

Institut

EDS Institut Hydro-Québec en environnement,
développement et société
de l'Université Laval

LES CAHIERS DE L'Institut EDS

Volume 2, numéro 1, septembre 2010

FORMES URBAINES ET MOBILITÉ, QUE DIT LA RECHERCHE?

Philippe Barla

Membre régulier de l'Institut EDS
Département d'économique
Université Laval, Québec

Luis F. Miranda-Moreno

Department of Civil Engineering and
Applied Mechanics
McGill University, Québec

Nikolas Savard-Duquet

Membre étudiant de l'Institut EDS
Maîtrise en économie
Département d'économique
Université Laval, Québec



UNIVERSITÉ
LAVAL

Institut

EDS

Institut Hydro-Québec en environnement,
développement et société
de l'Université Laval

Coordonnées de l'Institut EDS

Institut Hydro-Québec en environnement,
développement et société

2440, Pavillon des Services, boul. Hochelaga,
local 3800 Université Laval, Québec, G1V 0A6

Téléphone : (418) 656-2723

Télécopieur : (418) 656-7330

Courriel : ihqeds@ihqeds.ulaval.ca

Conception et design: Serge Pelletier
et Lucie Verreault

L'INSTITUT EDS

L'Institut EDS (*Institut Hydro-Québec en environnement, développement et société*) regroupe des membres de la communauté universitaire, provenant aussi bien de sciences sociales que de sciences dures ou appliquées, qui partagent un intérêt commun pour la recherche et la formation en environnement, développement et société.

Le mandat de l'Institut est de soutenir la recherche pluridisciplinaire et les synergies entre spécialistes, et de promouvoir une vision d'ensemble sur les questions d'environnement dans la société. L'Institut réalise ou facilite des activités visant l'approfondissement et la diffusion des connaissances, dans le domaine de l'environnement et du développement durable. Afin de faciliter l'atteinte de ces objectifs, la structure se veut souple, rassembleuse et ouverte.

LA RECHERCHE À L'INSTITUT EDS

Les recherches menées à l'Institut s'articulent autour de quatre thématiques :

1. Atténuation, vulnérabilités et adaptation aux changements climatiques
2. Dynamique et gouvernance de la biodiversité;
3. Disponibilité et gestion des ressources hydriques
4. Stratégies du développement durable.

Ces thématiques s'inscrivent dans les champs d'activités prioritaires en environnement et développement durable identifiés dans le plan de développement de la recherche 2006-2010 de l'Université Laval, institution d'attache de l'Institut EDS.

Les Cahiers de l'Institut EDS publient quatre séries consacrées spécifiquement à chacune de ces thématiques et rendent compte des résultats des recherches des membres de l'Institut, notamment celles développées dans le cadre des projets qu'il finance.

Site Internet : www.ihqeds.ulaval.ca

PHILIPPE BARLA

Philippe Barla est professeur titulaire au Département d'économie de l'Université Laval, membre régulier de l'Institut EDS, directeur du Groupe de Recherche en Économie de l'énergie, de l'Environnement et des Ressources Naturelles (GREEN) et directeur du Centre de données et d'analyse sur les transports (CDAT). Ses travaux portent principalement sur les domaines de l'organisation industrielle, de l'économie des ressources et de l'environnement ainsi que sur l'économétrie appliquée. Le professeur Barla est titulaire d'un doctorat en sciences économiques de l'Université Cornell.

LUIS F. MIRANDA-MORENO

Luis F. Miranda-Moreno est professeur assistant au Department of Civil Engineering and Applied Mechanics de l'Université McGill. Il est spécialisé dans l'ingénierie des transports, notamment sur les questions de sécurité routière, d'analyse du comportement, de modélisation de la demande de transport et sur les stratégies de transport durable. Le professeur Miranda est détenteur d'une maîtrise et d'un doctorat en génie civil de l'Université de Waterloo.

NIKOLAS SAVARD-DUQUET

Nikolas Savard-Duquet est étudiant à la maîtrise en économie à l'Université Laval sous la direction de Jean-Thomas Bernard et Philippe Barla. Son projet de mémoire s'intitule Mobilité et changements climatiques: bilan et analyse des déterminants des émissions de gaz à effet de serre associées aux déplacements des ménages de la ville de Québec. M. Savard-Duquet est membre étudiant de l'Institut EDS et du Centre de données et d'analyse sur les transports (CDAT).

POUR JOINDRE LES AUTEURS

Philippe Barla

Téléphone : (418) 656-7707
Courriel : philippe.barla@ecn.ulaval.ca

Luis F. Miranda-Moreno

Téléphone : (514) 398-6589
Courriel : luis.miranda-moreno@mcgill.ca

Nikolas Savard-Duquet

Téléphone : (418) 656-5122
Courriel : nikolas.savard-duquet.1@ulaval.ca

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction	5
2. Forme urbaine et mobilité : des liens complexes	6
3. Résultats d'études empiriques récentes	8
3.1 Le nombre de véhicules détenus par les ménages	9
3.2 Le type de véhicules détenus	9
3.3 L'usage des véhicules privés	11
3.4 Les choix de modes de transport	11
3.5 Le choix de localisation de la résidence	12
4. Les limites des études revues	12
5. Conclusions et implications pour les politiques publiques	13
Notes	14
Bibliographie	15

Formes urbaines et mobilité, que dit la recherche ? *

1. INTRODUCTION

Depuis le milieu des années cinquante, les villes nord-américaines se sont développées suivant un processus d'étalement urbain caractérisé par l'apparition de quartiers de faible densité, présentant peu de diversité des usages et dépendant fortement de l'automobile. Cette forme de développement a engendré plusieurs inconvénients, dont notamment:

- une pression sur le milieu rural et les écosystèmes avoisinants;
- un accroissement du coût par habitant des infrastructures municipales;
- une aggravation des nuisances causées par l'automobile (congestion, pollution de l'air, bruit, émissions de GES).

Le mouvement de l'urbanisme néo-traditionnel ou de la croissance intelligente («smart growth») milite depuis les années soixante-dix pour un retour vers des quartiers plus denses mélangeant résidences, commerces, emplois et espaces verts. Il recommande également la mise en place de systèmes de transport en commun efficaces et d'agencements urbains favorisant le transport actif. Cette approche peut se résumer sous la formule des « 3D » pour Densité, Diversité et Design (Ewing, et Cervero, 2001). Selon ses partisans, en modifiant la forme urbaine (FU) et l'offre de transport en commun (TC), il serait possible de réduire considérablement le rôle de l'automobile tout en améliorant la qualité de vie des citoyens. Dans cet article, nous examinons

les données empiriques récentes sur les impacts de ces facteurs sur la mobilité des ménages. Est-il effectivement possible de réduire la dépendance automobile en maîtrisant l'étalement urbain? Si oui, la magnitude des effets justifie-t-elle des politiques de densification?

