse qu'elle pourrait avoir une influence sur les décisions concernant la localisation résidentielle des ménages et qui est corrélée avec la valeur du logement occupé par le ménage.

Cette variable est qualitative nominale, avec les catégories suivantes :

- 1 = MAP (marche à pied) ou vélo
- 2 = VP (voiture particulière)
- 3 = TC (transport collectif)
- 4 = VP et TC

- *Temps de transport domicile-travail de la personne de référence*

Indique le temps en minutes du trajet domicile-travail pour la personne de référence, qui est le motif principal de déplacement, et peut servir comme une mesure d'accessibilité.

La variable est quantitative.

- *Surface totale du logement*

C'est une variable quantitative, que l'on a transformée dans une variable qualitative ordinale à 5 classes d'intervalles égales, avec les catégories suivantes :

- 1 = moins de 70 m²
- 2 = 70 – 140 m²
- 3 = 140 – 210 m²
- 4 = 210 – 280 m²

5 = 280 m² et plus

- *Opinion sur la qualité de l'air*

Lorsqu'on ne dispose pas d'un indicateur qui nous donne une mesure effective de la qualité de l'air (niveau de pollution) de l'environnement résidentiel de chacun des ménages enquêtés, on peut utiliser cet indicateur d'opinion, qui permet d'avoir une image de la perception des ménages vis-à-vis de la qualité de l'air de l'environnement où ils habitent. Notons que la prise en compte de cette variable se base sur l'hypothèse que la perception et les préférences des ménages concernant la qualité de leur environnement résidentiel sont des facteurs qui jouent au moment de la prise de décision de localisation. Ce type de variables d'opinion (comme c'est le cas aussi des variables Opinion sur les espaces verts, Note du ménage sur son logement et Note du ménage sur son quartier) présente l'inconvénient d'être construit et quantifié de façon subjective, et en plus, de nécessiter des projections sur leur évolution future, ce qui est difficilement envisageable.

Les catégories de la variable sont :

1 = Bonne

2 = Moyenne

3 = Médiocre

- *Opinion sur les espaces verts*

De même que pour la variable opinion sur la qualité de l'air, on utilise un indicateur de perception des ménages sur la présence d'espaces verts dans la proximité de leur résidence en fonction de leurs préférences, qui va jouer un rôle plus ou moins important dans le choix du logement pour les ménages caractérisés par différents profils socio-économiques.

Les catégories de cette variable sont :

1 = Bonne

2 = Moyenne

3 = Médiocre

- *Ancienneté d'occupation de la personne de référence*

Dans l'étude de la mobilité résidentielle, il est important de connaître la fréquence de déménagement des ménages et de la mettre en corrélation avec des variables de cycle de vie et d'autres variables caractérisant les ménages, sachant que la décision de changer de logement est liée à des événements importants de la vie des ménages et à des caractéristiques

telles que l'âge de la PR, le revenu, le nombre d'actifs occupés, le nombre de personnes du ménage, etc.

La variable nous indique le nombre d'années passées depuis le dernier changement de résidence de la personne de référence du ménage par tranches :

- 1 = moins d'un an
- 2 = 1 – 4 ans
- 3 = 4 – 8 ans
- 4 = 8 – 12 ans
- 5 = 12 ans et plus

- *Âge de la personne de référence*

La variable âge permet de situer le ménage dans une position du cycle de vie, de lui associer les événements familiaux qui sont potentiellement susceptibles de survenir dans son évolution. Les bornes choisies pour les tranches d'âge ne doivent pas être arbitraires. Elles doivent être en adéquation avec des événements familiaux comme la mise en union, les naissances des enfants, le départ de chez les parents, la retraite, etc.

L'âge de la personne de référence est une caractéristique démographique qui a son impact sur la mobilité résidentielle des ménages, qu'on peut aussi utiliser pour segmenter la population en vue de distinguer les différents comportements de localisation des ménages, qui varient à différentes étapes de leur cycle de vie.

Pour cela, on a défini deux segmentations par tranches d'âge, codifiées de la manière suivante :

- | | |
|--------------------|---------------------|
| 1 = 0 – 24 ans | 1 = moins de 30 ans |
| 2 = 25 – 49 ans | 2 = 30 – 45 ans |
| 3 = 50 – 74 ans | 3 = 45 – 60 ans |
| 4 = 75 ans et plus | 4 = 60 – 75 ans |
| | 5 = plus de 75 ans |

- *CSP de la personne de référence*

La nomenclature des catégories socioprofessionnelles (CSP) utilisée par l'INSEE contient plusieurs niveaux d'agrégation, en 8, 24 et 42 postes.

Dans la nomenclature en 8 postes, six groupes ventilent les personnes ayant une activité professionnelle, et les deux autres concernent les retraités et les autres personnes sans activité professionnelle (chômeurs, militaires, élèves et étudiants).

Cette nomenclature peut être utilisée de façon partielle, agrégée ou désagrégée, en fonction des objectifs de l'étude.

Dans notre contexte, cette variable peut s'avérer très utile lorsqu'on s'intéresse à la mobilité résidentielle liée à la profession des membres du ménage, mais elle devient moins expressive lorsqu'il s'agit de la modélisation du choix de la localisation résidentielle.

Cette variable de segmentation des ménages est une variable nominale ayant les catégories suivantes (classification en 8 postes de l'INSEE) :

- 1 = Agriculteurs
- 2 = Artisans, commerçants et chefs d'entreprise
- 3 = Cadres et professions intellectuelles supérieures
- 4 = Professions intermédiaires
- 5 = Employés
- 6 = Ouvriers
- 7 = Retraités
- 8 = Autres

- *Diplôme le plus élevé de la PR*

A priori, on considère que le niveau d'études des personnes permet d'identifier des préférences et des comportements différents de localisation et de choix de l'environnement résidentiel.

Pour cette variable, classiquement on prend comme référence les diplômes académiques, et on peut ainsi distinguer cinq niveaux :

- Aucun diplôme
- CAP-BEP
- BAC
- BAC + 2 ou + 3
- BAC + 5 et plus

Dans l'Enquête Logement 2002, les classes définies sont les suivantes :

- 1 = Aucun
- 2 = CEP
- 3 = BEPC ou BE
- 4 = CAP, BEP
- 5 = Baccalauréat professionnel
- 6 = Baccalauréat technique ou technologique

7 = Baccalauréat général

8 = BAC + 2

9 = Supérieur à BAC + 2

- *Nombre d'enfants à charge*

Les variables décrivant la composition du ménage vont assurer la précision des informations sur les événements familiaux. Une des variables à partir de laquelle on peut apprécier la composition du ménage est le nombre d'enfants du ménage.

Le fait d'avoir ou pas d'enfants et le nombre de ceux-ci a beaucoup d'importance dans la décision d'un ménage de changer son logement ou de se localiser dans telle ou telle zone, caractérisée par un environnement social plus ou moins approprié à ses nécessités et préférences.

On a deux possibilités de segmenter les ménages selon cette variable : soit on distingue le nombre d'enfants sur une échelle à plusieurs catégories, soit on différencie simplement les ménages avec enfants des ménages sans enfants.

On va choisir la première option, avec une segmentation en trois catégories :

1 = sans enfant

2 = un ou deux enfants

3 = 3 enfants ou plus

- *Taille (nombre de personnes) du ménage*

La taille du ménage est à mettre en relation avec les caractéristiques du logement occupé, comme la surface ou le nombre de pièces. La littérature nous montre aussi que les ménages de différentes tailles sont localisés de façon non uniforme dans l'espace urbain, c'est-à-dire qu'il y a une variation de la taille moyenne des ménages d'une zone à l'autre, avec une tendance d'augmentation vers les périphéries des agglomérations.

On a retenu la classification suivante :

1 = 1 personne

2 = 2 personnes

3 = 3 ou 4 personnes

4 = 5 personnes ou plus

- *Nombre d'actifs occupés du ménage*

Le nombre d'actifs occupés d'un ménage doit d'abord être mis en relation avec le revenu du ménage respectif, mais l'existence d'actifs occupés dans un ménage va déterminer aussi la structure par motifs des déplacements effectués par les membres du ménage et de façon indirecte elle va avoir son importance dans le choix du lieu de résidence.

- *Revenu annuel total du ménage*

Le revenu, qui exprime la contrainte budgétaire du ménage, est la variable qui joue le plus dans les choix et les arbitrages que les ménages doivent faire entre les différentes alternatives possibles. Le prix ou le montant du loyer qu'un ménage est prêt à payer dépend strictement de ses moyens financiers, et en conséquence, la décision de changer de logement et les caractéristiques du nouveau logement (attributs du logement, du voisinage, localisation, accessibilités) varient en fonction des ressources consacrées à cette fin.

Dans l'Enquête Logement 2002, la variable revenu du ménage est calculée comme somme des revenus individuels perçus au cours des douze derniers mois précédant l'enquête. Il s'agit du revenu brut, et il n'inclut pas les aides au logement.

En fonction de la méthode statistique qu'on utilise, soit on travaille avec la variable dans sa forme quantitative, indiquant le montant annuel total des revenus perçus par les membres du ménage, soit avec une variable ordinale, les catégories de celle-ci étant représentées, dans notre cas, par les déciles de la variable quantitative originale.

- *Note du ménage sur son logement*

Cette modalité permet de quantifier l'opinion du ménage sur l'adaptation de son logement à ses préférences et attentes, opinion qui se reflète dans le prix ou le loyer payé par le ménage occupant.

Cette opinion est mesurée sur une échelle de 1 à 10.

- *Note du ménage sur son quartier*

De la même façon on a mesuré l'opinion du ménage sur la qualité de son environnement résidentiel, qui est aussi capitalisée dans la valeur du logement.

- *Statut d'occupation du logement*

La variable statut d'occupation désigne le statut juridique d'occupation du logement. On distingue les propriétaires et les locataires, tandis que les catégories ménages logés gratuitement et fermier-métayers sont généralement négligées dans les études en raison de leur faible proportion par rapport à l'ensemble des ménages. Il est aussi courant de faire la distinction entre locataires du secteur social (HLM) et locataires du privé.

En fonction de son statut d'occupation et d'autres caractéristiques (préférences, revenus, caractéristiques sociodémographiques, événements familiaux), un ménage sera caractérisé par une plus ou moins forte mobilité résidentielle.

La variable que l'on va définir à partir des données de l'Enquête Logement 2002 est une variable nominale à deux catégories :

1 = Propriétaire

2 = Locataire

- *Indicateur ville centre*

Dans l'Enquête Logement 2002, les données ne sont pas spatialisées, la seule information dont on dispose sur la localisation étant le type de commune de résidence du ménage : centrale, de banlieue ou rurale (définitions INSEE - RGP 1999).

Le codage de la variable est :

1 = Commune centre

2 = Commune de banlieue

3 = Commune rurale

Une telle spatialisation rend pratiquement impossible toute tentative de modélisation de la localisation des ménages à un niveau suffisamment fin. Ainsi, on devra utiliser d'autres sources de données pour modéliser la localisation, à travers lesquelles on disposera d'un zonage plus fin et de caractéristiques descriptives des zones.

- *Nombre de déménagements de la personne de référence depuis le 1.12.97*

La mobilité résidentielle des ménages peut être exprimée par un indicateur qui montre le nombre de changements de résidence de la personne de référence dans une période antérieure (5 ans dans notre cas).

- *Raison de quitter le dernier logement*

Dans l'analyse de la mobilité résidentielle il est important de connaître les raisons principales qui font que les ménages changent de logement, raisons qui sont en général liées à des événements importants ou des préférences des ménages.

Voilà les catégories de cette variable nominale :

- 1 = sinistre ou catastrophe naturelle
- 2 = changement d'environnement
- 3 = nouvel emploi, mutation, retraite
- 4 = rapprochement du lieu de travail
- 5 = rapprochement de la famille, retour dans la région d'origine
- 6 = mariage ou mise en couple
- 7 = divorce, veuvage
- 8 = départ de chez les parents
- 9 = le voisinage ne convient pas
- 10 = désir d'un logement de meilleure qualité
- 11 = besoin d'un logement plus grand
- 12 = changement de statut d'occupation (devenir propriétaire)
- 13 = désir d'un logement moins cher
- 14 = autre

3.3.2. Le Recensement Général de la Population (RGP) de 1999 – INSEE

Le Recensement Général de la Population constitue la source essentielle de données pour modéliser la localisation résidentielle.

On va utiliser pour caler notre modèle de localisation des ménages les données du RGP de 1999 (1999 a été choisi comme l'année de référence (initiale) dans la simulation réalisée dans le cadre du projet SIMBAD).

Un premier avantage de cette source de données, fournie par l'INSEE, consiste dans le fait qu'il s'agit d'une base de données exhaustive, ce qui garanti la précision de l'information.

Un autre avantage c'est que cette source nous permet d'avoir une présentation spatialisée de la population (des ménages) (découpage à l'IRIS ou à la commune), ce qui est essentiel pour pouvoir bâtir un modèle de localisation des ménages.

Les données du RGP nous fournissent des informations notamment sur le profil socio-démo-économique des ménages et, dans une moindre mesure, sur les caractéristiques du marché immobilier.

L'inconvénient majeur de cette source est le manque d'informations sur le revenu, qu'il faudra trouver dans d'autres sources (les données de la DGI).

L'essentiel de l'information sur le profil des ménages, qu'on va utiliser pour analyser et modéliser la localisation résidentielle, se trouve dans les variables fournies par le RGP de 1999.

Les unités statistiques d'analyse seront, dans un premier temps, les 777 IRIS de l'aire urbaine de Lyon.

En ce qui concerne les variables qui vont nous donner le profil des IRIS selon les caractéristiques socio-démo-économiques des ménages y résidant, on a considéré la répartition (fréquences relatives marginales) des ménages ou la moyenne de chaque IRIS pour les caractéristiques suivantes :

- *Âge de la personne de référence*

Modalités de la variable :

1 = moins de 30 ans	1 = moins de 30 ans
2 = 30 – 45 ans	2 = 30 – 45 ans
3 = 45 – 60 ans	3 = 45 – 60 ans
4 = plus de 60 ans	4 = 60 – 75 ans
	5 = plus de 75 ans

- *Nombre d'actifs occupés du ménage*

Modalités de la variable :

1 = sans actif
2 = 1 actif
3 = 2 actifs ou plus

- *Nombre d'enfants du ménage*

Modalités de la variable :

1 = sans enfant
2 = un ou deux enfants

3 = 3 enfants ou plus

- *Statut d'occupation du logement*

Modalités de la variable :

1 = propriétaire

2 = locataire

- *Taille du ménage*

Modalités de la variable :

1 = 1 personne

2 = 2 personnes

3 = 3 ou 4 personnes

4 = 5 personnes ou plus

- *Nombre de voitures*

Le taux de motorisation des ménages est une variable qui a certainement une influence sur la décision de se localiser dans la ville, le territoire étant caractérisé par des variations du nombre de voitures (VP) possédées par les ménages y résidant en fonction de la distance à laquelle ils se situent par rapport au centre.

On a trois catégories pour cette variable :

1 = sans VP

2 = 1 VP

3 = 2 VP ou plus

L'estimation du modèle de choix de localisation résidentielle des ménages nécessite une base de données complètement désagrégée (c'est-à-dire, l'unité statistique d'analyse doit être le ménage) (il s'agit d'un modèle de choix discret, comme on l'a vu dans le deuxième chapitre).

L'INSEE fournit les données du recensement à un niveau agrégé, en général sous forme de distributions marginales des variables pour différents découpages géographiques (îlot, IRIS, commune), mais il ne met pas à disposition les données décrivant chaque ménage individuellement, pour des raisons de confidentialité.

Dans ce contexte, on a fait une demande spécifique à l'INSEE pour pouvoir obtenir des données semi-désagrégées, à savoir les distributions conditionnelles (le croisement des

modalités des variables) des ménages selon les variables à introduire dans le modèle : âge de la personne de référence, taille du ménage, nombres d'actifs du ménage, nombre de voitures et statut d'occupation du logement, localisés à l'IRIS. Ces cinq variables ont été définies comme des variables qualitatives, ayant les mêmes modalités que ci-dessus.

A partir de cette base, on a généré une population synthétique de ménages, qui va servir de base de données de calage de notre modèle de localisation des ménages.

3.3.3. Les Revenus fiscaux des ménages 2001 – DGI

Pour le revenu, qui est une variable clé décrivant les ménages et que l'on ne trouve pas dans le RGP, la DGI (Direction Générale des Impôts) utilise une approche basée sur la méthode des déciles appliquée aux revenus fiscaux déclarés par les ménages. Des chiffres agrégés sur le revenu par ménage, par personne et par unité de consommation (u.c.) sont disponibles dans ce fichier.

Du point de vue de notre démarche, la limite de cette source est le fait que les chiffres ne sont pas disponibles au niveau désagrégé du ménage mais à des niveaux plus agrégés (IRIS, commune, etc.), ce qui rend nécessaire un travail supplémentaire d'approximation ou d'estimation du revenu au niveau désagrégé en utilisant l'information d'autres bases de données.

La variable *Revenu moyen par u.c.* a été calculée pour chaque IRIS de l'aire urbaine. En fait, cette variable nous permet de caractériser le phénomène de ségrégation spatiale de la population, les variations du niveau de vie dans le territoire et de les mettre en relation avec les préférences des ménages de se localiser dans un type de zone ou un autre.

3.3.4. Le fichier « Marché Immobilier des Notaires » (MIN) – PERVAL et la base « Observatoire des Transactions Immobilières et Foncières » (OTIF) – COURLY

Le prix du logement, comme mesure des valeurs immobilières, est une variable dont on fait l'hypothèse qu'elle constitue un facteur d'influence des choix résidentiels des ménages. Dans la logique d'URBANSIM, cette variable apparaît comme variable dépendante dans le modèle de régression linéaire du prix immobilier, et assure le lien avec les modules de développement urbain et de localisation résidentielle.

Pour l'aire urbaine de Lyon, les données dont on dispose sur le prix immobilier proviennent de deux sources différentes : le fichier OTIF pour le périmètre du Grand Lyon et le fichier MIN (Marché Immobilier des Notaires) pour les communes de l'aire urbaine qui se situent en dehors du périmètre du Grand Lyon.

Le fichier MIN, fourni par la société Perval, est la source principale de données sur le marché foncier et immobilier résidentiel en France.

Ce fichier recense les transactions immobilières et foncières en France, à partir de l'année 1990. Il fournit des informations sur les caractéristiques des biens, comme le type de bien (maison, appartement ou terrain), la surface, le nombre de pièces, l'âge des immeubles, la localisation (niveau communal, départemental et régional), le prix, et sur les caractéristiques des acheteurs et des vendeurs.

Parmi les limites de cette source, on peut citer le fait qu'elle constitue une mesure partielle du volume des transactions ainsi que le faible taux de renseignement de certaines variables. Il est donc important de connaître le taux de couverture de ces bases, au niveau global, mais surtout par type de biens et par zone géographique. Que le taux de couverture au niveau global soit faible ne présente pas en soi de problème statistique pourvu que le nombre d'enregistrements soit supérieur à un certain seuil. Plus ennuyeux serait si les actes enregistrés dans la base n'étaient pas représentatifs de l'ensemble des transactions (ce qui peut arriver si certains notaires n'envoient jamais d'actes sur des marchés particuliers ou d'un certain type de clients).

Etant alimenté à partir des actes transmis par les notaires sur la base du volontariat, il s'agit d'un recueil partiel des transactions réalisées. Il est à noter que, dans le cadre du processus de recueil des données, tous les notaires ne transmettent pas l'intégralité des extraits d'actes lors des transactions portant sur un même programme (par exemple, immeuble neuf). Les notaires ont également la liberté de décider d'envoyer ou de ne pas envoyer des actes qu'ils considèrent comme non significatifs du marché, dont la proportion n'est pas connue. La fiabilité et la robustesse des statistiques de prix, en niveau et en évolution, est variable d'un zonage à l'autre. Les effets de structure sont importants entre les différentes zones. L'analyse comparée des évolutions des prix entre zones pose aussi problème.

Concernant la définition de la variable prix, on a des éléments qui peuvent générer des ambiguïtés. D'abord, les marchés ont des taxations différentes selon l'ancienneté du bien : si le bien a moins de 5 ans et qu'il s'agit du premier achat depuis qu'il est construit (définition fiscale du bien neuf), le vendeur doit payer la TVA et le prix que paie l'acheteur est TTC ; si

le bien a moins de 5 ans mais qu'il ne s'agit pas de la première vente, le prix n'inclut pas de TVA mais des droits d'enregistrement (ou frais de notaire). Il existe deux taux de TVA pour les maisons et les appartements : 19,6% pour la plupart des biens, 5,5% pour les logements sociaux. Les droits d'enregistrement, qui n'existent que pour l'ancien, s'élèvent à 3,60%. Une autre ambiguïté est liée à la commission d'agence, qui peut être soit à la charge du vendeur, soit à la charge de l'acquéreur, et que PERVAL n'a pas les moyens de connaître. Pour assurer un caractère uniforme de l'information, dans les bases PERVAL, le prix renseigné est, pour tous les types de biens, un prix HT (ni TVA, ni droits d'enregistrement).

Afin de calculer le prix au m², on a besoin de connaître la superficie du bien. La mention de la surface n'est pas obligatoire dans les actes. Pour les maisons individuelles, il est demandé au client des informations sur la surface habitable. Si le bâtiment est récent, des vérifications sont faites à l'aide des plans, mais si la maison est plus ancienne, les indications du client peuvent être vagues et les plans non disponibles, cas où la superficie peut être absente ou fantaisiste.

Nous ne disposons que d'une information très limitée de cette source : il s'agit des chiffres moyens sur le prix et la surface par type de bien, calculés pour un découpage moins fin que la commune (regroupement de communes dans des zones plus grandes). Cela se justifie par le fait que le nombre de transactions immobilières recensées est très réduit. Dans ces conditions, il est difficile de déterminer des prix moyens à un niveau plus fin (commune), à cause des problèmes de représentativité.

Pour le cas lyonnais, c'est le fichier « OTIF » de la COURLY (Communauté Urbaine de Lyon) qui est la source de données la plus complète et précise en matière de transactions immobilières et foncières.

Il recense les transactions immobilières et foncières sur le périmètre du Grand Lyon, à partir de l'année 1990. Les informations disponibles dans ce fichier sont généralement les mêmes que dans le fichier MIN. Le prix qui est fourni par cette base de données est également un prix HT.

A partir de cette source, on dispose du fichier entièrement désagrégé (c'est-à-dire des données au niveau de la transaction) et d'une localisation très précise, au niveau de la section cadastrale, pour toutes les communes (IRIS) du Grand Lyon.

En utilisant les informations de ces deux bases de données, on a calculé, pour l'année 1999, le *prix moyen au m² de l'immobilier collectif ancien* pour chaque IRIS de l'aire urbaine,

variable qui sera utilisée dans le processus de modélisation de la localisation résidentielle des ménages. Par contre, l'information très approximative dont on dispose pour les IRIS hors Grand Lyon nous a obligé à remplacer le prix moyen de l'immobilier collectif ancien pour chaque IRIS (commune) par le niveau connu du prix moyen des appartements anciens de la zone (le groupe de communes) à laquelle appartient l'IRIS.

La prise en compte seulement du marché de l'immobilier collectif ancien (appartements dont l'âge est supérieur à 5 ans) pour calculer la variable prix qui sera utilisée dans la modélisation se base sur certaines raisons. D'abord, on n'a considéré que l'immobilier collectif pour des raisons de comparabilité. En fait, la prise en compte de l'immobilier individuel (maisons individuelles), dont le prix inclut la maison proprement dite et les terrains correspondants (donc deux composantes différentes : la composante immobilière - la surface construite ou la maison, et la composante foncière - la surface de terrain), poserait des problèmes de comparabilité entre les prix au m² (qui est l'indicateur le plus expressif des valeurs immobilières) des deux types de biens. Ensuite, la variabilité de la structure par type de biens (anciens - neufs) des transactions recensées, c'est-à-dire le fait que la proportion des transactions d'appartements anciens / neufs varie dans le temps (d'une année à l'autre) et dans l'espace (d'une zone à l'autre), ne permet pas de considérer l'ensemble des biens (anciens et neufs) pour déterminer des prix moyens comparables d'un IRIS à l'autre. Le fait que le marché de l'immobilier collectif ancien soit majoritaire par rapport à celui de l'immobilier collectif neuf (environ 70 % des transactions sur le marché de l'immobilier collectif ont comme objet un bien ancien) nous a conduit à considérer l'immobilier collectif ancien pour calculer un prix moyen par IRIS qui soit représentatif du marché immobilier de l'aire urbaine de Lyon.

3.3.5. Données de SPOT Thema SPOT 5

La base SPOT Thema est une base de données SIG, issue de photographies aériennes, qui fournit des informations en termes de superficies des terrains affectés à différents modes d'utilisation.

Les données de la base SPOT 5 couvrent le périmètre de la Région Rhône-Alpes, et offrent à un niveau de finesse du découpage géographique très élevé une classification des modes d'utilisation du sol à plusieurs niveaux de détail (nomenclature hiérarchique en trois niveaux).

A partir des données de la base SPOT 5, on a calculé, pour chacun des 777 IRIS de l'aire urbaine, pour l'année 2000, les taux de surface par rapport à la surface totale de l'IRIS pour les types d'utilisation du sol suivants :

- *Zones bâties à prédominance d'habitat*
- *Grands équipements urbains*
- *Zones d'activité économique*
- *Infrastructures routières et ferroviaires*
- *Espaces verts (parcs, jardins)*
- *Équipements sportifs et de loisirs*

Ces variables peuvent être utilisées pour définir une typologie des IRIS selon leur occupation des sols, mais elles peuvent être interprétées comme des indicateurs qui donnent une mesure de l'accessibilité des ménages à différents services. Ainsi, le taux de surface des zones bâties à prédominance d'habitat est une mesure de l'accessibilité à la population, l'existence de grands équipements urbains et de zones d'activité économique dans un IRIS indiquent une accessibilité plus élevée à l'emploi des personnes y résidant, la présence des infrastructures routières ou ferroviaires est similaire d'une meilleure accessibilité au réseau de transport, et la présence de parcs, jardins, équipements sportifs et de loisirs dans l'IRIS de résidence indique la proximité de ces services.

3.3.6. Le fichier SIRENE – INSEE

Le fichier SIRENE de l'INSEE est une base annuelle qui fournit les informations sur la localisation des activités au niveau désagrégé de l'établissement, chaque établissement étant renseigné sur plusieurs caractéristiques et sur sa localisation (adresse) précise.

On a utilisé le fichier SIRENE de 1999 pour calculer le nombre de commerces et le nombre d'emplois de chaque IRIS de l'aire urbaine. Un nombre élevé de commerces, respectivement d'emplois dans un IRIS montre une bonne accessibilité de la population de l'IRIS à ces activités.

Pour avoir une comparabilité spatiale de ces mesures de l'accessibilité, on a calculé des indicateurs de *densité des commerces* et *densité des emplois*, comme rapport entre le nombre de commerces/emplois et la superficie de chaque IRIS.

3.3.7. La matrice O-D VP 1999 et les indicateurs d'accessibilité calculés par le LET

Les différentes mesures de l'accessibilité à tester ou à utiliser dans le modèle ont été calculées par le LET, en utilisant un SIG (Système d'information géographique).

Il s'agit de variables mesurant les différents types d'accessibilités : au centre, aux infrastructures de transport, aux pôles d'emploi, aux commerces, aux établissements d'enseignement, calculées pour chaque IRIS de l'aire urbaine.

On va tester plusieurs indicateurs d'accessibilité, pour se rendre compte de la mesure (ou de l'expression) adéquate qu'il faudra adopter pour quantifier ce facteur d'influence des choix résidentiels des ménages.

Deux indicateurs basiques d'accessibilité sont la *distance* physique et le *temps de parcours (en VP)* entre chaque IRIS de l'aire urbaine et le centre.

Le premier indicateur mesure la distance à vol d'oiseau, en mètres, de chaque IRIS au centre de l'aire urbaine, mais on sait qu'un tel indicateur n'est pas le plus pertinent pour apprécier l'accessibilité et que c'est mieux d'utiliser un indicateur accessibilité-temps.

Si on tient compte du fait que l'ensemble du territoire de l'aire urbaine n'est pas couvert par un réseau TC et donc le mode de transport le plus utilisé pour les déplacements quotidiens est la VP, et que le centre de l'aire urbaine concentre la plupart des emplois et des services à la population, on considère que l'utilisation d'un indicateur comme le temps de parcours en VP de chaque IRIS au centre (en minutes) trouve une bonne justification.

Pour mesurer les accessibilités aux différentes activités et services, on a calculé, pour chaque IRIS (le point de référence étant le centroïde de l'IRIS), les *indicateurs isochroniques* suivants :

- *Nombre de lignes de bus à moins de 300 m / 500 m / 1000 m*
- *Nombre d'arrêts de bus à moins de 300 m / 500 m / 1000 m*
- *Nombre de stations de métro à moins de 300 m / 500 m / 1000 m*
- *Nombre d'échangeurs autoroutiers accessibles en moins de 10 min / 15 min / 20 min / 30 min*
- *Nombre de gares accessibles en moins de 10 min / 15 min / 20 min / 30 min*
- *Nombre d'emplois accessibles en moins de 10 min / 15 min / 20 min / 30 min ou à moins de 300 m / 500 m / 1000 m*

- *Nombre d'emplois tertiaires accessibles en moins de 10 min / 15 min / 20 min ou à moins de 300 m / 500 m / 1000 m*
- *Nombre d'emplois commerciaux accessibles en moins de 10 min / 15 min / 20 min ou à moins de 300 m / 500 m / 1000 m*
- *Nombre de grands commerces accessibles en moins de 10 min / 15 min / 20 min ou à moins de 300 m / 500 m / 1000 m*
- *Nombre de petits commerces accessibles en moins de 15 min ou à moins de 300 m / 500 m / 1000 m*
- *Nombre d'établissements d'enseignement primaire accessibles en moins de 10 min / 15 min / 20 min ou à moins de 300 m / 500 m / 1000 m*
- *Nombre d'établissements d'enseignement secondaire accessibles en moins de 10 min / 15 min / 20 min ou à moins de 300 m / 500 m / 1000 m*
- *Nombre d'établissements d'enseignement supérieur accessibles en moins de 10 min / 15 min / 20 min / 30 min ou à moins de 300 m / 500 m / 1000 m*

On a également calculé des *indicateurs de type gravitaire*, en utilisant comme formulations pour la fonction de résistance $1/d$ et $1/d^2$, mesurant l'accessibilité à des opportunités comme :

- *emplois*
- *emplois tertiaires*
- *grands / petits commerces*
- *établissements d'enseignement primaires / secondaires / supérieures*

Pour mesurer l'accessibilité au réseau routier et ferroviaire, on a calculé aussi, pour chaque IRIS, le *temps d'accès à l'échangeur autoroutier le plus proche et à la gare la plus proche*.

3.3.8. Construction d'autres variables combinant des données de plusieurs sources

En combinant les données des différentes sources, on a également calculé un certain nombre d'indicateurs (transformations des variables originales) susceptibles d'avoir un pouvoir explicatif plus élevé dans le modèle comparativement aux variables simples à partir desquelles on les a construits.

- *Densité de la population*

C'est le rapport entre la population totale (nombres d'individus) et la superficie intégrale de l'IRIS.

- *Mixité fonctionnelle*

C'est le rapport : Nombre d'emplois / Nombre d'habitants.

- *Densité humaine*

Se calcule selon la formule : (Population + Emplois) / Surface intégrale du territoire.

- *Densité bâtie*

Nombre de logements / Surface

- *Taux d'emploi*

Se calcule comme rapport entre la population active occupée et la population active totale de l'IRIS.

- *Estimation du revenu par u.c. au niveau du ménage*

Dans la population synthétique de ménages générée à partir des données semi-désagrégées de recensement, on n'a pas d'informations sur le revenu des ménages. Etant donné le fait que dans le modèle de localisation on va introduire aussi une segmentation de la population des ménages selon leur niveau de *revenu par u.c.*, il a été nécessaire d'imaginer une procédure d'estimation de cette variable en se basant sur des valeurs connues des autres variables pour chaque ménage. En fait, on a cherché à attribuer une classe de revenu à chaque type de ménage défini en fonction des variables qualitatives pour lesquelles on a l'information du RGP au niveau semi-désagrégé, en utilisant aussi l'information agrégée sur la distribution des revenus à l'IRIS fournie par la DGI, selon une procédure probabiliste.

Pour estimer ce revenu, on a utilisé les données de l'Enquête Ménages Déplacements de 2006 (avec un échantillon d'environ 7000 ménages).

On a comme variable à estimer le Revenu par u.c., et on a testé plusieurs possibilités de classer les ménages selon cette variable :

- en 5 classes de taille égale (chacune 20% des ménages)
- en 3 classes de taille égale (chacune 33% des ménages)
- en 3 classes inégales (20% / 60% / 20% et 25% / 50% / 25%)

Finalement, les résultats statistiques nous ont conduit à retenir la variable en trois classes :

- 1 – les 20% les plus pauvres (< décile D2)
- 2 – les 60% de revenu moyen (D2 – D8)
- 3 – les 20 les plus riches (> D8).

Cette classification a également été retenue afin d'identifier les ménages les plus pauvres et les plus riches, ce qui permettra une analyse des sorties du modèle SIMBAD en fonction de ces trois classes de revenu.

Les variables qu'on a choisi pour estimer le revenu des ménages (dont on dispose dans les deux fichiers : la base de données désagrégée du RGP 1999 et l'Enquête Ménages Déplacements 2006) sont les suivantes :

- l'âge de la PR (5 classes)
- la taille du ménage (4 classes)
- le nombre d'actifs (3 classes)
- le taux d'activité du ménage (rapport entre nombre d'actifs et nombre de personnes du ménage) (5 classes)
- le statut de la PR (6 classes)
- le statut d'occupation du logement (2 classes)
- le nombre de VP (3 classes)
- le type de zone (une typologie en 4 classes des zones de résidence selon le niveau du revenu dans la zone)

Afin de déterminer quelles sont les variables qui expliquent le niveau du revenu d'un ménage et d'affecter à chaque ménage un niveau de revenu, on a utilisé les méthodes statistiques de l'analyse discriminante et de la régression logistique.

Pour faire ces estimations et ensuite pour essayer d'améliorer les résultats, on a parcouru les étapes suivantes :

1. On a estimé d'abord un modèle explicatif en introduisant toutes les variables potentiellement explicatives du revenu, en essayant de ne retenir que les variables significatives du point de vue statistique. L'application des deux méthodes nous a conduit à retenir trois variables :

- le taux d'activité du ménage
- le nombre de VP du ménage
- le statut d'occupation du logement

La qualité du modèle a été satisfaisante, avec un pourcentage de ménages correctement classés par le modèle estimé de 62%. Pour chaque type de ménage (en fonction des différents niveaux des trois variables explicatives on a $2 \times 3 \times 5 = 30$ types de ménages) on a calculé les probabilités d'affectation à l'une des trois classes de la variable explicative revenu par u.c. (classification 20% / 60% / 20%), que l'on va utiliser pour affecter à chaque ménage du RGP 1999 une des trois classes de revenu.

2. En essayant d'améliorer les résultats, on a considéré une variable de localisation des ménages en 4 classes (centre, première couronne, reste du Grand Lyon, périphérie) pour segmenter la population et pour estimer plusieurs modèles pour chacune des segments de localisation définis. Malgré la segmentation, les résultats n'ont pas changé, le pourcentage de ménages correctement classés par les modèles estimés variant entre 57% et 63%.
3. On a encore essayé d'affiner les résultats, en estimant deux modèles différents, l'un seulement pour les ménages dont la personne de référence est retraité, et l'autre pour toutes les autres catégories de ménages. Pour le premier groupe de ménages on a obtenu, logiquement, que les variables explicatives du revenu étaient le nombre de VP et le statut d'occupation du logement (le taux d'activité joue un rôle marginal, lorsque la majorité de ces ménages n'ont plus d'actifs dans leur composition), le pourcentage de ménages correctement classés étant de 65%, et pour le deuxième groupe, on a retenu les trois mêmes variables qu'auparavant, avec un pourcentage de ménages correctement classés de 62% (presque identique à celui obtenu par le modèle global).

CONCLUSION

On a vu dans ce chapitre le cadre général spécifique au cas lyonnais, dans lequel on est censé développer notre démarche d'analyse et de modélisation des choix résidentiels des ménages.

La diversité des enjeux « transport-urbanisme » lyonnais, qui sont généralement communs aux agglomérations urbaines, rend nécessaire un travail de modélisation pour pouvoir dépasser le défi de la complexité et de la multidimensionalité de cette interface et pour apporter des réponses plus pertinentes aux questions que se posent les décideurs dans ce domaine. Le projet SIMBAD, par sa problématique et ses objectifs, s'inscrit dans cette ligne d'action, et se propose de dépasser les difficultés rencontrées à l'occasion des précédentes tentatives lyonnaises de modélisation des interactions entre transport et urbanisme. A cette fin, le système de modélisation adopté, plus précisément la plateforme de simulation urbaine choisie – URBANSIM, qui propose une technique désagrégée pour modéliser la localisation des ménages et des activités économiques (le modèle logit), va orienter notre travail de modélisation des choix résidentiels.

Par rapport aux données qui nous informent sur les choix résidentiels des ménages, nous avons constaté que les mesures de la mobilité et de la localisation résidentielle ont encore d'insuffisances. Les sources de données disponibles et les indicateurs statistiques utilisés ne sont pas toujours adaptés à l'étude de ces phénomènes complexes. L'une des difficultés majeures consiste dans la non concordance des principales sources disponibles. Ainsi, des difficultés de transformation statistique apparaissent lorsqu'il s'agit d'analyser les relations entre les différentes dimensions du phénomène étudié.

C'est sur la base de la logique des modules de mobilité et de localisation résidentielle d'URBANSIM et en utilisant les données requises dont on dispose sur l'aire urbaine de Lyon que l'on va mener le travail d'analyse statistique et de modélisation des choix résidentiels dans les chapitres suivants.

**CHAPITRE 4 : ANALYSE ET MODELISATION DE LA MOBILITE
RESIDENTIELLE DES MENAGES DE L'AIRE URBAINE DE LYON**

INTRODUCTION

La décision des ménages en matière résidentielle est en fait un processus unique qui intègre deux composantes : le choix de changement de résidence (ou de déménagement) et le choix d'une nouvelle localisation.

Compte tenu de ce fait, théoriquement, il serait plus réaliste de modéliser les décisions en matière résidentielle des ménages (mobilité + localisation) par un seul modèle. Toutefois, il existe des raisons qui nous empêchent de le faire.

En premier, pour cela, on aurait besoin d'une base de données sur les ménages désagrégée, c'est-à-dire des données sur les caractéristiques de chaque ménage, y compris la localisation précise. Or, on ne dispose pas d'une telle source de données au niveau de l'aire urbaine lyonnaise. L'Enquête Logement, qui est la source principale de données décrivant les aspects liés aux comportements résidentiels des ménages, fournit des informations sur un échantillon de ménages à un moment donné, y compris leurs caractéristiques au moment du déménagement, avec une périodicité de 4-5 ans mais sans maintenir le même échantillon de référence. Mais on n'a pas dans cette base de données une variable qui décrive la localisation précise de chaque ménage ; la seule information dont on dispose c'est le département d'appartenance du ménage, découpage spatial caractérisé par une forte hétérogénéité, insuffisant par rapport à notre tentative de modélisation de la localisation résidentielle.

On voit donc apparaître le problème de l'opérationnalité des modèles, avec sa contradiction entre la condition de pertinence et celle de mesurabilité. Si on cherche à gagner en pertinence, on aura besoin de plus de paramètres, ce qui signifie parfois de données dont on ne dispose pas, c'est-à-dire un problème de mesurabilité. C'est le cas des données sur la localisation des ménages dans l'Enquête Logement, mais aussi de l'absence d'autres caractéristiques dans l'Enquête Logement ou dans le Recensement Général de la Population, fait qui soulève des difficultés de mesurabilité dans le cas où on veut traiter les deux composantes de la décision résidentielle dans un seul modèle.

De plus, dans la littérature, les deux facettes de la décision résidentielle sont souvent traitées séparément. Dans ces conditions, on va adopter l'alternative de modéliser séparément les deux étapes du processus de décision résidentielle, tout en considérant des modèles différents pour les choix de mobilité et de localisation des ménages. Cette solution est, par ailleurs, proposée dans la version actuelle d'URBANSIM.

Toute démarche de modélisation doit s'appuyer sur une étude de la problématique ou de l'objet du modèle via une analyse statistique des variables et des relations entre les variables d'intérêt proposées par la théorie spécifique. Cette étude permet de prendre connaissance de la situation concrète du phénomène étudié sur le territoire concerné - dans notre cas, le comportement de mobilité et de localisation résidentielle des ménages de l'aire urbaine de Lyon.

Les outils que l'on va utiliser sont des méthodes d'analyse statistique multidimensionnelle. L'utilisation de celles-ci présente des avantages importants par rapport à la problématique que l'on va étudier. Ce sont des méthodes qui permettent le traitement et l'analyse de grosses bases de données, avec de nombreuses variables et unités statistiques, adaptées à l'étude d'un phénomène complexe, multidimensionnel, comme c'est le cas du comportement des ménages en termes de choix résidentiels. Les interdépendances entre les variables sont bien prises en compte par ces méthodes, dont le fondement est l'analyse des corrélations statistiques. En plus, ces méthodes sont complémentaires, dans le sens où les résultats obtenus par les unes complètent et aident à interpréter les résultats des autres.

Dans ce chapitre, nous traitons la première étape du processus de décision résidentielle des ménages, celle du choix de déménagement. Le chapitre est structuré en quatre sections. La première section donne une image d'ensemble sur les relations importantes qui se manifestent entre ces variables et la mobilité résidentielle des ménages. Cette démarche se poursuit dans la deuxième section, dans laquelle on tente d'identifier les facteurs déterminants de la mobilité résidentielle annuelle des ménages, qui seront utilisés dans le modèle de choix de déménagement. L'analyse des tableaux croisés réalisée dans la troisième section permet de valider et d'expliquer les constats des analyses précédentes sur le comportement de mobilité résidentielle des ménages lyonnais. Enfin, la dernière section est dédiée à la construction du modèle de changement de résidence des ménages, qui passe par les étapes de spécification, de calage sur les données de l'aire urbaine de Lyon et de validation du modèle estimé.

4.1. ETUDE EXPLORATOIRE SUR LES RELATIONS ENTRE LES VARIABLES LIEES AU COMPORTEMENT DE MOBILITE RESIDENTIELLE DES MENAGES

Dans cette section, on va mener une étude statistique en termes d'analyse de corrélation, afin d'identifier les relations importantes qui existent entre les variables qui définissent notre problématique. L'analyse statistique en termes de corrélations entre plusieurs variables constitue le point de départ dans la compréhension des liens qui existent entre les différentes dimensions d'une réalité complexe, et donc le point de départ de la démarche de modélisation.

L'Enquête Logement 2002 est la base la plus complète en matière de mobilité résidentielle des ménages, et nous permet d'étudier le phénomène au niveau désagrégé du ménage.

La démarche consiste à considérer les variables de l'Enquête Logement 2002 dont on fait l'hypothèse (par l'intuition ou à partir des enseignements de la littérature) qu'elles pourraient avoir un lien, et éventuellement expliquer les comportements de mobilité résidentielle des ménages, et à tester l'existence et la nature du lien.

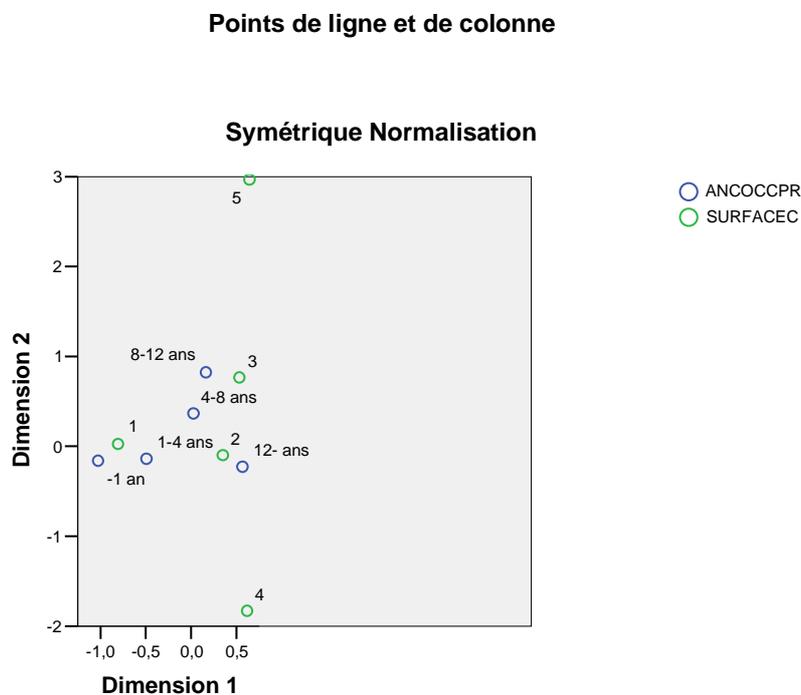
Avant de démarrer l'analyse statistique proprement-dite du comportement de mobilité résidentielle des ménages, nous avons effectué une analyse structurelle des variables catégorielles de l'Enquête Logement 2002 (tableaux 1 – 7 et graphiques 1 – 7 de l'Annexe 3). L'objectif de cette analyse est de faire une présentation plutôt descriptive ou informative de la situation existante au niveau de l'aire urbaine de Lyon par rapport à cette question, à travers l'étude des variables dont on dispose dans l'Enquête Logement 2002 qui nous donnent des informations sur le profil des ménages (la catégorie socioprofessionnelle de la personne de référence, le diplôme de la personne de référence, l'âge de la personne de référence et le statut d'occupation du logement) et leur mobilité résidentielle (ancienneté d'occupation de la personne de référence, nombre de déménagements de la personne de référence depuis 1997 et raison du dernier déménagement).

Etudier les interdépendances qui existent entre variables qualitatives (les corrélations entre les différentes catégories), renvoie à une analyse statistique des correspondances. Pour les situations où on étudie des variables qualitatives, on utilise la méthode de l'analyse factorielle des correspondances (AFC).

La fonction principale de l'analyse des correspondances est de décrire les relations existant entre deux variables qualitatives. La procédure des tableaux croisés de l'analyse des correspondances vient en complément de l'analyse des tableaux de contingence. Cette analyse permet l'examen des profils des lignes et des colonnes ainsi qu'un test d'indépendance (test de chi-deux), mais elle reste limitée quand le nombre de profils est assez élevé et ce test n'indique pas la structure des dépendances. La procédure des tableaux croisés offre plusieurs mesures et tests d'association.