Ces questions suscitent beaucoup de controverses dans les débats publics. Le but de cet article n'est pas de prendre position, mais plutôt d'éclairer le débat à partir des connaissances acquises par les recherches récentes. Il s'agit également de mettre en évidence la complexité des liens à mesurer et les dangers de conclure à partir d'analyses de corrélations partielles. En effet, certaines recherches qui ont eu une influence certaine, telles celles de Newman et Kenworthy (1989) ou Kenworthy et Laube (1999) recommandaient des politiques de densification sur la base d'analyse de corrélation simple entre la densité urbaine et la dépendance à l'automobile. Comme nous allons le voir, les liens étudiés sont nettement plus complexes et impliquent de nombreux facteurs, ce qui requiert des techniques statistiques plus sophistiquées. Compte tenu de l'abondance des recherches menées dans plusieurs disciplines sur les liens entre FU et mobilité, cette revue se concentre sur des recherches récentes publiées dans des revues avec évaluation par les pairs et qui utilisent une approche statistique multi-variée (c.-à-d. des techniques qui permettent de tenir compte simultanément de nombreux facteurs explicatifs).¹ Ce tour d'horizon ne vise pas à être

* Cet article a été préparé dans le cadre d'un projet de recherche financé conjointement par l'Institut Hydro-Québec en environnement, développement et société et le ministère des Transports du Québec. Les opinions exprimées dans ce texte sont cependant uniquement celles des auteurs et n'engagent aucunement ces deux organismes.

exhaustif mais plutôt à fournir une idée générale des connaissances et de leurs limites dans ce domaine.

Comme c'est souvent le cas, la recherche ne peut fournir de réponses tranchées. Par contre, certaines pistes se dessinent tout de même et devraient être utiles pour guider les décideurs. La suite de cet article s'articule en trois sections. Dans la section 2, nous discutons de la nature des liens entre FU et mobilité, et des défis méthodologiques pour les mesurer. La section 3 présente les résultats d'études empiriques récentes. Nous concluons dans la section 4 en soulignant les implications pour les politiques publiques.

2. FORME URBAINE ET MOBILITÉ: DES LIENS COMPLEXES

Avant de décrire les difficultés méthodologiques et conceptuelles pour mesurer l'impact de la FU sur la mobilité, il est bon de se questionner sur ce qui peut justifier l'intervention des pouvoirs publics dans ce domaine. Historiquement, l'augmentation des revenus disponibles et la réduction des coûts de transport ont permis aux ménages d'accroître leur demande d'espace de vie. Combiné à la croissance du nombre de ménages, ceci expliquerait en grande partie le phénomène de l'étalement urbain (Brueckner, 2001). L'étalement urbain résulte donc, du moins en partie, de la satisfaction d'une demande exprimée par les ménages. Par contre, des interventions pour maîtriser l'étalement urbain peuvent se justifier si celui-ci devient excessif du point de vue social. En fait, si les ménages ou les promoteurs immobiliers ne supportent pas tous les coûts de leurs décisions, le développement urbain entraîne ce que les économistes appellent des externalités négatives qui provo-

quent une défaillance du marché. Brueckener (2001) met en évidence l'absence ou la sous-tarifification de trois types de coûts liés à l'étalement urbain :

1- Le prix des terres à la périphérie des villes ne reflète pas tous les bénéfices auxquels la société doit renoncer lorsqu'elles sont développées. En effet, ces espaces peuvent avoir une valeur du point de vue de la protection de la biodiversité, de la beauté du paysage ou servir pour des activités de plein air. Comme il s'agit d'usages de type « biens publics », le marché est souvent incapable de les valoriser.

2- La tarification des infrastructures et de l'entretien des nouveaux développements (égouts, routes, déneigement) se fait généralement sur la base du coût moyen plutôt qu'en fonction du coût marginal qu'ils engendrent. Si les promoteurs ou les ménages paient moins que le véritable coût, ils n'ont pas le bon signal de prix pour utiliser l'espace de manière optimale.

3- Les déplacements automobiles sont une source de coûts externes importants. On n'a qu'à penser aux problèmes de congestion ou de pollution de l'air. Dans la mesure où ces coûts ne sont pas adéquatement tarifés, il en résulte un étalement urbain excessif qu'il convient de maîtriser.²

Si ces externalités justifient des interventions publiques, il est important de privilégier des instruments de politique qui s'attaquent directement à l'origine du problème, soit l'absence ou la tarification inadéquate de certains services. On peut penser par exemple à ajuster les taxes sur l'essence pour internaliser les dommages environnementaux de l'automobile ou un système de péage urbain pour réduire la congestion. Des

interventions moins directes comme une réglementation pour accroître la densité urbaine ou des subventions pour réduire le prix des transports en commun pourraient se révéler plus coûteuses et moins efficaces.

Comme le soulignent Bhat et al. (2007), l'analyse empirique des liens entre FU et mobilité est complexe pour quatre raisons:

1- Concepts difficiles à cerner : la FU et la mobilité sont des notions multidimensionnelles qui sont difficiles à cerner à partir de quelques indicateurs synthétiques. La FU, ce n'est pas uniquement la densité résidentielle ou commerciale, mais c'est aussi la mixité sociale ou celle des usages, l'adéquation dans un quartier entre les emplois disponibles et les résidents, la densité du système routier, l'accessibilité aux commerces et services, aux transports en commun ou encore la répartition de la population par rapport au centre-ville. Shay et Khattak (2007) mesurent pas moins de 34 indicateurs pour caractériser la forme urbaine. Le plus souvent, ces mesures sont fortement corrélées, ce qui empêche les chercheurs d'isoler l'effet spécifique de chacune. Pour faire face à cette difficulté, certaines recherches utilisent l'information contenue dans plusieurs mesures pour établir une typologie de la FU (Dielman et al., 2002, Shay et Khattak, 2007). Par exemple, les quartiers d'une ville sont classés comme centre-ville, urbains, suburbains ou ruraux. Mais, la plupart des études se limitent plutôt à tester l'impact d'un nombre limité d'indicateurs clefs comme la densité de population. La mobilité est également un concept multiforme qui ne peut s'appréhender de manière simple. Le nombre et le type de véhicules possédés, la consommation de carburant, la fréquence des déplacements, la distance totale parcourue, les modes de transport

utilisés, et les motifs des déplacements sont les indicateurs les plus souvent utilisés pour caractériser la mobilité des ménages. En définitive, les choix des chercheurs sont souvent dictés par la disponibilité des données qui est par ailleurs souvent déficiente.³ La diversité des indicateurs utilisés peut rendre plus confus les résultats de la recherche. Ainsi par exemple, certaines études montrent que la densité résidentielle accroît la fréquence des déplacements, mais que ceux-ci sont en général plus courts et s'effectuent moins souvent en automobile. L'impact net de la densité va donc dépendre de l'importance relative de ces différents effets.

2- Dimension spatiale de l'analyse : la dimension spatiale utilisée pour établir des liens entre FU et mobilité peut être très différente d'une étude à l'autre. Certaines études comparent la mobilité dans différentes villes (Dieleman et al. 2002, Bento et al., 2005), alors que d'autres comparent les quartiers d'une même ville. Dans ce dernier cas, l'environnement urbain peut être appréhendé au niveau du code postal (Vance et Hedel, 2007), d'une unité géographique établie lors des recensements (Brownstone et Golob, 2009, Fang, 2008, Shay et Khattak, 2007, Chen et al., 2008) ou d'analyses du trafic (Bhat et Guo, 2007, Potoglou et Kanaroglou, 2008, Pinjari et al., 2007). Les progrès récents des systèmes d'informations géographiques permettent maintenant des analyses plus fines où la FU est caractérisée dans une zone restreinte autour du domicile du ménage étudié (Bhat et al., 2009, Potoglou, 2008, Cervero et Duncan, 2006). Par exemple, il est possible de déterminer la densité résidentielle ou commerciale dans un rayon de 500 mètres autour du domicile. Dans les faits, il est fort probable que la mobilité d'un ménage soit déterminée à la fois par les

caractéristiques du quartier proche du domicile, mais également par les conditions environnant les lieux d'activités, ce qui rend l'analyse encore plus complexe.

3- Corrélation associative ou causalité : un défi de taille pour la recherche consiste à distinguer la corrélation associative de la causalité. Ce problème parfois appelé biais d'auto-sélection est lié au fait que le lieu de résidence d'un ménage est le résultat d'un choix qui dépend des mêmes déterminants que son profil de mobilité. Cela signifie par exemple que même si on observe que les ménages qui habitent des quartiers denses utilisent moins l'automobile, on ne peut pas nécessairement en conclure que c'est effectivement la densité qui en est la cause. En effet, il est possible que les ménages qui n'aiment pas l'automobile choisissent de vivre dans des quartiers où ils peuvent s'en passer et que les ménages qui préfèrent les quartiers moins denses soient aussi ceux qui désirent l'indépendance que l'automobile procure.

Dans ces exemples, la FU et la mobilité sont déterminées par des facteurs communs, ce qui génère une corrélation associative qui n'a rien cependant d'un lien de causalité. Dans ce contexte, une politique de densification modifierait la composition de la population du quartier plutôt que de modifier les comportements de mobilité de ses résidents. En d'autres termes, elle ne changerait pas les comportements mais les habitants. Une analyse simple de corrélation entre la FU et la mobilité risque donc de fournir une image biaisée qu'il serait dangereux d'utiliser pour déterminer des politiques publiques. Il est maintenant bien établi qu'une analyse rigoureuse exige une analyse statistique multi-variée où la mobilité est expliquée non seulement en fonction de la FU mais aussi des caracté-

ristiques socio-économiques du ménage. Cette approche limite mais n'élimine pas nécessairement le risque de biais d'auto-sélection puisque certaines caractéristiques non observables peuvent encore générer de la corrélation associative. Dans l'exemple ci-dessus, il est probable que le degré d'aversion pour l'automobile ne soit qu'en partie capturé par les caractéristiques socio-économiques du ménage comme l'âge, le niveau de scolarité, la taille et la composition du ménage. Certaines études récentes (Brownstone et Golob, 2009, Bhat et Guo, 2007, Pinjari et al., 2007) tentent de contrôler les problèmes d'auto-sélection et présentent des modèles qui expliquent conjointement le choix de localisation et la mobilité. Ces analyses montrent que l'inclusion des caractéristiques socio-économiques du ménage contrôle en grande partie le problème d'auto-sélection.⁴

4- Hétérogénéité des impacts dans la population : les liens entre FU et mobilité peuvent être très différents selon le profil du ménage. L'offre de TC peut avoir très peu d'effet sur les ménages à revenu élevé alors qu'elle peut avoir un rôle crucial dans la décision de posséder ou non un véhicule pour un ménage moins nanti. Si certaines études récentes essaient de prendre en compte l'hétérogénéité des impacts (Pinjari et al. 2007, Bhat et al., 2007), la plupart des études ne mesurent que des effets moyens.

3. RÉSULTATS D'ÉTUDES EMPIRIQUES RÉCENTES

Le tableau en annexe (Tableau 1) présente de manière synthétique les principales caractéristiques des études retenues dans cette revue. Nous examinons successivement les déterminants du nombre de véhicules détenus par les ménages, du type de véhicule choisi, de l'usage

de l'automobile mesuré par la distance parcourue et des choix de modes de transport. Finalement, nous présentons brièvement les résultats d'études qui analysent conjointement aux choix de mobilité ceux de localisation du domicile.

3.1 Le nombre de véhicules détenus par les ménages

Le nombre de véhicules détenus par un ménage est l'un des indicateurs les plus étudiés probablement parce qu'il est facile à documenter. De plus, il rend compte d'une décision importante qui détermine de manière significative les autres choix de mobilité du ménage, comme le mode de transport. Toutes les études revues concluent que le nombre de véhicules détenus par un ménage dépend avant tout de ses caractéristiques socio-économiques. La taille du ménage, le nombre de conducteurs et la présence de personnes âgées sont des facteurs qui systématiquement ont un effet positif sur le nombre de véhicules. Le niveau de revenu du ménage a également un effet positif mais assez faible. Selon les résultats de Bento et al. (2005), un accroissement de 10% du revenu accroît la probabilité de détenir deux véhicules de 2% et celle d'en posséder trois de 3%. Le niveau d'éducation du ménage semble aussi favoriser quelque peu la possession d'automobiles.

Certains indicateurs de la FU et de l'offre de TC affectent le nombre de véhicules. Bento et al. (2005) montrent que les villes dont la population est davantage concentrée autour du centre-ville ont légèrement moins d'automobiles. L'effet est cependant assez faible puisqu'un accroissement de 10% de la concentration de la population autour du centre-ville réduit la probabilité de détenir deux véhicules de 1,5% et celle d'en avoir plus de deux de 2,1%. De même, un accroissement de 10% de la densité

de lignes d'autobus diminue la probabilité de détenir deux automobiles d'environ 1%. Shay et Khattak (2007) obtiennent une légère réduction de la probabilité de détenir une voiture dans des quartiers où les services (commerces, écoles, parcs) sont plus facilement accessibles. Au niveau canadien, Potoglou et Kanaroglou (2008) étudient les déterminants du nombre de véhicules détenus par les ménages dans la région de Hamilton en Ontario. Leurs résultats confirment le rôle important des caractéristiques socio-économiques du ménage. Certaines mesures de la FU ont aussi un certain impact. Ainsi, les ménages qui habitent dans des zones où il y a un bon équilibre entre le résidentiel et l'emploi possèdent moins de véhicules. De même, la diversité des usages du sol dans un rayon de 500 mètres de la résidence réduit la probabilité d'avoir plus de deux véhicules. Par contre, le nombre d'arrêts d'autobus proches de la résidence n'a qu'un impact très marginal.

Ces effets moyens cachent peut-être des réponses très différentes en fonction des caractéristiques et des préférences des ménages. C'est du moins ce que suggèrent les résultats de Bhat et Guo (2007), selon lesquels la densité d'emplois autour de la résidence du ménage a un effet moyen négatif assez faible sur la probabilité de détenir une automobile, mais cet effet semble nettement plus important sur les ménages à faible revenu. Il en va de même pour l'offre de TC qui a un effet plus marqué sur les ménages à faible revenu.