On va donc s'appuyer sur les résultats de l'analyse factorielle des correspondances (tableaux des correspondances ou de contingence, représentation graphique des axes factorielles et coefficients de contingence ou de corrélation catégoriale) pour mettre en évidence les liaisons les plus significatives qui nous intéressent par rapport à notre objet d'étude.

Graphique n°1 : Correspondance ancienneté d'occupation du logement – surface du logement



Note : Les catégories de la variable SURFACEC (Surface totale du logement) sont : 1 = < 70 m², 2 = 70-140 m², 3 = 140-210 m², 4 = 210-280 m², 5 = > 280 m².

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°6 : Corrélation ancienneté d'occupation du logement – surface du logement

Mesures symétriques

		Valeur	Erreur standard asymptotique(a)	T approximé(b)	Signification approximée
Nominal par Nominal	Coefficient de contingence	,312			,000
Ordinal par Ordinal	Tau-B de Kendall	,253	,027	9,100	,000
	Corrélation de Spearman	,288	,031	8,981	,000(c)
Intervalle par Intervalle	R de Pearson	,264	,031	8,159	,000(c)
Nombre d'observations valides		893			

a L'hypothèse nulle n'est pas considérée.

b Utilisation de l'erreur standard asymptotique dans l'hypothèse nulle.

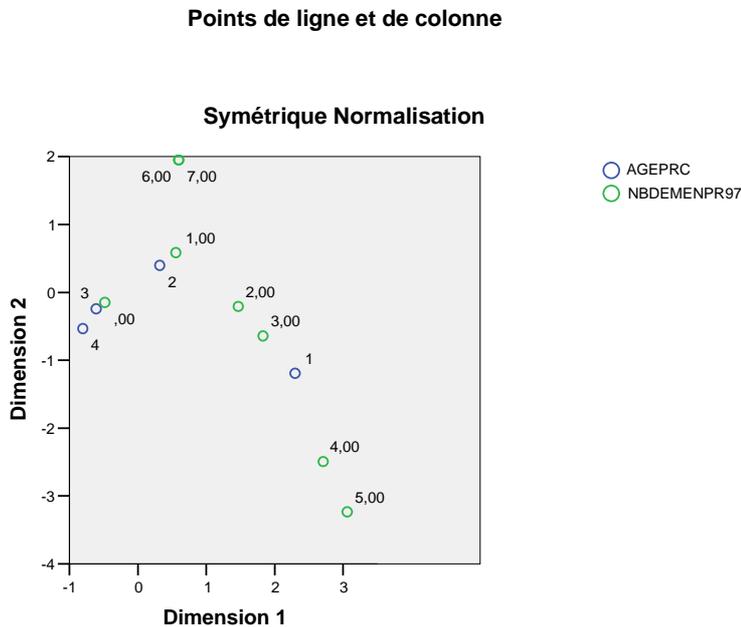
c Basé sur une approximation normale.

Source : Traitement SPSS

Pour mesurer la corrélation entre deux variables qualitatives, on peut utiliser soit le coefficient de contingence (pour les variables nominales), soit le coefficient Tau-B de Kendall ou le coefficient de corrélation de Spearman (pour les variables ordinales), coefficients qui sont les analogues pour le cas des variables qualitatives du coefficient de corrélation R de Pearson pour les variables quantitatives. Tous ces coefficients prennent des valeurs comprises entre -1 et 1 (à l'exception du coefficient de contingence, qui prend des valeurs entre 0 et 1); un coefficient avec une valeur absolue proche de 1 indique une corrélation forte (positive ou négative, en fonction de son signe) entre les deux variables, et une valeur proche de 0 indique que la corrélation entre les variables est faible.

On trouve une relation positive entre Ancienneté d'occupation de la PR et Surface du logement occupé, qui traduit le fait que plus la taille du logement est grande, plus l'ancienneté d'occupation du ménage occupant est grande, ou l'équivalent, la mobilité résidentielle est plus faible pour les ménages qui occupent des logements plus grands (graphique n° 1 et tableau n° 6).

Graphique n°2 : Correspondance âge de la PR – nombre de déménagements de la PR



Note : Les catégories de la variable AGEPRC (Âge de la personne de référence) sont : 1 = <24 ans, 2 = 25-49 ans, 3 = 50-74 ans, 4 = > 75 ans.

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°7 : Corrélation âge de la PR – nombre de déménagements de la PR
Mesures symétriques

		Valeur	Erreur standard asymptotique(a)	T approximé(b)	Signification approximée
Nominal par Nominal	Coefficient de contingence	,497			,000
Ordinal par Ordinal	Tau-B de Kendall	-,453	,022	-17,273	,000
	Corrélation de Spearman	-,490	,025	-16,763	,000(c)
Intervalle par Intervalle	R de Pearson	-,455	,023	-15,257	,000(c)
Nombre d'observations valides		893			

Source : Traitement SPSS

La corrélation négative qui existe entre Nombre de déménagements de la PR et Âge de la PR exprime la décroissance de la mobilité résidentielle avec l'âge (graphique n° 2, tableau n° 7 et tableau n° 8 de l'Annexe 3).

Tableau n°8 : Corrélation statut d'occupation du logement – nombre de déménagements de la PR

Mesures symétriques

		Valeur	Erreur standard asymptotique(a)	T approximé(b)	Signification approximée
Nominal par Nominal	Coefficient de contingence	,348			,000
Ordinal par Ordinal	Tau-B de Kendall	,352	,030	11,160	,000
	Corrélation de Spearman	,366	,032	11,741	,000(c)
Intervalle par Intervalle	R de Pearson	,341	,028	10,838	,000(c)
Nombre d'observations valides		893			

a L'hypothèse nulle n'est pas considérée.

b Utilisation de l'erreur standard asymptotique dans l'hypothèse nulle.

c Basé sur une approximation normale.

Source : Traitement SPSS

Généralement, les locataires déménagent plus que les propriétaires, ce qui est lié au fait que l'une des principales raisons de déménagement est justement le changement de statut d'occupation du logement (devenir propriétaire) (tableau n° 8, tableau n° 9 de l'Annexe 3).

On peut donc constater que, pour modéliser la mobilité résidentielle, on pourrait considérer comme variable à expliquer l'ancienneté d'occupation du logement ou le nombre de déménagements de la personne de référence depuis 1997, ou bien des transformations de ces variables, qui nous donnent une mesure du degré de mobilité résidentielle des ménages.

Les corrélations qu'on a dépistées entre ces variables et d'autres variables caractérisant les ménages, qu'on peut considérer comme explicatives de la mobilité en faisant l'hypothèse de l'existence d'une relation de type causal, nous indiquent la pertinence de l'âge de la personne de référence du ménage et du statut d'occupation du logement.

4.2. IDENTIFICATION DES DETERMINANTS DE LA MOBILITE RESIDENTIELLE ANNUELLE DES MENAGES

Il s'agit toujours d'identifier les facteurs d'influence des décisions des ménages de changer la résidence, c'est-à-dire les caractéristiques en fonction desquelles on peut classifier les ménages par niveau ou degré de mobilité, en considérant comme unité temporelle d'analyse une période d'une année.

Pour ce faire, on a choisi comme variable à expliquer l'ancienneté d'occupation de la PR, mais on a transformé la variable originale dans une variable à deux catégories :

- 0 = classe des ménages qui n'ont pas déménagé au cours de la dernière année (l'ancienneté d'occupation de la PR est supérieure à 1 an)
- 1 = classe des ménages qui ont déménagé au cours de la dernière année (l'ancienneté d'occupation de la PR est inférieure à 1 an)

L'objectif est de prévoir si un ménage va changer ou pas de logement dans une période d'un an, en fonction de certaines caractéristiques qui ont une influence sur ce type de décision. On a considéré la durée d'une année en tenant compte du fait que c'est le pas de simulation proposé par URBANSIM, sachant qu'il permet aussi d'analyser de manière plus fine l'influence des différentes caractéristiques des ménages sur la décision de déménagement (si l'on avait considéré une durée de plusieurs années, cela aurait entraîné des difficultés d'identification des facteurs déterminants de la mobilité, vu qu'il y a des ménages qui déménagent plusieurs fois dans la période et qu'on ne dispose pas d'informations sur l'évolution des caractéristiques de ces ménages (nombre d'enfants, statut d'occupation du logement) d'un déménagement à l'autre).

Nous utilisons la méthode de l'analyse discriminante. Cette technique de modélisation fait partie des méthodes statistiques prédictives, étant utile pour construire un modèle de prévision d'une classe d'affectation en se basant sur des caractéristiques observées sur des unités statistiques.

La procédure génère une ou plusieurs fonctions discriminantes, qui sont des combinaisons linéaires des variables explicatives qui donnent la meilleure discrimination entre les classes (modalités) de la variable dépendante.

Les fonctions discriminantes sont générées à partir d'un échantillon d'observations pour lesquelles la classe d'affectation est connue, et peuvent ensuite être appliquées à de nouvelles

observations pour lesquelles on connaît les valeurs des variables explicatives, mais on ne connaît pas la classe de la variable dépendante.

Dans l'analyse discriminante, on part de l'hypothèse que les classes d'affectation sont mutuellement exclusives (aucune observation n'est affectée à plus d'une classe) et collectivement exhaustives (toutes les observations sont affectées à une classe).

Dans notre démarche, la méthode de l'analyse discriminante va nous permettre de déterminer les caractéristiques discriminatrices en fonction desquelles un ménage sera affecté à l'une des deux classes de la variable ancienneté d'occupation de la PR. Cette méthode va nous indiquer les variables qui ont un pouvoir discriminatoire important, c'est-à-dire les variables qui vont entrer dans la fonction discriminante et en fonction desquelles on va décider d'affecter les unités statistiques à une classe ou à l'autre.

En appliquant la méthode pas à pas de l'analyse discriminante, le logiciel calcule des statistiques comme le F pour éliminer (ou pour introduire) et le lambda de Wilks pour chaque variable, et décide à chaque pas d'introduire ou non dans le modèle les variables en fonction de la valeur prise par ces statistiques. Le lambda de Wilks – à chaque pas, les variables sont introduites dans l'analyse en fonction de leur capacité à faire baisser cette statistique ; le rapport F – une variable est introduite dans le modèle si sa valeur F est supérieure à la valeur F d'entrée, et elle est éliminée si sa valeur F est inférieure à la valeur F d'élimination (la valeur F d'entrée doit être supérieure à la valeur F d'élimination et les deux doivent être positives).

Tableau n°9 : Variables discriminantes de la mobilité résidentielle

Pas		Tolérance	F pour éliminer	Lambda de Wilks
1	Age de la PR	1,000	90,491	
2	Age de la PR	,961	61,256	,934
	Statut d'occupation du logement	,961	34,583	,908
3	Age de la PR	,855	80,470	,930
	Statut d'occupation du logement	,946	26,588	,878
	Nombre d'enfants	,887	22,059	,874

Source : Traitement SPSS

Tableau n°10 : Variables éliminées du modèle

Pas		Tolérance	Tolérance minimale	F pour introduire	Lambda de Wilks	
0	Superficie du logement	1,000	1,000	28,663	,969	
	Age de la PR	1,000	1,000	90,491	,908	
	Nombre d'enfants	1,000	1,000	6,097	,993	
	Revenu du ménage	1,000	1,000	5,981	,993	
	Statut d'occupation du logement	1,000	1,000	62,970	,934	
	Indicateur de centralité	1,000	1,000	1,700	,998	
	1	Superficie du logement	,988	,988	17,061	,891
Nombre d'enfants		,901	,901	30,010	,878	
Revenu du ménage		,997	,997	8,077	,900	
Statut d'occupation du logement		,961	,961	34,583	,874	
Indicateur de centralité		,996	,996	,439	,907	
2		Superficie du logement	,791	,769	2,718	,871
		Nombre d'enfants	,887	,855	22,059	,853
	Revenu du ménage	,915	,882	1,405	,872	
	Indicateur de centralité	,925	,893	,848	,873	
3	Superficie du logement	,695	,695	,000	,853	
	Revenu du ménage	,893	,852	,208	,852	
	Indicateur de centralité	,904	,852	2,668	,850	

Source : Traitement SPSS

On a appliqué la méthode pas à pas de l'analyse discriminante et on a retenu comme variables discriminantes l'âge de la PR, le statut d'occupation et le nombre d'enfants (tableau n° 9). On constate que le revenu, caractéristique économique importante des ménages, n'est pas retenu comme variable discriminante dans le modèle (tableau n° 10).

La fonction discriminante canonique s'écrit (tableau n° 11) :

$D = 0,812 * \text{Age de la PR} + 0,430 * \text{Nombre d'enfants} - 0,456 * \text{Statut d'occupation du logement}$

Tableau n°11 : Coefficients des fonctions discriminantes canoniques standardisées

	Fonction 1
Age de la PR	,812
Nombre d'enfants	,430
Statut d'occupation du logement	-,456

Source : Traitement SPSS

Tableau n°12 : Matrice de structure

	Fonction 1
Age de la PR	,767
Statut d'occupation du logement	-,640
Superficie du logement(a)	,430
Indicateur de centralité(a)	,241
Nombre d'enfants	,199
Revenu du ménage(a)	,159

Les corrélations intra-groupes combinés entre variables discriminantes et les variables des fonctions discriminantes canoniques standardisées sont ordonnées par tailles absolues des corrélations à l'intérieur de la fonction.

a Cette variable n'est pas utilisée dans l'analyse.

Source : Traitement SPSS

La matrice de structure (tableau n° 12) nous donne les corrélations entre les variables discriminantes et la fonction discriminante (qui est une combinaison linéaire des variables discriminantes). On observe que cette fonction discriminante estimée est positivement corrélée avec l'âge de la PR et le nombre d'enfants, et négativement corrélée avec le statut d'occupation.

Tableau n°13 : Fonctions aux barycentres (moyennes) des groupes

Ancienneté d'occupation du logement de la PR	Fonction 1
0	,149
1	-1,156

Fonctions discriminantes canoniques non standardisées évaluées aux moyennes des groupes

Source : Traitement SPSS

Des valeurs de la fonction discriminante D plus élevées vont caractériser les unités statistiques de la classe 0 (la moyenne de D pour cette classe est 0,149), alors que des valeurs négatives de D correspondent aux unités statistiques de la classe 1 (la moyenne de D est -1,156) (tableau n° 13).

Cela signifie que les ménages dont la PR est âgée, avec plus d'enfants et qui sont propriétaires de leur logement ont une probabilité réduite de changer de logement dans un délai d'un an, tandis que cette probabilité est plus élevée pour les ménages jeunes, avec un nombre réduit d'enfants et qui sont locataires.

Le calage du module de mobilité résidentielle d'URBANSIM suppose le calcul des taux annuels de déménagement par type de ménage. Ces taux correspondent aux pourcentages des ménages qui ont une ancienneté d'occupation de leur logement inférieure à 1 an. On a calculé ces taux à partir des données empiriques de l'Enquête Logement 2002.

Il faut faire la précision que ces taux sont susceptibles d'évoluer dans le temps, surtout à un horizon de long terme, car les comportements des ménages, y compris en matière de mobilité résidentielle, se modifient à plus long terme. Par contre, on n'est pas en mesure de pouvoir simuler ces évolutions, à cause de l'insuffisance des données dont on dispose. En fait, pour cela, on devrait mener une analyse longitudinale des taux de mobilité résidentielle, basée sur les données de plusieurs enquêtes successives, et essayer de reconstituer la tendance d'évolution de ces taux. Compte tenu de ce dont nous avons à disposition, on se contente de cette analyse statique, en faisant l'hypothèse, dans URBANSIM, que ces taux se maintiennent constants pour toute la période de simulation, ce qui constitue une limite de notre modélisation.

On a calculé le taux annuel global (tous ménages confondus) de mobilité résidentielle, qui est de 11,4%.

A l'aide de l'analyse discriminante effectuée antérieurement, on a constaté que les variables qui sont potentiellement explicatives de la mobilité résidentielle sont l'âge de la PR, le nombre d'enfants / la taille du ménage et le statut d'occupation du logement. Les tableaux n° 10 - 24 de l'Annexe 3 illustrent les résultats des calculs de ces taux pour les variables énumérées antérieurement, et pour la variable revenu (variable que l'on considère importante dans l'analyse et que l'on va introduire dans le modèle de localisation résidentielle).

Pour s'assurer de la robustesse des résultats, on a effectué les mêmes calculs pour l'ensemble des aires urbaines de plus de 500 000 habitants (hors Île de France). On peut constater que, même s'il existe de petits écarts entre les taux calculés pour l'aire urbaine de

Lyon et ceux calculés pour l'ensemble des aires urbaines de plus de 500 000 habitants (écarts dus probablement aux différences de comportement de mobilité résidentielle entre les aires urbaines), ces taux sont assez semblables et les variables explicatives des comportements de mobilité des ménages sont les mêmes (tableaux n° 25 - 39 de l'Annexe 3).

La visualisation des chiffres fournis par ces tableaux permet de conclure que les résultats obtenus initialement par l'analyse discriminante sont stables. Les variables qui expliquent les variations des taux de mobilité résidentielle parmi les ménages sont l'âge de la PR, le nombre d'enfants du ménage et le statut d'occupation du logement. On peut considérer que le pouvoir explicatif de la variable taille du ménage est repris par la variable nombre d'enfants du ménage (la présence des deux simultanément dans un modèle ayant des effets de colinéarité), et que la variable revenu n'est pas en lien significatif avec le comportement de mobilité résidentielle des ménages. Les valeurs des taux de mobilité résidentielle déterminées de façon empirique pour chaque type de ménages, en effectuant le croisement âge de la PR x nombre d'enfants x statut d'occupation, sont présentées dans le tableau n° 40 de l'Annexe 3.

4.3. ANALYSE DES COMPORTEMENTS DE MOBILITE RESIDENTIELLE DES MENAGES

Avant de passer à la modélisation proprement-dite, on va présenter une étude des comportements des différentes catégories de ménages en matière de mobilité résidentielle. A cette fin, on va effectuer une analyse des tableaux croisés, qui met en évidence de façon plus explicite, variable par variable (pour les variables de profil des ménages), ces comportements. Cette analyse va également nous aider à confirmer et expliquer les résultats des analyses statistiques effectuées antérieurement.

Tableau n°14 : La mobilité résidentielle des ménages en fonction du nombre d'enfants

Tableau croisé Mobilité résidentielle * Nombre d'enfants

% dans Mobilité résidentielle		Nombre d'enfants			Total
		0	1 ou 2	3 ou plus	
Mobilité résidentielle	pas de déménagement	57,6%	31,5%	10,9%	100,0%
	déménagement	69,6%	25,5%	4,9%	100,0%
Total		59,0%	30,8%	10,2%	100,0%

Source : Traitement données EL 2002

En comparant le profil du nombre d'enfants des ménages qui changent leur résidence avec celui des ménages qui ne bougent pas (tableau n° 14), on constate qu'à un ménage avec moins d'enfants correspond une mobilité résidentielle plus élevée, constat qui est en accord avec ce que préconise la littérature de la mobilité résidentielle. En effet, c'est plus facile pour un jeune ménage sans enfant de changer son logement ; avec l'arrivée des enfants, le ménage a tendance à se stabiliser.

Tableau n°15 : La mobilité résidentielle des ménages en fonction du statut d'occupation du logement

Tableau croisé Mobilité résidentielle * Statut d'occupation du logement

		Statut d'occupation du logement		Total
		propriétaire	locataire	
% dans Mobilité résidentielle	pas de déménagement	65,0%	35,0%	100,0%
	déménagement	25,5%	74,5%	100,0%
Total		60,5%	39,5%	100,0%

Source : Traitement données EL 2002

En faisant le même exercice qu'avant pour la variable statut d'occupation du logement (tableau n° 15), on constate que parmi les ménages plus mobiles, la part des ménages locataires est nettement plus importante que celle des ménages qui sont propriétaires de leur logement. C'est également une tendance qu'on retrouve dans l'étude bibliographique réalisée dans le deuxième chapitre de la thèse, qui s'explique notamment par le fait que l'une des raisons principales pour lesquelles un ménage change de logement est le désir de passer du statut de locataire de son ancien logement au statut de propriétaire du nouveau logement.

Tableau n°16 : La mobilité résidentielle des ménages en fonction de l'âge de la PR

Tableau croisé Mobilité résidentielle * Âge de la PR

		Âge de la PR					Total
		<30	30-45	45-60	60-75	>75	
% dans Mobilité résidentielle	pas de déménagement	9,5%	31,7%	29,0%	20,2%	9,6%	100,0%
	déménagement	46,1%	34,3%	14,7%	3,9%	1,0%	100,0%
Total		13,7%	32,0%	27,3%	18,4%	8,6%	100,0%

Source : Traitement données EL 2002

A côté du nombre d'enfants du ménage, la variable âge de la personne de référence doit être considérée pour décrire les étapes du cycle de vie des ménages. Aux différentes étapes du cycle de vie d'un ménage correspond une trajectoire résidentielle particulière, avec des moments, dans certaines étapes, où a lieu un changement de résidence. Par rapport aux différentes tranches d'âge, qui correspondent aux différentes étapes du cycle de vie, on constate que les déménagements sont plus fréquents parmi les ménages plus jeunes, avec une tendance vers l'immobilité avec le vieillissement (tableau n° 16). Cette tendance est liée au

fait que, naturellement, au fur et à mesure que l'on vieillisse, on est de moins en moins ouvert à la possibilité de bouger et de changer son lieu de résidence. En plus, l'âge de la jeunesse correspond à une étape de la vie dans laquelle, en général, le ménage n'a pas d'enfants, a moins de chances d'être propriétaire d'un logement, la mobilité professionnelle de ses membres est plus élevée, ce qui fait qu'il adopte un comportement résidentiel plus dynamique.

Tableau n°17 : La mobilité résidentielle des ménages en fonction du nombre de personnes du ménage

Tableau croisé Mobilité résidentielle * Nombre de personnes du ménage

% dans Mobilité résidentielle		Nombre de personnes du ménage				Total
		1	2	3 ou 4	5 ou plus	
Mobilité résidentielle	pas de déménagement	25,7%	30,8%	32,4%	11,1%	100,0%
	déménagement	30,4%	37,3%	26,5%	5,9%	100,0%
Total		26,2%	31,6%	31,7%	10,5%	100,0%

Source : Traitement données EL 2002

Concernant la relation entre le nombre de personnes du ménage et sa mobilité résidentielle (tableau n° 17), les chiffres montrent qu'il n'y a pas de différence très nette entre le profil de taille entre les ménages qui changent de résidence et ceux qui ne le font pas.

Tableau n°18 : La mobilité résidentielle des ménages en fonction du nombre d'actifs occupés dans le ménage

Tableau croisé Mobilité résidentielle * Nombre d'actifs occupés dans le ménage

% dans Mobilité résidentielle		Nombre d'actifs occupés dans le ménage			Total
		0	1	2 ou plus	
Mobilité résidentielle	pas de déménagement	32,2%	29,7%	38,1%	100,0%
	déménagement	20,6%	43,1%	36,3%	100,0%
Total		30,9%	31,2%	37,8%	100,0%

Source : Traitement données EL 2002

L'ambiguïté caractérise la relation entre le nombre d'actifs occupés dans le ménage et sa mobilité résidentielle. On voit que, même si les profils en fonction du nombre d'actifs occupés ne sont pas identiques pour les deux catégories de ménages (qui ne déménagent pas

et qui déménagent), il n'y a pas de relation évidente, directe ou inverse, entre la mobilité et le nombre d'actifs occupés (tableau n° 18).

Tableau n°19 : La mobilité résidentielle des ménages en fonction du revenu

Tableau croisé Mobilité résidentielle * Classe de revenu (20%/60%/20%)

% dans Mobilité résidentielle		Classe de revenu (20%/60%/20%)			Total
		1	2	3	
Mobilité résidentielle	pas de déménagement	18,3%	61,4%	20,2%	100,0%
	déménagement	32,4%	50,0%	17,6%	100,0%
Total		19,9%	60,1%	19,9%	100,0%

Source : Traitement données EL 2002

Concernant le revenu, on peut observer la proportion plus élevée, parmi les ménages plus mobiles relativement aux ménages moins mobiles, de ceux qui ont un bas revenu (tableau n° 19). Etant donnée l'association entre ménages à bas revenu et ménages locataires, on peut anticiper que l'introduction dans le modèle des deux variables simultanément conduirait à l'apparition de l'effet de colinéarité, sans obtenir une augmentation du pouvoir explicatif global du modèle. Il est également possible qu'une partie de l'effet du revenu sur la mobilité soit expliquée par la variable âge de la PR, si l'on tient compte de la corrélation positive qui existe entre ces deux variables (la tendance de croissance du revenu avec l'âge). Si l'on cherche à établir une relation de causalité, on peut faire l'hypothèse que c'est plutôt l'âge et le changement de statut d'occupation qui constituent de facteurs qui déterminent les ménages à changer de logement.

4.4. LE MODELE DE CHOIX DE CHANGEMENT DE RESIDENCE DES MENAGES

Après avoir effectué des analyses qui nous ont permis d'identifier les facteurs déterminants de la mobilité résidentielle des ménages de l'aire urbaine de Lyon, dans cette section on va proposer une formulation pour le modèle de choix de déménagement, en spécifiant les variables que l'on introduit dans le modèle ainsi que sa forme fonctionnelle. Ensuite, nous estimons les paramètres de ce modèle pour les données lyonnaises et nous vérifions sa robustesse (la qualité d'ajustement aux données).

4.4.1. Spécification du modèle

On a décidé d'utiliser la technique des choix discrets pour modéliser les choix de mobilité et localisation résidentielle des ménages (voir chapitre 2).

En raison de sa simplicité (mais également de son intégration dans la plateforme de modélisation URBANSIM), on va faire appel à la formulation logit. Etant donné que le nombre d'alternatives de choix est deux, on va considérer la forme binomiale du modèle logit.

L'analyse discriminante et l'analyse des tableaux croisés présentées dans les sections précédentes de ce chapitre nous ont suggéré que les facteurs qui jouent dans la décision de changement de résidence sont l'âge de la personne de référence du ménage, le nombre d'enfants dans le ménage et le statut d'occupation du logement. On va donc introduire ces trois variables dans la fonction d'utilité de notre modèle, afin d'expliquer / prévoir l'alternative choisie par le ménage (déménagement ou non).

4.4.2. Estimation du modèle

Pour caler le modèle, on va se servir des données désagrégées au niveau du ménage de l'Enquête Logement 2002.

En tirant de cette base les ménages de l'aire urbaine de Lyon, on a estimé les coefficients B pour chaque variable dans la fonction d'utilité, qui permettront de calculer les probabilités et d'estimer, pour les différents types de ménages, si la décision est de maintenir ou de changer la résidence. On peut observer que les chiffres du tableau n° 20 confirment nos

résultats précédents, dans le sens où tous les coefficients sont significatifs et ont les signes attendus :

Tableau n°20 : Coefficients estimés du modèle de choix de mobilité résidentielle (aire urbaine de Lyon)

		Variables dans l'équation						IC pour Exp(B) 95,0%	
		B	E.S.	Wald	ddl	Signif.	Exp(B)	Inférieur	Supérieur
Étape 4	AGEPRC5	-,970	,106	83,087	1	,000	,379	,308	,467
	STATUTOCCC	,731	,142	26,431	1	,000	2,078	1,572	2,746
	NBENFANTSC	-,616	,170	13,143	1	,000	,540	,387	,754

a. Variable(s) entrées à l'étape 3 : NBENFANTSC.

Source : Traitement SPSS

- il existe une association vieillissement – immobilité résidentielle
- les locataires déménagent plus que les propriétaires
- à une augmentation du nombre d'enfants dans le ménage correspond une réduction de la mobilité résidentielle du ménage

4.4.3. Validation du modèle

Afin d'apprécier la qualité du modèle estimé, nous utilisons plusieurs statistiques et tests. Nous vérifions également dans quelle mesure les prédictions du modèle correspondent à la réalité observée.

Pour cela, le logiciel SPSS propose des statistiques comme le R-deux de Cox & Snell (basé sur la log-vraisemblance du modèle comparée avec celle d'un modèle constant ; il prend toujours des valeurs inférieures à 1, même pour un modèle « parfait ») ou de Nagelkerke (c'est une version ajustée du R-deux de Cox & Snell, qui prend des valeurs dans l'intervalle [0 ;1]), mais aussi d'autres tests, comme celui de Hosmer-Lemeshow (plus robuste, en raison du fait qu'il est basé sur le regroupement des observations en déciles et la comparaison de la probabilité observée avec la probabilité théorique à l'intérieur de chaque décile).

Tableau n°21 : Les R-deux du modèle

Récapitulatif du modèle

Etape	-2log-vraisemblance	R-deux de Cox & Snell	R-deux de Nagelkerke
4	513,078 ^a	,556	,741

a. L'estimation a été interrompue au numéro d'itération 6 parce que les estimations de paramètres ont changé de moins de ,001.

Source : Traitement SPSS

Les valeurs de R-deux (tableau n° 21) indiquent un bon ajustement du modèle estimé aux données, qui traduit la rationalité de la sélection des variables explicatives et préconise une bonne qualité de l'estimation des coefficients.

Tableau n°22 : Le test de Hosmer-Lemeshow

Test de Hosmer-Lemeshow

Etape	Khi-deux	ddl	Signif.
4	21,219	6	,002

Source : Traitement SPSS

On peut faire le même constat en se rendant compte de la significativité de la valeur de la statistique de Hosmer-Lemeshow (tableau n° 22).

Tableau n°23 : Le pouvoir prédictif du modèle

Tableau de classement(a)

Observé		Prévu			
		Mobilité résidentielle		Pourcentage correct	
		pas de déménagement	déménagement		
Etape 1	Mobilité résidentielle	pas de déménagement	735	56	92,9
		déménagement	60	42	41,2
	Pourcentage global				87,0

a. N = 893

Source : Traitement SPSS

Regardant la correspondance entre ce qui est observé et les prédictions du modèle, on constate que le taux des ménages dont le choix a été correctement prévu est de 87% (tableau n° 23). Si le taux global de déménagement a été correctement prévu, il y a une confusion

assez importante entre les ménages qui déménagent et ceux qui ne le font pas (le pourcentage de ménages qui déménagent pour lesquels la prévision est correcte est de 41,2%), ce qui suggère qu'il y a d'autres variables qui déterminent les ménages à changer de logement (caractéristiques des ménages non observées, caractéristiques des logements, de la localisation) qu'on n'a pas introduites dans le modèle (l'objectif du modèle était d'identifier uniquement les caractéristiques des ménages et d'établir leur influence sur la mobilité résidentielle).

Une autre méthode pour apprécier si les résultats du modèle proposé sont robustes est de caler le modèle sur des données qui caractérisent de façon plus générale le phénomène de mobilité résidentielle au niveau national et de comparer les résultats des deux estimations. Pour cela, on a considéré une base de données de l'Enquête Logement 2002 contenant les ménages de toutes les aires urbaines ayant plus de 500 000 habitants (hors aire urbaine de Paris).

Tableau n°24 : Coefficients estimés du modèle de choix de mobilité résidentielle (aires urbaines de plus de 500000 habitants)

		Variables dans l'équation						IC pour Exp(B) 95,0%	
		B	E.S.	Wald	ddl	Signif.	Exp(B)	Inférieur	Supérieur
Étape 4 ^a	STATUTOCCC	,719	,049	212,981	1	,000	2,053	1,864	2,262
	NBENFANTSC	-,457	,057	64,057	1	,000	,633	,566	,708
	AGEPRC5	-,993	,036	761,566	1	,000	,370	,345	,398

a. Variable(s) entrées à l'étape 3 : NBENFANTSC.

Source : Traitement SPSS

Les chiffres du tableau n° 24 montrent que les variables retenues pour le cas lyonnais restent significatives, avec des coefficients qui ressemblent à ceux estimés pour l'aire urbaine de Lyon.

Tableau n°25 : Les R-deux du modèle

Récapitulatif du modèle

Étape	-2log-vraisemblance	R-deux de Cox & Snell	R-deux de Nagelkerke
4	4304,756 ^a	,511	,682

a. L'estimation a été interrompue au numéro d'itération 6 parce que les estimations de paramètres ont changé de moins de ,001.

Source : Traitement SPSS

Tableau n°26 : Le test de Hosmer-Lemeshow

Test de Hosmer-Lemeshow

Etape	Khi-deux	ddl	Signif.
4	755,247	3	,000

Source : Traitement SPSS

Les statistiques d'ajustement restent dans les mêmes ordres de grandeur, indiquant toujours une bonne qualité du modèle proposé (tableaux n° 25 et 26).

Tableau n°27 : Le pouvoir prédictif du modèle

Tableau de classement(a)

Observé			Prévu		Pourcentage correct
			Mobilité résidentielle pas de déménagement	Mobilité résidentielle déménagement	
Etape 1	Mobilité résidentielle	pas de déménagement	4864	602	89,0
		déménagement	446	510	53,3
	Pourcentage global				83,7

a. N = 6422

Source : Traitement SPSS

Enfin, on peut faire à peu près le même constat si on regarde les chiffres du tableau n° 27 (les faibles variations qui apparaissent sont très probablement liées aux différences de comportement de mobilité résidentielle entre les aires urbaines françaises).

CONCLUSION

Par rapport à la mobilité résidentielle des ménages de l'aire urbaine de Lyon, le modèle correspondant a été censé répondre à la question : quels sont les ménages qui vont prendre la décision de changer de logement, en fonction de leur profil sociodémographique (caractéristiques du cycle de vie).

Le modèle probabiliste qu'on a construit nous a indiqué, en renforçant les résultats des analyses qu'on avait menées antérieurement, qu'un ménage a une probabilité plus élevée de déménager si la personne de référence est jeune, le nombre d'enfants du ménage est réduit et/ou le statut d'occupation du logement est celui de locataire.

Le pouvoir prédictif du modèle estimé est satisfaisant, compte tenu du fait qu'il est construit uniquement sur la base des variables de profil des ménages, sans prendre en compte d'autres variables potentiellement explicatives des décisions de déménagement. Si le taux global de déménagement a été correctement prévu, il y a une confusion assez importante entre les ménages qui déménagent et ceux qui ne le font pas, ce qui suggère qu'il y a d'autres variables qui déterminent les ménages à changer de logement (caractéristiques des ménages non observées, caractéristiques des logements, de la localisation) qu'on n'a pas introduites dans le modèle (l'objectif du modèle était d'identifier uniquement les caractéristiques des ménages et d'établir leur influence sur la mobilité résidentielle).

Une autre limite de notre démarche de modélisation de la mobilité résidentielle des ménages est liée au fait qu'il s'agit d'une analyse en coup instantané (à cause de l'insuffisance des données dont nous disposons), alors que les coefficients sont susceptibles d'évoluer dans le temps, au fur et à mesure que les comportements résidentiels des ménages changent. On retrouve le même problème dans la modélisation de la localisation résidentielle, qui fait l'objet du chapitre suivant.

**CHAPITRE 5. ANALYSE ET MODELISATION DES CHOIX DE
LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES DANS L'AIRE
URBAINE DE LYON**

INTRODUCTION

La deuxième étape du processus de décision résidentielle des ménages est celle du choix de la nouvelle localisation dans le territoire de l'aire urbaine.

L'objectif du chapitre présent est d'étudier les comportements de choix de localisation résidentielle des ménages de l'aire urbaine de Lyon, se basant sur le traitement des données fournies par les différentes sources lyonnaises qu'on a présentées dans la dernière section du troisième chapitre, et de proposer une modélisation de ces choix, qui va être fondée sur la théorie des choix discrets et va s'appuyer sur l'étude bibliographique sur les facteurs ou variables déterminantes de ces choix (deuxième chapitre).

Ce chapitre contient quatre sections. Dans la première section, on va faire une première tentative d'identification des facteurs liés à la localisation résidentielle des ménages de l'aire urbaine de Lyon, tels qu'ils ressortent de l'analyse des données de l'Enquête Logement 2002. Cette première analyse sera complétée, dans la deuxième section, par une analyse en termes de répartition territoriale des ménages dans l'aire urbaine de Lyon, basée sur les données agrégées du Recensement Général de la Population de 1999, qui nous fournit des informations plus précises sur la localisation des ménages (localisation à l'IRIS). La troisième section fera l'objet d'une étude plus fine, désagrégée et variable par variable, des comportements de localisation résidentielle des ménages en fonction de leurs caractéristiques, qui va nous guider dans la spécification des variables à introduire dans le modèle. Par rapport aux caractéristiques des zones de localisation, on va insister sur le choix des indicateurs d'accessibilité qui serviront de variables explicatives dans le modèle de localisation, compte tenu du fait que l'accessibilité se trouve au centre de la relation transport-urbanisme. Enfin, la dernière section sera consacrée à la modélisation de la localisation des ménages, et on va proposer deux alternatives pour le logit multinomial. La première considère comme alternatives de choix pour les ménages les différents types d'IRIS en fonction de leur degré d'urbanisation. La deuxième, proposée par la plate-forme de simulation URBANSIM, suppose que les ménages font un choix parmi l'ensemble des cellules, en tenant compte des caractéristiques de chaque cellule.

5.1. ETUDE EXPLORATOIRE D'IDENTIFICATION DES RELATIONS ENTRE LES VARIABLES LIEES AU COMPORTEMENT DE LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES – TRAITEMENT DES DONNEES DE L'ENQUÊTE LOGEMENT 2002

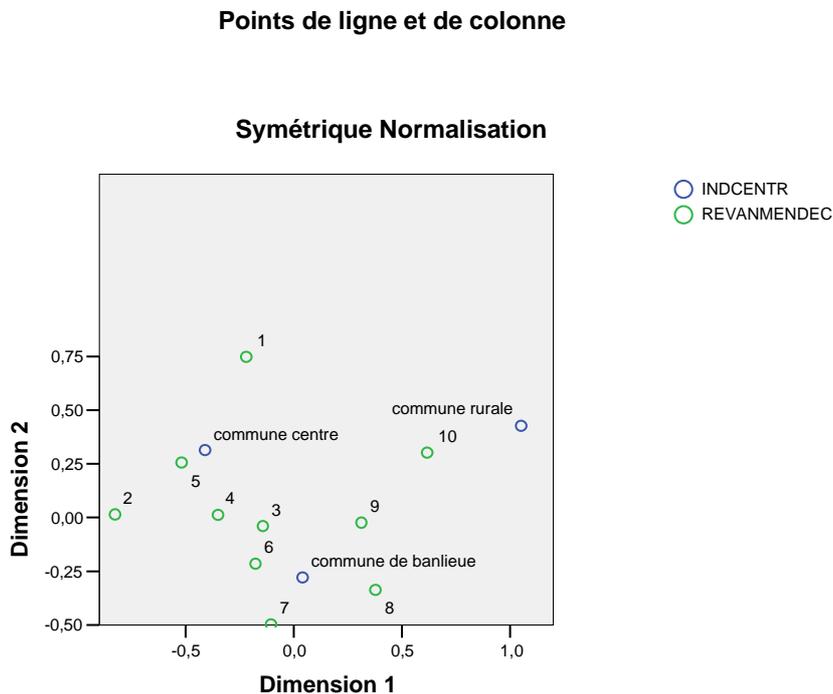
L'étude du comportement de mobilité résidentielle des ménages réalisée dans le chapitre précédent s'est appuyée sur les données de l'Enquête Logement 2002 de l'INSEE. Maintenant, on va utiliser le même fichier de données pour étudier la localisation résidentielle des ménages lyonnais, pour avoir une première image d'ensemble des relations qui se manifestent entre les différentes dimensions de ce phénomène, sachant que l'information fournie par ce fichier en matière de localisation des ménages est assez limitée. Par contre, elle nous permettra d'étudier le phénomène au niveau désagrégé du ménage, et pourra nous donner des orientations préliminaires pour la construction du modèle de localisation des ménages (même si celui-ci sera calé à partir d'autres sources de données).

Dans cette section, on va mener une étude statistique en termes d'analyse de correspondances, afin d'identifier les relations importantes qui existent entre les variables qui définissent notre problématique. Ce type d'analyse constitue le point de départ dans la compréhension des liens qui existent entre les différentes dimensions d'une réalité complexe, et donc le point de départ de la démarche de modélisation.

Comme dans le cas de la mobilité résidentielle, on va recourir à la méthode de l'analyse factorielle des correspondances pour étudier les interdépendances qui existent entre les variables de l'Enquête Logement qui nous renseignent sur la localisation résidentielle des ménages, en mettant en évidence les relations qui nous intéressent par rapport à notre objet d'étude.

En ce qui concerne la relation entre le revenu du ménage et sa localisation dans l'aire urbaine, il apparaît une légère tendance d'augmentation de la proportion des ménages à haut revenu dans les communes de banlieue et rurales par rapport aux communes-centre (graphique n° 3, tableau n° 28 et tableau n° 41 de l'Annexe 3).

Graphique n°3 : Correspondance revenu du ménage – type de commune



Note : Les catégories de la variable REVANMENDEC (Revenu annuel total du ménage) sont les déciles.

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°28 : Corrélacion revenu du ménage – type de commune

Mesures symétriques

		Valeur	Erreur standard asymptotique(a)	T approximé(b)	Signification approximée
Nominal par Nominal	Coefficient de contingence	,200			,005
Ordinal par Ordinal	Tau-B de Kendall	,128	,028	4,503	,000
	Corrélacion de Spearman	,153	,034	4,606	,000(c)
Intervalle par Intervalle	R de Pearson	,155	,034	4,695	,000(c)
Nombre d'observations valides		893			

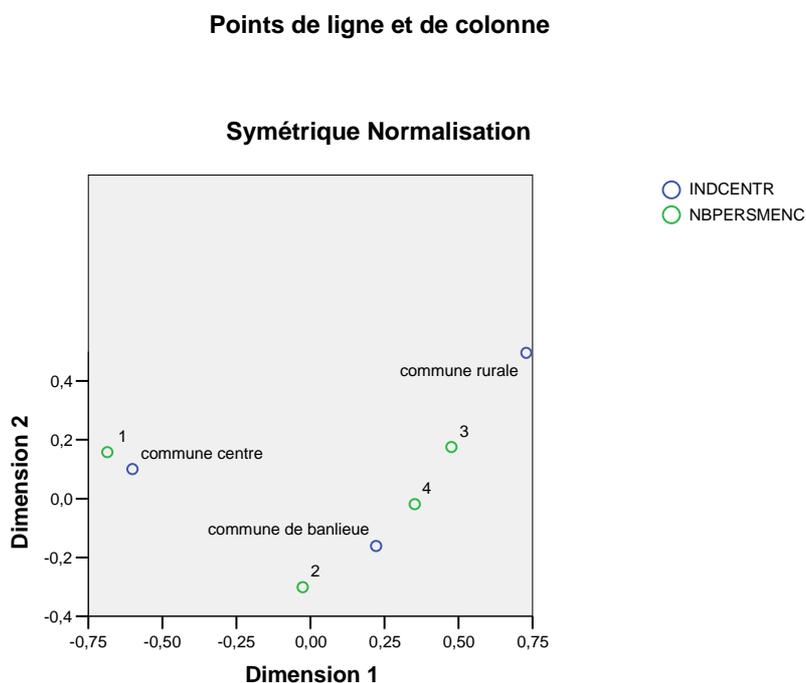
a L'hypothèse nulle n'est pas considérée.

b Utilisation de l'erreur standard asymptotique dans l'hypothèse nulle.

c Basé sur une approximation normale.

Source : Traitement SPSS

Graphique n°4 : Correspondance taille du ménage – type de commune



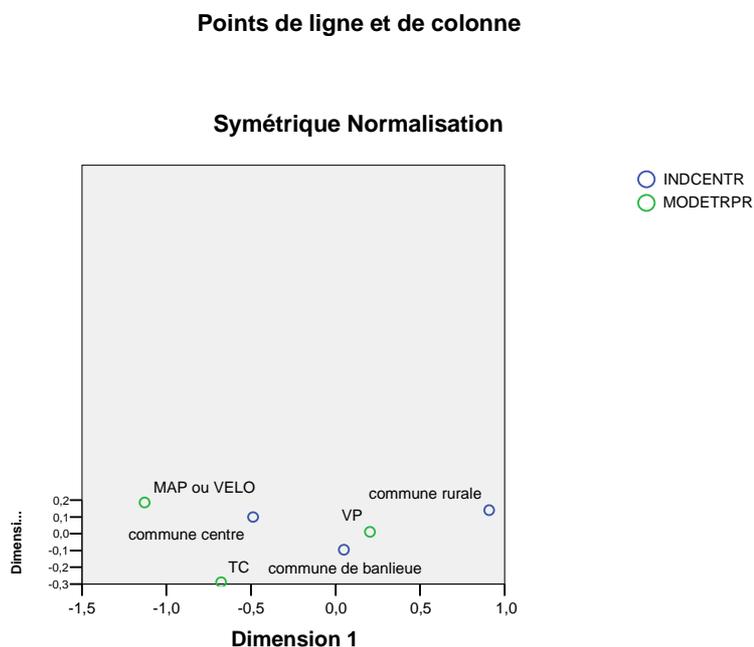
Note : Les catégories de la variable NBPERSMENC (Nombre de personnes du ménage) sont : 1 = 1 personne, 2 = 2 personnes, 3 = 3 ou 4 personnes, 4 = 5 personnes ou plus.

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

La taille des ménages est, en moyenne, supérieure dans les communes de banlieue et rurales comparativement aux communes-centre (graphique n° 4 et tableau n° 42 de l'Annexe 3).

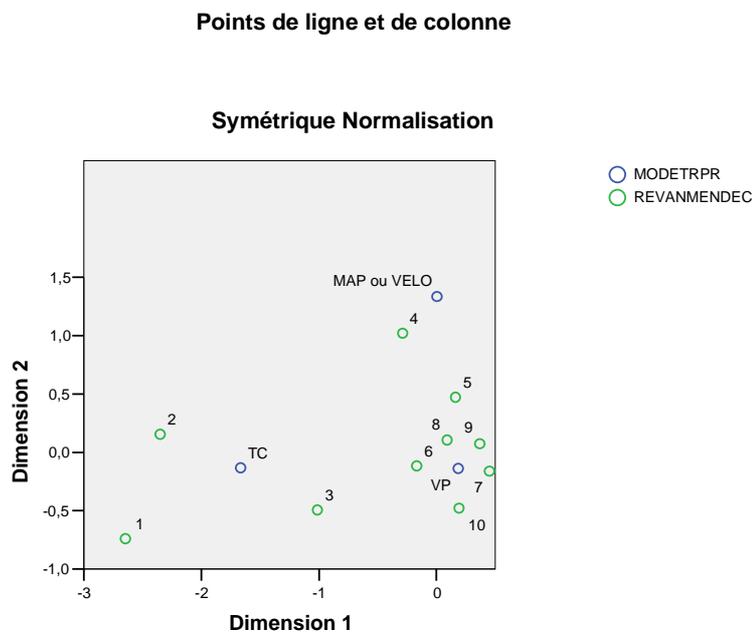
Par rapport à l'utilisation des différents modes de transport par les ménages situés dans les différentes zones de l'aire urbaine, on peut constater que, même si dans les communes centrales le poids de l'utilisation de la VP est moins important que dans les communes de banlieue et les communes rurales, la proportion de la VP reste largement dominante par rapport aux TC, MAP et VELO (graphique n° 5 et tableau n° 43 de l'Annexe 3).