3.2 Le type de véhicules détenus

Certaines études analysent les déterminants du type de véhicules détenus par les ménages. Fang (2008) propose un modèle qui explique conjointement le nombre et l'usage des voitures

et camions légers détenus par des ménages californiens. Ses résultats indiquent que plus la densité résidentielle est importante, plus la probabilité de détenir un camion léger diminue. L'effet est cependant minime puisqu'un accroissement de 50% de la densité résidentielle réduit la probabilité de détenir un camion léger de seulement 1,2%. L'impact de la densité est encore plus faible sur la possession d'automobile. Pogoulou (2008) analyse le choix de la classe de véhicules détenus par des ménages de la région de Hamilton. La plupart des résultats confirment les attentes. Par exemple, le nombre d'enfants accroît la probabilité de détenir une fourgonnette. Le seul impact significatif de la FU est la réduction de la probabilité de détenir un véhicule utilitaire sport (VUS) par les ménages qui résident dans un quartier avec une plus grande diversité d'usages. Bhat et al. (2009) présentent un modèle complexe qui vise à expliquer simultanément le choix de la classe, l'âge (neuf ou usagé), et la marque et le modèle des véhicules du ménage. Les caractéristiques socio-économiques du ménage ont généralement l'effet anticipé sur ces choix. Mentionnons par exemple qu'un revenu élevé accroît la probabilité de détenir un VUS, une taille plus grande du ménage favorise le choix de véhicules plus spacieux, la présence d'enfants augmente le choix de fourgonnettes, alors que les personnes retraitées vont détenir davantage d'automobiles compactes ou de berlines intermédiaires. Pour la FU, les résultats de Bhat et al. suggèrent que la densité résidentielle ainsi que la densité du système routier autour du domicile favorisent le choix de véhicules de plus petite taille. Par exemple, un accroissement de 25% de la densité de routes autour du domicile accroît de 8,5% la probabilité de détenir une voiture compacte. Les ménages domiciliés en banlieue ont tendance à posséder des véhicules plus récents et

ont une probabilité plus importante de posséder des camions tout comme les résidents des milieux ruraux. Par contre, Spissu et al. (2009) ne décèlent aucun impact de la densité de population autour du domicile sur le choix de classe de véhicules pour les résidents de la région de San Francisco. L'accès au TC favoriserait cependant le choix de véhicules plus petits. Il semble donc que la FU ait un certain effet sur le choix de véhicules. Cet effet ne semble cependant pas majeur et se répercute en des conséquences environnementales contradictoires.

En effet, si les ménages des banlieues ont tendance à privilégier des véhicules plus gros (comme des camionnettes), ils semblent aussi posséder des véhicules plus récents qui sont moins polluants. À ce propos, Brownstone et Golob (2009) présentent un modèle qui explique conjointement la densité résidentielle du quartier du domicile, la distance totale parcourue par les véhicules et la consommation annuelle de carburant de ménages californiens. Les résultats de cette étude fournissent indirectement une idée de l'impact de la FU sur l'efficacité énergétique des véhicules du ménage. Ainsi, selon les résultats de leur modèle, Brownstone et Golob (2009) estiment qu'un accroissement de 40% de la densité résidentielle réduirait la consommation de carburant consommé de 1,7% en favorisant le choix de véhicules plus efficaces. Il s'agit donc d'un impact marginal. Notons que certaines études incluent le prix du carburant parmi leurs variables explicatives. L'impact de cette variable sur le choix de véhicule est également assez limité. Par exemple, Bhat et al. (2009) montrent qu'un accroissement de 25% des prix de l'essence réduirait de 5,7% la probabilité de détenir une camionnette et de 2,6% celle d'une fourgonnette. Spissu et al. (2009) rapportent des résultats encore plus faibles.

3.3 L'USAGE DES VÉHICULES PRIVÉS

Évidemment, la distance parcourue en automobile est avant tout déterminée par le nombre de véhicules possédés par un ménage (Dieleman et al., 2002). En fait, l'usage est très souvent étudié conjointement avec le nombre ou le type de véhicules possédés. La plupart des études montrent un impact significatif mais assez faible de la FU ou de l'offre de TC sur la distance parcourue en automobile (Bento et al., 2005, Vance et Hedel, 2007, Bhat et al., 2009, Fang, 2008, Spissu et al., 2009). Bento et al. (2005) montrent que l'usage de l'automobile est plus important dans des villes qui offrent une densité de route importante. Ce résultat est conforme avec l'hypothèse du trafic induit, selon laquelle un accroissement de l'offre d'infrastructures routières, en réduisant le coût de transport, stimule l'importance du trafic.⁵

La distance annuelle parcourue en automobile est plus faible dans des villes plus circulaires, où la mixité résidences-emplois est meilleure et qui offrent un système de TC sur rail. Les élasticités de la distance parcourue relativement à ces indicateurs sont cependant toutes inférieures à 0,1 en valeur absolue. Ainsi, par exemple, un accroissement de 10% de la mixité résidences-emplois ne réduirait la distance moyenne annuelle parcourue par ménage que de moins de 1%. Selon Fang (2008), un accroissement de 50% de la densité résidentielle autour du domicile réduirait le kilométrage annuel d'environ 900 km pour les camions légers et de moins de 200 km pour les automobiles. Notons que Cervero et Duncan (2006) obtiennent des effets plus importants de la FU. Selon leur étude, la distance parcourue en automobile pour se rendre au travail serait sensible à la disponibilité d'emplois compatibles autour du domicile du ménage. Ils rapportent une élasticité de -0,3.

Finalement, notons que l'usage s'accroît avec le revenu de manière moins que proportionnelle.

En ce qui concerne le prix de l'essence, l'impact sur l'usage est aussi assez faible. Le doublement du prix de l'essence réduirait l'usage des VUS de 2,3% et celui des voitures compactes de 0,9%.

3.4 Les choix de modes de transport

Sans surprise, le principal déterminant de la part modale de l'automobile est le nombre de véhicules détenus par le ménage (Dieleman et al., 2002, Pinjari et al., 2007). La taille du ménage, le revenu, le niveau d'éducation et l'âge sont également des facteurs qui favorisent la part de l'automobile. Le revenu affecte aussi les parts modales, mais les élasticités sont généralement inférieures à 1 en valeur absolue. Par exemple, Bento et al. (2005) rapportent une élasticité de la part de l'autobus relative au revenu de -0,5. Chen et al. (2008) effectuent leur analyse du choix modal à l'échelle d'un itinéraire complet (ou « tour ») plutôt que d'un déplacement en particulier. Le choix du mode de transport va en effet très souvent dépendre de l'ensemble des déplacements prévus dans un itinéraire. Par exemple, un individu va très probablement se rendre au travail en automobile, s'il prévoit une sortie après le travail et donc un retour tard en soirée. Ainsi, Chen et al. (2008) montrent sans surprise que plus l'itinéraire est complexe (le nombre d'arrêts est important) et plus la part de l'automobile s'accroît.

La plupart des études rapportent un impact de la FU et de l'offre de TC sur les choix de modes de transport. Les modes alternatifs à l'automobile sont favorisés par la densité et la mixité des usages, par l'offre de TC ou celle d'infrastructures destinées aux transports actifs. La FU

autour du lieu de travail semble également déterminante. Par exemple, selon Chen et al. (2008), la densité d'emploi dans le quartier du lieu de travail réduit la part modale de l'automobile. Les élasticités des parts des modes alternatifs sont parfois importantes. Ainsi, la part des modes non motorisés augmenterait de 17% à 23% avec un accroissement de la centralité de la population de 10% (Bento et al. 2005). Toutefois dans la mesure où la part des modes non motorisés est au départ très faible, un accroissement de 17 à 23% se révèle avoir peu d'impact sur la part de l'automobile. Selon Frank et al. (2008), les élasticités de la FU et de l'offre de TC sur la part modale de l'automobile sont toutes inférieures à 0,1.

Selon Frank et al. (2008), la part de l'automobile est aussi peu sensible au coût du carburant ou du stationnement (élasticité de -0,07). La part du TC semble plus sensible à l'offre de service qu'au prix : l'élasticité vis-à-vis du temps de transport est de -0,39 alors que vis-à-vis du prix, elle n'est que de -0,11.

3.5 Le choix de localisation de la résidence

Finalement, il est utile de revoir brièvement les résultats d'études qui analysent les déterminants du choix de localisation du ménage avec ceux de la mobilité (Bhat et Guo, 2007, Pinjari et al., 2007, Brownstone et Golob, 2009). Il en ressort tout d'abord une tendance claire à la ségrégation des quartiers par la race, la taille du ménage et le niveau de revenu. Par ailleurs, il n'existe pas de preuves claires que les ménages préféreraient des quartiers présentant une grande diversité d'usages. Au contraire, les résultats de Pinjari et al. (2007) indiquent que les ménages préfèrent les quartiers relativement homogènes. Selon Bhat et Guo (2007),

les ménages plus aisés choisissent davantage des quartiers où la densité d'emploi est faible, ce qui suggère également une préférence pour des quartiers homogènes. L'âge, le revenu et le nombre d'enfants sont des facteurs qui poussent les ménages à choisir des quartiers avec une densité résidentielle plus faible. Enfin, les ménages sont également sensibles au temps et aux coûts de déplacement vers leur lieu de travail lorsqu'ils choisissent le lieu de leur domicile. Toutefois, Pinjari et al. (2007) et Bhat et Guo (2007) notent une forte hétérogénéité dans l'attitude face au temps de déplacement.

4. LES LIMITES DES ÉTUDES REVUES

Bien évidemment, il est important de rester prudents puisque les études que nous avons revues souffrent de plusieurs limites. Soulignons particulièrement les critiques suivantes :

- Toutes ces recherches se basent sur des données en coupe transversale. Cela signifie que différents quartiers ou villes sont comparés à un moment précis dans le temps. Généralement, on présume que ces comparaisons mettent en évidence des relations à long terme entre les variables étudiées. Toutefois, les analyses en coupe transversale sont sujettes à des biais puisqu'il est très difficile de contrôler tous les facteurs qui différencient les villes ou quartiers.⁶ L'existence de tels biais peut aboutir à une sur- ou sous-estimation de l'impact de la FU.
- Comme on l'a mentionné précédemment, la mobilité des ménages dépend très certainement non seulement de la FU proche du domicile ou du travail, mais aussi de facteurs

régionaux plus larges qui ne sont généralement pas pris en compte dans les recherches.

- Ces études ne permettent d'évaluer l'impact de changements dans la FU qu'à l'intérieur des paramètres existants. En d'autres termes, elles ne permettent pas de prévoir l'impact de nouvelles formes urbaines. Notons aussi que la plupart des études utilisent des données relativement anciennes (datant généralement du début des années 2000). Si les paramètres ne sont pas stables dans le temps, par exemple, si les préférences évoluent, l'impact de changements dans la forme urbaine pourrait être aujourd'hui différent.

5. CONCLUSIONS ET IMPLICATIONS POUR LES POLITIQUES PUBLIQUES

Si les limites décrites dans la section précédente signifient qu'il est important de rester prudents, on peut cependant dégager les constatations suivantes:

- La FU et l'offre de TC ont un effet limité sur le nombre de véhicules détenus et leur effet semble surtout agir sur la probabilité de détenir plus d'un véhicule. Toutefois, pour certaines catégories de ménages particulièrement ceux moins aisés, l'impact peut être nettement plus marqué.
- Le type de véhicule détenu est également assez peu influencé par les caractéristiques du quartier de résidence. De plus, ce dernier affecte de manière parfois contradictoire l'efficacité énergétique du véhicule.
- La part modale du TC est sans doute plus

sensible à l'offre de services qu'au tarif. La part des modes non motorisés dépend de la FU et de l'offre d'infrastructures adaptées. Toutefois, la dominance de l'automobile est telle qu'il faudrait des changements draconiens pour avoir un effet significatif.

- A ce stade, il n'existe pas de preuves que, de manière générale, les ménages préfèrent les quartiers plus denses et hétérogènes.

Ces résultats semblent donc indiquer qu'il serait illusoire de réduire rapidement et de manière significative la dépendance à l'automobile à travers des politiques d'urbanisme visant la densification, la diversité des usages et un design adéquat. En effet, la plupart des indicateurs de la FU et de l'offre de TC ont des impacts plutôt limités sur les indicateurs de mobilité. Par exemple, Bento et al. (2005) obtiennent des élasticités inférieures à 0,1 en valeur absolue pour les huit indicateurs de la FU et du TC qu'ils utilisent.⁷ Malgré tout, il semble que des changements sévères dans la forme urbaine pourraient effectivement réduire la dépendance à l'automobile. Bento et al. (2005) estiment qu'il serait possible de réduire de 25% l'utilisation de l'automobile en transformant la FU et l'offre de TC de la ville d'Atlanta (une ville dessinée pour l'automobile) pour la faire correspondre aux caractéristiques urbaines de la ville de Boston. Cela suppose cependant des transformations majeures, impliquant notamment une augmentation de plus de 60% de la densité de population! On comprend facilement qu'une telle métamorphose serait non seulement difficile à imposer, mais surtout prendrait du temps ou serait extrêmement coûteuse.

Quelles sont les implications que l'on peut tirer pour les politiques publiques ?

- Des changements à la marge du tissu urbain ou de l'offre de TC risquent d'avoir des effets limités sur les comportements de mobilité des particuliers. Toutefois, des interventions bien ciblées auprès de certaines catégories de ménages pourraient être efficaces.
- Une réduction de la dépendance à l'automobile ne semble possible que moyennant des modifications draconiennes du tissu urbain et de l'offre de TC ■■■

NOTES

1. Nous ne revoyons donc pas les études de cas et les résultats de modèles de micro-simulation.
2. Notons que l'impact de la congestion sur l'étalement urbain est complexe puisqu'en accroissant le coût généralisé du transport, la congestion pourrait limiter l'étalement urbain.
3. Par exemple, il n'existe pas d'enquêtes systématiques sur les déplacements des ménages au Canada.
4. Plus précisément, Browstone et Golob (2009) et Bhat et Guo (2007) ne peuvent rejeter l'absence de biais de sélection lorsque les caractéristiques socio-économiques sont incluses dans l'analyse de la mobilité. Par contre, Pinjari et al. (2007) trouvent que l'inclusion des variables socio-économiques n'est pas suffisante pour éviter les biais d'auto-sélection. En d'autres termes, des facteurs non observables influencent la mobilité et le choix de localisation des ménages.
5. Pour une synthèse des études sur cette hypothèse, voir Goodwin (1996) ou Small et Verhoef (2007).
6. Comme on l'a mentionné, les études plus sophistiquées tentent de limiter ce problème en modélisant conjointement mobilité et forme urbaines. Une autre approche consisterait à utiliser des données de type panel (comparaison de villes ou quartiers sur plusieurs périodes) qui permettent de mieux contrôler ce type de biais. Malheureusement, il existe encore très peu de base de données de type panel sur les déplacements.
7. Ces élasticités sont donc inférieures à celle de la demande d'essence relative à son prix, qui est d'environ 0,3 selon Barla et al. (2009).