Graphique n°5 : Correspondance type de commune – mode de transport de la PR



Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Graphique n°6 : Correspondance revenu du ménage – mode de transport de la PR



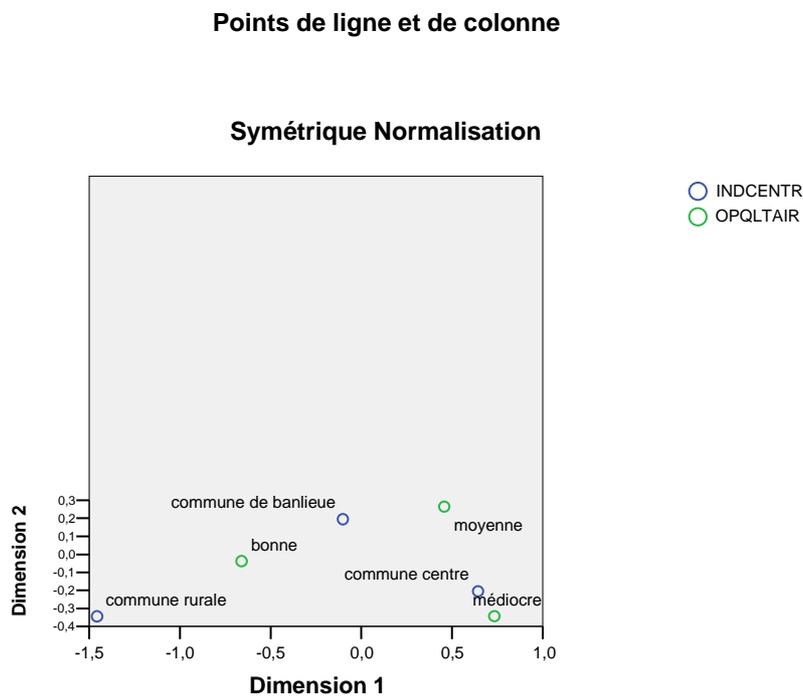
Note : Les catégories de la variable REVANMENDEC (Revenu annuel total du ménage) sont les déciles.

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Les ménages à haut revenu utilisent dans une plus grande mesure la VP que les ménages à bas revenu (ce qui est lié à la relation positive qui existe entre motorisation et revenus) (graphique n° 6 et tableau n° 44 de l'Annexe 3).

Quant à l'opinion des ménages sur la qualité de l'environnement résidentiel (qualité de l'air, présence d'espaces verts), en fonction de leur localisation, on peut constater que :

Graphique n°7 : Correspondance opinion sur la qualité de l'air – type de commune

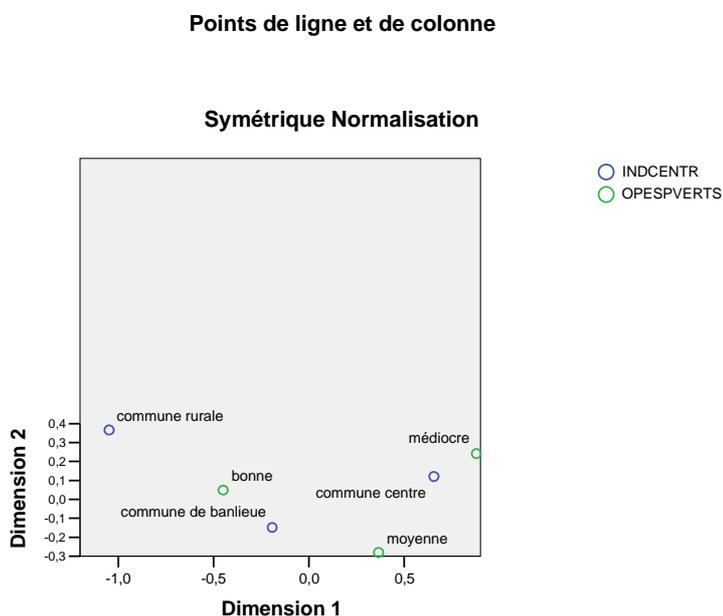


Source : Traitement données Enquête Logement 2002

- l'opinion sur la qualité de l'air se détériore au fur et à mesure qu'on se rapproche du centre de l'aire urbaine (graphique n° 7).

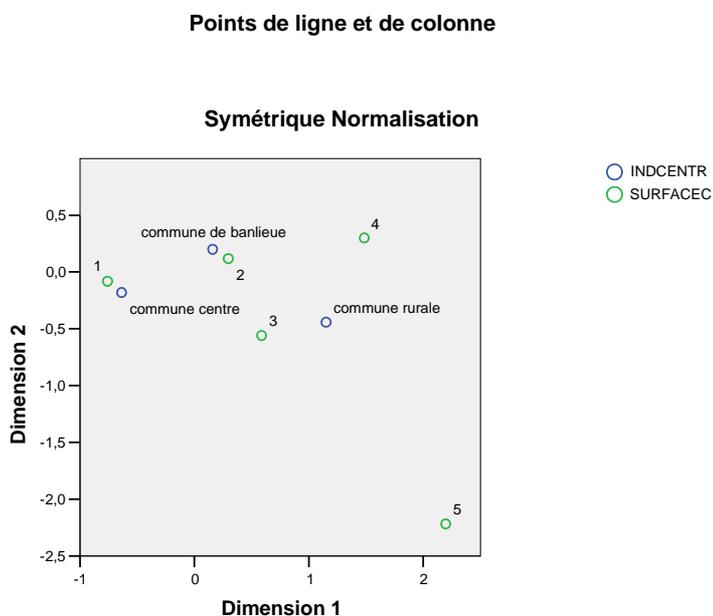
- l'opinion sur la présence des espaces verts se détériore lorsqu'on se rapproche du centre (graphique n° 8).

Graphique n°8 : Correspondance opinion sur les espaces verts – type de commune



Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Graphique n°9 : Correspondance surface du logement – type de commune



Note : Les catégories de la variable SURFACEC (Surface totale du logement) sont : 1 = < 70 m², 2 = 70-140 m², 3 = 140-210 m², 4 = 210-280 m², 5 = > 280 m².

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Enfin, la surface des logements tend à augmenter lorsqu'on s'éloigne du centre de l'aire urbaine, reflétant une plus grande disponibilité d'espace dans les communes de banlieue et surtout dans les communes rurales (graphique n° 9 et tableau n° 45 de l'Annexe 3).

On peut donc faire, à partir des résultats de ces analyses, quelques constats par rapport à la localisation résidentielle des ménages dans l'aire urbaine de Lyon.

D'abord, il faut s'interroger sur la pertinence de la variable type de commune dans la démarche de modélisation de la localisation des ménages, sur sa capacité de bien rendre compte des liens entre caractéristiques des zones de localisation et caractéristiques des ménages.

On peut faire, à ce stade, l'hypothèse qu'il y a un impact de la variable revenu, donc de la situation économique du ménage, sur la décision de se localiser plus ou moins proche du centre (dans une commune centrale, de banlieue ou rurale), sachant que ces zones ont des caractéristiques différentes en termes d'occupation du sol, d'accessibilité aux différents services ou de prix des logements.

On a également trouvé des correspondances entre le mode de transport de la personne de référence et le type de commune (plus on s'éloigne du centre, plus on se déplace en VP) ou entre la taille du ménage et le type de commune (plus on s'éloigne du centre, plus la taille des ménages augmente).

Concernant les variables décrivant la qualité de l'environnement résidentiel, même si celles-ci semblent avoir un lien avec les choix de localisation des ménages, elles intègrent dans leur construction des éléments de perception par les ménages et leur simulation dans le futur est donc délicate, ce qui rend difficile l'utilisation de ces variables dans la modélisation.

5.2. ANALYSE STATISTIQUE DE LA REPARTITION TERRITORIALE DES MENAGES DANS L'AIRE URBAINE DE LYON

L'étude de la localisation résidentielle des ménages peut être faite tant au niveau désagrégé, des ménages, en termes d'analyse des choix résidentiels de ceux-ci, qu'au niveau agrégé, en prenant comme unité d'analyse la zone (l'unité géographique) et en effectuant une analyse en termes de répartition territoriale des ménages. Les deux types d'analyse sont complémentaires, leurs résultats pouvant être utiles pour orienter la modélisation de la localisation résidentielle des ménages.

C'est dans cette optique que l'on va mener dans cette section une analyse agrégée de la localisation des ménages dans l'aire urbaine de Lyon. Elle nous permettra une présentation descriptive de la façon dont les ménages de différents types sont répartis dans le territoire de l'aire urbaine de Lyon. Mais l'intérêt de cette analyse sera surtout de fournir des éléments d'orientation de notre démarche de modélisation, dans le sens où elle va nous aider à identifier les liens (croisements) entre caractéristiques des zones (dans notre cas, IRIS) et caractéristiques des ménages y résidant, et donc la pertinence de l'introduction des différentes variables dans le modèle désagrégé que l'on va construire.

La base de données sur laquelle va s'appuyer cette analyse a été construite en effectuant des traitements sur les données des différentes sources : le RGP 1999, les Revenus fiscaux des ménages, les fichiers MIN et OTIF, la base SPOT Thema SPOT 5, le fichier SIRENE et la matrice O-D VP 1999 (présentées dans la dernière section du troisième chapitre).

5.2.1. Obtention et analyse d'une typologie d'IRIS en fonction des caractéristiques des ménages y résidant

Il s'agit ici de décrire les IRIS de l'aire urbaine de Lyon en termes de profil moyen des ménages résidants (cette analyse dont l'unité d'observation est l'IRIS est réalisée en faisant l'hypothèse d'uniformité des IRIS quant au nombre de ménages résidants).

On va utiliser pour ce faire la méthode de la classification ascendante hiérarchique. C'est une méthode d'analyse exploratoire qui tente d'identifier les classes d'observations (ou de variables) relativement homogènes basées sur des caractéristiques sélectionnées. Elle utilise un algorithme qui débute avec chaque observation (ou variable) dans une classe séparée et qui combine les classes jusqu'à ce qu'il n'en reste qu'une. La procédure calcule des mesures de

distance ou de proximité (similarité), et le critère de classification consiste à maximiser la variance (la distance) entre les observations des classes différentes et à minimiser la variance (ou à maximiser la similarité) entre les observations de la même classe.

Ainsi, on obtient une partition des IRIS en classes homogènes selon les variables décrivant les attributs des ménages y résidant.

Tableau n°29 : Partition des IRIS en 10 classes

		Average Linkage (Between Groups)			
		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	1	202	26,0	29,0	29,0
	2	102	13,1	14,6	43,6
	3	166	21,4	23,8	67,4
	4	94	12,1	13,5	80,9
	5	57	7,3	8,2	89,1
	6	39	5,0	5,6	94,7
	7	18	2,3	2,6	97,3
	8	16	2,1	2,3	99,6
	9	2	,3	,3	99,9
	10	1	,1	,1	100,0
	Total	697	89,7	100,0	
Manquante	Système manquant	80	10,3		
	Total	777	100,0		

Source : Traitement SPSS

Suite à l'application de la méthode de la classification ascendante hiérarchique, on a débouché sur une partition des IRIS en 10 classes (tableau n° 29).

Etant donné le fait que les classes 9 et 10 contiennent respectivement 2 et 1 IRIS, on a décidé de considérer ces IRIS comme des cas atypiques et de les éliminer de l'analyse.

On a donc répété l'analyse sans ces IRIS et on a obtenu la même partition que dans le cas précédent (une partition en 8 classes des IRIS restants) (tableau n° 30), ce qui confirme la stabilité de la solution du modèle initial.

Tableau n°30 : Partition des IRIS en 8 classes

Average Linkage (Between Groups)

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	1	202	26,1	29,1	29,1
	2	102	13,2	14,7	43,8
	3	166	21,4	23,9	67,7
	4	94	12,1	13,5	81,3
	5	57	7,4	8,2	89,5
	6	39	5,0	5,6	95,1
	7	18	2,3	2,6	97,7
	8	16	2,1	2,3	100,0
Total		694	89,7	100,0	
Manquante	Système manquant	80	10,3		
Total		774	100,0		

Source : Traitement SPSS

Ensuite, on a mené une analyse discriminante, pour voir quel est le pouvoir de chaque variable de discriminer entre les classes obtenues par l'analyse cluster.

Tableau n°31 : Valeurs propres des fonctions discriminantes

Valeurs propres

Fonction	Valeur propre	% de la variance	% cumulé	Corrélation canonique
1	26,459 ^a	96,2	96,2	,982
2	,983 ^a	3,6	99,8	,704
3	,035 ^a	,1	99,9	,183
4	,022 ^a	,1	100,0	,147
5	,003 ^a	,0	100,0	,056

a. Les 5 premières fonctions discriminantes canoniques ont été utilisées pour l'analyse.

Source : Traitement SPSS

Etant donné que le pouvoir explicatif de la première fonction discriminante est de 96,2% (tableau n° 31), on va prendre en compte les corrélations entre les variables discriminatoires et cette fonction.

Tableau n°32 : Corrélations entre variables et fonctions discriminantes

Matrice de structure

	Fonction				
	1	2	3	4	5
REVMEDUC	,999*	-,044	,011	-,025	,011
TAUXEMPL	,229	-,726*	-,342	,414	,363
TAILLEMOYMEN	-,033	,119	-,871*	,162	,448
AGEMOY	,085	-,116	,633*	-,569	,506
NBMOYENF	-,092	,352	-,532	,659*	,388

Les corrélations intra-groupes combinés entre variables discriminantes et les variables des fonctions discriminantes canoniques standardisées sont ordonnées par tailles absolues des corrélations à l'intérieur de la fonction.

*. Plus grande corrélation absolue entre chaque variable et une fonction discriminante quelconque.

Note : REVMEDUC – revenu médian par uc ; TAUXEMPL – taux d'emploi ; TAILLEMOYMEN – taille moyenne des ménages ; AGEMOY – âge moyenne ; NBMOYENF – nombre moyen d'enfants.

Source : Traitement SPSS

On observe que le revenu médian par u.c. est la variable qui explique la plupart des différences entre les groupes (0,999), tandis que toutes les autres variables ont un pouvoir de discrimination beaucoup plus faible (tableau n° 32).

En même temps, on observe qu'il s'agit d'une corrélation positive entre la fonction et le revenu, le taux d'emploi et l'âge moyen, et d'une corrélation inverse avec le nombre d'enfants et la taille des ménages.

Tableau n°33 : Valeurs des fonctions discriminantes dans les centroïdes des classes

Fonctions aux barycentres des groupes

Average Linkage (Between Groups)	Fonction				
	1	2	3	4	5
1	-,634	-,718	-,089	,112	,050
2	5,621	,617	,153	,047	,000
3	2,282	-,310	-,172	-,065	-,073
4	-3,546	-,642	,388	-,011	-,035
5	-7,105	,178	-,056	-,363	,075
6	-11,933	2,827	-,107	,199	-,048
7	9,291	1,806	,015	,172	,103
8	13,267	2,560	,097	-,355	,061

Fonctions discriminantes canoniques non standardisées évaluées aux moyennes des groupes

Source : Traitement SPSS

Si on se réfère au profil des classes, on constate qu'on peut ranger les classes dans l'ordre croissant du revenu médian de leur population comme suit : 6, 5, 4, 1, 3, 2, 7, 8 (tableau n° 33).

La croissance du revenu dans les IRIS est généralement accompagnée d'une augmentation du nombre moyen d'actifs occupés des ménages (taux d'emploi) et de l'âge moyen de la population de l'IRIS, et d'un niveau plus bas du nombre moyen d'enfants et de la taille des ménages (et réciproquement).

Tableau n°34 : Validation du modèle

		Résultats du classement ^f								
		Classe(s) d'affectation prévue(s)								Total
Original	Effectif	1	2	3	4	5	6	7	8	
	1	177	0	9	16	0	0	0	0	202
	2	0	83	6	0	0	0	13	0	102
	3	0	1	165	0	0	0	0	0	166
	4	0	0	0	94	0	0	0	0	94
	5	0	0	0	4	50	3	0	0	57
	6	0	0	0	0	1	38	0	0	39
	7	0	0	0	0	0	0	18	0	18
	8	0	0	0	0	0	0	2	14	16
	Observations non classées	0	0	0	0	0	0	0	3	3
%	1	87,6	,0	4,5	7,9	,0	,0	,0	,0	100,0
	2	,0	81,4	5,9	,0	,0	,0	12,7	,0	100,0
	3	,0	,6	99,4	,0	,0	,0	,0	,0	100,0
	4	,0	,0	,0	100,0	,0	,0	,0	,0	100,0
	5	,0	,0	,0	7,0	87,7	5,3	,0	,0	100,0
	6	,0	,0	,0	,0	2,6	97,4	,0	,0	100,0
	7	,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	,0	100,0
	8	,0	,0	,0	,0	,0	,0	12,5	87,5	100,0
	Observations non classées	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0

a. 92,1% des observations originales classées correctement.

Source : Traitement SPSS

On observe que le pouvoir prédictif du modèle est très élevé, le pourcentage d'observations correctement classées étant de 92,1% (tableau n° 34).

On a appliqué une deuxième fois l'analyse discriminante, mais cette fois avec la méthode pas à pas pour ne retenir que les variables significativement discriminantes dans l'analyse.

Tableau n°35 : Valeurs propres des fonctions discriminantes

Valeurs propres				
Fonction	Valeur propre	% de la variance	% cumulé	Corrélation canonique
1	26,450 ^a	96,4	96,4	,982
2	,973 ^a	3,5	99,9	,702
3	,022 ^a	,1	100,0	,147

a. Les 3 premières fonctions discriminantes canoniques ont été utilisées pour l'analyse.

Source : Traitement SPSS

Tableau n°36 : Corrélations entre variables et fonctions discriminantes

Matrice de structure

	Fonction		
	1	2	3
REVMEDUC	,999*	,046	-,018
TAUXEMPL	,229	,730*	,644
NBMOYENF	-,092	-,355	,930*
TAILLEMOYME _a	-,027	-,107	,804*
AGEMOY ^a	,098	,203	-,519*

Les corrélations intra-groupes combinés entre variables discriminantes et les variables des fonctions discriminantes canoniques standardisées sont ordonnées par tailles absolues des corrélations à l'intérieur de la fonction.

*. Plus grande corrélation absolue entre chaque variable et une fonction discriminante quelconque.

a. Cette variable n'est pas utilisée dans l'analyse.

Note : REVMEDUC – revenu médian par uc ; TAUXEMPL – taux d'emploi ; NBMOYENF – nombre moyen d'enfants ; TAILLEMOYME – taille moyenne des ménages ; AGEMOY – âge moyenne.

Source : Traitement SPSS

On s'aperçoit que le modèle ne retient que trois variables pour la prévision : le revenu (qui reste la principale variable discriminante), le taux d'emploi et le nombre d'enfants (tableaux n° 35 et 36).

Tableau n°37 : Validation du modèle

Résultats du classement

Original	Effectif	Average Linkage (Between Groups)	Classe(s) d'affectation prévue(s)								Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	
	1		193	0	7	2	0	0	0	0	202
	2		0	89	10	0	0	0	3	0	102
	3		0	0	166	0	0	0	0	0	166
	4		1	0	0	93	0	0	0	0	94
	5		0	0	0	6	48	3	0	0	57
	6		0	0	0	0	1	38	0	0	39
	7		0	0	0	0	0	0	18	0	18
	8		0	0	0	0	0	0	2	14	16
	Observations non classées		0	0	0	0	0	0	0	3	3
%	1		95,5	,0	3,5	1,0	,0	,0	,0	,0	100,0
	2		,0	87,3	9,8	,0	,0	,0	2,9	,0	100,0
	3		,0	,0	100,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0
	4		1,1	,0	,0	98,9	,0	,0	,0	,0	100,0
	5		,0	,0	,0	10,5	84,2	5,3	,0	,0	100,0
	6		,0	,0	,0	,0	2,6	97,4	,0	,0	100,0
	7		,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	,0	100,0
	8		,0	,0	,0	,0	,0	,0	12,5	87,5	100,0
	Observations non classées		,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0

a. 95,0% des observations originales classées correctement.

Source : Traitement SPSS

Ce deuxième modèle a aussi un pouvoir prédictif très élevé (95% des observations sont correctement classées) (tableau n° 37), ce qui suggère qu'on pourrait n'utiliser que ces trois variables pour la prédiction.

Afin de vérifier s'il existe une relation entre les profils des ménages et les caractéristiques physiques (accessibilités, occupation du sol) des IRIS où ils se localisent, on a effectué une analyse discriminante dans laquelle la variable catégorielle à prévoir reste la typologie des IRIS obtenue à partir de la classification ascendante hiérarchique effectuée antérieurement, et les variables discriminantes sont, cette fois, les caractéristiques liées aux accessibilités et aux modes d'utilisation du sol.

Tableau n°38 : Corrélations entre variables et fonctions discriminantes

Matrice de structure

	Fonction			
	1	2	3	4
TPSCTRVP	,028	,941 *	,329	-,071
MEMCOMRE/INSCRITS	,465	-,636 *	-,438	,432
DENSPOP ^a	,153	-,596 *	-,239	,155
DENSCOMMERCE ^a	,071	-,310 *	-,126	,163
TSHABITAT	,348	-,586	,673 *	-,288
ACCTRAVAIL _a	,162	-,460	-,608 *	,360
TSACTECON ^a	-,104	-,251	-,493 *	,382
TSINFRATR ^a	,042	-,131	-,263 *	,011
TSEQSPLOISIR ^a	,025	-,178	-,232 *	,098
TSESPVERTS ^a	,094	-,103	-,231 *	-,075
TSEQUIPEMENTS	,383	-,125	-,488	-,774 *

Les corrélations intra-groupes combinés entre variables discriminantes et les variables des fonctions discriminantes canoniques standardisées sont ordonnées par tailles absolues des corrélations à l'intérieur de la fonction.

*. Plus grande corrélation absolue entre chaque variable et une fonction discriminante quelconque.

a. Cette variable n'est pas utilisée dans l'analyse.

Note : TPSCTRVP – temps au centre (VP) ; MEMCOMRE/INSCRITS – taux d'élèves inscrits dont l'école est dans la même commune ; DENSPOP – densité de population ; DENSCOMMERCE – densité des commerces ; TSHABITAT – taux de surface d'habitat ; ACCTRAVAIL – % de population active dont la commune de résidence coïncide avec la commune de travail ; TSACTECON – taux de surface des activités économiques ; TSINFRATR – taux de surface des infrastructures de transport ; TSEQSPLOISIR – taux de surface des équipements sportifs et de loisir ; TSESPVERTS – taux de surface des espaces verts ; TSEQUIPEMENTS – taux de surface des grands équipements.

Source : Traitement SPSS

Tableau n°39 : Validation du modèle

Résultats du classement^a

Average Linkage (Between Groups)		Classe(s) d'affectation prévue(s)										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Original	Effectif	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	202
	1	79	6	18	11	12	23	8	12	6	27	202
	2	7	3	15	5	3	6	1	30	5	27	102
	3	42	4	31	10	8	9	2	15	5	40	166
	4	15	1	3	11	10	22	6	7	5	14	94
	5	6	3	0	7	14	13	1	1	1	11	57
	6	0	2	0	2	7	20	0	0	4	4	39
	7	1	0	2	2	0	0	2	6	0	5	18
	8	0	0	0	1	0	0	0	9	1	5	16
	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Observations non classées	9	3	9	7	27	3	0	15	2	3	78
%	1	39,1	3,0	8,9	5,4	5,9	11,4	4,0	5,9	3,0	13,4	100,0
	2	6,9	2,9	14,7	4,9	2,9	5,9	1,0	29,4	4,9	26,5	100,0
	3	25,3	2,4	18,7	6,0	4,8	5,4	1,2	9,0	3,0	24,1	100,0
	4	16,0	1,1	3,2	11,7	10,6	23,4	6,4	7,4	5,3	14,9	100,0
	5	10,5	5,3	,0	12,3	24,6	22,8	1,8	1,8	1,8	19,3	100,0
	6	,0	5,1	,0	5,1	17,9	51,3	,0	,0	10,3	10,3	100,0
	7	5,6	,0	11,1	11,1	,0	,0	11,1	33,3	,0	27,8	100,0
	8	,0	,0	,0	6,3	,0	,0	,0	56,3	6,3	31,3	100,0
	9	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	50,0	,0	50,0	100,0
	10	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0
		Observations non classées	11,5	3,8	11,5	9,0	34,6	3,8	,0	19,2	2,6	3,8	100,0

a. 24,4% des observations originales classées correctement.

Source : Traitement SPSS

Même si certaines variables semblent avoir un pouvoir discriminatoire significatif (le taux de surface des grands équipements, le taux de surface d'habitat, l'accessibilité au centre et aux études) (tableau n° 38), le pouvoir prédictif du modèle est faible (24,4% des observations correctement classées) (tableau n° 39). Ce résultat est en fait la conséquence de deux aspects : le premier, c'est le nombre relativement élevé de catégories de la variable dépendante (10 classes d'IRIS à prévoir), qui est automatiquement accompagné par une affectation moins précise des IRIS aux classes correspondantes, mais il traduit aussi le fait qu'on ne peut pas établir une relation évidente entre l'ensemble des caractéristiques des ménages et celui des caractéristiques des IRIS.

5.2.2. Obtention et analyse d'une typologie des IRIS selon leurs caractéristiques physiques (de localisation)

Dans un deuxième temps, on a mené une autre classification pour essayer cette fois de déterminer une typologie des IRIS en fonction de leurs caractéristiques (accessibilités et types d'utilisation du sol).

Tableau n°40 : Partition des IRIS en 6 classes

Average Linkage (Between Groups)

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	1	489	62,9	63,1	63,1
	2	156	20,1	20,1	83,2
	3	96	12,4	12,4	95,6
	4	29	3,7	3,7	99,4
	5	4	,5	,5	99,9
	6	1	,1	,1	100,0
	Total	775	99,7	100,0	
Manquante	Système manquant	2	,3		
Total		777	100,0		

Source : Traitement SPSS

On a obtenu 6 classes (avec l'inconvénient que les effectifs de ces classes sont très inégaux) (tableau n° 40).

A partir de cette typologie, on a utilisé l'analyse discriminante pour estimer la classe d'appartenance de chaque IRIS en fonction de ses caractéristiques.

Tableau n°41 : Valeurs propres des fonctions discriminantes

Valeurs propres

Fonction	Valeur propre	% de la variance	% cumulé	Corrélation canonique
1	16,459 ^a	97,8	97,8	,971
2	,314 ^a	1,9	99,6	,489
3	,042 ^a	,3	99,9	,201
4	,019 ^a	,1	100,0	,136
5	,002 ^a	,0	100,0	,047

a. Les 5 premières fonctions discriminantes canoniques ont été utilisées pour l'analyse.

Source : Traitement SPSS

La première fonction discriminante est celle qu'on doit utiliser pour interpréter les résultats, le pourcentage de la variance expliquée par celle-ci étant de 97,8% (tableau n° 41).

Tableau n°42 : Corrélations entre variables et fonctions discriminantes

Matrice de structure

	Fonction				
	1	2	3	4	5
DENSPOP	,962*	-,228	-,065	-,018	-,102
TSEQSPLOISIR ^a	,163*	-,054	,020	-,115	,062
MEMCOMRE/INSCRITS	,178	-,762*	-,064	-,341	,493
TPSCTRVP	-,185	,731*	,063	,404	,455
TSEQUIPEMENTS	,038	-,140	,921*	-,246	-,115
TSESPVERTS ^a	,110	-,067	,173*	-,081	,041
DENSCOMMERCES	,176	,262	-,401	-,673*	-,203
ACCTRAVAIL _a	,162	-,315	-,015	-,571*	,296
TSACTECON ^a	,173	-,088	-,141	-,317*	,232
TSINFRATR ^a	,096	-,053	,125	-,155*	,045
TSHABITAT	,049	-,395	-,050	,471	-,510*

Les corrélations intra-groupes combinés entre variables discriminantes et les variables des fonctions discriminantes canoniques standardisées sont ordonnées par tailles absolues des corrélations à l'intérieur de la fonction.

*. Plus grande corrélation absolue entre chaque variable et une fonction discriminante quelconque.

a. Cette variable n'est pas utilisée dans l'analyse.

Note : TPSCTRVP – temps au centre (VP) ; MEMCOMRE/INSCRITS – taux d'élèves inscrits dont l'école est dans la même commune ; DENSPOP – densité de population ; DENSCOMMERCES – densité des commerces ; TSHABITAT – taux de surface d'habitat ; ACCTRAVAIL – % de population active dont la commune de résidence coïncide avec la commune de travail ; TSACTECON – taux de surface des activités économiques ; TSINFRATR – taux de surface des infrastructures de transport ; TSEQSPLOISIR – taux de surface des équipements sportifs et de loisir ; TSESPVERTS – taux de surface des espaces verts ; TSEQUIPEMENTS – taux de surface des grands équipements.

Source : Traitement SPSS

Les variables retenues dans l'analyse sont : la densité de la population, le taux de surface d'habitat, l'accessibilité au centre, l'accessibilité aux études, la densité des commerces et le taux de surface des grands équipements (tableau n° 42).

La densité de la population est la variable qui a la contribution décisive à la répartition des IRIS dans les 6 classes (la corrélation avec la première fonction discriminante est 0,962).

Les 6 classes d'IRIS, dans l'ordre croissant de leur densité de population, sont : 1, 2, 3, 4, 5, 6 (tableau n° 43).

Plus la densité d'un IRIS est élevée, plus la probabilité que l'accessibilité aux études, aux commerces, aux grands équipements et à la population soit grande et le temps de parcours au centre soit réduit (l'accessibilité au centre grande) augmente (et réciproquement).

Tableau n°43 : Valeurs des fonctions discriminantes dans les centroides des classes

Fonctions aux barycentres des groupes

Average Linkage (Between Groups)	Fonction				
	1	2	3	4	5
1	-2,507	,247	,003	,007	,002
2	1,387	-,923	-,023	-,023	-,049
3	5,935	-,254	,119	,038	,098
4	11,946	1,242	-,617	-,185	-,050
5	17,546	2,433	2,238	-,378	-,249
6	23,083	2,001	-,127	3,567	-,332

Fonctions discriminantes canoniques non standardisées évaluées aux moyennes des groupes

Source : Traitement SPSS

Tableau n°44 : Validation du modèle

Résultats du classement^a

		Average Linkage (Between Groups)	Classe(s) d'affectation prévue(s)						Total
			1	2	3	4	5	6	
Original	Effectif	1	481	8	0	0	0	0	489
		2	0	152	4	0	0	0	156
		3	0	2	90	4	0	0	96
		4	0	0	0	29	0	0	29
		5	0	0	0	0	4	0	4
		6	0	0	0	0	0	1	1
%		1	98,4	1,6	,0	,0	,0	,0	100,0
		2	,0	97,4	2,6	,0	,0	,0	100,0
		3	,0	2,1	93,8	4,2	,0	,0	100,0
		4	,0	,0	,0	100,0	,0	,0	100,0
		5	,0	,0	,0	,0	100,0	,0	100,0
		6	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0

a. 97,7% des observations originales classées correctement.

Source : Traitement SPSS

La précision des estimations du modèle est extrêmement élevée (97,7% des cas correctement classés) (tableau n° 44).

Pour vérifier la validité des résultats qu'on a obtenus, on a utilisé plusieurs méthodes.

D'abord, on a effectué une analyse des correspondances entre les deux typologies de classes obtenues par la classification ascendante hiérarchique (tableaux n° 45 et 46 et graphique n° 10).

Tableau n°45 : Correspondance entre les deux partitions d'IRIS

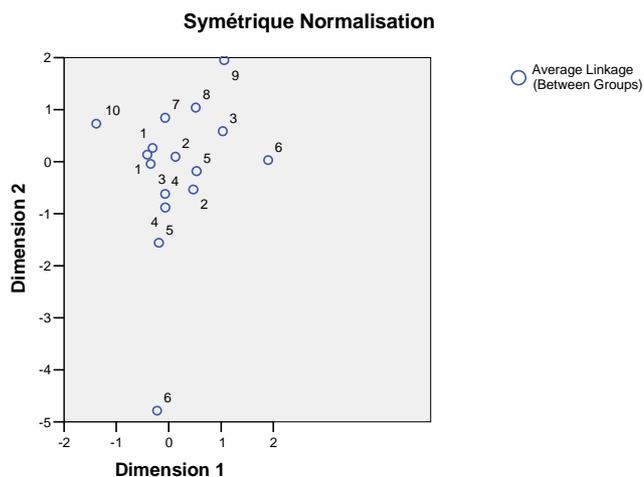
Tableau des correspondances

Average Linkage (Between Groups)	Average Linkage (Between Groups)						Marge active
	1	2	3	4	5	6	
1	140	35	22	5	0	0	202
2	58	24	16	4	0	0	102
3	110	29	15	10	2	0	166
4	51	29	6	6	1	1	94
5	26	18	11	1	1	0	57
6	5	16	16	2	0	0	39
7	12	1	4	1	0	0	18
8	9	2	5	0	0	0	16
9	1	0	1	0	0	0	2
10	1	0	0	0	0	0	1
Marge active	413	154	96	29	4	1	697

Source : Traitement SPSS

Graphique n°10 : Correspondance entre les deux partitions d'IRIS

Points de ligne et de colonne



Source : Traitement SPSS

Tableau n°46 : Corrélation qualitative entre les deux partitions d'IRIS

Mesures symétriques

		Valeur	Erreur standard asymptotique ^a	T approximé ^b	Signification approximée
Nominal par Nominal	Coefficient de contingence	,346			,000
Ordinal par Ordinal	Tau-B de Kendall	,152	,031	4,813	,000
Nombre d'observations valides		697			

a. L'hypothèse nulle n'est pas considérée.

b. Utilisation de l'erreur standard asymptotique dans l'hypothèse nulle.

Source : Traitement SPSS

Même s'il existe une relation statistiquement significative entre ces deux typologies, cette correspondance reste assez ambiguë, dans le sens où on ne peut pas établir une relation précise entre les caractéristiques des ménages et celles des IRIS.

Une autre méthode consiste dans l'application d'une analyse cluster non pas aux unités statistiques, mais aux variables.

Ce qu'on obtient c'est que les variables revenu et densité de la population sont les deux caractéristiques qui discriminent le plus entre les IRIS, ce qui confirme les résultats des modèles discriminants qu'on a utilisés auparavant.

Dans ces conditions, le degré de correspondance entre les deux types de classes sera donné par le niveau de la corrélation entre le revenu et la densité de la population.

Tableau n°47 : Corrélation entre revenu et densité de la population

		Coefficients ^a				
		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés		
Modèle		B	Erreur standard	Bêta	t	
1	(constante)	16755,635	174,748		95,884	,000
	DENSPOP	-,058	,017	-,122	-3,369	,001

a. Variable dépendante : REVMEDUC

Source : Traitement SPSS

On voit que ce coefficient de corrélation, même s'il est statistiquement significatif, n'est pas élevé (-0,122), ce qui est en concordance avec les autres résultats (tableau n° 47).

5.2.3. Obtention et analyse de la typologie des IRIS en fonction de toutes leurs caractéristiques

Enfin, on a fait une synthèse des analyses effectuées antérieurement, en effectuant une classification des IRIS en fonction de toutes les variables (les deux types de caractéristiques : des ménages et des zones).

Tableau n°48 : Partition des IRIS en 10 classes

Average Linkage (Between Groups)

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	1	112	14,4	17,4	17,4
	2	132	17,0	20,6	38,0
	3	181	23,3	28,2	66,2
	4	148	19,0	23,1	89,3
	5	8	1,0	1,2	90,5
	6	2	,3	,3	90,8
	7	1	,1	,2	91,0
	8	44	5,7	6,9	97,8
	9	13	1,7	2,0	99,8
	10	1	,1	,2	100,0
	Total	642	82,6	100,0	
Manquante	Système manquant	135	17,4		
Total		777	100,0		

Source : Traitement SPSS

On a obtenu une partition des IRIS en 10 classes (tableau n° 48).

Tableau n°49 : Valeurs propres des fonctions discriminantes

Valeurs propres

Fonction	Valeur propre	% de la variance	% cumulé	Corrélation canonique
1	13,698 ^a	68,5	68,5	,965
2	5,026 ^a	25,2	93,7	,913
3	,520 ^a	2,6	96,3	,585
4	,455 ^a	2,3	98,6	,559
5	,187 ^a	,9	99,5	,397
6	,048 ^a	,2	99,7	,213
7	,032 ^a	,2	99,9	,177
8	,012 ^a	,1	100,0	,109
9	,007 ^a	,0	100,0	,082

a. Les 9 premières fonctions discriminantes canoniques ont été utilisées pour l'analyse.

Source : Traitement SPSS

Tableau n°50 : Corrélations entre les variables et les fonctions discriminantes

Matrice de structure

	Fonction								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DISTCENTRE	-,802*	,447	-,232	-,110	,147	-,117	-,038	,224	,070
DENSPOP	,697*	,668	-,067	,013	-,151	,142	-,091	,016	-,106
TPSCTRVP ^a	-,655*	,247	-,143	-,165	,054	-,205	,008	,199	,152
PRIXMOYM2IMM COLANC	,225	,016	,694*	,172	-,067	,692	,010	-,029	-,057
TAUXEMPL	-,169	-,012	,513*	,439	-,470	-,225	-,091	,213	,436
REVMEDUC	,014	-,075	,545	,760*	,124	-,064	-,275	,048	,147
NBMOYENF ^a	-,175	,012	,076	-,502*	,402	-,199	,154	,167	,202
AGEMOY ^a	,022	-,074	-,135	,487*	-,170	,141	-,151	,003	-,097
TSEQUIPEMENTS ^a	,071	,009	-,118	-,138*	,027	,055	-,030	,019	,018
TAILLEMOYMEN	-,263	-,051	,208	-,485	,546*	-,382	,028	,262	,369
%MENPROP ^a	-,202	-,027	,253	,163	,141	-,282*	-,211	,196	,221
ACCTRAVAIL	,257	,097	-,207	,274	-,055	,376	,582*	-,558	,113
MEMCOMRE/INSCRITS ^a	,269	,049	-,262	,009	,022	,344	,377*	-,244	,063
TSHABITAT	,109	-,103	-,215	-,069	,064	,022	-,090	,952*	-,086
TSACTECON ^a	,063	,125	,055	,100	-,053	,096	,067	-,552*	,077
TSEQSPLOISIR ^a	,025	,016	-,021	,041	-,020	,087	,052	-,160*	,083
TSINFRATR ^a	-,017	-,093	-,002	,064	-,025	,112	,023	-,159*	,031
TSESPVERTS ^a	,050	,026	-,015	,027	,001	,081	,010	-,116*	,085
DENSCOMMERCES	,160	,208	,213	,245	-,043	-,288	,571	,112	-,635*
TAUXMOT	-,320	-,099	,353	-,015	,199	-,312	-,285	,282	,507*

Les corrélations intra-groupes combinés entre variables discriminantes et les variables des fonctions discriminantes canoniques standardisées sont ordonnées par tailles absolues des corrélations à l'intérieur de la fonction.

*. Plus grande corrélation absolue entre chaque variable et une fonction discriminante quelconque.

a. Cette variable n'est pas utilisée dans l'analyse.

Note : DISTCENTRE – distance au centre ; DENSPOP – densité de population ; TPSCTRVP – temps au centre (VP) ; PRIXMOYM2IMM COLANC – prix moyen au m2 de l'immobilier collectif ancien ; TAUXEMPL – taux d'emploi ; REVMEDUC – revenu médian par uc ; NBMOYENF – nombre moyen d'enfants ; AGEMOY – âge moyenne ; TSEQUIPEMENTS – taux de surface des grands équipements ; TAILLEMOYMEN – taille moyenne des ménages ; %MENPROP - % des ménages propriétaires ; ACCTRAVAIL - % de population active dont la commune de résidence coïncide avec la commune de travail ; MEMCOMRE/INSCRITS – taux d'élèves inscrits dont l'école est dans la commune de résidence ; TSHABITAT – taux de surface d'habitat ; TSACTECON – taux de surface des activités économiques ; TSEQSPLOISIR – taux de surface des équipements sportifs et de loisir ; TSINFRATR – taux de surface des infrastructures de transport ; TSESPVERTS – taux de surface des espaces verts ; DENSCOMMERCES – densité des commerces ; TAUXMOT – taux de motorisation des ménages.

Source : Traitement SPSS

Tableau n°51 : Valeurs des fonctions discriminantes dans les centroides des classes

Fonctions aux barycentres des groupes

Average Linkage (Between Groups)	Fonction								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-5,610	2,271	-,737	,321	-,013	-,045	,017	-,003	-,009
2	-2,899	-,284	1,116	-,483	,024	,074	-,032	-,012	,026
3	,871	-2,565	-,162	,151	-,059	-,183	-,007	,051	-,026
4	3,029	-,190	-,477	-,088	-,132	,279	,024	-,053	,034
5	4,845	1,884	-1,477	-3,359	2,486	-,621	,076	-,237	,062
6	1,090	-3,068	,792	4,922	3,791	,836	-2,052	-,373	-,413
7	1,088	4,199	-,112	-3,173	3,037	2,093	1,281	1,623	-1,137
8	6,570	5,095	,665	-6,9E-005	-,423	-,239	-,097	-,019	-,108
9	4,777	2,054	1,366	2,644	1,211	-,098	,659	,030	,177
10	11,896	11,440	-1,505	-,745	,746	-,074	-2,006	1,797	1,133

Fonctions discriminantes canoniques non standardisées évaluées aux moyennes des groupes

Source : Traitement SPSS

Tableau n°52 : Validation du modèle

Résultats du classement^a

Average Linkage (Between Groups)		Classe(s) d'affectation prévue(s)										Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Original	Effectif	109	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112
	1	1	127	3	0	0	0	1	0	0	0	0	132
	2	0	6	162	10	0	3	0	0	0	0	0	181
	3	0	1	19	106	8	0	1	2	11	0	0	148
	4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	8
	5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	7	0	0	0	0	0	0	0	40	3	1	0	44
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	13
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Observations non classées	11	22	21	0	0	2	1	0	0	0	57	
%	1	97,3	2,7	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	
	2	,8	96,2	2,3	,0	,0	,0	,8	,0	,0	,0	100,0	
	3	,0	3,3	89,5	5,5	,0	1,7	,0	,0	,0	,0	100,0	
	4	,0	,7	12,8	71,6	5,4	,0	,7	1,4	7,4	,0	100,0	
	5	,0	,0	,0	,0	100,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	
	6	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	,0	,0	,0	,0	100,0	
	7	,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	,0	,0	,0	100,0	
	8	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	90,9	6,8	2,3	100,0	
	9	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	,0	100,0	
	10	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	100,0	100,0	
		Observations non classées	19,3	38,6	36,8	,0	,0	3,5	1,8	,0	,0	100,0	

a. 88,6% des observations originales classées correctement.

Source : Traitement SPSS

Même si l'analyse discriminante (tableaux n° 49 - 52) effectuée en complément de la classification a retenu plusieurs variables pour discriminer ces classes, la variable qui a la contribution essentielle dans la définition de la typologie obtenue est la densité de la population, qui est en fait un indicateur inversement corrélé avec la distance (l'accessibilité) au centre.

5.2.4. Analyse des typologies d'IRIS construites en fonction de la variable Densité de la population

On a vu que la variable densité de la population est celle qui discrimine le plus les IRIS. La densité de la population est un bon indicateur du degré d'urbanisation ou de

développement urbain des différentes zones du périmètre étudié. Cette variable peut être aussi interprétée comme une mesure de l'accessibilité à la population et des relations sociales qui se manifestent au sein d'un système urbain. Le fait d'être très corrélée avec la distance au centre pourrait permettre une analyse centre – première couronne – deuxième couronne, envisagée dans le projet SIMBAD. Enfin, la corrélation avec les accessibilités aux différentes activités et services permet de prendre en compte dans l'analyse la relation transport-urbanisme. A partir de ces remarques, vu l'intérêt de cette variable, on considère qu'on peut l'utiliser dans le modèle, sous une forme catégorielle, pour décrire la localisation (les différentes catégories de cette variable sont les alternatives possibles à choisir par les ménages pour se localiser).

Ceci étant donné, on a défini une typologie de ceux-ci à partir de leur valeur pour cette variable.

On a considéré deux alternatives.

La première possibilité : on a catégorisé notre variable de telle sorte qu'on ait approximativement la même proportion d'IRIS pour chaque catégorie. Ainsi, on a choisi un nombre de quatre catégories pour la densité de la population, déterminées à partir des quartiles de la variable (environ 25% des IRIS dans chaque catégorie) (tableau n° 53). On a défini donc les catégories suivantes :

- 1 – (min,200)
- 2 – (200,2250)
- 3 – (2250,10000)
- 4 – (10000,max)

Tableau n°53 : Quantiles de la variable densité de la population

		Centiles						
		5	10	25	50	75	90	95
Moyenne pondérée (Définition 1)	DENSPOP	37,6135	63,4090	197,1040	2252,2214	10050,90	17208,82	23374,10
Valeurs charnières	DENSPOP			198,2277	2252,2214	10036,06		

Source : Traitement SPSS

La deuxième possibilité : l'analyse exploratoire de la variable densité de la population nous indique le fait qu'elle n'est pas normalement distribuée (elle est fortement asymétrique) (tableau n° 54 et graphique n° 11), ce qui rend possible une autre classification des IRIS, dans

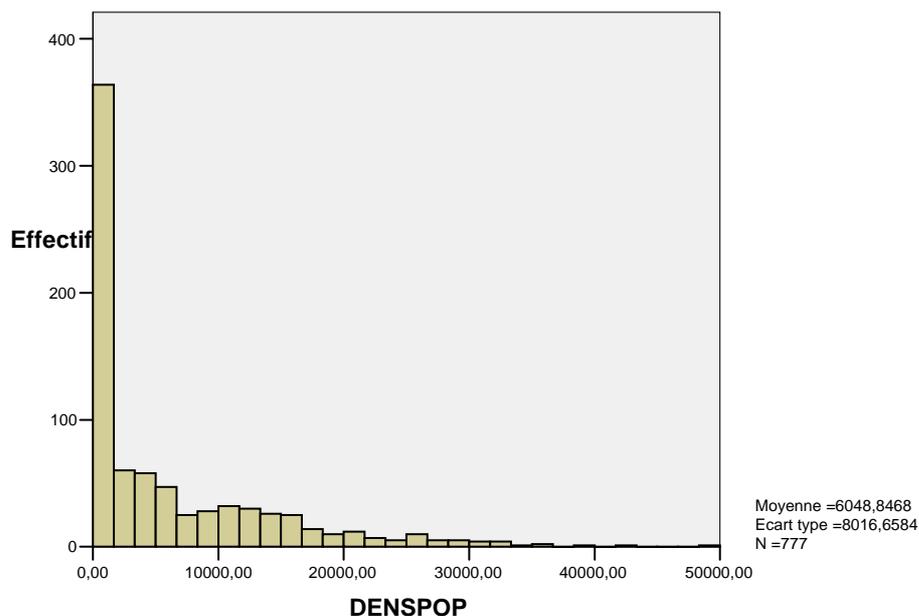
laquelle on considère des intervalles égaux de variation correspondants à chaque catégorie de la variable.