BIBLIOGRAPHY

- BENTO, Antonio M., Maureen L. CROPPER, Ahmed MUSHFIQ MOBARAK et Katja VINHA. « *The effects of urban spatial structure on travel demand in the United States* », *The Review of Economics and Statistics*, August 2005, 87(3): 466-478.
- BHAT, Chandra R., et Jessica Y. GUO. « *A comprehensive analysis of built environment characteristics on household residential choice and auto ownership levels* », *Transportation Research Part B*, 41, (2007), 506-526.
- BHAT, Chandra R., Sudeshna SEN et Naveen ELURU. « *The impact of demographics, built environment attributes, vehicle characteristics, and gasoline prices on household vehicle holdings and use* », *Transportation Research Part B*, 43, (2009), 1-18.
- BROWNSTONE, David, et Thomas F. GOLOB. « *The impact of residential density on vehicle usage and energy consumption* », *Journal of Urban Economics*, 65, (2009), 91-98.
- BRUECKNER, Jan K. « *Urban Sprawl: Lessons from Urban Economics* », *Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs*: 2001, p. 65-97.
- CERVERO, Robert, et Michael DUNCAN. « *Which Reduces Vehicle Travel More : Jobs-Housing Balance or Retail-Housing Mixing?* », *Journal of American Planning Association*, Vol. 72, No. 4, Autumn 2006.
- CHEN, Cynthia, Hongmian GONG et Robert PAASWELL. « *Role of the built environment on mode choice decisions: additional evidence on the impact of density* », *Transportation*, (2008), 35:285-299, DOI 10.1007/s11116-007-9153-5.
- DIELEMAN, Frans M., Martin DIJST et Guillaume BURGHOUWT. « *Urban Form and Travel Behaviour : Micro-level Household Attributes and Residential Context* », *Urban Studies*, Vol. 39, No. 3, 507-527, 2002.
- EWING, Reid, et Robert CERVERO. « *Travel and the Built Environment: A Synthesis* », *Transportation Research Record*, 1780 (2001), Paper No. 01-3515, p. 87-114.
- FANG, Hao Audrey. « *A discrete-continuous model of households' vehicle choice and usage, with an application to the effects of residential density* », *Transportation Research Part B*, 42, (2008), 736-758.

FRANK, Lawrence, Mark BRADLEY, Sarah KAVAGE, James CHAPMAN et T. Keith LAWTON. « *Urban form, travel time, and cost relationships with tour complexity and mode choice* », *Transportation*, (2008), 35:37-54, DOI: 10.1007/s11116-007-9136-6.

GOODWIN, Phil B., « *Empirical evidence on induced traffic* », *Transportation* 23, (1996), 35-54.

KENWORTHY, J.R., et F.B. LAUDE. « *Pattern of automobile dependence in cities: an international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy* », *Transportation Research Part A* 33 (1999), 691-723.

NEWMAN, Peter, et Jeffrey KENWORTHY. *Cities and Automobile Dependence: An International Sourcebook* (Aldershot: Gower, 1989).

PINJARI, Abdul Rawoof, Ram M. PENDYALA, Chandra R. BHAT et Paul A. WADDELL. « *Modeling residential sorting effects to understand the impact of the built environment on commute mode choice* », *Transportation*, (2007), 34-557-573, DOI 10.1007/s11116-007-9127-7.

POTOGLOU, Dimitris. « *Vehicle-type choice and neighbourhood characteristics: An empirical study of Hamilton, Canada* », *Transportation Research Part D*, 13, (2008), 177-186.

POTOGLOU, Dimitris, et Pavlos S. KANAROGLOU. « *Modelling car ownership in urban areas : a case study of Hamilton, Canada* », *Journal of Transport Geography*, 16, (2008), 42-54.

SHAY, Elizabeth, et Asad J. KHATTAK. « *Automobiles, Trips, and Neighborhood Type Comparing Environmental Measures* », *Transport Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2010, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2007, pp. 73-82, DOI: 10.3141/2010-09.

SPISSU, Erika, Abdul Rawoof PINJARI, Ram M. PENDYALA et Chandra R. BHAT. « *A copula-based joint multinomial discreet-continuous model of vehicle type choice and miles travel* », *Transportation*, forthcoming (2009).

SMALL, Kenneth A., et Erik T. VERHOEF (2007). *The Economics of Urban Transportation*. Routledge.

VANCE, Colin, et Ralf HEDEL. « *The impact of urban form on automobile travel: disentangling causation from correlation* », *Transportation*, (2007), 34:575-588, DOI 10.1007/s11116-007-9128-6.

ANNEXE

Tableau 1. Caractéristiques des études revues.

Étude	Données/Approche Méthodologie/Variables de contrôle	Mesures de mobilité	Mesures de la FU et de l'offre de TC	Principaux résultats
Bento et al. (2005)	<ul style="list-style-type: none"> Enquête Nationale sur le transport personnel (1990), plus de 20 000 ménages. Comparaison de 114 régions urbaines aux EU et 26 villes avec TC sur rail. Taille et composition du ménage, revenu, race, âge, éducation, coûts des déplacements. 	<ul style="list-style-type: none"> Choix modal des déplacements-travail (modèle logit). Le nombre de véhicules par ménage (modèle logit multinomial). Distance parcourue par véhicule (modèle MCO avec correction pour la sélectivité). 	<ul style="list-style-type: none"> Indice de circularité de la ville ou région (ratio de l'axe majeur et mineur de l'ellipse). Densité des routes. Mesure de la centralité de la population par rapport au centre-ville. Superficie de la ville ou région. Mesure de mixité travail/résidentiel (courbe de Lorenz). Distance totale des trajets d'autobus et de train. Densité de la population. 	<ul style="list-style-type: none"> Impact négatif mais faible de la centralité, de la mixité travail/résidentiel et de l'offre de TC sur le mode automobile. Nombre de véhicules : rôle important de la taille et composition du ménage. Demande inélastique par rapport au revenu. La centralité de la population diminue très faiblement le nombre de voitures. Distance par véhicule : certains impacts de la taille et composition du ménage. Le revenu a un impact limité de même que la centralité de la population. Les élasticités de la mobilité par rapport à la FU et l'offre de TC sont faibles (<0.1). Mais des changements majeurs dans la FU et le TC pourraient avoir un impact important.
Bhat et Guo (2007)	<ul style="list-style-type: none"> Enquête sur les déplacements de la région de la baie de San Francisco (2000). Sous-échantillon des ménages dans le canton d'Alameda – 2954 ménages. Comparaison entre des zones d'une même région. Modèle joint multinomial logit mixte ordonné. Taille et composition du ménage, race, revenu, type d'habitation, statut de propriété du logement. 	<ul style="list-style-type: none"> Modèle conjoint de choix de localisation du ménage et du nombre de véhicules. 	<ul style="list-style-type: none"> Unité géographique : 233 zones d'analyse du transport. Densité résidentielle et d'emploi. Fraction du résidentiel, commercial et autre dans la zone. Indicateur de mixité des usages. Mesures d'accessibilité (emplois, commerces, loisirs). 	<ul style="list-style-type: none"> Choix de localisation : préférence des seniors pour une densité faible. Idem pour revenu moyen ou élevé. Pas d'influence directe de la mixité des usages sur le choix de localisation. Revenu moyen et élevé préfère des zones avec accès aux loisirs. Le temps de déplacement en voiture au travail est important. Par

			<ul style="list-style-type: none"> • Mesure du temps et du coût des déplacements travail par mode. • Densité de pistes cyclables et de routes. • Taille moyenne des ménages et leur revenu dans la zone. Composition ethnique. 	<p>contre le temps en transport en commun ne semble pas jouer. Taille du ménage favorise des zones avec une densité routière moins importante. Préférence pour la disponibilité de pistes cyclables et l'accès au TC. Phénomène de ségrégation sur base du revenu, de la taille du ménage et de la race.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de véhicules : impact négatif de la densité résidentielle et d'emplois, la densité du réseau routier, la disponibilité et l'accessibilité au TC. Impact positif du revenu, du nombre de membres actifs ou de seniors, du temps de déplacement au travail.
Bhat et al. (2009)	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête sur les déplacements de la région de la baie de San Francisco (2000) – sous échantillon des ménages avec au moins un véhicule (8107 ménages). • Comparaison de quartiers d'une même région. Modèle discret-continu multiple de type valeur extrême. Modèle de choix discret-continu avec plusieurs nœuds. Nœud supérieur : choix du type-âge du véhicule et usage. Nœud inférieur: choix de la marque-modèle. • caractéristiques socio-économiques du ménage (revenu, composition, nombre de travailleurs, race), attribut du véhicule, coût en carburant. 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix du type-âge du véhicule et de son usage. • Choix de la marque modèle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Densité de population, densité d'emploi et typologie du quartier (centre-ville, urbain, banlieue, rural), nombre de ménages dans des résidences multifamiliales. Variables calculées à l'intérieur d'un mille de la résidence du ménage étudié. • Densité des pistes cyclables à moins de 0,25 mille. Densité du réseau routier à moins d'un mille de la résidence. 	<ul style="list-style-type: none"> • La densité résidentielle et commerciale favorise le choix de véhicules plus petits. • Les ménages en milieu suburbain ont tendance à utiliser des véhicules plus récents que ceux en milieu urbain. • Un revenu moyen ou élevé favorise le choix de VUS-neuf. • Les ménages seraient moins sensibles au prix du carburant qu'au prix d'achat des véhicules.
Browstone et Golob (2009)	<ul style="list-style-type: none"> • Sous-échantillon californien de l'enquête nationale sur les déplacements des ménages (2001) – 2583 ménages. • Comparaison de quartiers 	<ul style="list-style-type: none"> • Distance totale parcourue par les véhicules du ménage sur une base annuelle. • Consommation 	<ul style="list-style-type: none"> • Densité résidentielle (nombre d'unités résidentielles par mille au carré) au niveau du bloc de 	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de biais d'auto-sélection lorsque les caractéristiques socio-économiques du ménage sont

	<p>d'un même état. Modèle conjoint du choix de densité de la résidence, de la distance parcourue et de la consommation de carburant.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de conducteurs et de travailleurs dans le ménage, taille et composition du ménage, revenu, éducation, race. 	<p>estimée de carburant sur base de la distance et du type de véhicule.</p>	<p>recensement.</p>	<p>contrôlées.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La densité résidentielle réduit l'usage et favorise l'efficacité énergétique des véhicules. L'impact est cependant assez faible. • Le nombre de travailleurs, le revenu, le nombre d'enfants accroissent l'usage et la consommation de carburant. • Les retraités ont des véhicules plus efficaces. • Les ménages avec plus de conducteurs ou d'enfants, moins de travailleurs, un revenu plus élevé ou avec des retraités choisissent un quartier avec une densité plus faible.
<p>Chen, Gong et Paaswell (2008)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête sur les déplacements des ménages dans la région de New York (1997/1998) – 11 264 ménages. 2089 déplacements analysés. • Comparaison de quartiers d'une même région. Modèle logit emboité. • Taille du ménage, revenu, âge, nombre d'enfants de moins de 6 ans, nombre d'adultes, sexe. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse conjointe de la possession d'une automobile et du choix modal pour effectuer un déplacement du domicile au travail. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unité géographique: census tract. • Densité de population, densité d'emploi, distance à l'arrêt de TC le plus proche relativement au domicile et au lieu de travail. Indicateurs d'accessibilité d'emploi par automobile et TC. 	<ul style="list-style-type: none"> • La probabilité de détenir une automobile s'accroît avec la taille du ménage, le revenu, l'âge, le nombre d'adultes. La densité de population au domicile et l'accessibilité au travail en TC réduit cette probabilité. • Le choix du mode automobile s'accroît avec l'âge. • Les déplacements plus complexes (avec plusieurs arrêts) s'effectuent davantage en automobile. • La densité d'emplois au lieu de travail réduit la probabilité d'utiliser l'automobile. • La distance aux arrêts de TC favorise le choix de l'automobile.
<p>Cervero et Duncan (2006)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête sur les déplacements de la région de la baie de San Francisco 	<ul style="list-style-type: none"> • Distance totale parcourue et temps total de 	<ul style="list-style-type: none"> • Unité géographique: zone de 4 milles autour 	<ul style="list-style-type: none"> • Elasticité de la distance liée au travail à

	<p>(2000). Plus de 16 000 ménages.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comparaison de quartiers d'une même région. • Nombre de véhicules du ménage, permis de conduire de l'individu (oui ou non), deux classes de revenus, possibilité d'horaire flexible, âge, race, sexe, type d'emploi. 	<p>déplacement en véhicule pour des déplacements liés au travail par individu.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse également effectuée pour les déplacements liés au magasinage. 	<p>de la résidence.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'emplois de même catégorie que celui de l'individu. • Nombre de commerces dans la zone. 	<p>l'accessibilité d'emploi comparable : -0.32. Impact sur le temps de déplacement comparable.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elasticité de la distance liée à l'accessibilité aux commerces : -0.168. Impact sur le temps de déplacement comparable.
Dieleman et al. (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête Néerlandaise nationale sur les déplacements (1996) - 150 000 individus. • Comparaison de différentes municipalités. • Taille et composition du ménage, revenu, niveau d'éducation, possession d'automobile. 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix modal par motif de déplacement (modèle logit multinomial). • Distance totale parcourue par motifs de déplacement et par mode. 	<ul style="list-style-type: none"> • Classification des municipalités sur base de la taille et du degré d'urbanisation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Quel que soit le motif du déplacement, la part modale de l'automobile s'accroît fortement avec la possession d'une automobile et avec le nombre d'enfants. Faible impact du revenu. La part de l'automobile est plus importante dans les plus petites municipalités. • La distance parcourue par automobile dépend surtout de la possession d'une automobile et du revenu. Elle est aussi plus importante dans les petites municipalités moins urbanisées.
Fang (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête nationale sur les déplacements des ménages. Sous-échantillons californiens (2299 ménages). 2001. • Comparaison de quartiers d'un même état. • Revenu, niveau d'éducation, composition du ménage, statut de propriété du logement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modèle conjoint du nombre de voitures, de leur usage, du nombre de camions légers et de leur usage. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unité géographique : le bloc de recensement. • Densité d'unité résidentielle par mille au carré. • Variable binaire pour certaines zones métropolitaines (capture l'offre de TC sur rail). • Typologie de la zone d'habitation (rurale, urbaine) 	<ul style="list-style-type: none"> • L'accroissement de la densité résidentielle de +50% accroît la probabilité de ne pas détenir de camion de 1.2%. L'usage est réduit de 562 milles par an. Pour les automobiles : accroissement de la probabilité de ne pas avoir d'automobile : +0.13 %. Impact sur l'usage : -117 milles par an.
Pinjari, Pendyala, Bhat and Waddell	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête sur les déplacements dans la région de la baie de San Francisco (2000). Sous- 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse conjointe du choix de localisation du domicile et du 	<ul style="list-style-type: none"> • Unité géographique: zone d'analyse de transport. 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix de localisation du domicile : les seniors choisissent des quartiers moins