Tableau n°54 : Statistiques descriptives de la variable densité de la population

			Statistique	Erreur standard
Densité de population	Moyenne		6048,8468	287,59602
	Intervalle de confiance à 95% pour la moyenne	Borne inférieure	5484,2884	
		Borne supérieure	6613,4052	
	Moyenne tronquée à 5%		5082,4573	
	Médiane		2252,2214	
	Variance		64266812	
	Ecart-type		8016,6584	
	Minimum		,00	
	Maximum		49437,14	
	Intervalle		49437,14	
	Intervalle interquartile		9853,79	
	Asymétrie		1,708	,088
	Aplatissement		2,987	,175

Source : Traitement SPSS

Graphique n°11 : Histogramme de la variable densité de la population



Source : Traitement SPSS

On a considéré cinq catégories, dont l'intervalle et la fréquence correspondants sont donnés dans le tableau n° 55 :

Tableau n°55 : Partition en 5 classes d'IRIS en fonction de la variable densité de la population

	Effectif	%
0-10000	582	74,9%
10000-20000	137	17,6%
20000-30000	44	5,7%
30000-40000	12	1,5%
40000-50000	2	,3%

Source : Traitement SPSS

On peut facilement observer que les proportions d'IRIS de chaque catégorie sont très différentes, ce qui constitue un désavantage dans la tentative de modélisation, parce qu'on n'arrive pas à bien expliquer la variance intra classe de la variable dépendante.

Pour donner une première réponse à la question « qui se localise où ? », on a calculé, au niveau global de l'aire urbaine de Lyon et pour chaque type d'IRIS (la partition en 4 classes) (tableaux n° 46 - 50 de l'Annexe 3) les distributions marginales des variables décrivant le profil des ménages.

On va interpréter et compléter l'information de ces tableaux en appliquant maintenant une nouvelle fois la méthode de l'analyse discriminante, sur les deux typologies d'IRIS définies, pour observer notamment quelles sont les variables, caractéristiques des ménages et des IRIS, qui sont susceptibles d'expliquer les choix de localisation résidentielle des ménages dans un type d'IRIS ou autre, et la nature de ces croisements entre les deux blocs de variables.

La partition des IRIS en 4 classes

Tableau n°56 : Valeurs propres des fonctions discriminantes

Valeurs propres				
Fonction	Valeur propre	% de la variance	% cumulé	Corrélation canonique
1	5,480 ^a	91,6	91,6	,920
2	,348 ^a	5,8	97,4	,508
3	,153 ^a	2,6	100,0	,364

^a. Les 3 premières fonctions discriminantes canoniques ont été utilisées pour l'analyse.

Source : Traitement SPSS

On va interpréter les résultats en fonction de la première fonction discriminante, qui explique 91,6% de la variance totale (tableau n° 56).

Tableau n°57 : Corrélations entre les variables et les fonctions discriminantes

Matrice de structure

	Fonction		
	1	2	3
TAUXMEN2_VP	,791 *	,355	,378
TPSCTRVP	,708 *	-,180	-,312
TAUXMENTAILLE3 ³	,561 *	,335	,200
TAUXMENTAILLE1	-,513 *	-,486	-,187
TAUXMEN1VP ^a	-,512 *	,372	-,507
TAUXMENLOC ³	-,370 *	-,272	-,210
TAUXMENPROP ³	,370 *	,272	,210
TAUXMEENF2 ^a	,275 *	,020	,059
TAUXMEENF1 ^a	-,262 *	-,063	-,148
TAUXMENTAILLE4 ⁴	,203 *	,171	,178
TAUXMENPRAGE3	,303	,734 *	,118
TAUXMEN0VP	-,506	-,646 *	-,059
TAUXMENPRAGE1	-,230	-,645 *	,212
DENSCOMMERCES	-,186	-,588 *	,301
TAUXMENPRAGE4	,016	,524 *	-,238
TAUXMENTAILLE2 ²	,071	,429 *	-,083
TAUXMENPRAGE2 ²	,125	-,305 *	,017
DENSEMPLOIS ^a	-,206	-,242 *	,035
TAUXMENREV1	-,040	-,157	-,514 *
TAUXMENREV2 ^a	,040	,157	,514 *
PRIXMOYM2IMM COLANC ^a	,015	-,088	,177 *
TAUXMEENF3	,078	,070	,150 *

Les corrélations intra-groupes combinés entre variables discriminantes et les variables des fonctions discriminantes canoniques standardisées sont ordonnées par tailles absolues des corrélations à l'intérieur de la fonction.

*. Plus grande corrélation absolue entre chaque variable et une fonction discriminante quelconque.

a. Cette variable n'est pas utilisée dans l'analyse.

Note : TAUXMEN2_VP - % des ménages avec 2 VP ou plus ; TPSCTRVP – temps au centre (VP) ; TAUXMENTAILLE3 – % des ménages de 3 ou 4 personnes ; TAUXMENTAILLE1 - % des ménages de 1 personne ; TAUXMEN1VP - % des ménages avec 1 VP ; TAUXMENLOC - % des ménages locataires ; TAUXMENPROP - % des ménages propriétaires ; TAUXMEENF2 - % des ménages avec 1 ou 2 enfants ; TAUXMEENF1 - % des ménages sans enfant ; TAUXMENTAILLE4 - % des ménages de 5 personnes ou plus ; TAUXMENPRAGE1 % des ménages dont la PR a moins de 30 ans ; DENSCOMMERCES – densité des commerces ; TAUXMENPRAGE4 - % des ménages dont la PR a entre 60 et 75 ans ; TAUXMENTAILLE2 - % des ménages de 2 personnes ; TAUXMENPRAGE2 - % des ménages dont la PR a entre 30 et 45 ans ; DENSEMPLOIS – densité des emplois ; TAUXMENREV1 - % des ménages à bas revenu ; TAUXMENREV2 - % des ménages à haut revenu ; PRIXMOYM2IMM COLANC – prix moyen au m2 de l'immobilier collectif ancien ; TAUXMEENF3 - % des ménages avec 3 enfants ou plus.

Source : Traitement SPSS

Les variables retenues dans l'analyse par l'application de la méthode pas à pas sont : le temps d'accès au centre en VP, la densité des commerces, la distribution des ménages selon l'âge de la personne de référence, la taille des ménages, le nombre d'enfants, le nombre de VP et le revenu (tableau n° 57).

On constate qu'il existe une corrélation positive entre la première fonction discriminante et les variables taux des ménages avec 2 VP, temps d'accès au centre en VP, taux des ménages dont la personne de référence a l'âge 3 (45 – 60 ans) et 4 (plus de 60 ans), et taux des ménages avec 3 enfants ou plus, et une corrélation négative avec taux des ménages de taille 1 (1 personne), taux des ménages sans VP, taux des ménages dont la personne de référence a l'âge 1 (moins de 30 ans), densité de commerces et taux des ménages pauvres (revenu inférieur à la moyenne).

Tableau n°58 : Valeurs des fonctions discriminantes dans les centroides des classes

Fonctions aux barycentres des groupes

DENSPOP	Fonction		
	1	2	3
<200	3,731	-,561	-,300
200-2250	1,525	,548	,585
2250-10000	-1,234	,604	-,419
>10000	-2,427	-,616	,171

Fonctions discriminantes canoniques non standardisées évaluées aux moyennes des groupes

Source : Traitement SPSS

Un ménage caractérisé par un accès réduit à la VP (sans VP), une personne de référence de moins de 30 ans (âge 1), un nombre réduit d'enfants, une taille réduite (1 personne) et un faible revenu, aura une probabilité plus élevée de se localiser dans un IRIS à forte densité de population, caractérisé par une meilleure accessibilité au centre et une densité élevée de commerces (et réciproquement) (tableau n° 58).

Tableau n°59 : Validation du modèle

Résultats du classement^a

		Classe(s) d'affectation prévue(s)				Total	
DENSPOP		<200	200-2250	2250-10000	>10000		
Original	Effectif	<200	153	21	5	3	182
		200-2250	31	91	23	4	149
		2250-10000	0	16	139	29	184
		>10000	0	0	52	142	194
%		<200	84,1	11,5	2,7	1,6	100,0
		200-2250	20,8	61,1	15,4	2,7	100,0
		2250-10000	,0	8,7	75,5	15,8	100,0
		>10000	,0	,0	26,8	73,2	100,0

a. 74,0% des observations originales classées correctement.

Source : Traitement SPSS

La qualité prédictive du modèle est bonne, avec un pourcentage d'observations correctement classées de 74% (tableau n° 59).

La partition des IRIS en 5 classes

Tableau n°60 : Valeurs propres des fonctions discriminantes

Valeurs propres

Fonction	Valeur propre	% de la variance	% cumulé	Corrélation canonique
1	1,254 ^a	90,6	90,6	,746
2	,115 ^a	8,3	98,9	,321
3	,009 ^a	,6	99,5	,093
4	,006 ^a	,5	100,0	,080

a. Les 4 premières fonctions discriminantes canoniques ont été utilisées pour l'analyse.

Source : Traitement SPSS

On doit interpréter, comme dans le cas précédent, la première fonction discriminante (tableau n° 60).

Tableau n°61 : Corrélations entre les variables et les fonctions discriminantes

Matrice de structure

	Fonction			
	1	2	3	4
TAUXMEN0VP	,825*	-,197	,291	,264
TAUXMENTAILLE1	,741*	-,157	-,011	,165
TAUXMEN2_VP	-,724*	,548	,047	-,356
TAUXMENTAILLE3	-,688*	,267	,103	-,200
TAUXMENPRAGE3	-,674*	-,146	-,189	-,040
TAUXMENPRAGE1	,635*	,214	,344	-,118
DENSCOMMERCES	,624*	,578	-,416	,144
TPSCTRVP	-,584*	,493	,259	,174
TAUXMENPROP	-,493*	,295	-,098	-,304
TAUXMENLOC	,493*	-,295	,098	,304
TAUXMEENF2 ^a	-,378*	,191	,134	-,159
TAUXMEENF1 ^a	,345*	-,110	-,232	,051
TAUXMENTAILLE4	-,338*	,016	,234	,027
DENSEMPL0IS	,310*	,070	-,121	,017
TAUXMEN1VP	,316	-,734*	-,419	,318
TAUXMENTAILLE2	-,288	-,142	-,481*	-,085
TAUXMENPRAGE4	-,270	-,248	-,434*	,145
TAUXMENPRAGE2	-,060	,162	,290*	-,042
TAUXMEENF3 ^a	-,087	-,058	,203*	,113
TAUXMENREV1	,037	-,249	,467	,777*
TAUXMENREV2	-,037	,249	-,467	-,777*
PRIXMOYM2IMM COLANC	,030	,245	-,116	-,388*

Les corrélations intra-groupes combinés entre variables discriminantes et les variables des fonctions discriminantes canoniques standardisées sont ordonnées par tailles absolues des corrélations à l'intérieur de la fonction.

*. Plus grande corrélation absolue entre chaque variable et une fonction discriminante quelconque.

a. Cette variable n'est pas utilisée dans l'analyse.

Note : TAUXMEN0VP - % des ménages sans VP ; TAUXMENTAILLE1 - % des ménages de 1 personne ; TAUXMEN2_VP - % des ménages avec 2 VP ou plus ; TAUXMENTAILLE3 - % des ménages de 3 ou 4 personnes ; TAUXMENPRAGE3 - % des ménages dont la PR a entre 45 et 60 ans ; TAUXMENPRAGE1 - % des ménages dont la PR a moins de 30 ans ; DENSCOMMERCES – densité des commerces ; TPSCTRVP – temps au centre (VP) ; TAUXMENPROP - % des ménages propriétaires ; TAUXMENLOC - % des ménages locataires ; TAUXMEENF2 - % des ménages avec 1 ou 2 enfants ; TAUXMEENF1 - % des ménages sans enfant ; TAUXMENTAILLE4 - % des ménages de 5 personnes ou plus ; DENSEMPL0IS – densité des emplois ; TAUXMEN1VP % des ménages avec 1 VP ; TAUXMENTAILLE2 - % des ménages de 2 personnes ; TAUXMENPRAGE4 - % des ménages dont la PR a entre 60 et 75 ans ; TAUXMENPRAGE2 - % des ménages dont la PR a entre 30 et 45 ans ; TAUXMEENF3 - % des ménages avec 3 enfants ou plus ; TAUXMENREV1 - % des ménages à bas revenu ; TAUXMENREV2 - % des ménages à haut revenu ; PRIXMOYM2IMM COLANC – prix moyen au m2 de l'immobilier collectif ancien.

Source : Traitement SPSS

Cette fois, le modèle n'a retenu que 6 variables : la densité de commerces, les taux de ménages dont la personne de référence a l'âge 1 (moins de 30 ans) et 4 (plus de 60 ans), les taux de ménages sans VP et avec 2 VP ou plus et le taux des ménages riches (revenu supérieur à la moyenne) (tableau n° 61).

Tableau n°62 : Valeurs des fonctions discriminantes dans les centroides des classes

Fonctions aux barycentres des groupes

DENSPOP	Fonction			
	1	2	3	4
0-10000	-,688	,067	,001	-,003
10000-20000	1,242	-,498	,019	,060
20000-30000	2,142	,210	-,125	-,208
30000-40000	3,313	1,639	-,031	,314
40000-50000	3,504	,957	1,477	-,386

Fonctions discriminantes canoniques non standardisées évaluées aux moyennes des groupes

Source : Traitement SPSS

La nature des corrélations entre les variables est la même que dans le cas précédent (tableau n° 62).

Tableau n°63 : Validation du modèle

Résultats du classement^a

		DENSPOP	Classe(s) d'affectation prévue(s)					Total
			0-10000	10000-20000	20000-30000	30000-40000	40000-50000	
Original	Effectif	0-10000	480	38	1	0	2	521
		10000-20000	51	74	6	5	0	136
		20000-30000	3	28	5	7	1	44
		30000-40000	0	1	2	6	3	12
		40000-50000	0	0	1	0	1	2
		%	0-10000	92,1	7,3	,2	,0	,4	100,0
		10000-20000	37,5	54,4	4,4	3,7	,0	100,0
		20000-30000	6,8	63,6	11,4	15,9	2,3	100,0
		30000-40000	,0	8,3	16,7	50,0	25,0	100,0
		40000-50000	,0	,0	50,0	,0	50,0	100,0

a. 79,2% des observations originales classées correctement.

Source : Traitement SPSS

La qualité prédictive du modèle est à peu près la même que pour le cas précédent, avec 79,2% des observations correctement classées (tableau n° 63).

L'analyse agrégée que l'on a menée lors de cette section confirme l'hypothèse de l'existence de corrélations entre les caractéristiques qui décrivent le profil des IRIS, dont la variable discriminante essentielle est la densité de la population (un indicateur du degré d'urbanisation inversement corrélé avec l'accessibilité aux différentes opportunités de l'espace urbain), et les caractéristiques décrivant le profil des ménages résidants (notamment le revenu), relations qui vont être prises en compte de manière plus fine dans les modèles désagrégés qui seront estimés dans la dernière section du chapitre.

5.3. ANALYSE DES COMPORTEMENTS DE LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES DE L'AIRE URBAINE DE LYON

Avant de passer à la construction du modèle de localisation résidentielle, on va effectuer une étude des comportements des différentes catégories de ménages en termes de choix de localisation. L'analyse des tableaux croisés va nous aider à mettre en évidence de façon plus explicite, variable par variable (pour les variables de profil des ménages), ces comportements de localisation.

On a vu dans la section précédente de ce chapitre que la densité de population est un bon indicateur pour apprécier le degré d'urbanisation ou de développement urbain des différentes zones de l'aire urbaine. On a donc conclu qu'on pourra l'utiliser dans le modèle, sous une forme catégorielle, pour décrire la localisation (les différentes catégories de cette variable sont les alternatives possibles à choisir par les ménages pour se localiser, en faisant l'hypothèse qu'un ménage, au moment de son choix, ne s'intéresse pas forcément à un IRIS ou autre, mais plutôt à une forme urbaine, un niveau de développement urbain). On a retenu la typologie en quatre classes d'IRIS, en fonction de la densité de la population correspondante (voir dernière sous-section de la section précédente).

L'accessibilité aux services urbains a été identifiée comme l'un des principaux facteurs discriminants entre les différents types de zones, susceptibles d'orienter les choix des ménages en matière de localisation résidentielle. Il apparaît donc nécessaire, dans notre tentative de modéliser les choix résidentiels des ménages, d'accorder une attention particulière à cette notion.

5.3.1. Choix des mesures d'accessibilité et construction d'un indicateur agrégé (synthétique) d'accessibilité

Lorsqu'on traite de l'interface transport-urbanisme, de l'impact du système de déplacements sur l'urbanisation, on trouve dans le cœur de cette relation le concept d'accessibilité.

On a pu constater (voir premier chapitre) la complexité de la notion d'accessibilité, à laquelle correspond une multitude de mesures et d'indicateurs d'accessibilité. Ainsi, on a calculé (voir troisième chapitre) des mesures d'accessibilité qui diffèrent selon :

- l'approche adoptée : indicateurs simples - comme la distance ou le temps par rapport à une destination, indicateurs isochroniques – le nombre d'opportunités dans un rayon de

distance ou de temps donné, indicateurs gravitaires – fonction directe du volume d’opportunités et inverse d’une mesure de séparation spatiale ;

- les seuils de distance ou de temps considérés (pour les indicateurs isochroniques) ;
- la formulation de la fonction de séparation spatiale (pour les indicateurs gravitaires – $1/d$ ou $1/d^2$) ;
- les différents types d’opportunités à atteindre – le centre, les infrastructures de transport, les activités économiques (emplois), les services commerciaux, les établissements d’enseignement.

Etant donné le nombre très élevé de variables d’accessibilité et le fait que entre celles-ci existent de fortes corrélations (par exemple, entre les variables isochroniques ayant des seuils différents pour la même opportunité, ou entre les variables gravitaires de fonction de séparation spatiale $1/d$ et $1/d^2$ pour la même opportunité), l’objectif est d’en réduire le nombre et de trouver les variables (c’est à dire, les types de mesures, les seuils et les formulations) qui fournissent le maximum d’information sur l’accessibilité aux différentes opportunités des ménages qui se localisent dans chaque IRIS de l’aire urbaine.

Cette réflexion ayant comme objectif le tri des variables à utiliser dans la modélisation va se baser sur une analyse en composantes principales sur toutes les variables d’accessibilité calculées. L’application de cette méthode d’analyse aux données à l’IRIS de l’aire urbaine de Lyon nous a permis d’extraire une composante factorielle qui explique l’essentiel (environ 60%) de l’information (variance) totale des 82 variables initiales considérées (aucune des autres composantes n’explique individuellement plus de 10% de l’information). On a utilisé les coefficients de corrélation entre chacune des variables initiales et cette première composante principale (tableau n° 51 de l’Annexe 3) pour faire le choix des variables à retenir. Ainsi, on a retenu, pour chaque type d’opportunité considérée, la variable d’accessibilité correspondante étant la plus corrélée avec la composante factorielle :

- temps d’accès au centre VP (coefficient de corrélation - 0,888)
- nombre d’arrêts de bus à moins de 1000 m (0,849)
- nombre de stations de métro à moins de 1000 m (0,699)
- nombre d’échangeurs autoroutiers accessibles en moins de 15 min (0,937)
- nombre de gares accessibles en moins de 30 min (0,875)
- indicateur gravitaire d’accessibilité (fonction $1/d$) aux grands commerces (0,979)
- indicateur gravitaire d’accessibilité (fonction $1/d$) aux établissements d’enseignement secondaire (0,979)
- indicateur gravitaire d’accessibilité (fonction $1/d$) aux emplois (0,978)

- indicateur gravitaire d'accessibilité (fonction $1/d$) aux emplois du secteur tertiaire (0,980)

Ce sont donc ces neuf variables mesurant l'accessibilité aux différentes opportunités de la ville, qui sont d'ailleurs très corrélées avec la composante factorielle (on observe quant même des corrélations relativement moins élevées pour des variables comme le nombre de stations de métro à moins de 1000 m, nombre d'arrêts de bus à moins de 1000 m ou nombre de gares accessibles en moins de 30 min), les variables les plus susceptibles d'influencer les choix de localisation résidentielle des ménages, que l'on va utiliser dans la modélisation de ces choix. L'hypothèse sous-jacente que l'on fait est que les ménages vont choisir de se localiser dans une zone en tenant compte de l'accessibilité aux différentes opportunités.

Etant donné le fait que les neuf variables d'accessibilité retenues sont fortement corrélées avec la composante factorielle, et donc aussi entre elles, on pourrait synthétiser l'information que ce groupe de variables apportent, en essayant de construire un indicateur agrégé d'accessibilité. A cette fin, on va utiliser de nouveau l'analyse en composantes principales, qui est une méthode adéquate pour atteindre cet objectif, mais cette fois appliquée aux neuf variables retenues antérieurement. Cela va nous permettre de construire un indicateur global, qui a l'avantage d'exprimer par un seul indicateur l'accès à l'ensemble des opportunités qui sont visées dans les variables considérées, indicateur qu'on pourra utiliser dans la modélisation comme alternative au paquet des variables d'accessibilité à partir desquelles il a été obtenu.

L'application de l'ACP a confirmé nos attentes, dans le sens où on a obtenu une première composante qui synthétise presque toute l'information qu'on obtiendrait si on utilisait les neuf variables initiales (85% de la variance globale est expliquée par cette composante). Cette composante, qui est en fait une combinaison linéaire des variables initiales, sera considérée comme notre indicateur synthétique d'accessibilité.

Le tableau n° 64 montre que toutes les variables initiales sont fortement corrélées avec cette composante – indicateur synthétique (à l'exception des variables nombre de stations de métro à moins de 1000 m, nombre d'arrêts de bus à moins de 1000 m et nombre de gares accessibles en moins de 30 min, toutes les autres variables ont des coefficients de corrélation supérieurs à 0,9), donc elles sont très bien représentées par l'indicateur synthétique.

Tableau n°64 : Coefficients de corrélation entre les variables d'accessibilité et l'indicateur agrégé

Matrice des composantes^a

	Composante
	1
Temps d'accès au centre en VP	-,911
Nombre d'échangeurs autoroutiers accessibles en moins de 15 min	,944
Nombre d'arrêts de bus à moins de 1000 m	,855
Nombre de stations de métro à moins de 1000 m	,704
Nombre de gares accessibles en moins de 30 min	,894
Accessibilité gravitaire grands commerces (1/d)	,983
Accessibilité gravitaire établissements secondaires (1/d)	,983
Accessibilité gravitaire emplois (1/d)	,987
Accessibilité gravitaire emplois tertiaires (1/d)	,988

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

a. 1 composantes extraites.

Source : Traitement SPSS

Avec les coefficients présentés dans le tableau n° 65, on peut écrire la formule de calcul de notre indicateur synthétique :

$$\begin{aligned} \text{INDSYNACC} = & -0,119 * \text{TEMPSCENTRE} + 0,124 * \text{NBECH15MIN} + \\ & 0,112 * \text{NBARBUS1000M} + 0,092 * \text{NBSTMETRO1000M} + 0,117 * \text{NBGARES30MIN} + \\ & 0,129 * \text{ACCGRGRCOM} + 0,129 * \text{ACCGRETSEC} + 0,129 * \text{ACCGREMPL} + \\ & 0,130 * \text{ACCGREMPLTERT} \end{aligned}$$

En utilisant cette équation, on va calculer les valeurs de l'indicateur synthétique pour chacune des unités statistiques (IRIS). Une valeur élevée de cet indicateur pour un IRIS signifie un temps réduit d'accès au centre et un accès facile à chacune des opportunités désirées, donc une bonne accessibilité globale pour les ménages qui se localisent dans cet IRIS.

Tableau n°65 : Coefficients de l'équation linéaire de l'indicateur agrégé d'accessibilité

Matrice des coefficients des coordonnées des composantes

	Composante
	1
Temps d'accès au centre en VP	-,119
Nombre d'échangeurs autoroutiers accessibles en moins de 15 min	,124
Nombre d'arrêts de bus à moins de 1000 m	,112
Nombre de stations de métro à moins de 1000 m	,092
Nombre de gares accessibles en moins de 30 min	,117
Accessibilité gravitaire grands commerces (1/d)	,129
Accessibilité gravitaire établissements secondaires (1/d)	,129
Accessibilité gravitaire emplois (1/d)	,129
Accessibilité gravitaire emplois tertiaires (1/d)	,130

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

Scores composante.

Source : Traitement SPSS

On a choisi de construire un seul indicateur agrégé qui synthétise l'information sur l'accessibilité au niveau du périmètre de l'aire urbaine de Lyon, mais il faut spécifier que la décomposition de cet indicateur en deux ou trois composantes serait possible, même préférable dans le cas où on estimerait le modèle pour des zones plus restreintes que l'aire urbaine.

Il faut mentionner que nous n'avons pas utilisé des indicateurs d'accessibilité de type Koenig, qu'on retrouve souvent dans la littérature, en raison du fait que ces indicateurs n'étaient pas calculés par le modèle transport de SIMBAD au moment où nous avons effectué les estimations du modèle de localisation des ménages.

5.3.2. Les choix de localisation des ménages

Maintenant, une analyse plus fine du comportement de localisation des ménages va être menée, en s'appuyant sur les données désagrégées (au niveau du ménage) du RGP de 1999 (les données exhaustives, contenant les 662 249 ménages de l'aire urbaine de Lyon).

La question qu'on se pose est de savoir qui se localise où, ou plus explicitement, pour chaque type de ménage défini en fonction de son profil, quel est le type d'IRIS, également défini en fonction de ses caractéristiques physiques, où il va se localiser. La mise en relation de ces deux groupes de caractéristiques décrivant le profil des ménages et celui des zones IRIS, fait ressortir, en fait, les préférences des différents types de ménages pour les différents types d'IRIS ou alternatives de choix de localisation.

D'abord, on va décrire le profil des quatre types d'IRIS (qui seront considérés comme alternatives possibles de localisation dans le modèle), défini en fonction des caractéristiques des IRIS (occupation du sol, accessibilités, prix immobilier) susceptibles d'être retenues dans la formulation du modèle (tableau n° 66). Ainsi, allant en ordre croissant de la première à la dernière (quatrième) catégorie d'IRIS (c'est-à-dire, avec l'augmentation de la densité de la population), on retrouve : une réduction du temps nécessaire pour aller au centre (une amélioration de l'accessibilité au centre), une forte augmentation de l'accessibilité aux infrastructures de transport (surtout au réseau de transport collectif, mais aussi au réseau autoroutier et aux gares ferroviaires), une amélioration de l'accessibilité aux différentes opportunités (commerces, établissements d'études, activités économiques (emplois), services (emplois tertiaires)), une augmentation du taux de surface d'habitat (exprimant une croissance de l'accès à la population ou une intensification des relations sociales), qui vont ensemble avec l'augmentation du niveau des prix immobiliers (à un niveau plus élevé de l'accessibilité correspond, logiquement, un niveau plus élevé du prix des logements). Les valeurs de l'indicateur global d'accessibilité augmentent (passant des valeurs négatives à des valeurs positives) avec l'augmentation de la densité.

Tableau n°66 : Les profils moyens des 4 types d'IRIS

Type d'IRIS – densité de population (hab./km ²)	< 200	200 - 2250	2250 - 10000	> 10000
Temps d'accès au centre en VP	36,97	23,59	12,39	7,16
Taux de surface d'habitat	0,07	0,27	0,49	0,42
Nombre d'échangeurs autoroutiers accessibles en moins de 15 min	9,75	26,22	72,55	98,53
Nombre d'arrêts de bus à moins de 1000 m	1,08	3,68	7,91	16,25
Nombre de stations de métro à moins de 1000 m	0,04	0,01	0,24	1,11
Nombre de gares accessibles en moins de 30 min	12,69	23,48	33,53	38,52
Accessibilité gravitaire aux grands commerces	169,72	264,59	478,14	735,69
Accessibilité gravitaire aux établissements secondaires	12,43	20,79	39,65	57,83
Accessibilité gravitaire aux emplois	25527,56	41305,21	73051,33	102004,58
Accessibilité gravitaire aux emplois tertiaires	19662,98	32020,57	57587,08	81469,30
Prix moyen au m ² de l'immobilier collectif ancien	660,38	850,00	885,55	900,40
Indicateur d'accessibilité agrégé	-0,97	-0,48	0,33	1,12

Source : Traitement SPSS

Maintenant, on va analyser le comportement de localisation des ménages en fonction de chacune des variables décrivant leur profil. On va donc essayer d'établir une correspondance entre les différentes caractéristiques des ménages et les variables de profil des IRIS, correspondance qui exprime de quelle façon les caractéristiques des ménages influencent leurs choix en matière de localisation résidentielle.

Tableau n°67 : Localisation des ménages en fonction de l'âge de la personne de référence

Tableau croisé Type d'IRIS - densité de la population * Âge de la PR

% dans Type d'IRIS - densité de la population

	Âge de la PR					Total
	<30	30-45	45-60	60-75	>75	
Type d'IRIS - densité faible	6,0%	34,9%	31,3%	18,7%	9,2%	100,0%
Type d'IRIS - densité moyenne	7,4%	31,8%	32,7%	19,5%	8,7%	100,0%
Type d'IRIS - densité élevée	12,2%	29,2%	26,7%	19,9%	12,0%	100,0%
Type d'IRIS - densité très élevée	22,4%	28,2%	22,0%	15,9%	11,5%	100,0%
Total	14,1%	30,1%	27,0%	18,2%	10,7%	100,0%

Source : Traitement données RGP 1999

Tableau n°68 : Corrélation âge de la personne de référence – densité de la population

Mesures symétriques

		Valeur	Erreur standard asymptotique ^a	T approximé ^b	Signification approximée
Nominal par Nominal	Coefficient de contingence	,204			,000
Ordinal par Ordinal	Tau-B de Kendall	-,078	,001	-76,473	,000
	Corrélation de Spearman	-,095	,001	-77,402	,000 ^c
Intervalle par Intervalle	R de Pearson	-,081	,001	-65,975	,000 ^c
Nombre d'observations valides		662249			

a. L'hypothèse nulle n'est pas considérée.

b. Utilisation de l'erreur standard asymptotique dans l'hypothèse nulle.

c. Basé sur une approximation normale.

Source : Traitement données RGP 1999

Le tableau n° 67 montre qu'il y a un impact de la variable âge de la personne de référence sur la décision de localisation résidentielle des ménages, et le tableau n° 68 confirme que la relation est significative. Les ménages jeunes (de moins de 30 ans) se localisent plus dans des zones à densité élevée de population, c'est-à-dire, dans des zones plus proches du centre. Cela s'explique par le fait que ces ménages cherchent à se localiser dans des zones qui offrent une bonne accessibilité au centre, qui est le pôle d'emploi principal, et aux autres pôles emploi, conjugué au fait que leur revenu, qui est généralement plus réduit que celui des autres catégories de ménages, leur permet un moindre accès à la voiture et à la propriété. Ils seront donc obligés à s'installer plus proche du centre, dans les zones plus densifiées, où la desserte en transport collectif est également meilleure et le statut de locataire est prédominant.

Tableau n°69 : Localisation des ménages en fonction du revenu

Tableau croisé Type d'IRIS - densité de la population * Classe de revenu

% dans Type d'IRIS - densité de la population

		Classe de revenu			Total
		1	2	3	
Type d'IRIS - densité de la population	densité faible	9,7%	60,5%	29,9%	100,0%
	densité moyenne	12,1%	60,6%	27,3%	100,0%
	densité élevée	18,7%	60,5%	20,9%	100,0%
	densité très élevée	24,2%	59,0%	16,8%	100,0%
Total		18,1%	59,9%	21,9%	100,0%

Source : Traitement données RGP 1999

Tableau n°70 : Corrélation revenu – densité de la population

Mesures symétriques

		Valeur	Erreur standard asymptotique ^a	T approximé ^b	Signification approximée
Nominal par Nominal	Coefficient de contingence	,163			,000
Ordinal par Ordinal	Tau-B de Kendall	-,143	,001	-134,443	,000
	Corrélation de Spearman	-,161	,001	-133,056	,000 ^c
Intervalle par Intervalle	R de Pearson	-,161	,001	-133,004	,000 ^c
Nombre d'observations valides		662249			

a. L'hypothèse nulle n'est pas considérée.

b. Utilisation de l'erreur standard asymptotique dans l'hypothèse nulle.

c. Basé sur une approximation normale.

Source : Traitement données RGP 1999

Le revenu des ménages est une variable qui a certainement une influence sur leurs décisions de localisation. Les tableaux n° 69 et 70 confirment ce fait. Ainsi, on peut observer un accroissement du poids des ménages à haut revenu et une diminution de poids des ménages à bas revenu au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre. L'explication d'un tel comportement de localisation des ménages réside dans la logique suivante : les ménages ont une préférence de se localiser dans des zones moins densifiées, donc plus lointaines par rapport au centre ; si leur situation économique (revenus) leur permet de se procurer un logement ayant une superficie plus grande (de préférence, une maison individuelle) et de posséder un ou plusieurs véhicules, ils pourront s'installer dans une telle zone (où la superficie des logements et la proportion des maisons est plus élevée); dans le cas contraire, ils sont beaucoup plus sensibles à la desserte en transport collectif, qui est de meilleure qualité dans les zones centrales, ce qui les oblige à se localiser plus proche du centre (où, même si le prix au m² de l'immobilier est relativement plus élevé, ce fait est compensé par les dimensions plus réduites des logements).

Tableau n°71 : Localisation des ménages en fonction du nombre de VP possédés

Tableau croisé Type d'IRIS - densité de la population * Nombre de VP du ménage

% dans Type d'IRIS - densité de la population

		Nombre de VP du ménage			Total
		0	1	2 ou plus	
Type d'IRIS - densité de la population	densité faible	7,1%	37,0%	55,9%	100,0%
	densité moyenne	9,4%	42,2%	48,4%	100,0%
	densité élevée	21,3%	52,5%	26,2%	100,0%
	densité très élevée	34,1%	51,3%	14,5%	100,0%
Total		21,6%	47,9%	30,5%	100,0%

Source : Traitement données RGP 1999

Tableau n°72 : Corrélation nombre de VP – densité de la population

Mesures symétriques

		Valeur	Erreur standard asymptotique ^a	T approximé ^b	Signification approximée
Nominal par Nominal	Coefficient de contingence	,351			,000
Ordinal par Ordinal	Tau-B de Kendall	-,322	,001	-329,378	,000
	Corrélation de Spearman	-,365	,001	-319,128	,000 ^c
Intervalle par Intervalle	R de Pearson	-,361	,001	-315,054	,000 ^c
Nombre d'observations valides		662249			

a. L'hypothèse nulle n'est pas considérée.

b. Utilisation de l'erreur standard asymptotique dans l'hypothèse nulle.

c. Basé sur une approximation normale.

Source : Traitement données RGP 1999

Les tableaux n° 71 et 72 confirment que la distribution dans le territoire des ménages en fonction du nombre de VP possédés n'est pas uniforme. On observe que le fait de posséder un ou plusieurs véhicules est associé à une probabilité plus élevée de se localiser loin du centre, dans des zones à densité plus faible. Cette tendance s'explique notamment par le fait que la localisation des ménages à la périphérie (deuxième couronne) de l'aire urbaine est conditionnée par le revenu, qui permet l'accès à la voiture. Le désir de se localiser de plus en plus loin du centre de l'agglomération alimente cette tendance, qui se matérialise par le phénomène d'étalement urbain et qui est associée à la croissance de la motorisation des ménages. Toutefois, en ce qui concerne l'existence d'un lien de causalité entre le taux de motorisation et le choix de localisation des ménages, il y a un point d'interrogation important, dans le sens où on considère que c'est plutôt la variable revenu qui oriente une décision de

localisation plus ou moins lointaine par rapport au centre, et non pas le nombre de VP possédées par le ménage au moment du déménagement.

Tableau n°73 : Localisation des ménages en fonction du statut d'occupation du logement

Tableau croisé Type d'IRIS - densité de la population * Statut d'occupation du logement

% dans Type d'IRIS - densité de la population

	Statut d'occupation du logement		Total
	propriétaire	locataire	
Type d'IRIS - densité faible	80,8%	19,2%	100,0%
densité moyenne	69,5%	30,5%	100,0%
densité élevée	48,3%	51,7%	100,0%
densité très élevée	35,5%	64,5%	100,0%
Total	52,4%	47,6%	100,0%

Source : Traitement données RGP 1999

Tableau n°74 : Corrélation statut d'occupation du logement – densité de la population

Mesures symétriques

		Valeur	Erreur standard asymptotique ^a	T approximé ^b	Signification approximée
Nominal par Nominal	Coefficient de contingence	,310			,000
Ordinal par Ordinal	Tau-B de Kendall	,296	,001	281,302	,000
	Corrélation de Spearman	,321	,001	273,014	,000 ^c
Intervalle par Intervalle	R de Pearson	,323	,001	274,649	,000 ^c
Nombre d'observations valides		647756			

a. L'hypothèse nulle n'est pas considérée.

b. Utilisation de l'erreur standard asymptotique dans l'hypothèse nulle.

c. Basé sur une approximation normale.

Source : Traitement données RGP 1999

Entre le revenu et le statut d'occupation du logement des ménages existe une corrélation évidente : avec l'augmentation du revenu, la probabilité d'être propriétaire de son logement s'accroît. La variable causale dans ce cas est le revenu (c'est bien le revenu qui explique le statut d'occupation). Par conséquent, les ménages plus aisés qui ont plus de chances de se localiser dans les zones moins densifiées, ont également plus de possibilités d'être propriétaires de leur logement, ce qui explique l'association entre le statut d'occupation

propriétaire et la faible densité de la population dans la zone, que l'on observe aussi dans les tableaux n° 73 et 74.

Tableau n°75 : Localisation des ménages en fonction de leur taille

Tableau croisé Type d'IRIS - densité de la population * Taille du ménage

% dans Type d'IRIS - densité de la population

	Taille du ménage				Total
	1	2	3 ou 4	5 ou plus	
Type d'IRIS - densité faible	17,4%	29,8%	40,7%	12,1%	100,0%
densité de la population moyenne	19,7%	29,9%	38,2%	12,3%	100,0%
densité élevée	33,6%	30,1%	28,0%	8,2%	100,0%
densité très élevée	44,5%	27,8%	21,3%	6,4%	100,0%
Total	32,5%	29,2%	29,4%	9,0%	100,0%

Source : Traitement données RGP 1999

Tableau n°76 : Corrélation taille du ménage – densité de la population

Mesures symétriques

		Valeur	Erreur standard asymptotique ^a	T approximé ^b	Signification approximée
Nominal par Nominal	Coefficient de contingence	,243			,000
Ordinal par Ordinal	Tau-B de Kendall	-,206	,001	-205,341	,000
	Corrélation de Spearman	-,241	,001	-201,773	,000 ^c
Intervalle par Intervalle	R de Pearson	-,232	,001	-194,413	,000 ^c
Nombre d'observations valides		662249			

a. L'hypothèse nulle n'est pas considérée.

b. Utilisation de l'erreur standard asymptotique dans l'hypothèse nulle.

c. Basé sur une approximation normale.

Source : Traitement données RGP 1999

Si on regarde les tableaux n° 75 et 76, on constate qu'il existe un lien entre cette variable et le type d'IRIS de localisation, dans le sens où il y a une légère tendance d'installation des ménages de taille plus réduite dans les zones plus centrales. Cependant, même s'il existe un lien, on a des raisons pour décider de ne pas introduire cette variable parmi les facteurs explicatifs du modèle, en faisant l'hypothèse que la relation de causalité entre le nombre de personnes et la décision d'un ménage de se localiser dans une zone ou autre est incertaine : on peut considérer que ce n'est pas la taille du ménage qui va le déterminer à se localiser dans telle ou telle zone. En plus, il y a une corrélation entre cette variable et d'autres variables pour lesquelles la causalité est plus évidente, comme l'association entre les ménages de taille

réduite (1 ou 2 membres) et les ménages jeunes, qui n'ont généralement pas d'enfants, et dont on a vu que se localisent plus proche du centre.

Tableau n°77 : Localisation des ménages en fonction du nombre d'actifs occupés

Tableau croisé Type d'IRIS - densité de la population * Nombre d'actifs du ménage

% dans Type d'IRIS - densité de la population

		Nombre d'actifs du ménage			Total
		0	1	2 ou plus	
Type d'IRIS - densité de la population	densité faible	22,7%	25,6%	51,7%	100,0%
	densité moyenne	23,4%	29,1%	47,5%	100,0%
	densité élevée	30,4%	34,4%	35,3%	100,0%
	densité très élevée	33,6%	38,0%	28,4%	100,0%
Total		29,0%	33,5%	37,5%	100,0%

Source : Traitement données RGP 1999

Tableau n°78 : Corrélation nombre d'actifs du ménage – densité de la population

Mesures symétriques

		Valeur	Erreur standard asymptotique ^a	T approximé ^b	Signification approximée
Nominal par Nominal	Coefficient de contingence	,179			,000
Ordinal par Ordinal	Tau-B de Kendall	-,142	,001	-134,414	,000
	Corrélation de Spearman	-,163	,001	-134,359	,000 ^c
Intervalle par Intervalle	R de Pearson	-,160	,001	-131,826	,000 ^c
Nombre d'observations valides		662249			

a. L'hypothèse nulle n'est pas considérée.

b. Utilisation de l'erreur standard asymptotique dans l'hypothèse nulle.

c. Basé sur une approximation normale.

Source : Traitement données RGP 1999

Les tableaux n° 77 et 78 nous montrent qu'il y a une relation entre le nombre d'actifs du ménage et la densité de l'IRIS où se localise le ménage. La proportion des ménages ayant 2 actifs ou plus est plus élevée dans les zones moins densifiées, ce qui peut être associé au fait que les ménages plus aisés (qui correspondent généralement aux ménages ayant un nombre plus élevé d'actifs dans leur composition) ont tendance à se localiser dans des zones à densité plus faible.

L'accessibilité aux différentes opportunités est l'un des facteurs essentiels qui orientent les décisions de localisation des ménages dans des zones plus ou moins densifiées (urbanisées) de l'aire urbaine. On a vu qu'il est possible de mesurer l'accessibilité aux différentes opportunités à travers plusieurs indicateurs spécifiques, mais aussi par un seul indicateur agrégé (sous la forme d'une composante factorielle), qui synthétise l'information fournie par les indicateurs retenus initialement. En ce qui concerne les caractéristiques de profil des ménages qui structurent ce type de choix, on retient toujours le rôle important de la variable revenu (les ménages à haut revenu ont tendance à s'installer dans les zones moins densifiées et réciproquement), mais on constate aussi l'effet de l'âge sur le choix de la localisation (dans le sens où le fait d'être jeune favorise la localisation dans une zone plus centrale de l'espace urbain).

5.4. MODELISATION DU CHOIX DE LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES

Les ménages qui décident de changer de résidence (déterminés par le modèle décrit dans le chapitre précédent), mais aussi les ménages qui entrent dans l'aire urbaine de Lyon provenant de l'extérieur de ce territoire ou les nouveaux ménages qui apparaissent dans l'aire urbaine, doivent faire un choix concernant leur future localisation (zone) à l'intérieur de ce territoire.

Dans cette section, on va proposer une modélisation de ces choix de localisation des ménages dans l'aire urbaine de Lyon. On va se contenter d'une modélisation statique, en se basant sur le comportement de localisation des ménages au niveau de l'année 1999, que l'on va supposer stable (l'aspect dynamique sera pris en compte dans le modèle global (SIMBAD) par l'introduction des scénarios d'évolution de la structure de la population et par les effets de l'évolution et du développement des zones et des infrastructures sur la localisation des ménages).

Pour cela, on va utiliser les données du RGP 1999, plus précisément une population synthétique des ménages dont on connaît, parmi d'autres caractéristiques, la localisation au niveau de l'IRIS.

Nous présentons uniquement la formulation que l'on a retenue pour notre modèle (sachant qu'on a testé plusieurs formulations possibles selon les variables qu'on pourrait introduire dans les équations du modèle, en utilisant pour la sélection des critères statistiques comme le niveau de signification des coefficients et la qualité prédictive des modèles (R-deux ou pourcentage des unités correctement classées) et la logique comportementale issue de l'analyse bibliographique (cherchant qu'il existe la correspondance entre les signes des coefficients obtenus et ce qui est préconisé par la littérature)).

5.4.1. Spécification du modèle

Comme dans le cas du modèle de mobilité résidentielle, nous utilisons une formulation logit issue de la technique des choix discrets pour modéliser la localisation des ménages, mais cette fois, il s'agit du logit multinomial, parce qu'on a plusieurs alternatives de choix (types d'IRIS de localisation). En fait, par cette méthode, nous mettons en évidence le lien entre le profil d'un ménage/type de ménage et le profil de l'IRIS/type d'IRIS, qui traduit son choix de

localisation. Le modèle va prévoir le type d'IRIS où va se localiser chaque type de ménage en fonction de ses caractéristiques socio-démo-économiques, sachant qu'on a considéré la typologie en quatre classes d'IRIS en fonction de la densité de population correspondante, et que l'affectation des ménages à l'IRIS à l'intérieur de chaque type d'IRIS se fait de façon aléatoire.