(2007)	<p>échantillons du comté d'Alameda (1447 ménages).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comparaison de quartiers d'une même région. • Nombre de véhicules par conducteur, nombre de vélos, taille du ménage, coûts de transport généralisés. 	<p>choix de mode de transport pour se rendre au travail.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densité de population et d'emploi dans la zone de résidence. Mixité des usages, densité routière, longueur des pistes cyclables dans un rayon de 1,6 km du domicile. 	<p>denses. Les quartiers avec une haute densité d'emplois sont moins préférés. Les ménages préfèrent une localisation plus proche de leur emploi. Il y a cependant une grande hétérogénéité dans l'attitude face au temps de déplacement. La densité routière, l'offre de pistes cyclables et l'accessibilité au TC jouent un rôle positif dans le choix de localisation.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Choix modal : la disponibilité de véhicules favorise le mode automobile. La taille du ménage favorise le co-voiturage. La densité de population et d'emplois et l'offre de pistes cyclables favorisent les modes non-motorisés.
Potoglou (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête internet de 642 ménages dans la région métropolitaine de Hamilton (2005). • Comparaison de quartiers d'une même région. • Nombre d'enfants, nombre de véhicules, statut de propriété, éducation, mode alternatif pour se rendre au travail. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modèles de choix discrets pour expliquer le type de véhicule choisi (automobile, mini-van, VUS, pick up) 	<ul style="list-style-type: none"> • Unité géographique : rayon de 500m du domicile. • Mesure de diversité des usages du sol (résidentiel, commercial, gouvernemental, parcs et industriel). Indice d'entropie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le nombre d'enfants et le statut de propriétaire favorisent la détention de mini-van. • L'usage courant de mode alternatif et la diversité des usages du sol proche du domicile réduisent la probabilité de posséder un VUS. • Le nombre de véhicules, la propriété du domicile et un niveau d'éducation plus faible accroissent la probabilité de détenir un pick up. • Faible pouvoir explicatif du modèle.
Potoglou et Kanaroglou (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête internet de 774 ménages dans la région métropolitaine de Hamilton 	<ul style="list-style-type: none"> • Modèle logit multinomial (ordonné et non- 	<ul style="list-style-type: none"> • Unité géographique: zone d'analyse du trafic. 	<ul style="list-style-type: none"> • La mixité des usages réduit la probabilité de détenir un

	<p>(2005).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comparaison de quartiers d'une même région. • Revenu, taille et composition du ménage, nombre de conducteurs, statut d'emploi, type d'habitation. 	<p>ordonné) pour expliquer le nombre de véhicules du ménage (0,1,2,3+).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densité résidentielle et d'emploi, indicateur de mixité résidence-emploi, indice d'entropie des usages (commercial, résidentiel, parc) dans un rayon de 500m de la résidence. Nombre d'individus dans le ménage qui travaillent à plus de 6 km. Nombre d'arrêts d'autobus dans un rayon de 500m de la résidence. 	<p>deuxième véhicule. Le nombre d'individus qui travaillent à plus de 6km accroît la probabilité d'avoir plus d'un véhicule. La proximité d'arrêts d'autobus n'a pas d'impact.</p>
<p>Shay et Khattak (2007)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête sur les déplacements dans la région de Charlotte (Caroline du nord) – 2001. 1508 ménages. • Comparaison de quartiers d'une même région. • Taille et composition du ménage, statut d'emploi dans le ménage, nombre de vélos, revenu, type d'habitation, statut de propriété de la résidence. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour chaque variable : régression binomiale négative. • Nombre de véhicules détenus par les ménages. • Nombre de déplacements par jour. • Nombre de déplacements en automobile par jour. • Nombre de déplacements à pied. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unité géographique : le bloc de recensement. • Trois types de mesures sont comparés : a) Densité résidentielle, Distance minimale arrêt d'autobus, Distance min. centre commercial, Distance au centre-ville. b) Typologie des quartiers en 8 catégories (urbain, centre-ville, rural, suburbain ...). c) Cinq facteurs de caractérisation du lieu de résidence obtenus sur base d'une analyse factorielle de 34 indicateurs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le nombre de véhicules dépend surtout des facteurs socio-économiques. Peu d'impacts de la FU ou des TC sauf pour le facteur d'accessibilité qui réduit le nombre d'automobiles. • Fréquence accrue des déplacements pour les ménages situés au centre-ville (+24,4% par rapport à des ménages en milieu rural). La taille du ménage, le nombre d'enfants et le revenu favorisent les déplacements. L'accessibilité favorise aussi les déplacements. • La fréquence des déplacements à pied dépend des caractéristiques piétonnières et de l'accessibilité.
<p>Spissu, Pinjari, Pendyala et Bhat (2009)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête sur les déplacements dans la région de la baie de San Francisco (2000). Véhicules de moins de 5 ans uniquement. • Comparaison de quartiers d'une même région. • Variables socio- 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse conjointe du choix de classes de véhicules et de l'usage. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unité géographique: 1 mille autour du domicile. • Densité de population et d'emploi dans la zone de résidence, mixité des usages. 	<ul style="list-style-type: none"> • La densité de population n'a pas d'effet sur le choix de classe mais réduit l'usage surtout pour les voitures compactes et les VUS. • Réduction de la

	démographiques. Variables composites pour capturer les caractéristiques du véhicule incluant les coûts d'achat et d'opération.		Temps de marche nécessaire pour l'accès au TC et nombre de zone accessible dans les 6 milles par vélo.	<p>probabilité de choisir un VUS ou une mini-van lorsque l'usage industriel et commercial s'accroît autour du domicile.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un doublement du prix de l'essence affecterait davantage le choix de classe que l'usage. • L'impact des variables socio-économiques est conforme aux attentes.
Van et Hedel (2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Panel Allemand sur la mobilité (1996-2003). Sous-échantillons des ménages avec au moins un véhicule (40 522 déplacements dont 28 901 par véhicule). • Comparaison de quartiers d'un même pays. • Age, sexe, éducation, statut d'emploi, distance résidence-travail, composition du ménage, nombre de véhicules, revenu moyen des ménages dans le même code postal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modèle en deux étapes : i) conduite ou non d'un véhicule pour une journée donnée et si oui, ii) distance totale. • Instrumentation des variables de FU pour tenir compte de leur endogénéité. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unité géographique : code postal • Densité des routes, densité commerciale, indice d'entropie comme mesure de diversité (commerces, services, loisirs). • Distance de marche pour l'accès au TC. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'impact de la FU et de l'accès au TC serait plus important une fois l'endogénéité contrôlée. • +10% à la densité commerciale réduit la probabilité d'utiliser son véhicule de 0.5% et la distance conduite par jour de 4.3 km. • Impact plus limité de la densité des routes. • Pas d'effet significatif de la diversité des usages commerciaux. • Un accroissement du revenu diminue la distance conduite.