Suite aux différents tests effectués sur les variables susceptibles d'entrer dans l'équation du modèle (qui ont été retenues en se rapportant aux suggestions de l'étude bibliographique et des analyses statistiques précédentes), on a fait une sélection des caractéristiques des ménages et des IRIS dont l'influence sur les choix de localisation des ménages s'est avérée significative. Ainsi, parmi les variables de profil des ménages, on a retenu l'âge de la personne de référence (en cinq classes : 1 – moins de 30 ans, 2 – 30 à 45 ans, 3 – 45 à 60 ans, 4 – 60 à 75 ans, 5 – plus de 75 ans) et le revenu par u.c. (en trois classes, définies en fonction des quantiles : 1 – centiles 0 à 20, 2 – centiles 20 à 80, 3 – centiles 80 à 100). Comme caractéristiques des zones IRIS, le modèle a retenu le taux de surface d'habitat, le prix immobilier et plusieurs variables d'accessibilité : le temps d'accès au centre en VP, le nombre de stations de métro à moins de 1000 m, le nombre d'échangeurs autoroutiers accessibles en moins de 15 min et les indicateurs gravitaires d'accessibilité aux grands commerces, aux établissements d'études secondaires et aux emplois.

La mise en relation, dans le modèle, entre ces deux groupes de caractéristiques décrivant le profil des ménages et celui des zones IRIS, traduit, en fait, les préférences des différents types de ménages pour les différents types d'IRIS ou alternatives de choix de localisation.

5.4.2. Estimation du modèle

On a estimé, par la méthode du maximum de vraisemblance, les paramètres du modèle, qui seront utilisés pour calculer la probabilité pour chaque type de ménage de se localiser dans tel ou tel type d'IRIS.

Les valeurs estimées des coefficients sont présentées dans le tableau n° 79.

Tableau n°79 : Coefficients estimés du modèle de choix de localisation résidentielle

Estimations des paramètres

Type d'IRIS - densité de la population ^a	B	Erreur std.	Wald	degrés de liberté	Signif.	Exp(B)	Intervalle de confiance 95% pour Exp(B)	
							Borne inférieure	Borne supérieure
densité faible	Constante	3,913	,430	82,691	1	,000		
	TSHABITAT	-40,052	,661	3672,797	1	,000	4,03E-018	1,10E-018 1,47E-017
	TPSCTRVP	,288	,010	882,579	1	,000	1,334	1,308 1,359
	NBECHANGEURS15MIN	-,081	,004	492,901	1	,000	,922	,916 ,929
	nbstmetro1000m	-20,412	,000	.	1	.	1,36E-009	1,36E-009 1,36E-009
	acgrgrcomd	-,011	,000	641,287	1	,000	,989	,988 ,989
	acgretsecd	-,103	,005	353,446	1	,000	,902	,892 ,912
	acgrempld	,000	,000	55,853	1	,000	1,000	1,000 1,000
	prixmoym2immcolancht	,004	,000	378,676	1	,000	1,004	1,004 1,005
	[AGEPR=1]	-1,456	,163	80,131	1	,000	,233	,170 ,321
	[AGEPR=2]	-,148	,125	1,399	1	,237	,862	,674 1,102
	[AGEPR=3]	,074	,126	,340	1	,560	1,077	,840 1,379
	[AGEPR=4]	,353	,135	6,808	1	,009	1,423	1,092 1,854
	[AGEPR=5]	0 ^b	.	.	0	.	.	.
	[REVMENU=1]	-1,178	,117	101,473	1	,000	,308	,245 ,387
	[REVMENU=2]	-,414	,079	27,362	1	,000	,661	,566 ,772
[REVMENU=3]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	
densité moyenne	Constante	-2,771	,256	116,992	1	,000		
	TSHABITAT	-4,835	,083	3374,758	1	,000	,008	,007 ,009
	TPSCTRVP	,277	,008	1254,792	1	,000	1,319	1,299 1,340
	NBECHANGEURS15MIN	-,024	,001	366,632	1	,000	,976	,974 ,978
	nbstmetro1000m	-1,279	,084	231,797	1	,000	,278	,236 ,328
	acgrgrcomd	-,002	,000	109,403	1	,000	,998	,998 ,999
	acgretsecd	-,040	,002	580,686	1	,000	,961	,958 ,964
	acgrempld	,000	,000	346,352	1	,000	1,000	1,000 1,000
	prixmoym2immcolancht	,004	,000	1921,460	1	,000	1,005	1,004 1,005
	[AGEPR=1]	-,497	,094	27,931	1	,000	,608	,506 ,731
	[AGEPR=2]	-,080	,077	1,070	1	,301	,923	,794 1,074
	[AGEPR=3]	,175	,078	5,096	1	,024	1,192	1,023 1,388
	[AGEPR=4]	,204	,082	6,276	1	,012	1,227	1,046 1,440
	[AGEPR=5]	0 ^b	.	.	0	.	.	.
	[REVMENU=1]	-,745	,071	111,042	1	,000	,475	,413 ,545
	[REVMENU=2]	-,254	,054	22,373	1	,000	,776	,698 ,862
[REVMENU=3]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	
densité élevée	Constante	-4,433	,179	613,464	1	,000		
	TSHABITAT	-,541	,041	174,720	1	,000	,582	,537 ,631
	TPSCTRVP	,222	,006	1197,747	1	,000	1,249	1,234 1,265
	NBECHANGEURS15MIN	,002	,001	8,282	1	,004	1,002	1,001 1,004
	nbstmetro1000m	-,328	,019	312,611	1	,000	,721	,695 ,747
	acgrgrcomd	-,001	,000	121,883	1	,000	,999	,999 ,999
	acgretsecd	-,006	,001	40,082	1	,000	,994	,993 ,996
	acgrempld	,000	,000	2637,854	1	,000	1,000	1,000 1,000
	prixmoym2immcolancht	,003	,000	1241,551	1	,000	1,003	1,003 1,003
	[AGEPR=1]	-,241	,052	21,611	1	,000	,786	,710 ,870
	[AGEPR=2]	-,161	,047	11,844	1	,001	,851	,776 ,933
	[AGEPR=3]	-,094	,048	3,791	1	,052	,910	,828 1,001
	[AGEPR=4]	-,019	,050	,142	1	,706	,981	,889 1,083
	[AGEPR=5]	0 ^b	.	.	0	.	.	.
	[REVMENU=1]	-,228	,043	27,598	1	,000	,796	,731 ,867
	[REVMENU=2]	-,052	,036	2,119	1	,145	,949	,885 1,018
[REVMENU=3]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	

a. La modalité de référence est : densité très élevée.

b. Ce paramètre est remis à zéro parce qu'il est superflu.

Note : TSHABITAT – taux de surface d'habitat ; TPSCTRVP – temps au centre (VP) ; NBECHANGEURS15MIN – nombre d'échangeurs à moins de 15 min (VP) ; NBSTMETRO1000M – nombre de stations de métro à moins de 1000 m ; ACGRGRCOMD – accessibilité gravitaire aux grands commerces ; ACGRETSECD – accessibilité gravitaire aux établissements secondaires ; ACGREMPLD – accessibilité gravitaire aux emplois ; PRIXMOYM2IMMCOLANCHT – prix moyen au m2 de l'immobilier collectif ancien ; AGEPR=1 - < 30 ans ; AGEPR=2 – 30-45 ans ; AGEPR=3 – 45-60 ans ; AGEPR=4 – 60-75 ans ; AGEPR=5 - > 75 ans ; REVMENU=1 – revenu bas ; REVMENU=2 – revenu moyen ; REVMENU=3 – revenu haut.

Source : Traitement SPSS

Sur l'ensemble des variables, on observe que les coefficients sont statistiquement significatifs (avec un point d'interrogation pour la variable âge de la PR), ce qui confirme l'hypothèse qu'il existe des différences de comportement de localisation des ménages en fonction de leurs profils (décrits par les variables âge de la PR et revenu). Les signes de ces coefficients, qui indiquent la nature des différences qui existent entre les comportements de choix de localisation des différents types de ménages, confirment les conclusions de l'analyse effectuée dans la section précédente. Ainsi, on retrouve que :

- les ménages jeunes (dont la personne de référence a moins de 30 ans) manifestent une préférence à s'installer dans les zones plus densifiées (pour les autres catégories de ménages en fonction de l'âge de la PR il n'y a pas de préférence évidente pour un type d'IRIS ou un autre (les coefficients correspondants sont en général non significatifs))
- plus le revenu d'un ménage est réduit, plus le ménage respectif trouve utile de se localiser dans une zone dense
- on constate également que les préférences des ménages pour un type d'IRIS ou un autre sont liées aux caractéristiques des IRIS et notamment à l'accessibilité aux différentes opportunités et services (tous les coefficients correspondants à ces variables sont significatifs), ce qui confirme que parmi les facteurs qui influencent le comportement de localisation des ménages on retrouve les accessibilités, et donc, l'hypothèse de l'existence d'un lien entre transport et urbanisme

5.4.3. Validation du modèle

Pour valider le modèle estimé, on a calculé plusieurs statistiques-tests.

Tableau n°80 : Le test du ratio de vraisemblance du modèle

Informations sur l'ajustement du modèle				
Modèle	Critères d'ajustement du modèle	Tests des ratios de vraisemblance		
	-2 log vraisemblance	Khi-deux	degrés de liberté	Signif.
Constante uniquement	148921,377			
Final	61957,734	86963,6	39	,000

Source : Traitement SPSS

Le test du ratio de vraisemblance (tableau n° 80) valide le modèle au niveau global (on rejette l'hypothèse nulle du test, selon laquelle les variables introduites dans l'équation n'ont aucun pouvoir explicatif).

Tableau n°81 : Le test des ratios de vraisemblance des variables du modèle

Tests des ratios de vraisemblance

Effet	Critères d'ajustement du modèle	Tests des ratios de vraisemblance		
	-2 log-vraisemblance du modèle réduit	Khi-deux	degrés de liberté	Signif.
Constante	62375,425 ^a	,000	0	.
TSHABITAT	75403,953	13028,5	3	,000
TPSCTRVP	64039,442	1664,017	3	,000
NBECHANGEURS15MIN	63441,504	1066,079	3	,000
nbstmetro1000m	62986,575	611,150	3	,000
acgrgrcomd	63045,624	670,199	3	,000
acgretsecd	63100,405	724,980	3	,000
acgrempld	65225,507	2850,082	3	,000
prixmoym2immcolancht	64789,776	2414,351	3	,000
AGEPR	62583,814	208,390	12	,000
REVMENUC	62518,374	142,949	6	,000

La statistique Khi-deux est la différence dans les -2 log-vraisemblances entre le modèle final et un modèle réduit. Le modèle réduit est formé en omettant un effet du modèle final. L'hypothèse est nulle si tous les paramètres de cet effet sont égaux à zéro.

a. Ce modèle réduit est équivalent au modèle final car l'omission de l'effet n'augmente pas les degrés de liberté.

Source : Traitement SPSS

Les tests du ratio de vraisemblance calculés pour chaque variable indiquent la significativité de toutes les variables (tableau n° 81).

Tableau n°82 : La qualité d'ajustement du modèle

Qualité d'ajustement

	Khi-deux	degrés de liberté	Signif.
Pearson	409917,2	24699	,000
Déviance	61957,734	24699	,000

Source : Traitement SPSS

Les statistiques de la qualité d'ajustement du modèle sont significatives, indiquant un bon ajustement du modèle aux données (tableau n° 82).

Tableau n°83 : Les R-deux du modèle

Pseudo R-deux	
Cox et Snell	,782
Nagelkerke	,844
McFadden	,584

Source : Traitement SPSS

Les valeurs relativement élevées de R-deux confirment la qualité du modèle estimé (tableau n° 83).

Tableau n°84 : Le pouvoir prédictif du modèle

Niveau Observé	Niveau Prédit				Pourcentage correct
	densité faible	densité moyenne	densité élevée	densité très élevée	
densité faible	5800	810	15	0	87,5%
densité moyenne	902	9204	2174	136	74,1%
densité élevée	0	1949	9822	3910	62,6%
densité très élevée	0	150	3704	18544	82,8%
Pourcentage global	11,7%	21,2%	27,5%	39,5%	75,9%

Source : Traitement SPSS

Le pouvoir prédictif du modèle est assez élevé, indiqué par le taux des ménages pour lesquels le niveau de la variable dépendante prédit par le modèle correspond au niveau observé de 75,9% (tableau n° 84).

Si on estime maintenant le modèle, mais en remplaçant les variables d'accessibilité utilisées antérieurement (qui sont d'ailleurs très corrélées entre elles) par un seul indicateur synthétique – l'indicateur global d'accessibilité qu'on a construit dans la section précédente de ce chapitre, on obtient un modèle plus simple, dont les coefficients (tableau n° 85) nous amènent aux mêmes constats que l'on vient d'évoquer.

Tableau n°85 : Coefficients estimés du modèle de choix de localisation résidentielle

Estimations des paramètres

Type d'IRIS - densité de la population ^a	B	Erreur std.	Wald	degrés de liberté	Signif.	Exp(B)	Intervalle de confiance 95% pour Exp(B)		
							Borne inférieure	Borne supérieure	
densité faible	Constante	2,342	,181	167,829	1	,000			
	TSHABITAT	-28,997	,458	4000,674	1	,000	2,55E-013	1,04E-013	6,26E-013
	prixmoym2immcolancht	,000	,000	,610	1	,435	1,000	1,000	1,000
	indaccagr	-8,581	,077	12393,173	1	,000	,000	,000	,000
	[AGEPR=1]	-1,253	,135	85,719	1	,000	,286	,219	,372
	[AGEPR=2]	,199	,104	3,656	1	,056	1,221	,995	1,498
	[AGEPR=3]	,445	,106	17,780	1	,000	1,561	1,269	1,920
	[AGEPR=4]	,539	,113	22,850	1	,000	1,715	1,375	2,140
	[AGEPR=5]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	.
	[REVMENUC=1]	-1,336	,099	182,380	1	,000	,263	,217	,319
[REVMENUC=2]	-,541	,069	61,979	1	,000	,582	,509	,666	
[REVMENUC=3]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	.
densité moyenne	Constante	,110	,106	1,081	1	,299			
	TSHABITAT	-3,678	,070	2754,311	1	,000	,025	,022	,029
	prixmoym2immcolancht	,003	,000	983,111	1	,000	1,003	1,002	1,003
	indaccagr	-5,372	,045	14160,239	1	,000	,005	,004	,005
	[AGEPR=1]	-,676	,083	66,129	1	,000	,509	,432	,599
	[AGEPR=2]	,206	,069	9,013	1	,003	1,229	1,074	1,406
	[AGEPR=3]	,416	,070	35,519	1	,000	1,515	1,322	1,737
	[AGEPR=4]	,403	,074	29,660	1	,000	1,497	1,294	1,730
	[AGEPR=5]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	.
	[REVMENUC=1]	-,957	,063	229,080	1	,000	,384	,339	,435
[REVMENUC=2]	-,448	,048	86,156	1	,000	,639	,581	,702	
[REVMENUC=3]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	.
densité élevée	Constante	,449	,076	35,004	1	,000			
	TSHABITAT	-,267	,036	56,360	1	,000	,766	,714	,821
	prixmoym2immcolancht	,001	,000	388,699	1	,000	1,001	1,001	1,001
	indaccagr	-2,048	,023	7650,105	1	,000	,129	,123	,135
	[AGEPR=1]	-,337	,048	50,002	1	,000	,714	,650	,784
	[AGEPR=2]	-,073	,043	2,913	1	,088	,930	,855	1,011
	[AGEPR=3]	,007	,044	,024	1	,876	1,007	,924	1,097
	[AGEPR=4]	,129	,046	7,791	1	,005	1,138	1,039	1,245
	[AGEPR=5]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	.
	[REVMENUC=1]	-,277	,040	48,217	1	,000	,758	,701	,820
[REVMENUC=2]	-,136	,033	17,077	1	,000	,873	,818	,931	
[REVMENUC=3]	0 ^b	.	.	0	.	.	.	.

a. La modalité de référence est : densité très élevée.

b. Ce paramètre est remis à zéro parce qu'il est superflu.

Note : TSHABITAT – taux de surface d'habitat ; PRIXMOYM2IMMCOLANCHT – prix moyen au m2 de l'immobilier collectif ancien ; INDACCAGR – indicateur d'accessibilité agrégé ; AGEPR=1 - < 30 ans ; AGEPR=2 – 30-45 ans ; AGEPR=3 – 45-60 ans ; AGEPR=4 – 60-75 ans ; AGEPR=5 - > 75 ans ; REVMENUC=1 – revenu bas ; REVMENUC=2 – revenu moyen ; REVMENUC=3 – revenu haut.

Source : Traitement SPSS

Ainsi, on constate que l'accessibilité (au sens global) est un facteur qui présente moins d'utilité pour les ménages qui s'installent dans les zones moins denses relativement à ceux qui se localisent dans les zones à densité élevée (le coefficient correspondant est négatif et diminue en valeur absolue avec la croissance de la densité).

Tableau n°86 : Les R-deux du modèle

Pseudo R-deux	
Cox et Snell	,729
Nagelkerke	,787
McFadden	,501

Source : Traitement SPSS

Tableau n°87 : Le pouvoir prédictif du modèle

Niveau Observé	Niveau Prédit				Pourcentage correct
	densité faible	densité moyenne	densité élevée	densité très élevée	
densité faible	5164	1414	47	0	77,9%
densité moyenne	1034	8734	2446	202	70,3%
densité élevée	37	1705	8538	5401	54,4%
densité très élevée	83	1057	3400	17858	79,7%
Pourcentage global	11,1%	22,6%	25,3%	41,1%	70,5%

Source : Traitement SPSS

La diminution de la qualité du modèle (due à la perte d'information engendrée par le remplacement des six variables d'accessibilité par un seul indicateur synthétique), reflétée par la légère décroissance des R-deux (tableau n° 86) et du pourcentage des ménages correctement classés par le modèle (tableau n° 87), n'est pas très significative, ce qui suggère que l'option d'utiliser la forme simplifiée du modèle à la place de la formulation initiale pour effectuer des simulations est envisageable. L'utilisation de cette forme simplifiée a également l'avantage de rendre plus facile l'interprétation de l'impact de la composante accessibilité sur les choix de localisation des ménages, et elle assure en même temps une plus grande stabilité du modèle en prévision (grâce au caractère synthétique de l'indicateur d'accessibilité).

5.4.4. Modélisation du choix de localisation des ménages à la cellule dans URBANSIM

La logique de modélisation de la localisation des ménages utilisée actuellement dans URBANSIM comporte certaines différences par rapport à celle que nous avons proposée et présentée auparavant. En fait, il s'agit toujours d'un logit multinomial, mais estimé d'une façon un peu différente.

URBANSIM propose une modélisation de la localisation des ménages à la cellule (les cellules étant de petites zones de surfaces égales). Dans la logique de SIMBAD, le niveau de désagrégation spatiale (la cellule) considéré correspond à l'IRIS. Ainsi, on pourrait imaginer non pas un modèle de choix d'un type d'IRIS (ou d'un niveau de densité ou d'urbanisation), mais un modèle de localisation à l'IRIS. Mais l'estimation d'une fonction d'utilité pour la localisation des ménages au niveau de l'IRIS s'avère inefficace. En fait, les IRIS ne sont pas définis en fonction de leur surface (ils ont des surfaces très différentes allant du centre vers la périphérie de l'aire urbaine), mais en fonction de l'effectif de la population qui se localise dans l'IRIS (la répartition des ménages entre les différents IRIS étant relativement uniforme). Comme la fonction d'utilité à estimer exprime la préférence des ménages pour une zone (en termes de nombre de ménages qui se localisent dans la zone respective), si on considère l'IRIS comme alternative de choix de localisation, les utilités des différentes zones vont être à peu près égales et indépendantes des caractéristiques des IRIS (en réalité, les préférences des ménages pour une zone dépendent des caractéristiques de celles-ci, comme l'accessibilité ou le prix immobilier, qui varient d'une zone à l'autre).

La solution qu'on a adopté pour dépasser cet inconvénient a été de construire des cellules de surfaces égales (250 m X 250 m) et de modéliser la localisation des ménages à ce niveau de la cellule. Pour cela, chaque IRIS a été décomposé en cellules, et ensuite on a déterminé le nombre de cellules de type habitat, qui seront prises en compte pour localiser les ménages. Les ménages de chaque IRIS ont été affectés aux cellules de type habitat correspondantes de l'IRIS de façon uniforme (les cellules du même IRIS auront la même densité, mais la densité varie entre les cellules des IRIS différents).

Le nombre d'alternatives étant trop élevé (il est pratiquement impossible d'estimer un logit multinomial dont la variable dépendante comporte 5810 alternatives (cellules de localisation)), on va estimer le modèle en faisant, pour chaque ménage, un tirage aléatoire d'un nombre plus réduit d'alternatives parmi les 5810 alternatives possibles (on va considérer 6 alternatives (on a estimé aussi un modèle en tirant 10 alternatives, qui a donné des résultats très semblables), parmi lesquelles on retrouve l'alternative effectivement choisie par le ménage (selon Ben-Akiva et Lerman (1985), dans les modèles comportant plusieurs variables socioéconomiques, si le nombre d'observations est suffisamment élevé, il convient de considérer un nombre relativement réduit d'alternatives par observation)).

Ben-Akiva et Lerman (1985) ont montré que, sous l'hypothèse d'indépendance des alternatives (propriété IIA), on va obtenir des estimations consistantes pour les coefficients β de la fonction d'utilité du modèle logit, en sélectionnant un échantillon aléatoire équiprobable

d'alternatives. Toutefois, on peut obtenir des estimateurs plus efficaces si on pondère les alternatives au moment du tirage, c'est à dire si on assure que la probabilité d'une alternative d'entrer dans l'échantillon tiré soit proportionnelle au nombre de logements disponibles correspondant. Mais, si la pondération des probabilités de tirage des alternatives proportionnellement au nombre de logements disponibles s'avère optimale pour la phase de simulation, cette méthode n'est qu'une stratégie de tirage intuitive du point de vue de l'estimation du modèle.

Ainsi, dans la procédure d'estimation (et dans celle de simulation aussi), chaque ménage qui doit être localisé est modélisé individuellement, un échantillon de cellules alternatives étant généré pour chacun des ménages. On estime les coefficients de la fonction d'utilité, à partir desquels on calcule les probabilités de localisation dans les différentes cellules, et ensuite, la méthode de Monte Carlo est utilisée pour sélectionner l'alternative qui sera affectée à chaque ménage.

Le modèle est bâti uniquement sur les ménages qui ont déménagé sur une période donnée (dans notre cas, une année). On a obtenu de l'INSEE une variable supplémentaire sur les ménages du RGP 1999, qui nous indique si le ménage a déménagé ou pas dans l'année précédente et qui nous a permis de sélectionner uniquement ceux qui ont emménagé dans l'un des IRIS de l'aire urbaine sur cette période (sachant qu'on ne dispose pas des caractéristiques de ces ménages au moment du déménagement, mais qu'on suppose que ces caractéristiques se sont maintenues constantes durant cette période d'un an). Cette base qui contient 91461 ménages qui ont déménagé en 1998 sera donc utilisée pour estimer le modèle de localisation des ménages à la cellule implémenté dans URBANSIM.

On va utiliser les mêmes variables (caractéristiques des ménages, des cellules, accessibilités) susceptibles d'expliquer les choix de localisation des ménages qu'on a considérées pour construire le modèle antérieur. Pour les caractéristiques des cellules, on a considéré les valeurs des caractéristiques de l'IRIS auquel appartiennent les cellules. Les variables caractéristiques des ménages seront introduites dans le modèle en construisant des effets croisés avec des caractéristiques des cellules. Par exemple, les variables de profil du ménage comme l'âge de la personne de référence ou le revenu seront croisées avec des variables indiquant le pourcentage des ménages du même type dans la cellule concernée, afin d'évaluer le degré de mixité sociale ou, au contraire, de ségrégation dans le territoire de l'aire urbaine.

Plusieurs combinaisons de variables ont été testées, et finalement on a retenu la formulation suivante pour la fonction d'utilité (tableau n° 88) :

Tableau n°88 : Coefficients estimés du modèle de choix de localisation résidentielle à la cellule

Variable	Coefficient	t de Student	p-value
<i>accessibilité gravitaire aux emplois</i>	0.0004	33.03	0.000
<i>accessibilité gravitaire aux emplois tertiaires</i>	-0.0006	-33.96	0.000
<i>accessibilité gravitaire aux établissements secondaires</i>	0.0661	30.25	0.000
<i>accessibilité gravitaire aux grands commerces</i>	0.0070	38.49	0.000
<i>nombre d'arrêts de bus à moins de 1000 m</i>	-0.0461	-32.57	0.000
<i>nombre d'échangeurs à moins de 15 min (VP)</i>	0.0075	14.17	0.000
<i>nombre de gares à moins de 30 min</i>	-0.0257	-19.95	0.000
<i>nombre de stations de métro à moins de 1000 m</i>	0.1915	13.21	0.000
<i>temps au centre (VP)</i>	0.0472	30.16	0.000
<i>prix moyen au m² de l'immobilier collectif ancien</i>	0.0007	29.93	0.000
<i>prage<30 x tauxmenprage<30</i>	3.3408	18.69	0.000
<i>prage30-45 x tauxmenprage30-45</i>	1.1454	12.97	0.000
<i>prage>75 x tauxmenprage>75</i>	4.3011	6.01	0.000
<i>menrevbas x tauxmenrevbas</i>	-2.8740	-13.76	0.000
<i>menrevhaut x tauxmenrevhaut</i>	5.5761	25.40	0.000
<i>mentaille1 x tauxmentaille1</i>	1.8228	18.70	0.000
<i>mentaille2 x tauxmentaille2</i>	6.4583	20.94	0.000
<i>mentaille>5 x tauxmentaille>5</i>	-1.2431	-2.55	0.021

Source : Traitement URBANSIM

Dans le modèle retenu, tous les coefficients sont significatifs et le pseudo- R^2 de McFadden est de 0,40, ce qui indique une bonne qualité du modèle et un pouvoir explicatif important des variables introduites.

Par rapport aux variables d'accessibilité, le fait que tous les coefficients sont significatifs montre que cette composante joue un rôle important dans les décisions de localisation résidentielle des ménages, et confirme l'hypothèse de l'existence d'un impact des transports sur l'urbanisation. Le signe positif des coefficients pour les variables accessibilité gravitaire aux emplois, accessibilité gravitaire aux établissements secondaires, accessibilité gravitaire aux grands commerces, nombre d'échangeurs accessibles en moins de 15 min et nombre de stations de métro à moins de 1000 m exprime le fait que l'utilité pour les ménages de se localiser dans une cellule augmente quand l'accessibilité correspondante à ces opportunités est élevée. Les signes des coefficients pour les autres variables d'accessibilité (qui sont apparemment contre-intuitifs) sont à prendre avec précaution, étant donné que les corrélations qui existent entre les variables explicatives d'accessibilité rendent difficile l'interprétation de ces coefficients.

Le signe positif (apparemment contre-intuitif, et qui est d'ailleurs très faible) du coefficient du prix immobilier au m^2 traduit la relation positive entre le niveau de cette variable et la probabilité d'un ménage de se localiser dans une zone caractérisée par ce niveau du prix. L'explication réside dans le fait que le prix capitalise les externalités de la zone, étant déterminé également par d'autres caractéristiques des zones qu'on n'a pas introduites dans le modèle (qui sont modélisées dans le module du prix de l'immobilier d'URBANSIM et qu'il convient de ne pas introduire deux fois dans la séquence logique du modèle global), qui accroissent la demande des ménages de se localiser dans les zones respectives. (Il faut noter que l'équipe du projet parisien SIMAURIF a également estimé un coefficient positif pour le prix immobilier dans son modèle de localisation des ménages.)

Les coefficients correspondants aux termes d'interaction entre les caractéristiques des ménages – âge de la PR, revenu et nombre de personnes – et les pourcentages des ménages ayant les mêmes caractéristiques dans la cellule choisie montrent que, en général, les ménages ont tendance à se localiser dans une zone où il y a plus de ménages du même profil. Les ménages à bas revenu et les ménages de taille élevée (ayant des coefficients négatifs) font exception. Ils se localisent plutôt dans des zones où il y a moins de ménages résidents ayant le même niveau de revenu et respectivement de taille (en fait, il s'agit de ménages dont le niveau de vie est plutôt réduit, et il n'y a aucun intérêt pour ces ménages de s'installer dans des zones où habitent majoritairement des ménages ayant le même profil).

Etant donné que le nombre de variables d'accessibilité du modèle est assez élevé, et qu'entre ces variables existent de fortes corrélations, on va les remplacer par l'indicateur synthétique d'accessibilité, ce qui va simplifier le modèle et l'interprétation de la relation entre l'accessibilité et la localisation des ménages. Les coefficients de ce modèle simplifié sont présentés dans le tableau n° 89 :

Tableau n°89 : Coefficients estimés du modèle de choix de localisation résidentielle à la cellule

Variable	Coefficient	t de Student	p-value
<i>indicateur d'accessibilité agrégé</i>	0.9823	141.27	0.000
<i>prix moyen au m² de l'immobilier collectif ancien</i>	0.0007	31.11	0.000
<i>prage<30 x tauxmenprage<30</i>	6.2844	37.02	0.000
<i>prage30-45 x tauxmenprage30-45</i>	1.3321	15.51	0.000
<i>prage>75 x tauxmenprage>75</i>	3.4495	5.03	0.000
<i>menrevbas x tauxmenrevbas</i>	-2.8633	-16.01	0.000
<i>menrevhaut x tauxmenrevhaut</i>	5.1912	26.64	0.000
<i>mentaille1 x tauxmentaille1</i>	2.8486	32.17	0.000
<i>mentaille2 x tauxmentaille2</i>	6.7065	23.61	0.000
<i>mentaille>5 x tauxmentaille>5</i>	-7.2407	-15.95	0.000

Source : Traitement URBANSIM

L'introduction dans le modèle de l'indicateur synthétique d'accessibilité à la place des neuf variables considérées antérieurement a déterminé une légère baisse du pseudo-R², qui est maintenant de 0,33.

Les constats sont les mêmes que dans le cas précédent. En revanche, maintenant on peut voir clairement la relation positive entre la composante globale d'accessibilité pour une zone et l'utilité retirée par les ménages de la localisation dans cette zone.

Les coefficients estimés seront utilisés pour calculer la probabilité de chaque ménage qui déménage (déterminés par le module de mobilité résidentielle) et de chaque ménage nouveau qui apparaît dans l'aire urbaine (déterminés par le module de transition démographique d'URBANSIM à partir des prévisions de l'évolution démographique faites par l'INSEE) de se localiser dans une cellule ou autre de l'aire urbaine.

CONCLUSION

La finalité de ce dernier chapitre était de proposer une modélisation des choix de localisation des ménages dans le territoire de l'aire urbaine de Lyon.

Les deux modèles basés sur la technique des choix discrets que l'on a proposés fournissent des résultats qui sont convergents et à la fois complémentaires.

D'abord, on a une convergence par rapport aux conclusions que l'on peut tirer sur l'impact de la composante accessibilité sur la localisation des ménages et donc sur l'urbanisation. Les préférences des ménages pour une zone sont liées aux caractéristiques de celles-ci et notamment à l'accessibilité aux différentes opportunités et services, ce qui confirme que parmi les facteurs qui influencent le comportement de localisation des ménages on retrouve les accessibilités, et donc, l'hypothèse de l'existence d'un lien entre transports et urbanisme. Ainsi, on constate que les ménages trouvent plus utile de se localiser dans une zone caractérisée par un niveau global d'accessibilité plus élevé, et l'utilité diminue au fur et à mesure que le niveau d'accessibilité de la zone baisse.

Concernant le prix du logement, on trouve une relation positive entre le niveau de cette variable et la probabilité d'un ménage de se localiser dans une zone caractérisée par ce niveau, du fait que le prix capitalise les externalités de la zone, qui accroissent la demande des ménages de se localiser dans la zone respective. Mais il faut mentionner que la valeur de ce coefficient pose certains problèmes. Le fait qu'il est apparemment contre-intuitif est déterminé par les effets de colinéarité avec les caractéristiques des zones qui sont introduites parmi les variables explicatives du modèle. De plus, ce type de relation pourrait être problématique dans la simulation, si elle ne se maintient pas constante, sachant qu'en réalité, l'évolution du prix est liée aussi à d'autres aspects, comme la cyclicité économique, qui peut modifier les coefficients.

Par rapport aux caractéristiques des ménages qui ont une influence sur leurs choix de localisation, le premier modèle nous a montré que, d'une part, les ménages jeunes (dont la personne de référence a moins de 30 ans) manifestent une préférence à s'installer dans les zones plus densifiées, et d'autre part, plus le revenu d'un ménage est réduit, plus le ménage respectif se trouve contraint de se localiser dans une zone dense. Le deuxième modèle a indiqué que, en général, les ménages ont tendance à se localiser dans une zone où il y a plus de ménages du même profil d'âge de la personne de référence, de revenu ou de taille (sauf les ménages à bas revenu et les ménages de taille élevée, qui se localisent plutôt dans des zones

où il y a moins de ménages résidents ayant le même niveau de revenu et respectivement de taille).

CONCLUSION GENERALE

Il existe des interactions multiples entre transport et urbanisme. On a montré l'importance de leur approfondissement pour la prise de décisions en matière de politique d'aménagement urbain ou de transport. Les dimensions clés que l'on a identifiées sont les déplacements, la localisation résidentielle et des activités économiques et l'accessibilité aux différents services et aménités de la ville. En accord avec la problématique de notre thèse, la dimension de la localisation résidentielle, plus précisément la question des choix résidentiels des ménages en fonction de leurs facteurs déterminants a été développée.

La multi-dimensionnalité de la réalité étudiée est l'argument primordial qui justifie la démarche modélisatrice, qui a comme atout principal le fait qu'elle permet de visualiser l'essentiel, la tendance du phénomène analysé. On a pu constater qu'il existe une diversité d'approches de modélisation traitant ce sujet, chacun d'eux combinant des éléments théoriques afin de mieux représenter et analyser les différents aspects de la réalité à modéliser.

L'objectif

La finalité de la thèse était de proposer une modélisation des décisions des ménages de l'aire urbaine de Lyon en matière de comportement résidentiel. Ce type de décision comprend deux composantes : le choix de déménagement et celui de la nouvelle localisation, que l'on a traitées et modélisées séparément. Ce choix est justifié par les difficultés de mesurabilité qu'on a rencontrées (les bases de données disponibles n'ont pas permis la construction d'un modèle unique qui traite les deux étapes de la décision résidentielle des ménages), par la structure de la plateforme de modélisation URBANSIM (avec ses modules de mobilité et de localisation résidentielle) et par le fait que ces deux composantes sont souvent traitées de manière séparée dans la littérature.

Dans ce sens, on a étudié dans un premier temps le cadre général spécifique au cas lyonnais, dans lequel on était censé développer notre démarche de modélisation des choix résidentiels des ménages. On s'était également rendu compte qu'il existe de nombreux enjeux « transport-urbanisme » lyonnais, qui sont généralement communs aux agglomérations urbaines, qui justifient une étude plus approfondie et un travail de modélisation pour pouvoir apporter des réponses plus pertinentes aux questions que se posent les décideurs dans ce domaine.

Le projet SIMBAD, par sa problématique et ses objectifs, s'inscrit dans cette ligne d'action. Son système de modélisation, plus précisément la plateforme de simulation urbaine

choisie – URBANSIM, a encadré notre travail de modélisation des choix résidentiels (modules de mobilité et de localisation résidentielle d'URBANSIM). Cette plateforme a été choisie au regard d'un certain nombre de critères, comme : les fondements théoriques solides, le caractère dynamique, la structure modulaire. C'est sur la base de la logique des modules d'URBANSIM et en utilisant les données dont on dispose sur l'aire urbaine de Lyon que l'on a mené le travail d'analyse statistique et de modélisation des choix résidentiels des ménages.

Par rapport aux données qui nous informent sur les choix résidentiels des ménages, nous avons constaté que les mesures de la mobilité et de la localisation résidentielle ont encore d'insuffisances. Les sources de données disponibles et les indicateurs statistiques utilisés ne sont pas toujours adaptés à l'étude de ces phénomènes complexes. L'une des difficultés majeures qu'on a rencontrées consiste dans la non concordance des principales sources disponibles. Ainsi, des difficultés de transformation statistique ont apparu dans l'analyse des relations entre les différentes dimensions du phénomène étudié.

La démarche

La recherche bibliographique sur la question des choix résidentiels des ménages nous a permis d'identifier les facteurs déterminants du processus de décision en matière de mobilité et localisation résidentielles, facteurs à tester et, selon le cas, à intégrer, sous forme de variables, dans la modélisation des choix résidentiels des ménages de l'aire urbaine de Lyon. Ainsi, pour la mobilité résidentielle, l'étude bibliographique nous a indiqué des éléments comme les caractéristiques des ménages (âge, nombre d'enfants, revenu, statut d'occupation du logement), les caractéristiques des logements (qualité, taille) et les caractéristiques de l'environnement résidentiel (aménités, qualité de vie), et pour la localisation des ménages, les caractéristiques de ceux-ci, les caractéristiques des logements et les caractéristiques des zones de localisation (accessibilité aux différentes opportunités, prix immobilier, caractéristiques physiques et socioéconomiques de la zone).

L'étude théorique effectuée nous a également suggéré que l'approche des choix discrets fournit une solution pertinente pour la modélisation des choix résidentiels des ménages. On a mis en avant les raisons qui justifient l'utilisation d'un tel modèle pour simuler les choix de mobilité et localisation résidentielle des ménages, dont la principale est qu'un modèle stochastique est préférable à un modèle déterministe, si on tient compte du fait que les comportements des ménages ne respectent pas toujours l'hypothèse de rationalité (il y a toujours des facteurs subjectifs), qu'il n'est pas possible d'introduire dans la fonction d'utilité

toutes les variables qui influencent le choix, et que le ménage ne dispose pas en réalité d'une information parfaite sur les alternatives offertes.

La théorie des choix discrets a aussi l'avantage de proposer une modélisation des choix de changement du logement et du nouveau lieu de résidence au niveau individuel, comme un choix discret. Etant donné un groupe de variables qui caractérisent le ménage, le logement, le voisinage, le choix du lieu d'habitation peut être décrit par un modèle logit binomial / multinomial, logit hiérarchique ou probit. On peut ainsi estimer la probabilité qu'un ménage change de résidence et, une fois la décision de déménager prise, la probabilité qu'un ménage se localise dans une zone, calculée en se basant sur les considérations de la théorie classique de la maximisation de l'utilité du consommateur.

La modélisation proprement-dite a été précédée par une analyse exploratoire de la mobilité et de la localisation résidentielle des ménages de l'aire urbaine de Lyon, en s'appuyant sur des méthodes d'analyse statistique multidimensionnelle, afin d'avoir une meilleure connaissance de la réalité lyonnaise en matière de comportements résidentiels des ménages.

Les résultats des modèles

En termes de résultats de l'analyse et de la modélisation qui ont été menées dans les derniers chapitres de la thèse, du côté de la mobilité résidentielle, le modèle correspondant était censé répondre à la question : quels sont les ménages qui vont prendre la décision de changer de logement, en fonction de leur profil sociodémographique (caractéristiques du cycle de vie). Par rapport à cette question, il faut retenir que les variables qui expliquent la variation du degré de mobilité (du taux de déménagement) des ménages sont l'âge de la personne de référence du ménage, le nombre d'enfants et le statut d'occupation du logement. Le modèle qu'on a estimé, ayant un pouvoir explicatif satisfaisant (si l'on tient compte du fait que les seules caractéristiques sociodémographiques des ménages ont été considérées), suggère le fait que la propension à déménager est plus élevée pour les ménages jeunes, de taille réduite (sans enfants ou ayant un nombre réduit d'enfants) et qui sont locataires, tandis que les ménages plus âgés, de taille plus élevée et qui sont propriétaires de leur logement sont moins mobiles.

En ce qui concerne la localisation des ménages, il faut retenir le fait qu'il y a une convergence des résultats des modèles estimés par rapport aux conclusions que l'on peut tirer sur l'impact de la composante accessibilité sur la localisation des ménages et donc sur

l'urbanisation. Les préférences des ménages pour une zone ou une autre sont liées aux caractéristiques de celles-ci et notamment à l'accessibilité aux différentes opportunités et services, ce qui confirme que parmi les facteurs qui influencent le comportement de localisation des ménages on retrouve les accessibilités, et donc, l'hypothèse de l'existence d'un lien entre transports et urbanisme. Ainsi, on constate que les ménages trouvent plus utile de se localiser dans une zone caractérisée par un niveau global d'accessibilité plus élevé, et l'utilité diminue au fur et à mesure que le niveau d'accessibilité de la zone baisse.

On a également trouvé que les caractéristiques des ménages comme l'âge de la PR, le revenu ou le nombre de personnes ont une influence sur leurs choix de localisation. Ainsi, le premier modèle nous a montré que, d'une part, les ménages jeunes (dont la personne de référence a moins de 30 ans) manifestent une préférence à s'installer dans les zones plus densifiées, et d'autre part, plus le revenu d'un ménage est réduit, plus le ménage respectif trouve utile de se localiser dans une zone dense. Le deuxième modèle a indiqué que, en général, les ménages ont tendance à se localiser dans une zone où il y a plus de ménages du même profil d'âge de la PR, de revenu ou de taille (sauf les ménages à bas revenu et les ménages de taille élevée, qui se localisent plutôt dans des zones où il y a moins de ménages résidents ayant le même niveau de revenu et respectivement de taille).

Par rapport au prix immobilier, on a trouvé une relation positive entre le niveau de cette variable et la probabilité d'un ménage de se localiser dans une zone caractérisée par ce niveau du prix. Cela s'explique par le fait que ce prix capitalise les externalités de la zone, étant déterminé également par d'autres caractéristiques des zones qu'on n'a pas introduites dans le modèle et qui accroissent la demande des ménages de se localiser dans les zones respectives. Mais ce type de relation pourrait être problématique dans la prévision, si elle ne se maintient pas constante, sachant que l'évolution du prix est liée aussi à d'autres aspects, comme la cyclicité économique, qui peut modifier les coefficients.

Perspectives

Les solutions proposées dans cette thèse pour la modélisation des choix résidentiels des ménages ont certainement leurs limites, liées notamment à la disponibilité des données requises par une telle démarche. Des améliorations et nouvelles pistes de recherche sont possibles, et nous proposons ici quelques unes.

L'étude et les résultats du modèle de mobilité résidentielle suggèrent le fait qu'il pourrait y avoir d'autres variables qui motivent les ménages à changer de logement, comme des

caractéristiques des logements, de l'environnement résidentiel ou d'autres caractéristiques des ménages non observées. Il serait donc possible d'introduire dans le modèle de telles variables, ce qui pourrait améliorer la qualité prédictive de celui-ci (dans notre cas, l'objectif du modèle construit, en conformité avec la logique d'URBANSIM, était d'identifier uniquement les caractéristiques des ménages et d'établir leur influence sur la mobilité résidentielle).

Par rapport à la localisation des ménages, vu l'intérêt de la variable densité de la population, qui est un bon indicateur du degré d'urbanisation des différentes zones de l'aire urbaine et qui donne une mesure de l'intensité des relations sociales dans les différentes zones du territoire, on a décidé de l'utiliser dans le modèle, sous une forme catégorielle, pour décrire la localisation comme alternative de choix pour les ménages. Mais on pourrait très bien utiliser d'autres variables, comme par exemple une typologie des zones IRIS en zones résidentielles, d'activité économique ou mixtes, proposée par le module de développement urbain d'URBANSIM (module qui n'a pas été modélisé dans la version actuelle de SIMBAD, mais qui sera envisagé dans une phase ultérieure). Il serait aussi intéressant d'estimer le modèle de localisation à un niveau géographique encore plus fin (à l'îlot), mais pour l'instant on ne dispose pas des données nécessaires à cette échelle très désagrégée.

Parmi les variables explicatives du modèle de localisation résidentielle, il sera possible de tester et éventuellement d'intégrer dans le modèle d'autres mesures d'accessibilité, comme les indicateurs de type logsommes de Koenig, qui n'étaient pas calculés par le modèle de transport au moment où on a effectué l'estimation du modèle de localisation des ménages.

En ce qui concerne la modélisation de la localisation résidentielle, il est envisageable de combiner les deux méthodes qui ont été présentées, soit en effectuant une stratification des cellules tirées au hasard en se basant sur la typologie des IRIS définie en fonction de la densité de population, soit en imaginant une structure de modélisation hiérarchique, dans laquelle le premier choix serait celui du type d'IRIS et le deuxième celui de la cellule au sein d'un type d'IRIS, ce qui pourrait conduire à une amélioration des résultats.

Par rapport à notre problématique de la décision des ménages en matière de mobilité/localisation résidentielle, il faut remarquer qu'en fait cette décision comporte deux étapes, deux niveaux de choix, où le deuxième dépend du premier. La version actuelle d'URBANSIM traite ces deux étapes dans des modules distincts. Mais dans la logique qu'on vient d'évoquer, une solution plus réaliste serait de modéliser une structure hiérarchisée des choix, par un modèle logit hiérarchique ou emboîté.

Pour cela, on aura besoin des données désagrégées, c'est-à-dire des données sur les caractéristiques de chaque ménage au moment du déménagement, y compris la localisation

précise. Dans l'Enquête Logement on n'a pas d'information sur la localisation précise des ménages, ce qui rend impossible toute tentative de modélisation de la localisation résidentielle à un niveau géographique suffisamment fin. En revanche, dans les données du recensement dont on dispose, où on connaît la localisation, on n'avait pas les informations sur le déménagement des ménages, nécessaires pour la modélisation du choix de déménagement.

Une autre alternative de modélisation des décisions des ménages liées à la résidence, mais qui, dans les circonstances actuelles, s'avère difficile à adopter, serait de modéliser la trajectoire de vie, avec ses composantes familiale, résidentielle et professionnelle, qui sont en interdépendance. Cela suppose la localisation dans le temps et dans l'espace des événements survenus dans la vie des personnes/ménages et permet d'inclure des facteurs spatiaux, qui ont une influence sur les choix résidentiels (distance résidence-travail, proximité de l'école, etc.). On aurait besoin, pour ce faire, d'une base de données longitudinale sur les ménages, c'est-à-dire un suivi de l'évolution au cours du temps de ces ménages, rendant compte de leurs trajectoires démographiques et résidentielles. Or, à ce jour, on ne dispose pas d'une telle source de données (une enquête longitudinale spécifique) au niveau de l'aire urbaine lyonnaise (l'Enquête Logement fournit des informations sur un échantillon de ménages à un moment donné, y compris leurs caractéristiques au moment du déménagement, avec une périodicité de 4-5 ans mais sans maintenir le même échantillon de référence, donc on n'a pas de suivi temporel de l'évolution des mêmes ménages).

BIBLIOGRAPHIE

AGBOSSOU, I., *Eléments de réflexion en vue de comprendre l'agir urbain (Synthèse bibliographique et statistique sur la localisation résidentielle)*, Université de Franche-Comté – Laboratoire Théma, 2005.

Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise, *Différences et inégalités territoriales, quel lien avec la mobilité ? Réalités et perceptions vues à travers la planification et les discours d'acteurs dans l'aire urbaine de Lyon*, 2002.

ALONSO, W., *Location and land use*, Harvard University Press, Cambridge Press, 1964.

ANAS, A., *Residential location markets and urban transportation*, New York : academic Press, 1982.

ANAS, A., *Discrete choice theory, information theory and the multinomial logit and gravity models*, Transportation Research B, vol. 17B, n°1, 1983.

ANAS, A., SHYONG DUANN, L., *Dynamic forecasting of travel demand, residential location and land development : policy simulation with the Chicago area transportation/land use system*, Papers, Regional Science Association, 56, 1985.

ANDAN, O., POCHET, P., ROUTHIER, J.-L., SCHEOU, B., *Stratégies résidentielles des ménages et mobilité domicile-travail*, note de synthèse du rapport de recherche réalisé pour le compte de la DRAST dans le cadre du PREDIT 1996 – 2000, 1999.

ASABERE, P.K., HUFFMAN, F.E., *Thoroughfares and apartment values*, The Journal of Real Estate Research, 12, 1, pp. 9-16, 1996.

BADARIOTTI, D., WEBER, C., *La mobilité résidentielle en ville. Modélisation par automates cellulaires et système multi-agents à Bogota*, Analyse urbaine, n° 2, pp. 97-108, 2002.

BAGLEY, M.N., MOCHTARIAN, P., *The impact of residential neighbourhood type on travel behaviour : a structural equations modelling approach*, Annals of Regional Science, 36(2), 2002.

BATES, J., OOSTERHAVEN, J., *Review of land-use/transport interaction models*, Department of the Environment, Transport and the Regions, London, 1999.

BATTY, M., JIANG, B., THURSTAIN-GOODWIN, M., *Local Movement : Agent-Based Models of Pedestrian flows*, Centre for Advanced Spatial Analysis Working Paper Series, n° 4, University College London, 1998.

BECKERICH, C., *Les prix des biens immobiliers et l'offre de biens publics locaux : un état de l'art de la capitalisation*, XXXIII-ème Colloque de l'ASRDLF : Renouveau régional – Renouveau urbain, Lille, 1-3 septembre 1997.

BEN-AKIVA, M., LERMAN, S.R., *Disaggregated travel and mobility-choice and measures of accessibility*, in Hensher D.A., Stopher P.R., Behavioral travel modelling, Croom Helm, London, 1979.

BEN-AKIVA, M., LERMAN, S.R., *Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand*, MIT Press, Cambridge, Ma, 1985.

BENENSON, I., *Multi-Agent Simulations of residential dynamics in the City*, Comput. Envir. and Urban Systems, n° 22, 1998.

BENJAMIN, J.D., SIRMANS, G.S., *Mass Transportation, Apartment Rent and Property Values*, The Journal of Real Estate Research, 12, 1, pp. 1-8, 1996.

BONNAFOUS, A., PUEL, H., *Physionomies de la ville*, Les éditions ouvrières, Série « Initiation Economique », Paris, 1983.

BONNEL, P., *Prévoir la demande de transport*, Presses Ponts et Chaussées, Paris, 2004.

BONNEL, P., CABANNE, I., *Part de marché des transports collectifs : évolution et perspectives*, LET, Lyon, 2000.

BOYCE, D., ALLEN, B., MUDGE, R.R., STATER, P.B., ISSERMAN, A.M., *The impact of rapid transit on suburban residential property values and land development analysis of the Philadelphia high speed line*, Regional Science Department, University of Pennsylvania, NTIS n° PB 220 693, 1972.

BURA, S., GUERIN-PACE, F., MATHIAN, H., PUMAIN, D., SANDERS, L., *Multi-agents systems and the dynamics of a settlement system*, Geographical Analysis, vol. 28, n° 2, pp. 161-178, 1996.

CAMAGNI, R., *Principes et modèles de l'économie urbaine*, Bibliothèque de Science Régionale, ASRDLF, Economica, Paris, 1996.

CAPOZZA, D., *Subways and land use*, Environment and Planning, n° 5, pp. 555-576, 1973.

CASTEL, J.-C., *Les liens entre l'organisation urbaine et les déplacements dans la perspective de maîtrise du trafic automobile*, CERTU, 2006.

CAUBEL, D., *Politique de transports et accès à la ville pour tous ? Une méthode d'évaluation appliquée à l'agglomération lyonnaise*, Thèse de doctorat en sciences économiques, Université Lumière - Lyon 2, Laboratoire d'Economie des transports, mars 2006.

CAVAILHES J., GOFFETTE-NAGOT F., 2001 et 2002, *Logement et localisation résidentielle dans l'espace urbain et rural en France. Evolution 1984-1996*. Dijon/Lyon, INRA/CNRS; Vol. 1 (2001), Document de recherche n° 57 et Vol. 2 (2002), Document de recherche n° 58.

Center for urban simulation and policy analysis Daniel J. Evans School of public affairs, University of Washington, *OPUS : The open platform for urban simulation and Urbansim version 4 – Reference manual and users guide*, 2006.

CETE de Lyon, SEPAL, *Prédiagnostic du SCOT de Lyon. Volet déplacements*, 2005.

COUCLELIS, H., Cellular worlds, a framework for modelling micro-macro dynamics, *Environment and Planning B*, n° 17, pp. 585-596, 1985.

DA CUNHA, A., BOTH, J.F., *Métropolisation, ville et agglomération*, Neuchâtel, OFS, 2004.

DE LA BARRA, T., *Integrated land use and transport modelling – Decision chains and hierarchies*, Cambridge Urban and Architectural Studies. Cambridge University Press, 1989.

DEBRAND T., TAFFIN C., *Les facteurs structurels et conjoncturels de la mobilité résidentielle depuis 20 ans*, *Economie et statistique* n° 381-382, pp. 125-146, 2005.

DEBREU, G., *Individual choice behavior : A theoretical analysis*, Review of R.D. Luce, *American Economic Review* 50, pp. 186-188, 1960.

DEYMIER, G., *Capitalisation immobilière des gains d'accessibilité : étude de cas sur l'agglomération lyonnaise*, thèse pour le Doctorat en Sciences Economiques, mention Economie des Transports, Université Lumière Lyon 2, novembre 2005.

DEYMIER, G., NICOLAS, J.-P., *Modèles d'interaction entre transport et urbanisme : état de l'art et choix du modèle pour le projet SIMBAD – Rapport intermédiaire n° 1 du projet SIMBAD*, Laboratoire d'Economie des Transports, 2005.

DIJST, M., VIDAKOVIC, V., *Individual action space in the city*, Activity-based approaches to travel analysis, D.F. Ettema and H.J.P. Timmerman eds., Pergamon, Kidlington / New York, Tokyo, 1997.

DOMENCICH, T.A., MCFADDEN, D.L., *Urban travel demand : a behavioural analysis*, North-Holland, Amsterdam, 1975.

DORNBUSCH, D.M., *Bart-induced changes in property values and rents. Land use and urban development project, phase 1, BART*, Working papers WP 21-5-76, US Department of Transportation and US Housing and Urban Development, 1976.

DRIANT J.C., DROSSO F., VIGNAL C., *Les français et le logement : Bouleversements de la démographie et de la famille. Quels choix résidentiels pour demain ?*, C.R.E.T.E.I.L., Institut d'urbanisme de Paris – Université Paris 12, 2005.

ECHENIQUE, M.H., FLOWERDEW, A.D.J., HUNT, J.D., MAYO, T.R., SIMMONDS, D.C., SKIDMORE, I.J., *The MEPLAN Models of Bilbao, Leeds and Dortmund*, Transport Reviews, 10, pp. 309-322, 1990.

ELDER, H. W., ZUMPANO, L. V., *Tenure choice, housing demand and residential location*, The Journal of Real Estate Research, vol. 6, pp. 341-356, 1991.

FRIEDMAN, J., *Housing location and the supply of local public services*, PhD dissertation, Department of Economics, University of California, Berkeley, 1975.

FUJITA, M., *Urban economic theory*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989.

FUJITA, M., THISSE, J.-F., *Economie des villes et de la localisation*, De Boeck & Larcier s.a., Bruxelles, 2003.

FUSTIER, B., *Les interactions spatiales. Analyse économique spatiale*, P.U.F., Paris, 1988.

GLICK, P.C., *The Family Cycle*, American Sociological Review, n° 12, pp. 164-174, 1947.

GOBILLON L., *Emploi, logement et mobilité résidentielle*, Economie et statistique n° 349-350, pp. 77-98, 2001.

Grand Lyon – Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise, *Fonctionnement du marché de l'habitat dans l'aire urbaine de Lyon*, 2006.

GUEVARA, C. A., *Endogeneity in residential location models*, MIT, 2005.

GUEVARA, C. A., BEN-AKIVA, M. E., *Omitted attributes endogeneity in residential location choice models*, Massachusetts Institute of technology, 2005.

HANSEN, W.G., *How accessibility shapes land-use*, Journal of the American Institute of Planners, 25:73-6, 1959.

HAURET, L., *Analyse économique de la dimension géographique de la pauvreté. Application à la région Lorraine*, Université Nancy 2, 2004.

HENLEY A., *Residential mobility, housing equity and the labour market*, The Economic Journal, n° 108, pp. 27-414, 1998.

HOCHMAN, O., OFEK, H., *The value of time in consumption and residential location in urban cities*, American Economic Review, December, pp. 996-1004, 1977.

HUNT, J. D., KRIGER, D. S., MILLER, E. J., *Current operational urban land-use-transport modelling frameworks : a review*, Transport Reviews, Vol. 25, n° 3, pp 329-376, 2005.

HURD, R.M., *Principles of City and Land Values*, New York, Record and the Guide, 1, 1903.

IAURIF – Université de Cergy Pontoise, THEMA, SIMAURIF : *Modèle dynamique de simulation de l'interaction urbanisation-transports en région Île-de-France. Application à la Tangentielle nord – Rapport final de la 1^{ère} année*, 2004.

IAURIF – Université de Cergy Pontoise, THEMA, SIMAURIF : *Modèle dynamique de simulation de l'interaction urbanisation-transports en région Île-de-France. Application à la Tangentielle nord – Rapport intermédiaire de la 2^{ème} phase*, 2005.

IAURIF – Université de Cergy Pontoise, THEMA, SIMAURIF : *Modèle dynamique de simulation de l'interaction urbanisation-transports en région Île-de-France. Application à la Tangentielle nord – Rapport final de la 2^{ème} phase*, 2007.

KANAFANI, A., *Transportation demand analysis*, McGraw-Hill Book Company, New-York, 1983.

KAUFMANN, V., SAGER, F., FERRARI, Y., JOYE, D., *Coordonner transport et urbanisme*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2003.

KESTENS, Y., *Utilisation du sol, accessibilité et profil des ménages : effet sur le choix résidentiel et la valeur des propriétés*, Université Laval – doctorat en aménagement du territoire et développement régional, 2004.

KOENIG, G., *Théorie économique de l'accessibilité urbaine*, Revue Economique, N° 2, pp. 275-297, 1974.

LAFERRERE A., *Que peut-on dire de l'évolution de la mobilité résidentielle entre 1984 et 2002 ?*, INSEE et CREST, 2006.

LANSING, J.B., KISH, L., *Family Life Cycle as an independent variable*, American Sociological Review, n° 22(5), 512-9, 1957.

LEFEUVRE M-P., *Choix résidentiels contre mixité sociale ?*, Urbanisme n° 340, janvier-février 2005.

LERMAN, S., *The effect of the Washington metro on urban property values*, CS Report n° 77-18, Centre of Transportation Studies, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1977.

LOWRY, I. S., *A model of metropolis*, Santa Monica, CA : Rand Corporation, 1964.

LUXEMBOURG, N., *Renouvellement social et immobilités résidentielles. A propos des inégalités de mobilité en périurbain*, Colloque MSFS 2005, Lyon, 21 et 22 avril 2005.

MANHEIM, M., *Fundamentals of transportation systems analysis*, The MIT Press, Cambridge, 1979.

MARTINEAU, Y., *A multi-agent model of land use and transport to study the long-term dynamics of urban mobility : MOBISIM SMA*, European Transport Conference, Strasbourg, 3-5 octobre 2005.

MARTINEZ, F.J., *Towards the 5-stage land use – transport models*, in Selected Papers of the 6th World Conference on Transportation Research, Land Use Development and Globalization, Lyon, pp. 79-90, 1992.

MARTINEZ, F.J., *MUSSA : a land use model for Santiago City*, Transportation Research Record, 1552, pp. 126-134, 1996.

MASSON, S., *Les interactions entre système de transport et système de localisation en milieu urbain et leur modélisation*, thèse pour le Doctorat de Sciences Economiques, mention Economie des Transports, Université Lumière Lyon 2, décembre 2000.

MASSON, S., *Interactions entre système de transport et système de localisation : de l'héritage des modèles traditionnels à l'apport des modèles interactifs de transport et d'occupation des sols*, Les cahiers scientifiques du transport n°33, pp 79-108, 1998.

MAYO, S., *Local public goods and residential location : an empirical test of the Tiebout hypothesis*, Washington DC, Metropolitan Governance Committee, Resources for the Future, 1973.

MCFADDEN, D., *Modelling the Choice of Residential Location*, in Spatial Interaction Theory and Planning Models, edited by A. Karlkvist et al., Amsterdam: Nord Holland Publishers, 1978.

MILLS, E., *An aggregative model of resource allocation in metropolitan areas*, American Economic Reviews - Papers and proceedings, Vol. 57, pp. 197-210, 1967.

Ministère de l'équipement, *Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de l'agglomération lyonnaise. Lyon 2000*, 1969.

MOECKEL, R., SCHÜRMAN, C., WEGENER, M., *Microsimulation of urban land use*, 42nd European Congress of the Regional Science Association, Dortmund, 27-31 august 2002.

MONZON, A., PFAFFENBICHLER, P., VIEIRA, P., MATEOS, M., *Assessing sustainability of transport projects in Madrid*, European Transport Conference, Strasbourg, 3-5 octobre 2005.

- MUTH, R., *Cities and housing*, Chicago : University of Chicago Press, 1969.
- NICOLAS, J.-P., *Projet SIMBAD – Rapport d'étape n° 5 sur l'évolution générale du projet*, LET, 2007.
- NICOLAS, J.-P., HOMOCIANU, G.M., MARCHAL, F., ROUTHIER, J.-L., *L'architecture du modèle au sein du projet SIMBAD – Rapport intermédiaire n°4 du projet SIMBAD*, LET, 2006.
- NICOLAS, J.-P., MORICE, N., *Scénarios prospectifs pour le projet SIMBAD – Rapport intermédiaire n° 3 du projet SIMBAD*, LET, février 2006.
- Office of State Planning, *Examination of residential locational theories and factors that affect tenure*, New Jersey, 1992.
- ORTUZAR, J. D., WILLUMSEN, L. G., *Modelling transport*, John Wiley & Sons, LTD, 2001.
- O'SULLIVAN, D., TORRENS, P.M., *Cellular Models of Urban Systems*, CASA Working Paper, n° 22, 2000.
- PAGLIARA, F., PRESTON, J., *The impact of transport on residential location*, Transport Studies Unit, University of Oxford, 2003.
- de PALMA, A., LEFEVRE, C., *Residential change and economic choice behavior*, Regional Science and Urban Economics, 15, pp. 421-434, 1985.
- de PALMA, A., MOTAMEDI, K., PICARD, N., WADDELL, P., *A model of residential location choice with endogenous housing prices and traffic for the Paris region*, European Transport n° 31, pp. 67-82, 2005.
- de PALMA, A., MOTAMEDI, K., PICARD, N., WADDELL, P., *Accessibility and environmental quality : inequality in the Paris housing market*, European Transport n° 36, pp. 47-74, 2007.
- PALMQUIST, R., *Impacts of highway improvements on property values in Washington State*, Transportation Research Record, 887, 1982.
- PAPAGEORGIU, Y.Y., *The impact of the environment upon the distribution of population and land values*, Economic Geography 49, 1973.
- PHIPPS, M., LANGLOIS, A., *Automates cellulaires : applications à la simulation urbaine*, Paris, Hermès, 1997.
- POLLAKOWSKI, M., *A conditional logit model of residential choice*, presented at winter meetings of the Econometric Society, 1975.
- POULIT, G., *Urbanisme et transport: les critères d'accessibilité et de développement urbain*, SETRA, Ministère de l'Équipement, Paris, 1974.

PUMAIN, D., SAINT-JULIEN, T., *L'espace des villes*, Paris, Reclus/La documentation française, Atlas de France, Vol. 12, 1995.

PUTMAN, S.H., *Integrated land use and transportation models : an overview of progress with DRAM and EMPAL , with suggestions for further research*, paper presented at the 73rd Annual Meeting on the Transportation research Board, Washington DC, 9-13 January 1994.

Région Urbaine de Lyon, *RUL 2010. Charte d'objectifs*, 1994.

Région urbaine lyonnaise – Sillon alpin, *Vers un réseau métropolitain. Réseau des villes-centres et grandes agglomérations de Rhône-Alpes*, 2005.

RERAT, P., *Âge et mobilité résidentielle dans les villes suisses*, XLI-e Colloque de l'ASRDLF : Villes et territoires face aux défis de la mondialisation, Dijon, 5-7 septembre 2005.

RICHARDSON, H.W., *On the possibility of positive rent gradients*, Journal of Urban Economics, Vol. 4, pp. 60-68, 1977.

ROGERS, A., *Age Patterns of Elderly Migration : An International Comparison*, Demography, n° 25(3), 355-70, 1988.

ROSS, S. L., *Employment access, neighborhood quality, and residential location choice*, Conference Paper, Lincoln Institute of Land Policy, 2001.

RYAN, S., *Property values and transportation facilities : Finding the transportation – land –use connection*, Journal of Planning Literature, 13(4), pp. 412-427, 1999.

Service régional de l'équipement – O.R.E.A.M., *La métropole Lyon Saint-Etienne Grenoble. Projet de schéma d'aménagement*, 1969.

SIMMONDS, D., ECHENIQUE, M., BATES, J., *Review of Land-Use/Transport Interaction Models*, DETR, 1999.

SIMMONDS, D., LEITHAM, S., WILLIAMSON, S., *Using a land-use/transport/economic model in Edinburgh*, European Transport Conference, Strasbourg, 3-5 octobre 2005.

SOLOW, R., *Congestion, density and the use of land in transport*, Swedish Journal of Economics, Vol. 74, n°1, pp. 161-173, 1972.

SPIEKERMANN, K., WEGENER, M., *Modelling urban sustainability*, International Journal of Urban Sciences 7, pp 47-64, 2003.

SROUR, I. M., KOCKELMAN, K. M., DUNN, T. P., *Accessibility indices : A connection to residential land prices and location choices*, Paper presented at the 81st Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2002.

THERIAULT, M., *Modélisation des choix de localisation et des valeurs résidentielles dans la région de Québec : Apports combinés de la géomatique et de la statistique pour analyser et modéliser les dynamiques urbaines*, Université Laval, 2002.

THERIAULT, M., KESTENS, Y., Des ROSIERS, F., *The impact of mature trees on house values and on residential location choices in Quebec City*, Université Laval, 2002.

TIEBOUT, C., *A pure theory of local expenditures*, Journal of Political Economy, 64, pp. 416-424, 1956.

TORRENS, P. M., *How land-use-transportation models work*, Centre for Advanced Spatial Analysis – University College London, 2000.

VERY, D., NICOLAS, J.P., *Indicateurs de mobilité durable : de l'état de l'art à la définition des indicateurs dans le projet SIMBAD – Rapport intermédiaire n° 2 du projet SIMBAD*, LET, 2005.

WADDELL, P., *Accessibility and residential location : The interaction of workplace, residential mobility, tenure, and location choices*, presented at the Lincoln Land Institute TRED Conference, 1996.

WADDELL, P., *Reconciling household residential location choices and neighbourhood dynamics*, University of Washington, 2006.

WADDELL, P., *Towards a behavioral integration of land use and transportation modelling*, 9th International Association for Travel Behavior Research Conference – Queensland, Australia, July 2000.

WADDELL, P., BERRY, B.J.L., HOCH, I., *Housing Price Gradients: the Intersection of Space and Built Form*, Geographical Analysis, 25, 1, pp. 5-19, 1993.

WADDELL, P., BHAT, C., RUITER, E., BEKHOR, S., OUTWATER, M., SCHROER, E.L., *Land use and travel demand forecasting models. Review of the literature and operational models – Final report*, University of Washington – Cambridge Systematics, Inc., 2001.

WADDELL, P., BHAT, C., ELURU, N., WANG, L., PENDYALA, R. M., *Modelling the interdependence in household residence and workplace choices*, Transportation Research Board, 2007.

WADDELL, P., ULFARSSON, G. F., *Accessibility and agglomeration : discrete-choice models of employment location by industry sector*, TRB Annual Meeting, 12-16 January 2003.

WADDELL, P., ULFARSSON, G. F., *Dynamic simulation of real estate development and land prices within an integrated land use and transportation model system*, TRB Annual Meeting, 12-16 January 2003.

VAN LIEROP, W.F.J., RIMA, A., *Towards an operational disaggregate model of choice for the housing market*, Collaborative Paper, IIASA, Laxenburg, 1982.

VAN WEE, B., HOLWERDA, H., VAN BAREN, R., *Preferences for modes, residential location and travel behaviour : the relevance for land use impacts on mobility*, EJTIR, 2, n° 3/4, 2002, pp. 305-316.

WEGENER, M., *Operational Urban Models : state of the art*, in Journal of the American Planning Association, Vol. 60, N°1, Winter, pp. 17-30, 1994.

WEGENER, M., *A new ISGLUTI : The SPARTACUS and PROPOLIS projects*, Second Oregon Symposium on Integrated Land Use and Transport Models, 2000.

WEISBROD, G., BEN-AKIVA, M., LERMAN, S., *Tradeoffs in residential location decisions : Transportation versus other factors*, Transportation Policy and Decision-Making, V.1, N.1, 1980.

WIEL, M., *La transition urbaine*, Architecture + Recherches / Mardaga, 1999.

WIEL, M., *Ville et automobile*, Descartes & Cie, Paris, 2002.

WILSON, A.G., *Entropy in urban and regional modelling*, Pion, London, 1970.

WINGO, L., *Transportation and urban land*, Ressource for the future, Inc. Washington D.C., 1961.

ZENOU, Y., *How do firms redline workers?*, Journal of Urban Economics, n° 52, pp. 391-408, 2002.

SITES INTERNET :

http://irpud.raumplanung.uni-dortmund.de/irpud/pro2_e.htm#nachhaltig

<http://www.mobisim.org>

<http://www.mussa.cl>

<http://www.stratec.be/FichesEtudes/AmenagementFR227.html>

<http://www.urbansim.org>

ANNEXES

ANNEXE 1

L'approche hédonique du prix du logement

Une théorie qui décrit les conditions locales dans la détermination du prix du logement est la théorie appelée « hédonique », l'idée de base étant celle que le prix et la localisation résidentielle sont déterminés par une complexité d'attributs, qui mobilisent les ménages (et aussi les activités économiques) à l'intérieur d'une agglomération. L'équation hédonique inclut des variables sociales (taille du ménage, niveau d'études du chef du ménage, etc.), le revenu et le prix local du logement comme les ingrédients principaux de la demande sur le marché résidentiel.

Le modèle hédonique part de l'hypothèse que la valeur observée d'un bien est la résultante des valeurs que l'on attribue à ces caractéristiques et que les ménages tirent leur satisfaction non pas des biens eux-mêmes mais des éléments qui les constituent. L'objectif est de déterminer la relation entre la combinaison d'attributs qui caractérise un logement et son prix sur le marché pour en déduire les différences de prix inhérentes aux différents attributs.

Traditionnellement, le modèle hédonique qui permet d'analyser les marchés fonciers et immobiliers, est spécifié par deux types de caractéristiques fondamentales : un groupe de variables structurelles tel que le type, la taille, le nombre de pièces, la surface du logement etc., et un ensemble de variables de localisation tel que l'accessibilité, la qualité de l'environnement, les caractéristiques de voisinage ou les biens publics locaux (par exemple, les établissements d'enseignement). Les prix du logement sont plus élevés dans les zones avec de nombreuses maisons individuelles et dans lesquelles les commerces, les industries et les parcs publics sont également distribués, ce qui indique que les consommateurs valorisent les voisinages résidentiels homogènes et que les prix sont plus élevés dans les zones qui présentent relativement plus de services. Afin d'analyser le pouvoir explicatif des différentes caractéristiques résidentielles, Waddell, Berry et Hoch (1993) testent plusieurs modèles de régression de prix hédonique, dans lesquels ils intègrent progressivement trois groupes de variables : des variables de localisation (accessibilité au centre d'emplois et aux infrastructures de transport), des caractéristiques structurelles (taille et qualité des logements)

et des caractéristiques de voisinage (type d'usage du sol, présence de services), et ils démontrent les gains de robustesse d'un modèle incluant ces groupes de variables. Ces études montrent clairement que le prix du marché foncier reflète non seulement le foncier comme un espace ayant un certain niveau d'accessibilité au centre, mais aussi une valeur nette des caractéristiques de voisinage, des biens publics locaux, et des autres caractéristiques spécifiques non structurelles du logement.

La démarche de la méthode des prix hédoniques suppose d'identifier une fonction de régression reliant les caractéristiques et le prix. Elle se déroule en deux étapes : dans la première on détermine les fonctions de prix, qui serviront dans une deuxième étape à estimer les dispositions à payer des ménages. Cependant, cette méthode est rarement appliquée dans son intégralité car le plus souvent il n'est pas possible d'estimer les dispositions à payer en raison notamment du manque de données.

Une des difficultés de l'analyse hédonique est l'estimation des fonctions de régression, car elle implique des choix comme celui de la forme fonctionnelle à utiliser ou des variables à inclure.

Les travaux de la littérature de ces modèles appliqués au logement font souvent recours à la fonction semi-logarithmique, dont le logarithme du prix du logement représente une fonction linéaire de ses caractéristiques.

Relativement au problème des variables à introduire dans le modèle, la théorie économique urbaine révèle le rôle central des modèles de détermination des valeurs du sol.

Un problème important lié à la construction de la démarche hédonique est le suivant : lorsque les variables de localisation sont intégrées dans les modèles de prix hédoniques avec les caractéristiques du logement, du voisinage ou d'autres variables, elles ont une tendance à capturer seulement des variations résiduelles car il y a déjà accumulation des facteurs explicatifs des prix fonciers dans les caractéristiques non spatiales du logement. Les attributs des logements sont donc déjà reflétés par les caractéristiques des logements, ce qui pourrait être considéré comme une surspécification du modèle économétrique, comme une capitalisation des différences de localisation dans les caractéristiques du logement qui conduit à une convergence des préférences spatiales et les préférences en termes de caractéristiques du logement.

Une autre proposition intéressante est celle de segmenter le marché du logement en se basant sur le nombre de pièces, la surface ou le type de logement (individuel ou collectif). Des techniques statistiques peuvent être utilisées afin de comparer les coefficients de régression entre les différents segments.

Selon les études de Goodman, l'introduction des variables démographiques, comme l'âge du chef de ménage, dans l'équation de demande, fait que le pouvoir prédictif de la variable revenu conduise à des meilleurs résultats. En même temps, le revenu et l'âge sont également des variables qui influencent la décision des ménages de devenir propriétaires.

D'autres études suggèrent qu'il y a une forte corrélation entre le revenu des ménages propriétaires et le prix de leur logement, mais une corrélation modérée entre le revenu des ménages locataires et le coût du logement (le loyer).

ANNEXE 2

Les enjeux de l'interface transport-urbanisme dans le cas lyonnais : synthèse à partir des différents documents de planification et d'aménagement

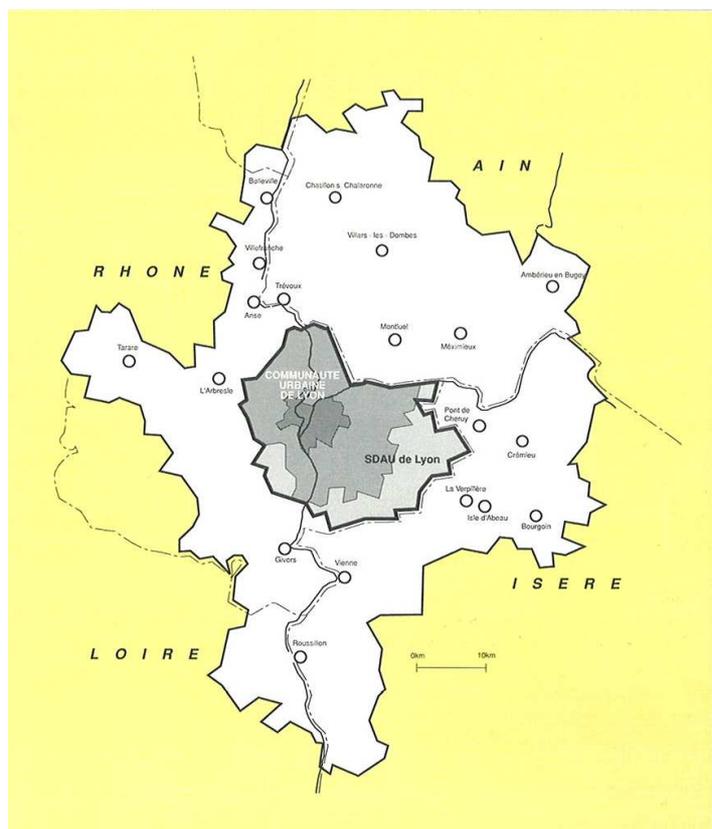
Il s'agit de faire un bilan sur les interrogations et les enjeux politiques et techniques de l'interface transport-urbanisme dans le cas lyonnais, à partir des différents documents de planification et d'aménagement du territoire.

Schéma directeur de l'agglomération lyonnaise – Lyon 2010

C'est un document d'orientation pour l'aménagement de l'espace au niveau intercommunal. Il décrit les politiques prioritaires qu'il convient de mettre en œuvre dans des domaines comme les déplacements, l'économie, l'environnement, habitat, etc.

Le périmètre d'étude est donc l'agglomération lyonnaise, qui contient 71 communes.

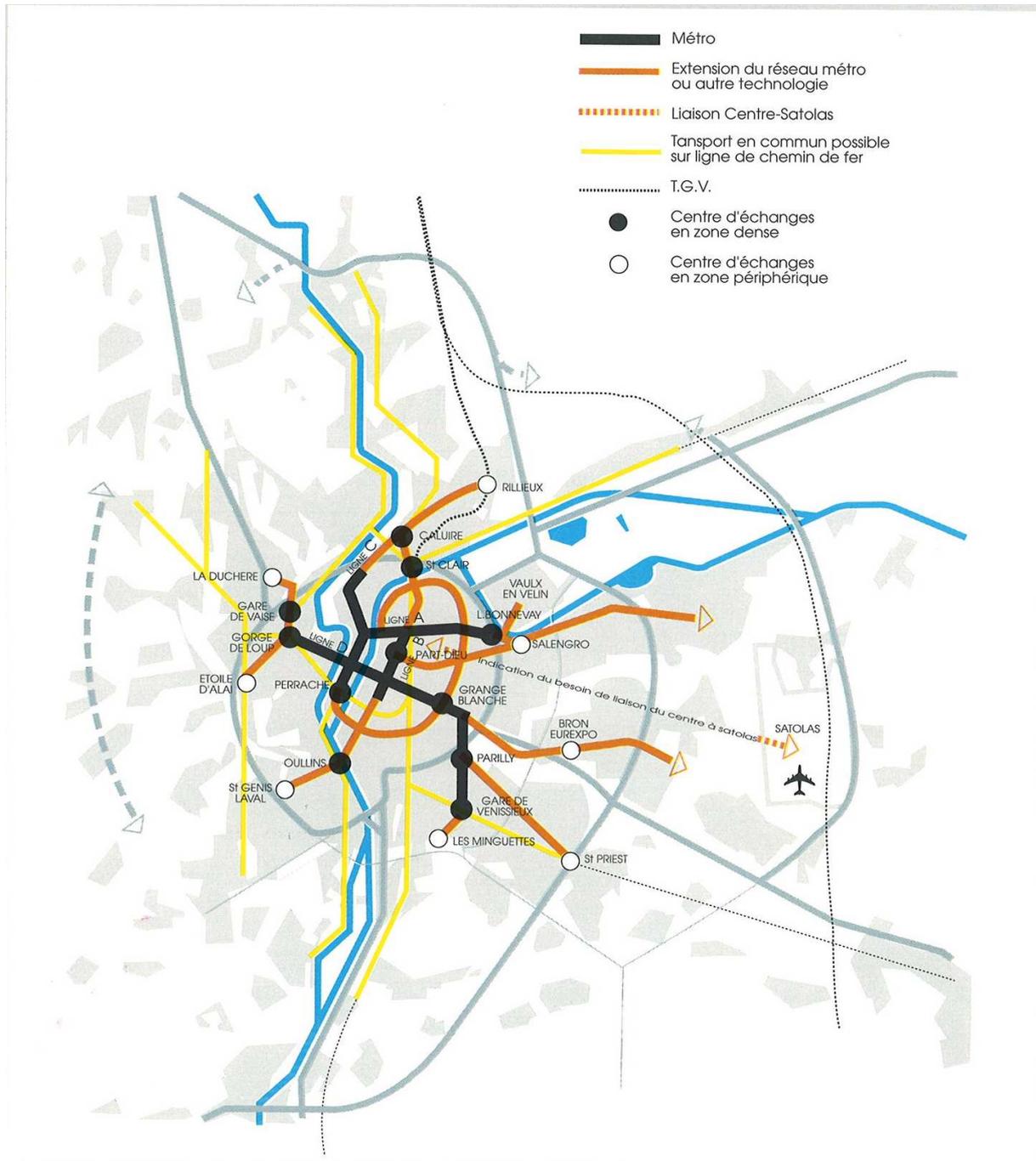
Carte n° 1 : Agglomération lyonnaise



Source : Schéma directeur de l'agglomération lyonnaise – Lyon 2010

transports en commun, des voies ferrées de banlieue et des grandes voiries, particulièrement aux limites de la zone dense.

Carte n° 3 : Réseau de transport de l'agglomération lyonnaise



Source : Schéma directeur de l'agglomération lyonnaise – Lyon 2010

Les principaux enjeux et les mesures proposées pour l'agglomération lyonnaise qui sont mis en évidence par ce document de planification sont les suivants :

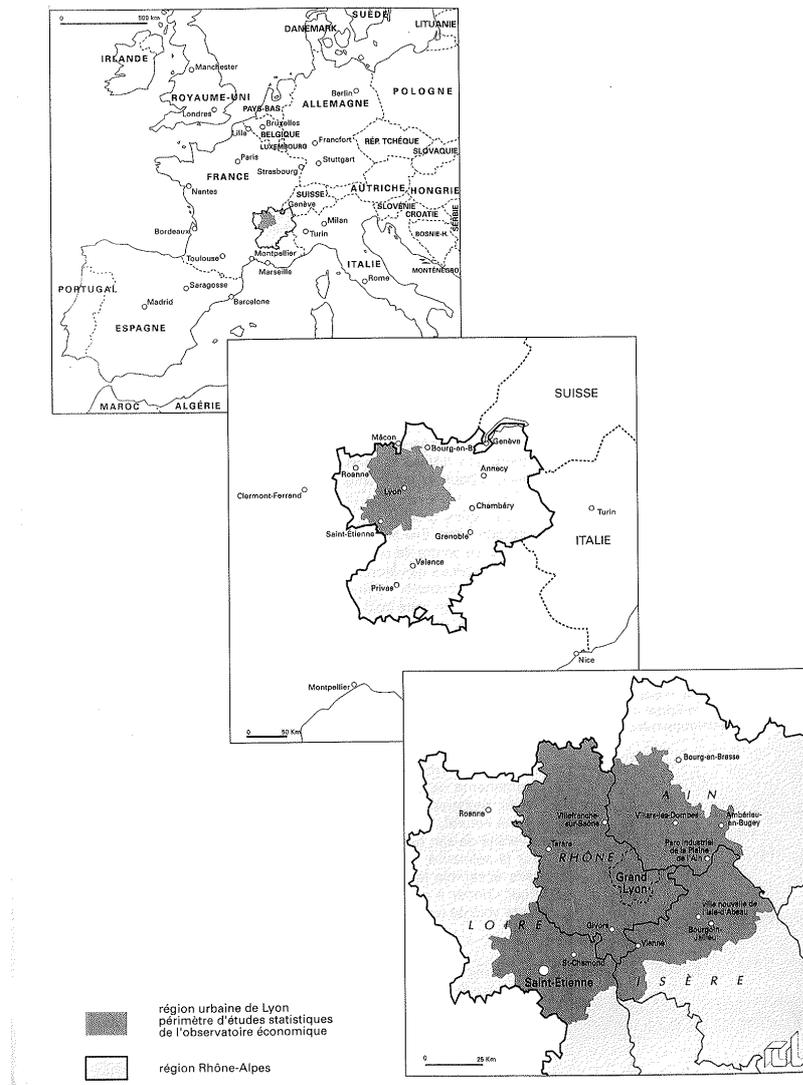
- Comprendre et assurer la cohérence entre la politique de déplacements et la politique urbaine. Celui-ci est l'objectif le plus général en matière d'interface transport-urbanisme.
- Utiliser la formation et la recherche comme leviers du développement économique. Pour atteindre cet objectif, l'enjeu est de mieux relier entre eux et à la vie urbaine les pôles d'enseignement et de recherche, notamment par les transports en commun.
- Rechercher un équilibre habitat – emplois – services par zones. Cela suppose notamment de corrélérer spatialement les dynamiques résidentielle et économique.
- Suivre la logique d'une valorisation urbaine (densification) au voisinage des gares et stations de métro.
- Eloigner le transit national et international de la partie la plus dense de l'agglomération, en organisant des contournements de l'agglomération, afin de répondre au besoin de mieux circuler à l'intérieur de la métropole.
- Relier le centre avec les pôles stratégiques de développement par des transports en commun rapides, en assurant de cette façon le fonctionnement unitaire de l'aire métropolitaine.
- Appliquer une forte politique de limitation de l'usage de la voiture particulière, étant donné le trafic motorisé en croissance continue et la sensibilité croissante de la population urbaine à la pollution.
- Renforcer l'attractivité résidentielle de l'agglomération en facilitant l'habitat en ville. Il s'agit de diversifier l'offre de logements et anticiper les mutations sociodémographiques et la demande sociale, assurer les équilibres sociaux par une politique de développement social des quartiers (notamment dans la première couronne) et maintenir le parc locatif à vocation sociale.
- Renforcer les efforts pour corriger les tendances ségrégatives et les grands déséquilibres sociaux et urbains, en particulier par l'accroissement de l'offre de logements locatifs sociaux dans les zones les plus aisées, l'amélioration de la desserte des grandes zones d'habitat social et en favorisant l'intégration sociale des catégories défavorisées de population (comme les familles nombreuses, par exemple).

- Prendre en compte et s'adapter aux tendances de changement des situations familiales, de vieillissement de la population, de réduction de la taille des ménages.
- Porter une attention particulière à la qualité des espaces publics, aménager des parcs et des équipements sportifs et de loisir en ville, assurer la protection de l'environnement.

Région Urbaine de Lyon – RUL 2010

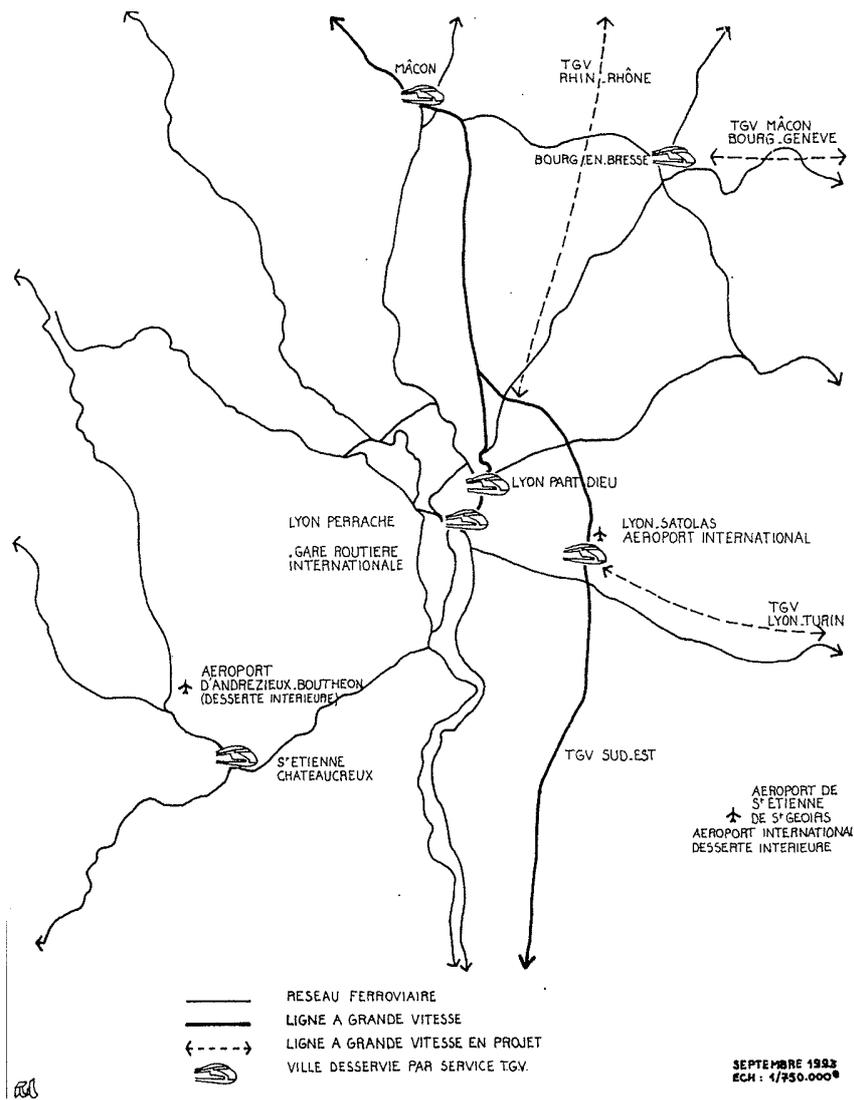
Le périmètre de la région urbaine de Lyon est illustré dans la carte suivante :

Carte n° 4 : Région Urbaine de Lyon (RUL 2010)



Source : Région Urbaine de Lyon – RUL 2010

Carte n° 6 : Réseau ferroviaire de la RUL



Source : Région Urbaine de Lyon – RUL 2010

A cette échelle territoriale, parmi les enjeux on peut citer :

- Améliorer la desserte des grands équipements (aéroport, gares, sites universitaires, technopôles, sites hospitaliers, grands sites de loisirs) et coordonner le développement des équipements et des activités logistiques.
- Echapper au phénomène classique d'étalement urbain, par une maîtrise de la croissance urbaine par une logique alternative, dans laquelle les complémentarités entre espaces urbains et ruraux soient utilisées au maximum.
- Remettre en question les choix en matière d'usage des modes de transport : développer les modes de transport alternatifs, promouvoir l'intermodalité,

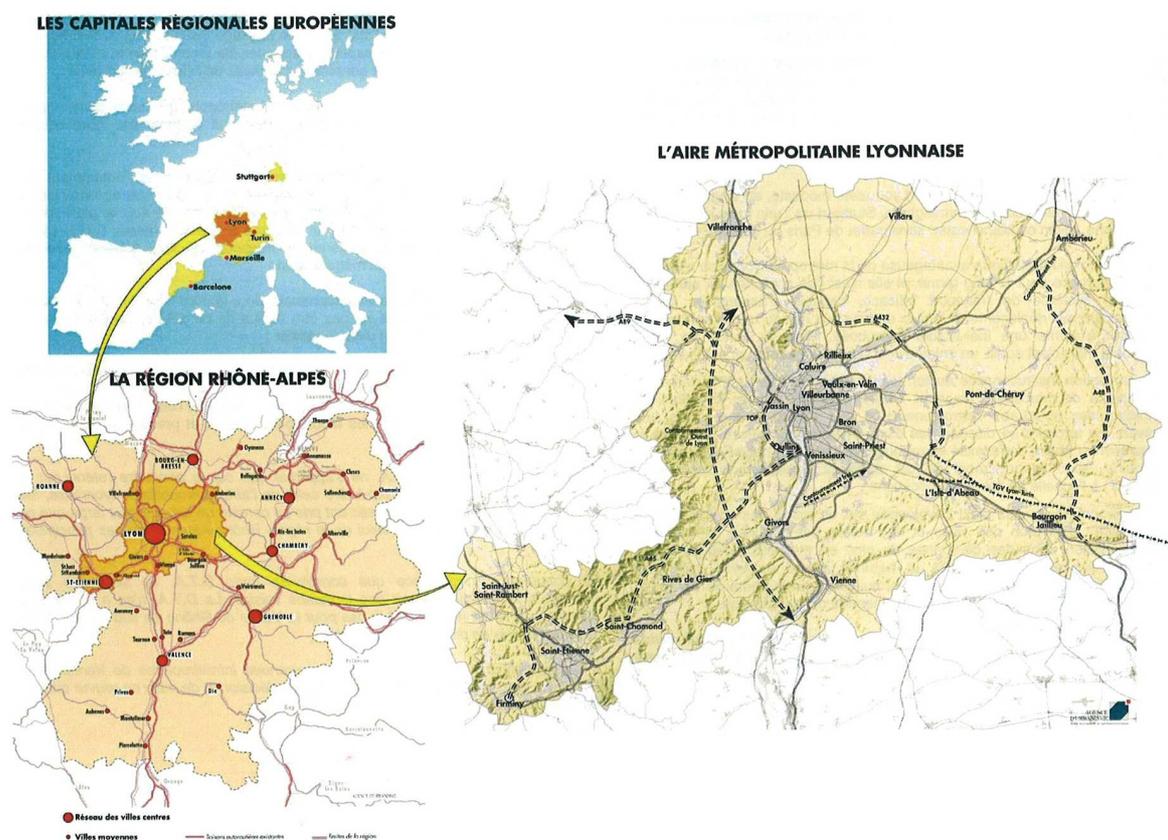
développer le système de transports collectifs pour qu'il puisse rivaliser avec la voiture particulière.

- Concernant le réseau routier, mettre en place des itinéraires rapides évitant le centre des agglomérations.
- Affirmer le rôle du fer dans le développement des échanges - améliorer la qualité de la desserte du transport ferroviaire des voyageurs, en établissant des liaisons intercités fréquentes et à grande vitesse.
- Développer une plate-forme intermodale et améliorer l'accessibilité à l'aéroport.
- Assurer la maîtrise foncière des espaces stratégiques, notamment les centres-villes.
- Appliquer une politique d'habitat plus économe d'espace, mieux concentrée sur les équipements et les moyens de transport, plus respectueuse de l'environnement.
- Développer de façon équilibrée le territoire pour lutter contre l'exclusion et favoriser la cohésion sociale.
- Offrir des services de proximité à l'ensemble des habitants.
- Analyser l'efficacité de la mise en œuvre d'un système multipolaire d'organisation du territoire à cette échelle.

Directive territoriale d'aménagement de l'aire métropolitaine lyonnaise

Dans ce document, l'aire métropolitaine lyonnaise est définie comme une armature urbaine hiérarchisée, avec les trois pôles de Lyon, Saint-Etienne et l'agglomération Nord-iséroise, les villes moyennes de Villefranche, Vienne, Givors, Ambérieu et Pont de Chérucy et les bourgs-centres.

Carte n° 7 : L'aire métropolitaine lyonnaise (DTA)

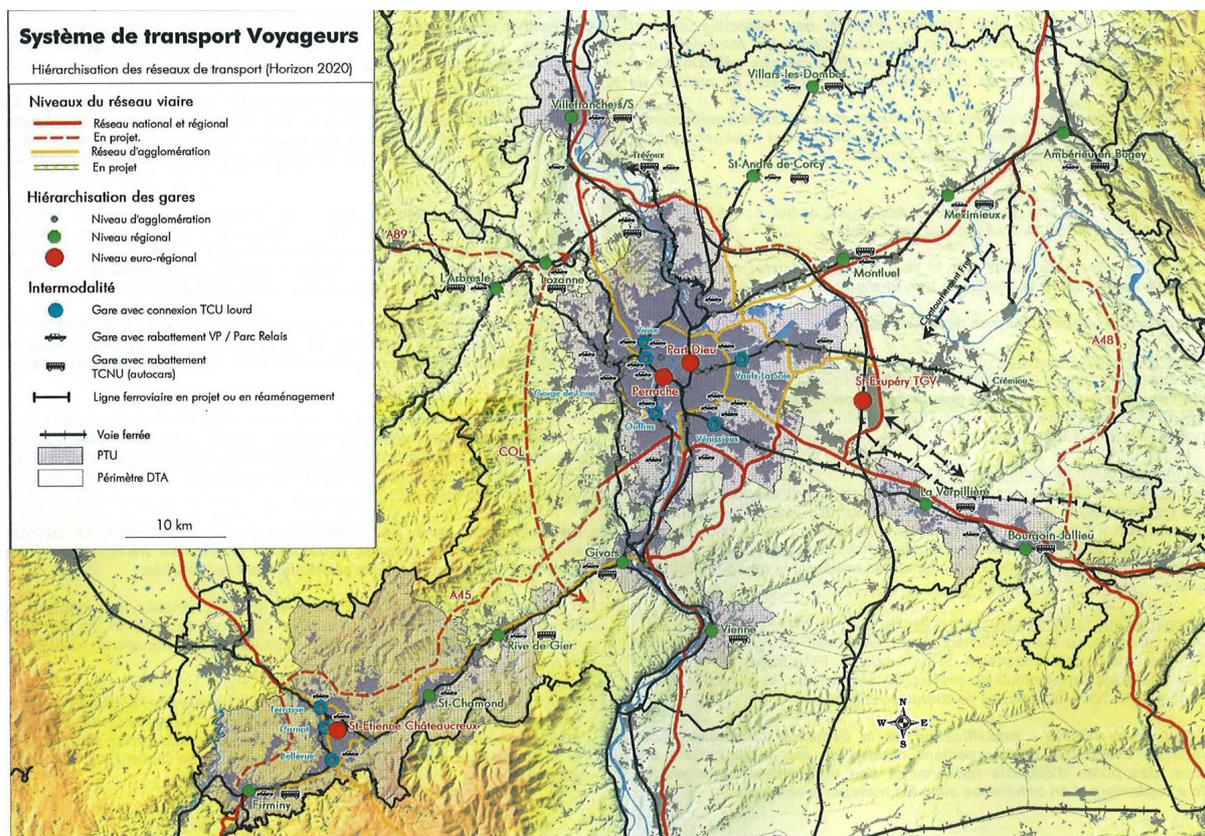


Source : Directive territoriale d'aménagement de l'aire métropolitaine lyonnaise

Le développement de la métropole lyonnaise s'inscrit dans une perspective d'une métropole attractive et rayonnante au niveau européen et d'un pôle de développement susceptible d'offrir une alternative crédible à la région parisienne au niveau national. Dans cette logique, elle est confrontée à un double enjeu : d'une part, celui d'acquérir une taille critique suffisante, et d'autre part, celui de concrétiser des stratégies d'alliances, dans le cadre de réseaux de villes, de natures et d'échelles diverses. L'objectif est de renforcer l'armature urbaine existante en contribuant à une meilleure organisation et à un fonctionnement véritablement métropolitain.

Du côté des politiques de transport visant à organiser et structurer le territoire, le premier objectif du système de transport est de concilier la fluidité du trafic de transit, un niveau de service efficace pour le trafic d'échanges, notamment à l'échelle régionale, et les besoins en déplacement des personnes et des biens dans la métropole elle-même. Un deuxième objectif concerne les transports collectifs et leur attractivité dans le but de limiter la croissance du trafic VP. Le troisième est celui du report des marchandises sur d'autres modes que la route, tels que le fer et la voie d'eau.

Carte n° 8 : Réseau de transport de l'aire métropolitaine



Source : Directive territoriale d'aménagement de l'aire métropolitaine lyonnaise

Les constats à retenir au niveau de l'aire métropolitaine sont :

- des polarités urbaines fortes
- un développement urbain fortement consommateur d'espace
- un système de transport peu hiérarchisé qui favorise l'usage de la voiture
- une activité économique solide

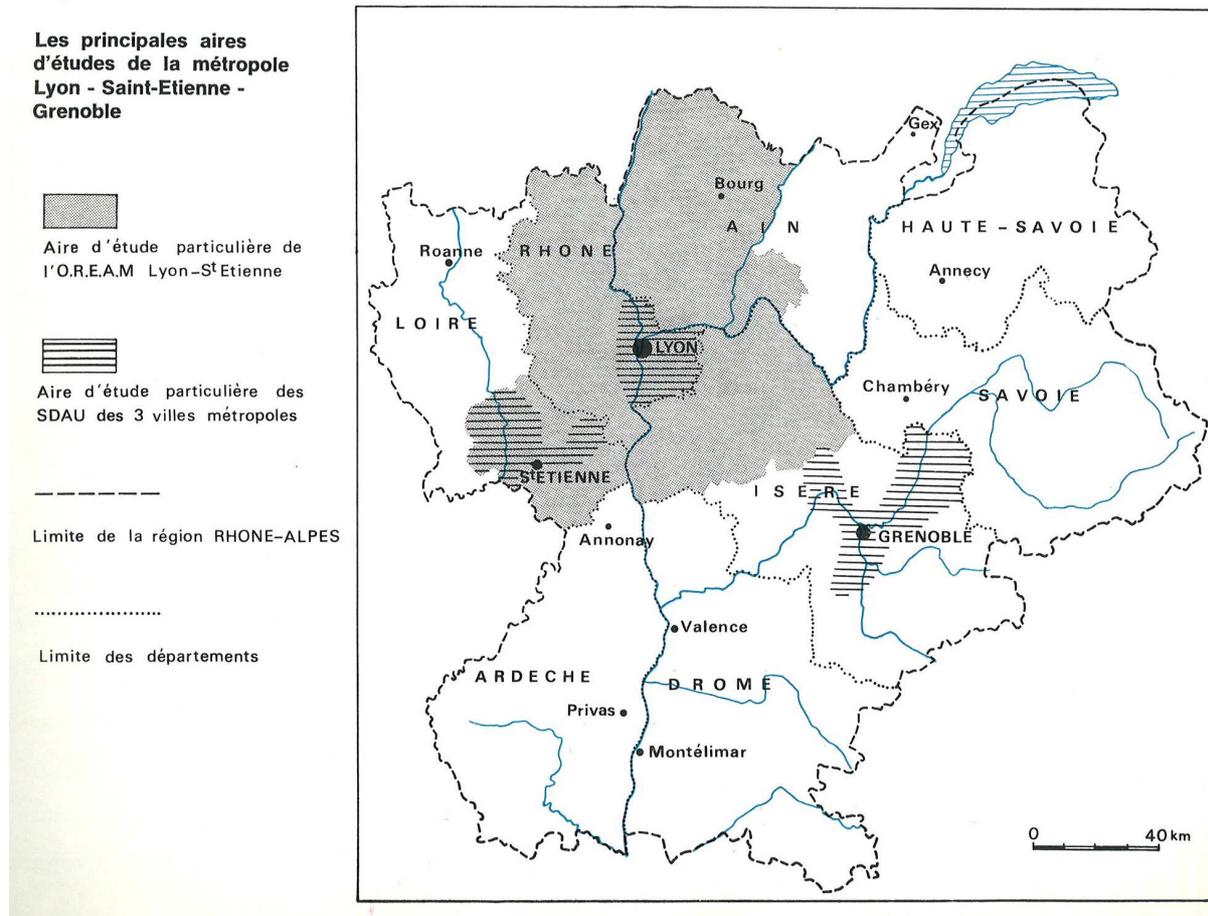
Les points d'action évoqués dans ce document proposent notamment :

- Organiser une métropole multipolaire, via le renforcement des pôles urbains secondaires et des liaisons entre ces pôles et le centre.
- Favoriser une nouvelle répartition des dynamiques démographiques, plus favorable aux territoires en perte d'attractivité et aux pôles urbains existants.
- Maîtriser l'étalement urbain, en limitant la consommation d'espaces naturels et agricoles.
- Placer les nouveaux pôles d'emploi le long des axes de transport collectif urbain ou à proximité des gares.

- Assurer la connexion entre transports ferroviaires régionaux et réseaux urbains de transport en commun.

L'OREAM – La métropole Lyon-Saint Etienne-Grenoble

Carte n° 9 : La métropole Lyon-Saint Etienne-Grenoble



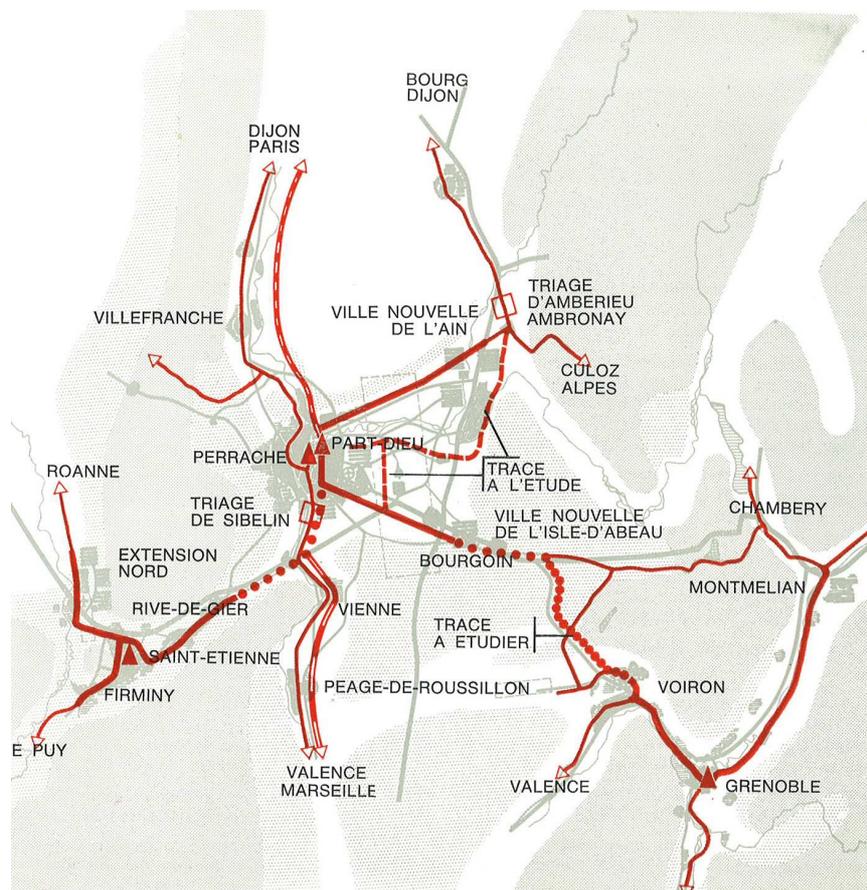
Source : OREAM – La métropole Lyon-Saint Etienne-Grenoble

En termes d'objectifs, ce projet d'aménagement propose l'obtention d'une nouvelle dimension économique, qui suppose en amont une forte intégration des trois pôles, et qui devrait avoir comme effet de favoriser le développement de la grande région qu'elle anime. L'ambition européenne est aussi exprimée, la métropole étant perçue comme un pôle de développement hors de la région parisienne, dont elle pourrait contrebalancer la puissance.

De son côté, le plan de transport proposé devra être cohérent en lui-même et cohérent avec les principales dispositions d'aménagement des centres, des zones d'habitation,

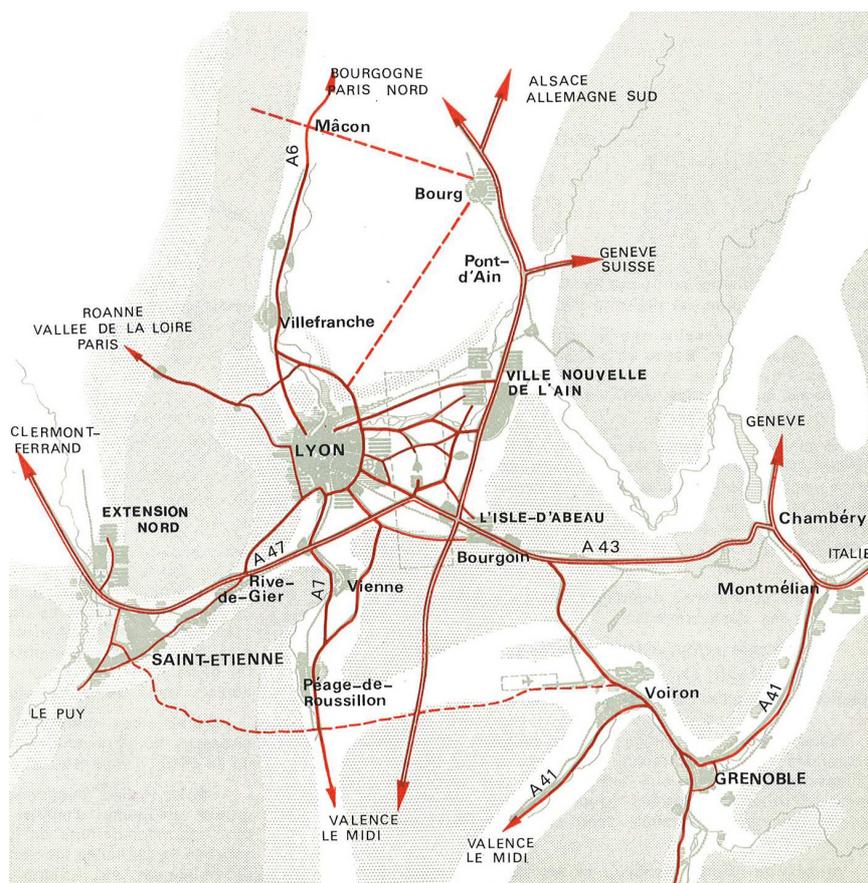
d'activité et de loisir. Dans cette logique, les propositions en matière de politique de transport sont synthétisées dans les cartes suivantes :

Carte n° 10 : Réseau de transport de la métropole Lyon-Saint Etienne-Grenoble



Source : OREAM – La métropole Lyon-Saint Etienne-Grenoble

Carte n° 11 : Réseau de transport de la métropole Lyon-Saint Etienne-Grenoble



Source : OREAM – La métropole Lyon-Saint Etienne-Grenoble

Ces objectifs étant fixés, les interrogations et les points importants dont il faut tenir compte sont :

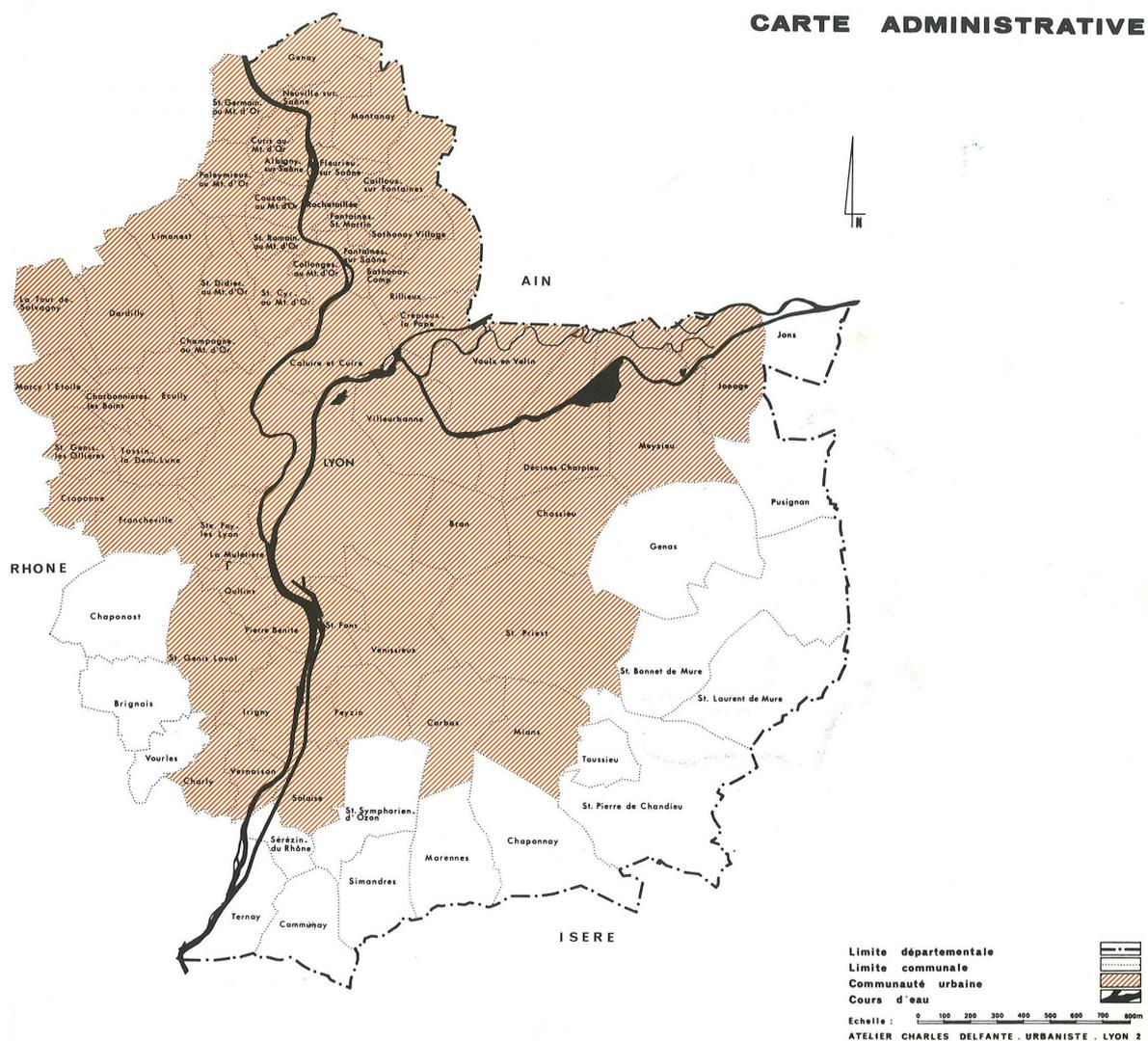
- le rôle de pôle principal de la métropole ne concerne que l'accueil des pouvoirs administratifs-politiques
- l'enjeu de la diversification des activités dans chacun des pôles, pour assurer l'équilibre de la métropole
- le développement continu du secteur tertiaire (services aux entreprises, centres de décision, et notamment universités et laboratoires de recherche, qui sont le moteur du développement économique)
- l'intégration de l'agriculture périurbaine dans les schémas d'aménagement
- l'arbitrage entre mobilité et centralité
- l'organisation des transports n'est pas qu'un élément fondamental de l'aménagement, mais aussi que cette organisation a un rôle de moteur de celui-ci

- la maîtrise foncière est un élément clé pour la réussite d'un aménagement volontaire, via le prix et le droit d'occupation des sols, qui doivent être orientés dans le sens de l'intérêt général
- l'objectif de limiter le plus possible la ségrégation entre les différentes régions de la métropole et de maîtriser la liaison entre l'évolution du marché foncier et la ségrégation croissante de la population
- la difficile prévision de l'évolution des mentalités, des structures, des activités
- le ralentissement de la croissance démographique, qui est un facteur qui freine l'attractivité des pôles urbains et, par conséquent, constitue un freine au développement économique et à la formation d'une vraie métropole
- l'efficacité des politiques basées sur la demande comparativement aux politiques d'offre
- une véritable métropole d'équilibre a besoin de la mise en place d'une structure régionale politique et administrative
- la complexité des enjeux métropolitains et la nécessité d'avoir une vision de long terme, qui sont des arguments en faveur de la modélisation d'un tel système, afin d'obtenir une représentation simplifiée des interdépendances et une vision prospective de la réalité étudiée

Lyon 2000 – Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de l'agglomération lyonnaise

Le territoire considéré couvre l'agglomération urbaine de Lyon de 1969 au sens large, c'est-à-dire, outre les communes périphériques soudées à l'agglomération principale, la plupart des communes rurales directement touchées par l'expansion de la ville et étroitement liées à elle par leurs besoins en emplois et en services.

Carte n° 12 : Agglomération urbaine de Lyon de 1969



Source : Lyon 2000 – Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de l'agglomération lyonnaise

Etant subordonnée à l'objectif de réalisation d'une métropole d'équilibre Lyon-Saint Etienne-Grenoble, la politique d'aménagement et d'urbanisme proposée a les mêmes bases que partout ailleurs lorsqu'il s'agit de la vie des hommes. L'agglomération lyonnaise doit devenir une ville offrant tous les services et les satisfactions que l'on est en droit d'attendre d'une ville.

En ce qui concerne les transports, le schéma propose un réseau intérieur de transports en commun en site propre irriguant totalement le centre et poussant des antennes en proche banlieue, un réseau ferroviaire de grande banlieue et un réseau de voies rapides intérieur à l'agglomération relié aux axes extérieurs principaux.

Ce document met en évidence quelques aspects spécifiques :

- l'existence d'une contradiction à l'intérieur de la triade développement économique – cohésion sociale – protection de l'environnement : de nombreuses études montrent la relation inverse qui existe entre le rythme de croissance économique, d'un côté, et le degré d'équité sociale et la qualité de l'environnement à toutes les échelles territoriales
- au cœur des enjeux liés à l'occupation du sol se trouve la répartition dans l'espace de la population et des emplois
- l'enjeu majeur de l'interaction transport-urbanisme pour ce périmètre est l'adaptation des réseaux de communications à l'occupation du sol et vice-versa
- les difficultés d'estimation de l'évolution démographique (les prévisions de croissance accélérée de la population (doublement dans la période 1969 – 2000) n'ont pas été confirmées)
- la nécessité de susciter le développement économique de chacun des trois pôles de la métropole

Trois modèles possibles d'organisation de la métropole sont proposés :

- 1) Ville presque dépourvue de la centralité, avec une forte dispersion des activités périphériques et un réseau puissant d'autoroutes urbaines ;
- 2) Ville centralisée à l'extrême, où le centre monopolise toutes les activités et réduit le rôle des banlieues à la résidence et aux activités secondaires, ce qui suppose un réseau TC très développé en périphérie ;
- 3) Ville polycentrique, avec une bonne accessibilité des centres.

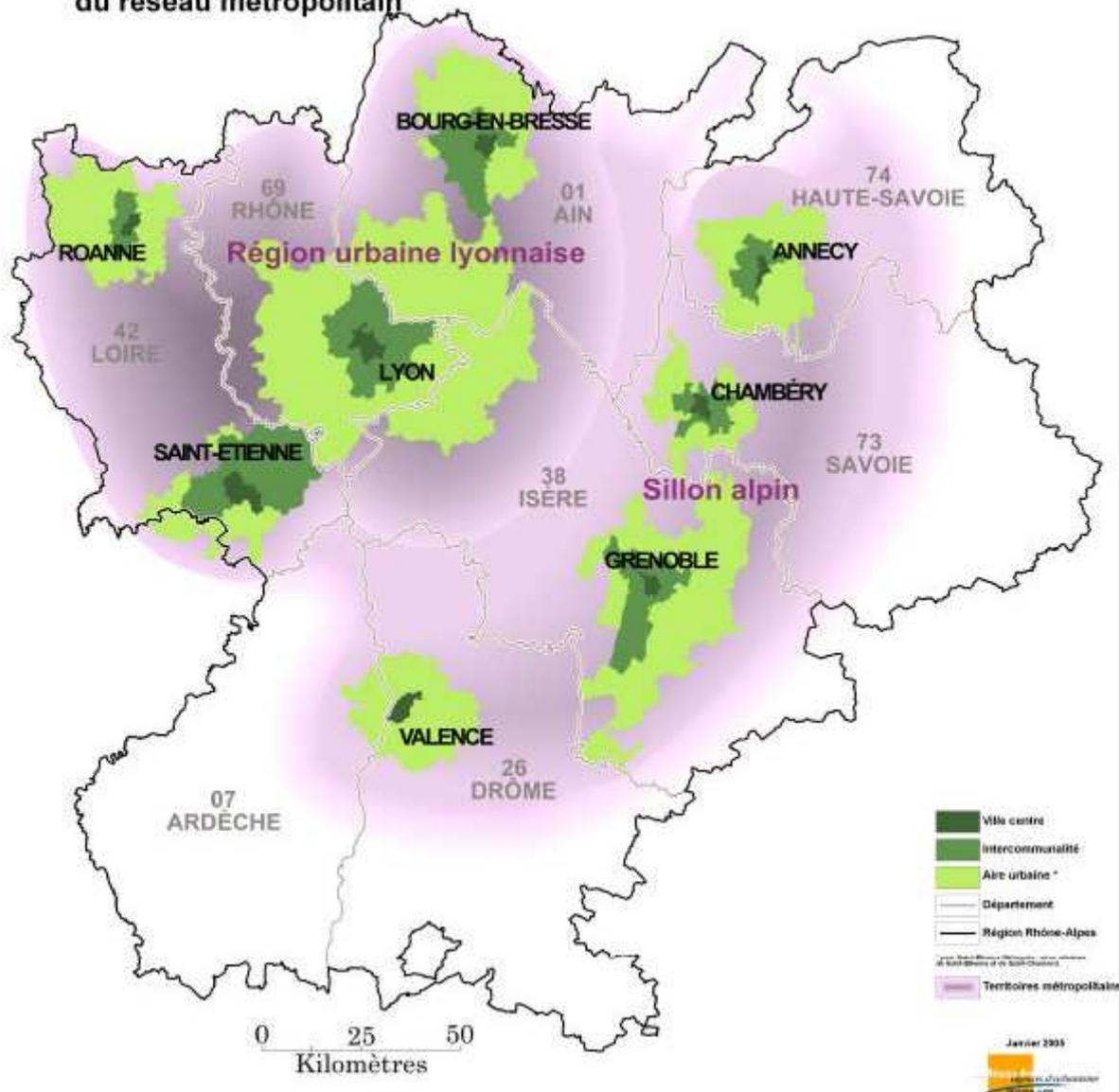
La conclusion de l'étude porte sur la supériorité de ce dernier modèle pour Lyon.

Vers un réseau métropolitain – Réseau des villes-centres et grandes agglomérations de Rhône-Alpes

Les huit principales agglomérations de Rhône-Alpes et leurs villes-centres, à savoir Lyon, Grenoble, Saint-Etienne, Chambéry, Annecy, Bourg-en-Bresse, Roanne et Valence, représentent une armature urbaine exceptionnelle au sein d'une région qui pèse en Europe aux plans démographique et économique.

Carte n° 13 : Réseau métropolitain de Rhône-Alpes

Les villes centres et intercommunalités du réseau métropolitain



Source : Vers un réseau métropolitain – Réseau des villes-centres et grandes agglomérations de Rhône-Alpes

L'ambition partagée des collectivités associées est de constituer une organisation métropolitaine en réseau qui soit identifiée à l'échelle internationale et européenne, compétitive, accessible et attractive, ouverte à tous et solidaire, offrant des services de qualité supérieure à ses habitants.

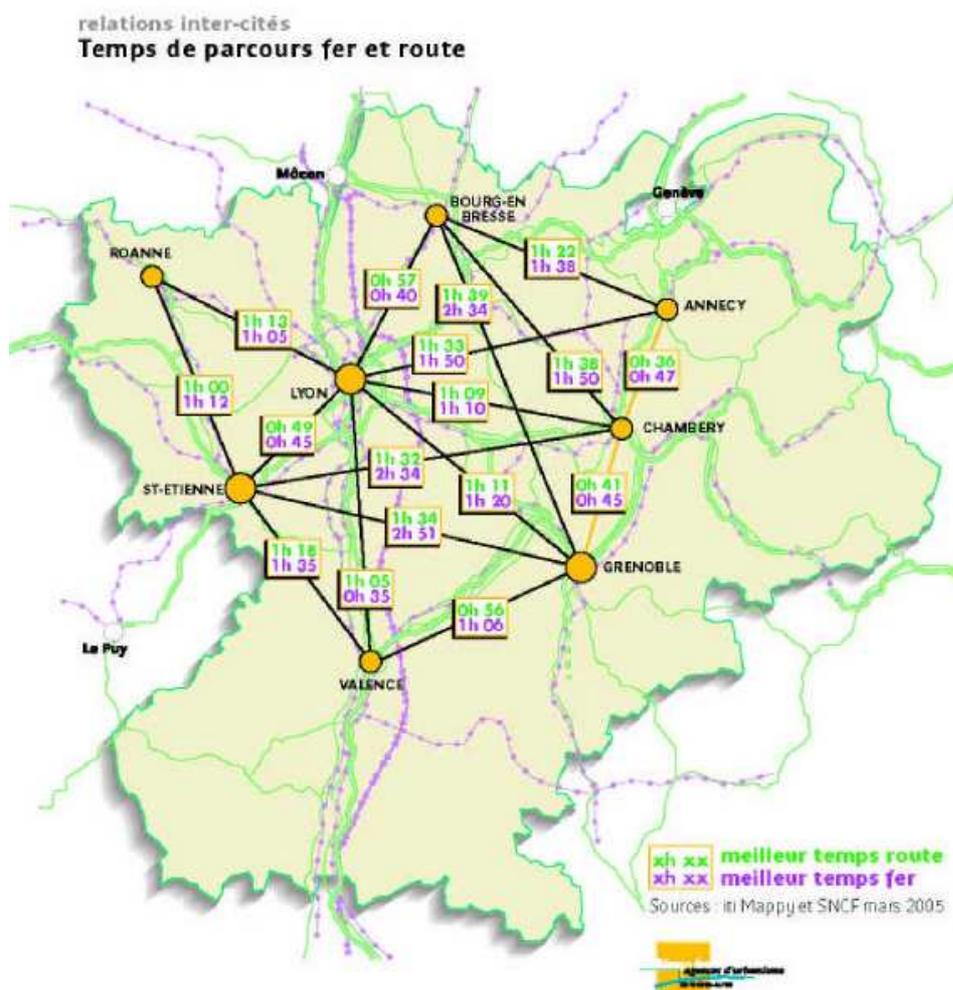
Les enjeux communs aux villes, agglomérations et territoires sont :

- renforcer le rayonnement économique et la complémentarité des pôles d'excellence économique ;

- développer le rayonnement de la recherche et de l'enseignement supérieur ;
- améliorer l'accessibilité internationale aéroportuaire, le réseau TGV ainsi que le maillage intercités ;
- rayonner par la culture, les grands événements et développer le tourisme.

Pour garantir l'attractivité du réseau, les liaisons entre les villes et agglomérations doivent être performantes. A ce titre, le projet métropolitain doit conduire à renforcer et améliorer l'accès à la plate-forme multimodale de l'aéroport Saint-Exupéry depuis les villes de Rhône-Alpes, à développer les dessertes autoroutières et ferroviaires des principaux pôles, à rendre plus performant le système de transport collectif à l'échelle de l'aire urbaine lyonnaise et à favoriser le report modal des marchandises sur les modes ferroviaire et fluvial.

Carte n° 14 : Temps de parcours entre les villes centres et les agglomérations du réseau métropolitain



Source : Vers un réseau métropolitain – Réseau des villes-centres et grandes agglomérations de Rhône-Alpes

On va faire maintenant un bilan sur les interrogations et les enjeux de l'interface transport-urbanisme dans le cas lyonnais, à partir des différents documents de planification et d'aménagement du territoire.

Le tableau n° 1 synthétise la façon dont chacun des documents présentés traite la problématique de l'interface transport-urbanisme, selon l'échelle territoriale de référence et les objectifs globaux de politique publique spécifiques à chacun d'eux.

Tableau n°1 : L'interface transport-urbanisme dans le cas lyonnais

<i>Document de planification et d'aménagement du territoire</i>	<i>Echelle territoriale</i>	<i>Objectifs des politiques publiques</i>	<i>Interface transport-urbanisme</i>
<p><i>Schéma directeur de l'agglomération lyonnaise – Lyon 2010 (Ministère de l'Équipement, 1969)</i></p>	<p>agglomération lyonnaise (71 communes)</p>	<p>renforcer les fonctions métropolitaines de classe internationale ; développer et moderniser le tissu économique existant</p>	<ul style="list-style-type: none"> - corréler spatialement les dynamiques résidentielle et économique (rechercher un équilibre habitat-emplois-services par zones) - densification au voisinage des gares et stations de métro - réaliser des contournements de l'agglomération - relier le centre avec les pôles stratégiques de développement par des transports en commun rapides - limitation de l'usage de la VP - renforcer l'attractivité résidentielle – diversifier l'offre de logements, anticiper les mutations sociodémographiques - corriger les tendances ségrégatives
<p><i>Région Urbaine de Lyon – RUL 2010 (Région Urbaine de Lyon, 1994)</i></p>	<p>région urbaine de Lyon</p>	<p>faire de la région urbaine de Lyon la seconde métropole française</p>	<ul style="list-style-type: none"> - améliorer la desserte des grands équipements (aéroport, gares, sites universitaires, technopôles, loisirs) - échapper au phénomène d'étalement urbain - promouvoir l'intermodalité, développer le système de transports collectifs - améliorer la qualité de la desserte du transport ferroviaire des voyageurs - assurer la maîtrise foncière et une politique d'habitat plus économe d'espace, notamment en centre-ville - lutter contre l'exclusion et favoriser la cohésion sociale - offrir des services de proximité à l'ensemble des habitants

<p><i>Directive territoriale d'aménagement de l'aire métropolitaine lyonnaise (Préfecture de Région Rhône-Alpes, 2004)</i></p>	<p>aire métropolitaine (Lyon, Saint Etienne, Nord-Isère, Villefranche, Vienne, Givors, Ambérieu et Pont de Chéruy)</p>	<p>développement d'une métropole attractive et rayonnante au niveau européen et d'un pôle de développement susceptible d'offrir une alternative crédible à la région parisienne au niveau national ; renforcer l'armature urbaine existante en vue d'une meilleure organisation et d'un fonctionnement véritablement métropolitain</p>	<ul style="list-style-type: none"> - renforcer les liaisons entre les pôles (métropole multipolaire) - favoriser une nouvelle répartition des dynamiques démographiques, plus favorable aux territoires en perte d'attractivité - maîtriser l'étalement urbain, en limitant la consommation d'espaces naturels et agricoles - placer les nouveaux pôles d'emploi le long des axes de transport collectif urbain ou à proximité des gares - assurer la connexion entre transports ferroviaires régionaux et réseaux urbains de transport en commun
<p><i>L'OREAM – La métropole Lyon–Saint Etienne-Grenoble (Service régional de l'équipement, 1969)</i></p>	<p>métropole Lyon-Saint Etienne-Grenoble</p>	<p>obtention d'une nouvelle dimension économique ; une forte intégration des trois pôles ; favorisation du développement de la région</p>	<ul style="list-style-type: none"> - l'arbitrage entre mobilité et centralité - la maîtrise foncière, via le prix et le droit d'occupation des sols - limiter la ségrégation entre les différentes régions de la métropole - la croissance démographique comme facteur d'attractivité des pôles urbains
<p><i>Lyon 2000 – Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de l'agglomération lyonnaise (Ministère de</i></p>	<p>agglomération urbaine de Lyon de 1969</p>	<p>subordonné à l'objectif de réalisation d'une métropole d'équilibre Lyon-Saint Etienne-Grenoble ; l'agglomération lyonnaise doit devenir une ville offrant tous les services et les satisfactions que l'on est en droit d'attendre d'une ville</p>	<ul style="list-style-type: none"> - la nécessité d'un réseau de transport en commun irriguant le centre et d'un réseau ferroviaire de grande banlieue - la répartition dans l'espace de la population et des emplois - l'adaptation des réseaux de communication à l'occupation du sol et vice-versa

<i>l'Équipement, 1969)</i>			
<i>Vers un réseau métropolitain – Réseau des villes-centres et grandes agglomérations de Rhône-Alpes (Région Urbaine Lyonnaise – Sillon Alpin, 2005)</i>	réseau métropolitain de Rhône-Alpes	constituer une organisation métropolitaine en réseau qui soit identifiée à l'échelle internationale et européenne, compétitive, accessible et attractive, ouverte à tous et solidaire, offrant des services de qualité supérieure à ses habitants	<ul style="list-style-type: none"> - améliorer les liaisons routières et ferroviaires entre villes et agglomérations - rendre plus performant le système de transport collectif à l'échelle de l'aire urbaine lyonnaise

Au regard des dimensions retenues pour définir l'interface transport-urbanisme (voir premier chapitre), on peut constater que chaque document de planification traite certains aspects (dimensions) de la problématique complexe de cette interface. Les documents *Schéma directeur de l'agglomération lyonnaise – Lyon 2010* et *Région Urbaine de Lyon – RUL 2010* évoquent d'une manière plus fine, plus détaillée les facettes multiples de l'interface transport-urbanisme, tandis que dans les autres documents, même si les objectifs fixés impliquent des mesures à prendre sur les sous-systèmes de transport et localisation, le cœur de l'interface transport-urbanisme est, en général, traité de manière vague.

Généralement, les grands enjeux que l'on retrouve dans les agglomérations urbaines, liés à des dimensions comme les modes de transport (déplacement), la question des différents types d'accessibilités (travail, centre, infrastructures de transport), de la localisation résidentielle (l'habitat) et des activités (emplois), des dynamiques socio-démo-économiques, des modes d'utilisation de l'espace et le problème de la congestion, sont bien pris en compte par les documents. Parmi les points importants qui sont abordés dans une moindre mesure on peut citer l'aspect foncier/immobilier.

La question des échelles territoriales et le lien entre les enjeux transport-urbanisme et les objectifs des politiques publiques locales

Au regard de ces documents, on a aussi une image synthétique du défi de la pertinence des échelles territoriales par rapport aux objectifs fixés et de l'évolution de cette question dans le temps. C'est la vision de ce que devait être la métropole lyonnaise à l'horizon 2000, avec un certain nombre d'objectifs en termes de population, d'emploi, de sites à urbaniser en priorité, d'infrastructures à mettre en œuvre à différents échelles dites « métropolitaines » qui vont de l'agglomération lyonnaise jusqu'au réseau des grandes villes et agglomérations de Rhône-Alpes, en passant par l'aire urbaine de Lyon et la Région Urbaine de Lyon.

Dans les années 60-70, la vision dominante était celle de la métropole d'équilibre comme outil économique de repositionnement territorial. L'idée de base était de contrebalancer Paris par le renforcement de l'attractivité locale et internationale et le développement économique. Le principe directeur était une organisation spatiale multipolaire qualitative, prenant en compte l'armature urbaine, les dynamiques économiques et la coopération intercommunale. Dans la métropole tripolaire Lyon-Saint Etienne-Grenoble, où l'agglomération lyonnaise était considérée comme le pôle privilégié, l'aménagement souhaité allait vers une concentration

stratégique, la proximité habitat-emploi, l'amélioration de l'accessibilité et de la vitesse ferroviaire et routière.

Parmi les ambitions des années 80-90 on note la métropolisation attractive, l'internationalisation, le développement technopolitain et la spécialisation des territoires. Le développement technologique du carrefour régional européen et la recherche d'une gouvernance métropolitaine sont prioritaires. Dans cette direction, le projet de la Région Urbaine de Lyon vise le développement partenarial à l'échelle pertinente, autour des secteurs et espaces de développement et des opérations concertées.

Dans la période d'après 2000, la question du développement économique et du rayonnement des métropoles reste très présente dans les discours. Mais ces analyses coïncident aussi avec la prise de conscience du fait que 30 ans se sont écoulés et que le dynamisme local reste en deçà des attentes formulées. Face aux 30 ans à venir, ce constat oblige à s'interroger sur la manière de construire les enjeux de demain.

Spatialement, en termes d'objectifs spécifiques à chacune de ces échelles, on a vu dans les documents de planification qu'il y a des points communs aux différents périmètres, mais aussi des points spécifiques à chacun d'entre eux.

Les points de convergence (à toutes les échelles territoriales) et les points de divergence (spécifiques à un ou plusieurs territoires) sont synthétisés dans le tableau n° 2 :

Tableau n°2 : Points de convergence et de divergence entre les différents périmètres

Points de convergence	<ul style="list-style-type: none"> - l'étalement urbain des populations pose un enjeu territorial fort pour demain - la croissance économique sans développement local s'accompagne d'une augmentation des écarts sociaux - l'augmentation de la distance habitat-emploi constitue un handicap pour le développement économique - les infrastructures de transport sont génératrices de croissance - il faut mieux articuler urbanisme, habitat, transport et développement économique - il faut développer des liaisons ferroviaires rapides - il faut développer le potentiel des universités et centres de recherche - il faut transférer le transport des marchandises de la route vers le fer ou les voies navigables - il faut assurer la protection de l'environnement - il faut mettre l'accent sur le développement de la qualité de vie pour
--------------------------------------	--

	<p>attirer des populations nouvelles</p> <ul style="list-style-type: none"> - il faut développer le trafic de l'aéroport Saint-Exupéry - il faut renforcer la desserte autoroutière - le développement économique métropolitain doit s'appuyer sur le renforcement des coopérations entre intercommunalités - il faut aider tous les territoires selon leurs spécificités - il faut développer des services de proximité aux personnes
Points de divergence	<ul style="list-style-type: none"> - l'impact du plan technopole sur le développement - le rôle de l'administratif (la hiérarchisation de la décision publique) sur le développement économique des territoires - la nécessité de spécialiser les territoires et de développer entre eux des complémentarités - le partage du développement économique métropolitain entre Lyon, Saint-Etienne et Grenoble - le fait que les zones d'activité relèvent davantage d'une logique privée que d'une stratégie publique - la collectivité a les moyens politiques, financiers et réglementaires suffisants pour contrôler les implantations d'entreprises sur son territoire

Il faut toujours être conscient et partir du fait que les différentes échelles territoriales résultent des comportements des différents agents.

Dans la logique transport-urbanisme, un objectif important est la mise en cohérence des réseaux de déplacement selon l'échelle spatiale de référence. Dans les Schémas directeurs c'est le dynamisme économique de la région qui domine, il s'agit d'assurer les interconnexions entre autoroutes, aéroport et TGV. A l'échelle de l'agglomération, l'accent est mis sur la décongestion de la voirie et sur le développement des TC. L'imbrication des objectifs à ces différentes échelles sur une même agglomération génère parfois des contradictions. Comment produire de l'efficacité planificatrice des politiques publiques, s'il n'existe d'objectifs partagés et une même vision sur des territoires qui s'emboîtent et se complètent ? De plus, les leviers qui permettraient d'agir sur la localisation des activités inductrices de déplacements sont-ils entre les mains des aménageurs ou plutôt entre celles des décideurs politiques, sachant que les politiques locales restent bien en dessous de l'aire dans laquelle s'ajustent les marchés de l'emploi et de l'habitat ?

La régionalisation suppose qu'un groupe de villes fonctionne comme un ensemble métropolitain régional. L'organisation spatiale est influencée par les déplacements et les échanges entre agglomérations. Avec le développement de la mobilité, plusieurs bassins de

vie connexes se trouvent fortement interconnectés, le trafic de longue distance connaît la croissance la plus forte, les échanges entre bassins de vie augmentent beaucoup plus que les déplacements internes à chacun. On aura donc, au niveau régional, un mouvement de concentration économique, favorisé par la baisse des coûts de transport.

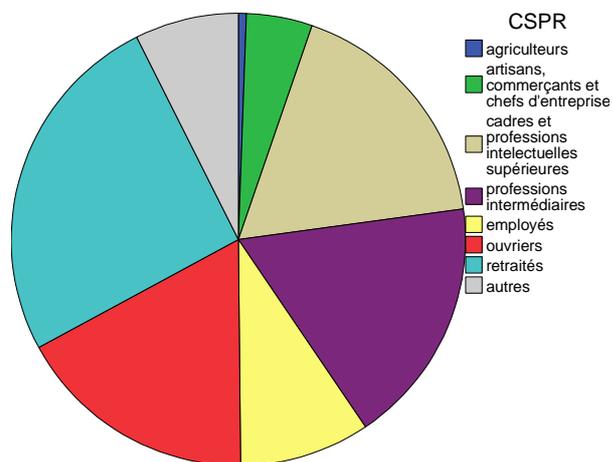
Par contre, à l'échelle de l'agglomération, la baisse des coûts de transport favorise l'étalement autour des grands pôles et la dédensification (étalement qui est aussi déterminé par d'autres facteurs, comme l'offre de logements, la structure et les revenus des ménages, les préférences de la population). En plus, il existe aussi des études empiriques qui montrent que le polycentrisme semble impuissant à réorganiser la mobilité et peut même contribuer à l'allongement des distances quand les aires urbaines constituent un seul bassin d'emploi.

Voilà donc quelques aspects et points d'interrogation qui nous amènent à postuler comme conclusion que, lorsqu'on parle de pertinence d'une échelle territoriale dans une logique d'interaction entre transport et urbanisme, il faut toujours se rapporter aux objectifs fixés au niveau de chaque échelle. Il n'y a pas de réponse du genre « tel périmètre est le plus pertinent », toute réponse dépend d'une hiérarchisation des objectifs en fonction de leur priorité.

ANNEXE 3

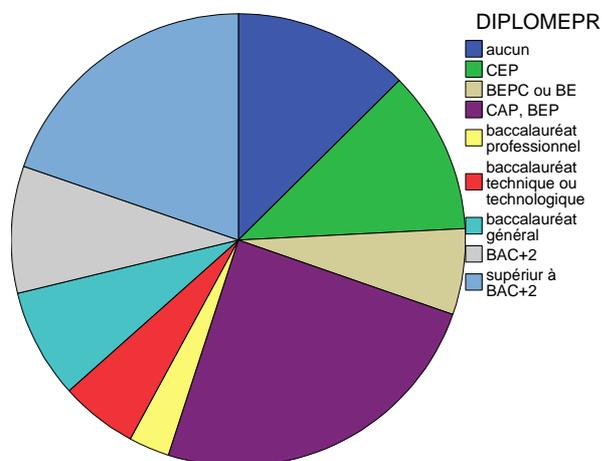
Résultats des analyses statistiques

Graphique n°1 : Structure des ménages par catégorie socioprofessionnelle de la PR



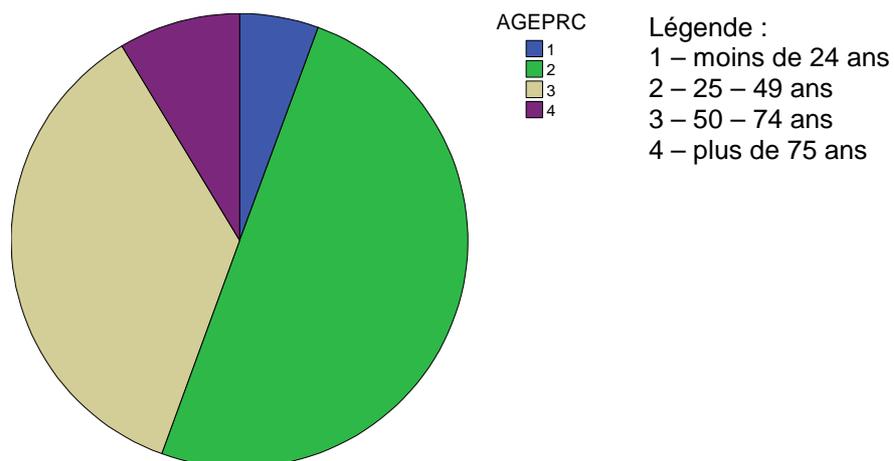
Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Graphique n°2 : Structure des ménages par diplôme de la PR



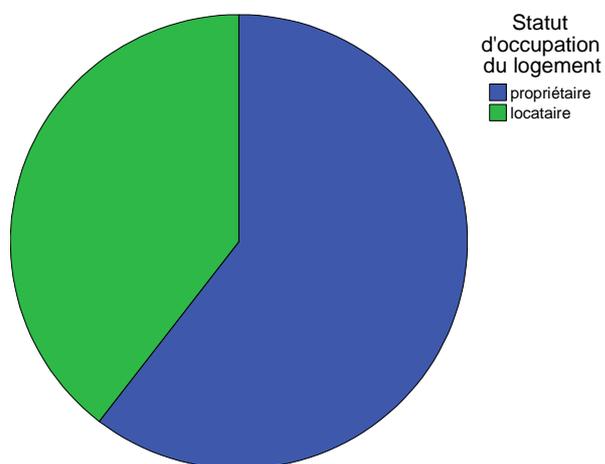
Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Graphique n°3 : Structure des ménages par classes d'âge de la PR



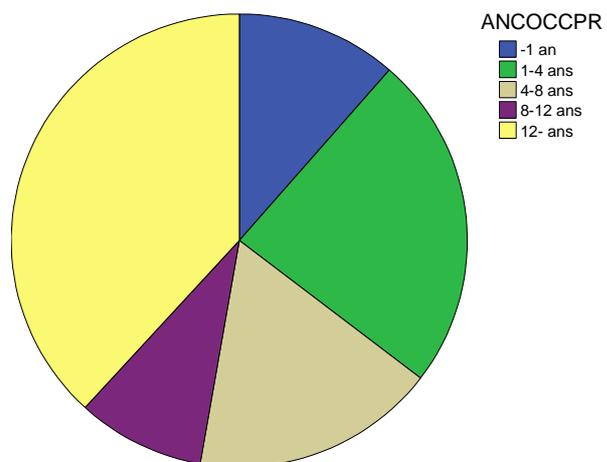
Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Graphique n°4 : Structure des ménages selon leur statut d'occupation du logement



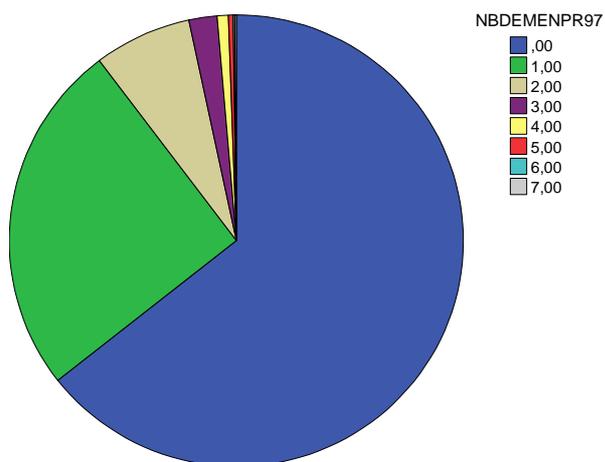
Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Graphique n°5 : Structure des ménages par ancienneté d'occupation du logement



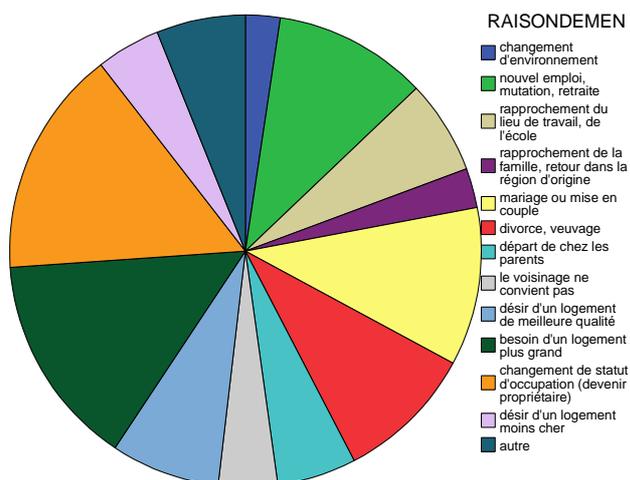
Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Graphique n°6 : Structure des ménages par nombre de déménagements de la PR depuis 1997



Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Graphique n°7 : Structure des ménages par raisons de déménagement



Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°1 : Structure des ménages par CS de la PR

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	agriculteurs	5	,6	,6	,6
	artisans, commerçants et chefs d'entreprise	42	4,7	4,7	5,3
	cadres et professions intellectuelles supérieures	157	17,6	17,6	22,8
	professions intermédiaires	158	17,7	17,7	40,5
	employés	83	9,3	9,3	49,8
	ouvriers	154	17,2	17,2	67,1
	retraités	228	25,5	25,5	92,6
	autres	66	7,4	7,4	100,0
	Total	893	100,0	100,0	

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°2 : Structure des ménages par diplôme de la PR

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	aucun	112	12,5	12,5	12,5
	CEP	104	11,6	11,6	24,2
	BEPC ou BE	55	6,2	6,2	30,3
	CAP, BEP	220	24,6	24,6	55,0
	baccalauréat professionnel	26	2,9	2,9	57,9
	baccalauréat technique ou technologique	49	5,5	5,5	63,4
	baccalauréat général	70	7,8	7,8	71,2
	BAC+2	81	9,1	9,1	80,3
	supérieur à BAC+2	176	19,7	19,7	100,0
	Total	893	100,0	100,0	

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°3 : Structure des ménages par classes d'âge de la PR

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	<25	50	5,6	5,6	5,6
	25-50	446	49,9	49,9	55,5
	50-75	320	35,8	35,8	91,4
	>75	77	8,6	8,6	100,0
	Total	893	100,0	100,0	

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°4 : Structure des ménages selon leur statut d'occupation du logement

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	propriétaire	540	60,5	60,5	60,5
	locataire	353	39,5	39,5	100,0
	Total	893	100,0	100,0	

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°5 : Structure des ménages selon l'ancienneté d'occupation du logement de la PR

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	-1 an	102	11,4	11,4	11,4
	1-4 ans	214	24,0	24,0	35,4
	4-8 ans	155	17,4	17,4	52,7
	8-12 ans	81	9,1	9,1	61,8
	12- ans	341	38,2	38,2	100,0
	Total	893	100,0	100,0	

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°6 : Structure des ménages selon le nombre de déménagements de la PR depuis 1997

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	,00	575	64,4	64,4	64,4
	1,00	226	25,3	25,3	89,7
	2,00	62	6,9	6,9	96,6
	3,00	18	2,0	2,0	98,7
	4,00	7	,8	,8	99,4
	5,00	3	,3	,3	99,8
	6,00	1	,1	,1	99,9
	7,00	1	,1	,1	100,0
	Total	893	100,0	100,0	

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°7 : Structure des ménages selon les raisons du dernier déménagement

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	changement d'environnement	7	,8	2,4	2,4
	nouvel emploi, mutation, retraite	31	3,5	10,5	12,9
	rapprochement du lieu de travail, de l'école	19	2,1	6,4	19,3
	rapprochement de la famille, retour dans la région d'origine	8	,9	2,7	22,0
	mariage ou mise en couple	32	3,6	10,8	32,9
	divorce, veuvage	28	3,1	9,5	42,4
	départ de chez les parents	16	1,8	5,4	47,8
	le voisinage ne convient pas	12	1,3	4,1	51,9
	désir d'un logement de meilleure qualité	22	2,5	7,5	59,3
	besoin d'un logement plus grand	43	4,8	14,6	73,9
	changement de statut d'occupation (devenir propriétaire)	46	5,2	15,6	89,5
	désir d'un logement moins cher	13	1,5	4,4	93,9
	autre	18	2,0	6,1	100,0
Total	295	33,0	100,0		
Manquante	Système manquant	598	67,0		
Total		893	100,0		

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°8 : Correspondance âge de la PR – nombre de déménagements de la PR

NBDEMEMPR97	AGEPRC				Marge active
	<25	25-50	50-75	>75	
0	2	226	274	73	575
1	20	159	43	4	226
2	16	43	3	0	62
3	6	12	0	0	18
4	4	3	0	0	7
5	2	1	0	0	3
6	0	1	0	0	1
7	0	1	0	0	1
Marge active	50	446	320	77	893

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°9 : Correspondance nombre de déménagements de la PR – statut d’occupation du logement

NBDEMENPR97	STATUTOCCC		
	propriétaire	locataire	Marge active
0	421	154	575
1	98	128	226
2	14	48	62
3	5	13	18
4	2	5	7
5	0	3	3
6	0	1	1
7	0	1	1
Marge active	540	353	893

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°10 : Correspondance âge de la PR - ancienneté d’occupation du logement

Tableau des correspondances

AGEPR	ANCOCC					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12	12- ans	Marge
1	54	72	12	1	2	141
2	29	93	80	42	39	283
3	15	36	46	24	119	240
4	4	13	17	14	181	229
Marge	102	214	155	81	341	893

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°11 : Correspondance âge de la PR - ancienneté d’occupation du logement (% lignes)

Profils lignes

AGEPR	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	,383	,511	,085	,007	,014	1,000
2	,102	,329	,283	,148	,138	1,000
3	,063	,150	,192	,100	,496	1,000
4	,017	,057	,074	,061	,790	1,000
Masse	,114	,240	,174	,091	,382	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°12 : Correspondance âge de la PR - ancienneté d'occupation du logement (% colonnes)

Profils colonnes

AGEPR	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Masse
1	,529	,336	,077	,012	,006	,158
2	,284	,435	,516	,519	,114	,317
3	,147	,168	,297	,296	,349	,269
4	,039	,061	,110	,173	,531	,256
Marge active	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°13 : Correspondance nombre d'enfants - ancienneté d'occupation du logement

Tableau des correspondances

NBENFANTS	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	71	107	65	31	253	527
2	26	80	65	37	67	275
3	5	27	25	13	21	91
Marge active	102	214	155	81	341	893

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°14 : Correspondance nombre d'enfants - ancienneté d'occupation du logement (% lignes)

Profils lignes

NBENFANTS	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	,135	,203	,123	,059	,480	1,000
2	,095	,291	,236	,135	,244	1,000
3	,055	,297	,275	,143	,231	1,000
Masse	,114	,240	,174	,091	,382	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°15 : Correspondance nombre d'enfants - ancienneté d'occupation du logement (% colonnes)

Profils colonnes

NBENFANTS	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Masse
1	,696	,500	,419	,383	,742	,590
2	,255	,374	,419	,457	,196	,308
3	,049	,126	,161	,160	,062	,102
Marge active	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°16 : Correspondance taille du ménage - ancienneté d'occupation du logement

Tableau des correspondances

NBPERSMEN	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	31	69	33	16	85	234
2	38	45	37	18	144	282
3	27	72	60	36	88	283
4	6	28	25	11	24	94
Marge active	102	214	155	81	341	893

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°17 : Correspondance taille du ménage - ancienneté d'occupation du logement (% lignes)

Profils lignes

NBPERSMEN	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	,132	,295	,141	,068	,363	1,000
2	,135	,160	,131	,064	,511	1,000
3	,095	,254	,212	,127	,311	1,000
4	,064	,298	,266	,117	,255	1,000
Masse	,114	,240	,174	,091	,382	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°18 : Correspondance taille du ménage - ancienneté d'occupation du logement (% colonnes)

Profils colonnes

NBPERSMEN	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Masse
1	,304	,322	,213	,198	,249	,262
2	,373	,210	,239	,222	,422	,316
3	,265	,336	,387	,444	,258	,317
4	,059	,131	,161	,136	,070	,105
Marge active	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°19 : Correspondance statut d'occupation - ancienneté d'occupation du logement

Tableau des correspondances

STATUTOCC	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	26	92	85	56	281	540
2	76	122	70	25	60	353
Marge active	102	214	155	81	341	893

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°20 : Correspondance statut d'occupation - ancienneté d'occupation du logement (% lignes)

Profils lignes

STATUTOCC	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	,048	,170	,157	,104	,520	1,000
2	,215	,346	,198	,071	,170	1,000
Masse	,114	,240	,174	,091	,382	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°21 : Correspondance statut d'occupation - ancienneté d'occupation du logement (% colonnes)

Profils colonnes

STATUTOCC	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Masse
1	,255	,430	,548	,691	,824	,605
2	,745	,570	,452	,309	,176	,395
Marge active	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°22 : Correspondance revenu - ancienneté d'occupation du logement

Tableau des correspondances

REVPERS	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	85	177	122	66	270	720
2	17	37	33	15	71	173
Marge active	102	214	155	81	341	893

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°23 : Correspondance revenu - ancienneté d'occupation du logement (% lignes)

Profils lignes

REVPERS	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	,118	,246	,169	,092	,375	1,000
2	,098	,214	,191	,087	,410	1,000
Masse	,114	,240	,174	,091	,382	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°24 : Correspondance revenu - ancienneté d'occupation du logement (% colonnes)

Profils colonnes

REVPERS	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Masse
1	,833	,827	,787	,815	,792	,806
2	,167	,173	,213	,185	,208	,194
Marge active	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Note : Pour le revenu, on a retenu comme indicateur le revenu par uc, et on a construit une variable à deux catégories, en classifiant les ménages comme suit :

- 1 = ménages pauvres (revenu inférieur à la moyenne (<18690))
- 2 – ménages riches (revenu supérieur à la moyenne (>18690))

Tableau n°25 : Correspondance âge de la PR - ancienneté d'occupation du logement

Tableau des correspondances

AGEPR	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	528	558	105	8	10	1209
2	272	608	457	220	236	1793
3	103	246	260	198	845	1652
4	53	145	169	127	1274	1768
Marge active	956	1557	991	553	2365	6422

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°26 : Correspondance âge de la PR - ancienneté d'occupation du logement (% lignes)

Profils lignes

AGEPR	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	,437	,462	,087	,007	,008	1,000
2	,152	,339	,255	,123	,132	1,000
3	,062	,149	,157	,120	,512	1,000
4	,030	,082	,096	,072	,721	1,000
Masse	,149	,242	,154	,086	,368	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°27 : Correspondance âge de la PR - ancienneté d'occupation du logement (% colonnes)

Profils colonnes

AGEPR	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Masse
1	,552	,358	,106	,014	,004	,188
2	,285	,390	,461	,398	,100	,279
3	,108	,158	,262	,358	,357	,257
4	,055	,093	,171	,230	,539	,275
Marge active	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°28 : Correspondance nombre d'enfants - ancienneté d'occupation du logement

Tableau des correspondances

NBENFANTS	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	664	868	486	263	1811	4092
2	233	543	368	221	454	1819
3	59	146	137	69	100	511
Marge active	956	1557	991	553	2365	6422

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°29 : Correspondance nombre d'enfants - ancienneté d'occupation du logement (% lignes)

Profils lignes

NBENFANTSC	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	,162	,212	,119	,064	,443	1,000
2	,128	,299	,202	,121	,250	1,000
3	,115	,286	,268	,135	,196	1,000
Masse	,149	,242	,154	,086	,368	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°30 : Correspondance nombre d'enfants - ancienneté d'occupation du logement (% colonnes)

Profils colonnes

NBENFANTS	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Masse
1	,695	,557	,490	,476	,766	,637
2	,244	,349	,371	,400	,192	,283
3	,062	,094	,138	,125	,042	,080
Marge active	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°31 : Correspondance taille du ménage - ancienneté d'occupation du logement

Tableau des correspondances

NBPERSMEN	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	364	541	263	137	723	2028
2	315	370	242	137	947	2011
3	225	507	356	206	562	1856
4	52	139	130	73	133	527
Marge active	956	1557	991	553	2365	6422

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°32 : Correspondance taille du ménage - ancienneté d'occupation du logement (% lignes)

Profils lignes

NBPERSMEN	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	,179	,267	,130	,068	,357	1,000
2	,157	,184	,120	,068	,471	1,000
3	,121	,273	,192	,111	,303	1,000
4	,099	,264	,247	,139	,252	1,000
Masse	,149	,242	,154	,086	,368	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°33 : Correspondance taille du ménage - ancienneté d'occupation du logement (% colonnes)

Profils colonnes

NBPERSMEN	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Masse
1	,381	,347	,265	,248	,306	,316
2	,329	,238	,244	,248	,400	,313
3	,235	,326	,359	,373	,238	,289
4	,054	,089	,131	,132	,056	,082
Marge active	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°34 : Correspondance statut d'occupation - ancienneté d'occupation du logement

Tableau des correspondances

STATUTOCC	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	206	554	513	330	1831	3434
2	750	1003	478	223	534	2988
Marge active	956	1557	991	553	2365	6422

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°35 : Correspondance statut d'occupation - ancienneté d'occupation du logement (% lignes)

Profils lignes

STATUTOCC	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	,060	,161	,149	,096	,533	1,000
2	,251	,336	,160	,075	,179	1,000
Masse	,149	,242	,154	,086	,368	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°36 : Correspondance statut d'occupation - ancienneté d'occupation du logement (% colonnes)

Profils colonnes

STATUTOCC	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Masse
1	,215	,356	,518	,597	,774	,535
2	,785	,644	,482	,403	,226	,465
Marge active	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°37 : Correspondance revenu - ancienneté d'occupation du logement

Tableau des correspondances

REVPERS	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	839	1330	822	460	1931	5382
2	117	227	169	93	434	1040
Marge active	956	1557	991	553	2365	6422

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°38 : Correspondance revenu - ancienneté d'occupation du logement (% lignes)

Profils lignes

REVPERS	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Marge active
1	,156	,247	,153	,085	,359	1,000
2	,113	,218	,163	,089	,417	1,000
Masse	,149	,242	,154	,086	,368	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°39 : Correspondance revenu - ancienneté d'occupation du logement (% colonnes)

Profils colonnes

REVPERS	ANCOCCPR					
	-1 an	1-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12- ans	Masse
1	,878	,854	,829	,832	,816	,838
2	,122	,146	,171	,168	,184	,162
Marge active	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°40 : Taux de déménagement par types de ménages

<i>Type de ménages – âge de la PR x nombre d'enfants x statut d'occupation du logement</i>	<i>Taux</i>
<i><30 ans x sans enfants x propriétaire</i>	0,16
<i><30 ans x sans enfants x locataire</i>	0,47
<i><30 ans x 1 ou 2 enfants x propriétaire</i>	0,3
<i><30 ans x 1 ou 2 enfants x locataire</i>	0,15
<i><30 ans x 3 enfants ou plus x propriétaire</i>	0
<i><30 ans x 3 enfants ou plus x locataire</i>	0
<i>30-45 ans x sans enfants x propriétaire</i>	0,1
<i>30-45 ans x sans enfants x locataire</i>	0,14
<i>30-45 ans x 1 ou 2 enfants x propriétaire</i>	0,06
<i>30-45 ans x 1 ou 2 enfants x locataire</i>	0,18
<i>30-45 ans x 3 enfants ou plus x propriétaire</i>	0,09
<i>30-45 ans x 3 enfants ou plus x locataire</i>	0
<i>45-60 ans x sans enfants x propriétaire</i>	0,04
<i>45-60 ans x sans enfants x locataire</i>	0,17
<i>45-60 ans x 1 ou 2 enfants x propriétaire</i>	0,01
<i>45-60 ans x 1 ou 2 enfants x locataire</i>	0,09
<i>45-60 ans x 3 enfants ou plus x propriétaire</i>	0
<i>45-60 ans x 3 enfants ou plus x locataire</i>	0,09
<i>>60 ans x sans enfants x propriétaire</i>	0,01
<i>>60 ans x sans enfants x locataire</i>	0,03
<i>>60 ans x 1 ou 2 enfants x propriétaire</i>	0

>60 ans x 1 ou 2 enfants x locataire	0,5
>60 ans x 3 enfants ou plus x propriétaire	0
>60 ans x 3 enfants ou plus x locataire	0

Source : Traitement données Enquête Logement 2002

Tableau n°41 : Correspondance revenu du ménage – type de commune

REVANMENDEC	INDCENTR			
	commune centre	commune de banlieue	commune rurale	Marge active
1	26	25	7	58
2	30	35	1	66
3	23	36	6	65
4	33	46	6	85
5	28	32	4	64
6	34	58	8	100
7	24	50	6	80
8	27	66	15	108
9	38	73	19	130
10	39	71	27	137
Marge active	302	492	99	893

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°42 : Correspondance taille du ménage – type de commune

INDCENTR	NBPERSMENC				Marge active
	1	2	3 ou 4	5 ou plus	
commune centre	113	94	70	25	302
commune de banlieue	106	162	168	56	492
commune rurale	15	26	45	13	99
Marge active	234	282	283	94	893

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°43 : Correspondance mode de transport de la PR – type de commune

MODETRPR	INDCENTR			
	commune centre	commune de banlieue	commune rurale	Marge active
MAP ou VELO	21	21	0	42
VP	106	201	62	369
TC	17	22	2	41
Marge active	144	244	64	452

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°44 : Correspondance revenu du ménage – mode de transport de la PR

Tableau des correspondances

MODETRPR	REVANMENDEC										Marge active
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
MAP ou VELO	0	1	1	9	5	4	3	7	9	3	42
VP	1	4	23	27	26	41	37	54	76	80	369
TC	1	4	8	5	2	6	1	5	3	6	41
Marge active	2	9	32	41	33	51	41	66	88	89	452

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°45 : Correspondance type de commune – surface du logement

INDCENTR	SURFACEC					Marge active
	<70	70-140	140-210	210-280	>280	
commune centre	143	144	15	0	0	302
commune de banlieue	134	318	33	5	2	492
commune rurale	5	77	13	2	2	99
Marge active	282	539	61	7	4	893

Source : Enquête Logement 2002

Tableau n°46 : Distributions marginales – aire urbaine

Variable	Catégories	%
Revenu par uc	<i>pauvres</i>	60%
	<i>riches</i>	40%
Nombre de VP	<i>0</i>	21,5%
	<i>1</i>	48%
	<i>2 ou plus</i>	30,5%
Statut d'occupation du logement	<i>propriétaire</i>	50,2%
	<i>locataire</i>	49,8%
Nombre d'enfants	<i>0</i>	48,5%
	<i>1 ou 2</i>	39,3%
	<i>3 ou plus</i>	12,2%
Taille du ménage	<i>1</i>	32,4%
	<i>2</i>	29,1%
	<i>3 ou 4</i>	29,3%
	<i>5 ou plus</i>	9,2%
	<i>< 30</i>	15,3%

Âge de la PR	30 – 45	28,7%
	45 – 60	23,5%
	> 60	32,5%

Tableau n°47 : Distributions marginales - type IRIS 1

Variable	Catégories	%
Revenu par uc	<i>pauvres</i>	61%
	<i>riches</i>	39%
Nombre de VP	0	7%
	1	37%
	2 ou plus	56%
Statut d'occupation du logement	<i>propriétaire</i>	79%
	<i>locataire</i>	21%
Nombre d'enfants	0	38,7%
	1 ou 2	42,8%
	3 ou plus	18,5%
Taille du ménage	1	17,4%
	2	29,8%
	3 ou 4	40,7%
	5 ou plus	12,1%
Âge de la PR	< 30	12,1%
	30 – 45	30,8%
	45 – 60	25,5%
	> 60	31,6%

Tableau n°48 : Distributions marginales - type IRIS 2

Variable	Catégories	%
Revenu par uc	<i>pauvres</i>	54,3%
	<i>riches</i>	45,7%
Nombre de VP	0	9,4%
	1	42,2%

	<i>2 ou plus</i>	48,4%
Statut d'occupation du logement	<i>propriétaire</i>	75,1%
	<i>locataire</i>	24,9%
Nombre d'enfants	<i>0</i>	41,4%
	<i>1 ou 2</i>	41,9%
	<i>3 ou plus</i>	16,7%
Taille du ménage	<i>1</i>	19,6%
	<i>2</i>	29,9%
	<i>3 ou 4</i>	38,2%
	<i>5 ou plus</i>	12,3%
Âge de la PR	<i>< 30</i>	10,9%
	<i>30 – 45</i>	28,3%
	<i>45 – 60</i>	25,3%
	<i>> 60</i>	35,5%

Tableau n°49 : Distributions marginales - type IRIS 3

Variable	Catégories	%
Revenu par uc	<i>pauvres</i>	62,2%
	<i>riches</i>	37,8%
Nombre de VP	<i>0</i>	21,2%
	<i>1</i>	52,5%
	<i>2 ou plus</i>	26,3%
Statut d'occupation du logement	<i>propriétaire</i>	45,8%
	<i>locataire</i>	54,2%
Nombre d'enfants	<i>0</i>	49,7%
	<i>1 ou 2</i>	38,2%
	<i>3 ou plus</i>	12,1%
Taille du ménage	<i>1</i>	33,6%
	<i>2</i>	30,1%
	<i>3 ou 4</i>	28%

	<i>5 ou plus</i>	8,3%
Âge de la PR	<i>< 30</i>	13,3%
	<i>30 – 45</i>	27,9%
	<i>45 – 60</i>	24,2%
	<i>> 60</i>	34,6%

Tableau n°50 : Distributions marginales - type IRIS 4

Variable	Catégories	%
Revenu par uc	<i>pauvres</i>	61,8%
	<i>riches</i>	38,2%
Nombre de VP	<i>0</i>	34,1%
	<i>1</i>	51,3%
	<i>2 ou plus</i>	14,6%
Statut d'occupation du logement	<i>propriétaire</i>	31,3%
	<i>locataire</i>	68,7%
Nombre d'enfants	<i>0</i>	52,1%
	<i>1 ou 2</i>	36,2%
	<i>3 ou plus</i>	11,7%
Taille du ménage	<i>1</i>	44,5%
	<i>2</i>	27,7%
	<i>3 ou 4</i>	21,2%
	<i>5 ou plus</i>	6,6%
Âge de la PR	<i>< 30</i>	20%
	<i>30 – 45</i>	28,7%
	<i>45 – 60</i>	21,5%
	<i>> 60</i>	29,8%

Tableau n°51 : Corrélations entre les variables d'accessibilité et la première composante factorielle

Matrice des composantes(a)

	Composante
	1
Temps d'accès au centre en VP	-,888
Nombre d'arrêts de bus à moins de 500 m	,462
Nombre de lignes de bus à moins de 500 m	,571
Nombre d'arrêts de bus à moins de 300 m	,260
Nombre de lignes de bus à moins de 300 m	,387
Nombre de gares accessibles en moins de 15 min	,842
Nombre de stations de métro à moins de 500 m	,491
Nombre de stations de métro à moins de 300 m	,353
Nombre d'échangeurs autoroutiers accessibles en moins de 15 min	,937
Nombre d'emplois accessibles en moins de 15 min	,930
Nombre de grands commerces accessibles en moins de 15 min	,916
Nombre de petits commerces accessibles en moins de 15 min	,917
Nombre d'établissements scolaires - primaire accessibles en moins de 15 min	,949
Nombre d'établissements scolaires - secondaire accessibles en moins de 15 min	,937
Nombre d'établissements d'enseignement supérieur accessibles en moins de 15 min	,913
Nombre d'emplois à moins de 300 m	,362

Nombre de grands commerces à moins de 300 m	,331
Nombre de petits commerces à moins de 300 m	,511
Nombre d'établissements scolaires - primaire à moins de 300 m	,001
Nombre d'établissements scolaires - secondaire à moins de 300 m	,282
Nombre d'établissements d'enseignement supérieur à moins de 300 m	,246
Nombre d'arrêts de bus à moins de 1000 m	,849
Nombre de lignes de bus à moins de 1000 m	,828
Nombre de stations de métro à moins de 1000 m	,699
Nombre d'échangeurs autoroutiers accessibles en moins de 10 min	,932
Nombre d'échangeurs autoroutiers accessibles en moins de 20 min	,909
Nombre d'échangeurs autoroutiers accessibles en moins de 30 min	,835
Nombre de gares accessibles en moins de 10 min	,801
Nombre de gares accessibles en moins de 20 min	,861
Nombre de gares accessibles en moins de 30 min	,875
Nombre de petits commerces à moins de 500 m	,584
Nombre de petits commerces à moins de 1000 m	,705
Nombre de grands commerces à moins de 500 m	,528
Nombre de grands commerces à moins de 1000 m	,745

Nombre de grands commerces accessibles en moins de 10 min	,922
Nombre de grands commerces accessibles en moins de 20 min	,895
Nombre d'établissements scolaires - primaire à moins de 500 m	,310
Nombre d'établissements scolaires - primaire à moins de 1000 m	,745
Nombre d'établissements scolaires - primaire accessibles en moins de 10 min	,950
Nombre d'établissements scolaires - primaire accessibles en moins de 20 min	,918
Nombre d'établissements scolaires - secondaire à moins de 500 m	,478
Nombre d'établissements scolaires - secondaire à moins de 1000 m	,746
Nombre d'établissements scolaires - secondaire accessibles en moins de 10 min	,934
Nombre d'établissements scolaires - secondaire accessibles en moins de 20 min	,898
Nombre d'établissements d'enseignement supérieur à moins de 500 m	,342
Nombre d'établissements d'enseignement supérieur à moins de 1000 m	,527
Nombre d'établissements d'enseignement supérieur accessibles en moins de 10 min	,908

Nombre d'établissements d'enseignement supérieur accessibles en moins de 20 min	,863
Nombre d'établissements d'enseignement supérieur accessibles en moins de 30 min	,719
Nombre d'emplois à moins de 500 m	,453
Nombre d'emplois à moins de 1000 m	,763
Nombre d'emplois accessibles en moins de 10 min	,940
Nombre d'emplois accessibles en moins de 20 min	,909
Nombre d'emplois accessibles en moins de 30 min	,812
Nombre d'emplois tertiaires à moins de 300 m	,281
Nombre d'emplois tertiaires à moins de 500 m	,499
Nombre d'emplois tertiaires à moins de 1000 m	,773
Nombre d'emplois tertiaires accessibles en moins de 10 min	,940
Nombre d'emplois tertiaires accessibles en moins de 15 min	,942
Nombre d'emplois tertiaires accessibles en moins de 20 min	,907
Temps à l'échangeur le plus proche	-,624
Temps à la gare la plus proche	-,565
Accessibilité gravitaire petits commerces (1/d)	,964
Accessibilité gravitaire petits commerces (1/d ²)	,766
Accessibilité gravitaire grands commerces (1/d)	,979
Accessibilité gravitaire grands commerces (1/d ²)	,828
Accessibilité gravitaire établissements primaires (1/d)	,973

Accessibilité gravitaire établissements primaires (1/d ²)	,791
Accessibilité gravitaire établissements secondaires (1/d)	,979
Accessibilité gravitaire établissements secondaires (1/d ²)	,787
Accessibilité gravitaire établissements supérieurs (1/d)	,943
Accessibilité gravitaire établissements supérieurs (1/d ²)	,649
Accessibilité gravitaire emplois (1/d)	,978
Accessibilité gravitaire emplois (1/d ²)	,762
Accessibilité gravitaire emplois tertiaires (1/d)	,980
Accessibilité gravitaire emplois tertiaires (1/d ²)	,753
Nombre d'emplois commerciaux à moins de 300 m	,353
Nombre d'emplois commerciaux à moins de 500 m	,502
Nombre d'emplois commerciaux à moins de 1000 m	,679
Nombre d'emplois commerciaux accessibles en moins de 10 min	,916
Nombre d'emplois commerciaux accessibles en moins de 15 min	,925
Nombre d'emplois commerciaux accessibles en moins de 20 min	,897

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.
a 1 composantes extraites.

Source : Traitement SPSS

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	5
CHAPITRE 1. MODELISATION DE L'INTERFACE TRANSPORT-URBANISME.....	12
INTRODUCTION.....	13
1.1. LES DIMENSIONS DE L'INTERFACE TRANSPORT – URBANISME.....	15
1.1.1. Le débat sur les dimensions de l'interface transport-urbanisme.....	16
1.1.2. Les grandes composantes de l'interaction transport-urbanisme.....	19
1.1.3. L'accessibilité – au centre de la relation transport-urbanisation.....	21
1.2. LES FONDEMENTS THEORIQUES DE L'ANALYSE ET DE LA MODELISATION DE L'INTERFACE TRANSPORT – URBANISME.....	27
1.2.1. L'approche de Lowry fondée sur la théorie de la base.....	27
1.2.2. La théorie de la microéconomie urbaine.....	29
1.2.3. L'analyse entrée-sortie de Leontief.....	31
1.2.4. La théorie de l'information et la maximisation de l'entropie.....	32
1.2.5. La théorie de l'utilité aléatoire.....	34
1.3. LES MODELES D'INTERACTION TRANSPORT-URBANISME.....	36
1.3.1. Le concept de modèle.....	36
1.3.2. Les modèles d'interaction transport-urbanisme.....	38
1.3.2.1. La logique d'un modèle transport-urbanisme et ses apports.....	38
1.3.2.2. Une proposition de classification des modèles LUTI.....	41
1.3.2.3. Les nouvelles techniques de modélisation.....	46
1.3.3. Quelques exemples de modèles LUTI.....	48
1.3.3.1. Le modèle MUSSA.....	48
1.3.3.2. Le modèle DRAM/EMPAL.....	50
1.3.3.3. Le modèle MEPLAN.....	51
1.3.3.4. Le modèle TRANUS.....	53
1.3.3.5. Le modèle IRPUD.....	54
1.4. LE MODELE – UN OUTIL D'AIDE A LA DECISION STRATEGIQUE : DES EXEMPLES D'APPLICATION.....	56

1.4.1. Le projet PROPOLIS (Planning and research of policies for land use and transport for increasing urban sustainability).....	58
1.4.1.1. Les objectifs.....	58
1.4.1.2. Les modèles utilisés.....	59
1.4.1.3. Les principaux résultats.....	59
1.4.2. Le projet SIMAURIF (Modèle dynamique de simulation de l'interaction urbanisation-transports en région Île-de-France).....	60
1.4.2.1. Les objectifs.....	60
1.4.2.2. Le modèle utilisé.....	61
1.4.2.3. Les résultats attendus.....	62
CONCLUSION.....	64

CHAPITRE 2. MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS DES MENAGES.....66

INTRODUCTION.....	67
2.1. APPROCHES THEORIQUES DE LA MOBILITE ET DE LA LOCALISATION RESIDENTIELLE.....	69
2.1.1. Choix résidentiels, déplacements et accessibilité.....	69
2.1.2. Le modèle de base et ses extensions.....	71
2.1.3. L'approche alternative au modèle de base : la théorie de l'utilité aléatoire et les modèles de choix discrets.....	74
2.1.4. Cycle (parcours) de vie et trajectoire résidentielle des ménages.....	74
2.1.5. L'approche des automates cellulaires et systèmes multi-agents.....	76
2.2. LES FACTEURS DETERMINANTS DES CHOIX RESIDENTIELS.....	79
2.2.1. La mobilité résidentielle.....	79
2.2.2. La localisation résidentielle.....	82
2.2.2.1. La relation entre le profil socio-démo-économique des ménages et la localisation résidentielle.....	83
2.2.2.2. Le lien entre les caractéristiques de l'environnement résidentiel et les choix de localisation résidentielle des ménages.....	85
2.3. LA MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS : LA THEORIE DES CHOIX DISCRETS.....	89
2.3.1. Utilité aléatoire et choix discrets.....	91

2.3.2. Les modèles de choix discrets.....	92
2.3.2.1. Le modèle logit.....	93
2.3.2.2. Le modèle probit.....	96
2.3.3. Les limites des modèles de choix discrets.....	97
2.3.4. L'estimation et la validation des modèles de choix discrets.....	98
CONCLUSION.....	99
CHAPITRE 3. LE CAS DE L' AIRE URBAINE DE LYON.....	100
INTRODUCTION.....	101
3.1. LE CONTEXTE DE LA MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS DES MENAGES DE L' AIRE URBAINE DE LYON : LE PROJET SIMBAD (SIMULER LES MOBILITES POUR UNE AGGLOMERATION DURABLE).....	102
3.1.1. Tentatives de modélisation de l'interface transport-urbanisme dans le cas lyonnais.....	103
3.1.2. La problématique du projet SIMBAD.....	106
3.1.3. Le système de modélisation dans SIMBAD.....	108
3.1.4. Les scénarios testés et les indicateurs fournis.....	110
3.2. LA PLATEFORME DE SIMULATION URBAINE URBANSIM.....	115
3.2.1. Le choix d'URBANSIM.....	115
3.2.2. Description de l'architecture et du fonctionnement d'URBANSIM.....	117
3.3. LES SOURCES DE DONNEES ET LES VARIABLES DISPONIBLES POUR LA MODELISATION DES CHOIX RESIDENTIELS.....	123
3.3.1. L'Enquête Logement 2002 – INSEE.....	124
3.3.2. Le Recensement Général de la Population (RGP) de 1999 – INSEE.....	133
3.3.3. Les Revenus fiscaux des ménages 2001 – DGI.....	136
3.3.4. Le fichier « Marché Immobilier des Notaires » (MIN) – PERVAL et la base « Observatoire des Transactions Immobilières et Foncières » (OTIF) – COURLY.....	136
3.3.5. Données de SPOT Thema SPOT 5.....	139
3.3.6. Le fichier SIRENE – INSEE.....	140
3.3.7. La matrice O-D VP 1999 et les indicateurs d'accessibilité calculés par le LET..	141
3.3.8. Construction d'autres variables combinant des données de plusieurs sources....	142
CONCLUSION.....	146

CHAPITRE 4. ANALYSE ET MODELISATION DE LA MOBILITE RESIDENTIELLE DES MENAGES DE L’AIRE URBAINE DE LYON.....	147
INTRODUCTION.....	148
4.1. ETUDE EXPLORATOIRE SUR LES RELATIONS ENTRE LES VARIABLES LIEES AU COMPORTEMENT DE MOBILITE RESIDENTIELLE DES MENAGES.....	150
4.2. IDENTIFICATION DES DETERMINANTS DE LA MOBILITE RESIDENTIELLE ANNUELLE DES MENAGES.....	155
4.3. ANALYSE DES COMPORTEMENTS DE MOBILITE RESIDENTIELLE DES MENAGES.....	161
4.4. LE MODELE DE CHOIX DE CHANGEMENT DE RESIDENCE DES MENAGES.....	165
4.4.1. Spécification du modèle.....	165
4.4.2. Estimation du modèle.....	165
4.4.3. Validation du modèle.....	166
CONCLUSION.....	170

CHAPITRE 5. ANALYSE ET MODELISATION DES CHOIX DE LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES DANS L’AIRE URBAINE DE LYON.....	171
INTRODUCTION.....	172
5.1. ETUDE EXPLORATOIRE D’IDENTIFICATION DES RELATIONS ENTRE LES VARIABLES LIEES AU COMPORTEMENT DE LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES – TRAITEMENT DES DONNEES DE L’ENQUÊTE LOGEMENT 2002.....	173
5.2. ANALYSE STATISTIQUE DE LA REPARTITION TERRITORIALE DES MENAGES DANS L’AIRE URBAINE DE LYON.....	180
5.2.1. Obtention et analyse d’une typologie d’IRIS en fonction des caractéristiques des ménages y résidant.....	180
5.2.2. Obtention et analyse d’une typologie des IRIS selon leurs caractéristiques physiques (de localisation).....	187
5.2.3. Obtention et analyse de la typologie des IRIS en fonction de toutes leurs caractéristiques.....	192

5.2.4. Analyse des typologies d'IRIS construites en fonction de la variable Densité de la population.....	195
5.3. ANALYSE DES COMPORTEMENTS DE LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES DE L'AIRE URBAINE DE LYON.....	205
5.3.1. Choix des mesures d'accessibilité et construction d'un indicateur agrégé (synthétique) d'accessibilité.....	205
5.3.2. Les choix de localisation des ménages.....	210
5.4. MODELISATION DU CHOIX DE LOCALISATION RESIDENTIELLE DES MENAGES.....	219
5.4.1. Spécification du modèle.....	219
5.4.2. Estimation du modèle.....	220
5.4.3. Validation du modèle.....	222
5.4.4. Modélisation du choix de localisation des ménages à la cellule dans URBANSIM.....	226
CONCLUSION.....	232
CONCLUSION GENERALE.....	234
<i>Bibliographie</i>	<i>241</i>
<i>ANNEXES</i>	<i>251</i>

Mots clefs : interaction transport-urbanisme, accessibilité, modélisation, choix discrets, mobilité résidentielle, localisation résidentielle, aire urbaine de Lyon.

- *RESUME* -

L'objectif de la thèse est de proposer une modélisation des comportements résidentiels des ménages : le choix de changement de résidence (ou de déménagement) et le choix d'une nouvelle localisation. Ce type de modèles vise à prévoir la probabilité qu'un ménage change de résidence et son choix en matière de nouvelle localisation, en fonction d'un certain nombre de variables explicatives. Dans notre cas, la modélisation est fondée sur la théorie des choix discrets (approche de l'utilité aléatoire). La recherche s'appuie sur le cas lyonnais, le modèle étant construit sur l'aire urbaine de Lyon, sur des données de l'année 1999.

En termes de résultats, du côté de la mobilité résidentielle, il faut retenir que les variables qui expliquent la variation du degré de mobilité (du taux de déménagement) des ménages sont l'âge de la personne de référence du ménage, le nombre d'enfants et le statut d'occupation du logement. En ce qui concerne la localisation des ménages, les préférences des ménages pour une zone ou autre sont liées aux caractéristiques de celles-ci et notamment à l'accessibilité aux différentes opportunités et services, ce qui confirme que parmi les facteurs qui influencent le comportement de localisation des ménages on retrouve les accessibilités, et donc, l'hypothèse de l'existence d'un lien entre transports et urbanisme. On a également trouvé que les caractéristiques des ménages comme l'âge de la personne de référence, le revenu ou le nombre de personnes ont une influence sur leurs choix de localisation.

L'étude et les résultats des modèles suggèrent que des améliorations et nouvelles pistes de recherche sont possibles. Ainsi, du côté de la mobilité résidentielle, il pourrait y avoir d'autres variables qui motivent les ménages à changer de logement, comme des caractéristiques des logements, de l'environnement résidentiel ou d'autres caractéristiques des ménages non observées. Il serait aussi intéressant d'estimer le modèle de localisation à un niveau géographique encore plus fin (à l'îlot). D'autres alternatives de modélisation des décisions résidentielles des ménages seraient de modéliser une structure hiérarchisée des choix, par un modèle logit hiérarchique ou emboîté, ou bien de modéliser la trajectoire de vie, avec ses composantes familiale, résidentielle et professionnelle, qui sont en interdépendance (à condition de la disponibilité des données nécessaires).

Key words : transport-land use interaction, accessibility, modeling, discrete choice, residential mobility, residential location, urban area of Lyon.

- *ABSTRACT* -

The objective of the thesis is to propose a modeling of the residential behaviors of the households: the choice of change of residence (or removal), and the choice of the new location. This type of models aims at envisaging the probability that a household changes residence and its choice of new location, according to a certain number of explanatory variables. In our case, modeling is founded on the discrete choice theory (random utility approach). Research is based on the Lyons case, the model being built on the urban area of Lyon, on data of the year 1999.

In terms of results, side of residential mobility, it should be retained that the variables which explain the variation of the degree of mobility (of the rate of removal) of the households are the age of head, the number of children and the statute of occupation of housing. With regard to the households location, the preferences of the households for a zone are related on the characteristics of those and particularly to accessibility on various opportunities and services, which confirms that among the factors which influence the location behavior of the households one finds accessibilities, and thus, the assumption of the existence of a relation between transport and land use. It was also found that the characteristics of the households like age of head, income or household size have an influence on their location choices.

The study and the results of the models suggest that improvements and new directions of research are possible. Thus, on the side of residential mobility, there could be other variables which justify the housing change, like characteristics of the residence, residential environment or other characteristics of the households not observed. It would be also interesting to estimate the location model at a finer geographical level (îlot). Other alternatives of modeling of the residential decisions of the households would be to model a hierarchical structure of the choices, by a hierarchical or nested logit, or to model the life cycle, whit its components family, residential and professional, which are in interdependence (in condition of availability of necessary data).