



ibsa
perspective .brussels 
institut bruxellois de statistique et d'analyse

CAHIER DE L'IBSA n° 9

Quelle est l'influence de l'environnement urbain sur l'équipement automobile en Région bruxelloise ?

Vers une description de l'équipement automobile à l'échelle des quartiers au regard des contextes explicatifs locaux

JANVIER 2023

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Auteur

Thomas ERMANS

Direction scientifique de l'Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (IBSA)

Astrid ROMAIN

Comité scientifique

Xavier DEHAIBE (IBSA), Mattéo GODIN (IBSA), Virginie MAGHE (IBSA), Mathieu STRALE (ULB - IGEAT)

PHOTO DE COUVERTURE

Photo de Remco Mariën sur Unsplash

MISE EN PAGE

Arnaud TIGNOL

TRADUCTION

Traduit du français vers le néerlandais par Production SA

CONTACT

ibsa@perspective.brussels

ÉDITRICE RESPONSABLE

Astrid ROMAIN, Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (IBSA)

Reproduction autorisée moyennant mention de la source

© Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse

CAHIER DE L'IBSA n° 9

Quelle est l'influence de l'environnement urbain sur l'équipement automobile en Région bruxelloise ?

Vers une description de l'équipement automobile à l'échelle des quartiers au
regard des contextes explicatifs locaux

JANVIER 2023

TABLE DES MATIÈRES

L'ENVIRONNEMENT RÉSIDENTIEL, LEVIER POUR L'ACTION PUBLIQUE ET RESSOURCE POUR LES MÉNAGES	7
1 LES INFLUENCES MULTIPLES DE L'ÉQUIPEMENT AUTOMOBILE DES MÉNAGES	10
1.1. Deux dimensions de l'équipement des ménages : les ménages motorisés et les ménages multi-motorisés	12
1.2. L'accessibilité au territoire comme synthèse de l'environnement local	13
1.3. Des déplacements domicile-travail qui contraignent la possession automobile ?	17
1.4. Un facteur pour résumer la dimension socio-économique	18
1.5. Deux facteurs socio-démographiques : la taille des ménages, les couples avec enfant(s), et la part des 65 ans et plus	19
2 RÉSULTATS DES MODÈLES : DES EFFETS GLOBALEMENT CONFORMES À LA THÉORIE	21
2.1. Les indicateurs du contexte résidentiel produisent les effets attendus	24
2.2. Le standing socio-économique est le facteur le plus déterminant des niveaux d'équipement automobile locaux	24
2.3. Un effet « voitures de société » positif, fortement imbriqué dans le facteur « standing socio-économique »	27
2.4. L'accessibilité au lieu de travail est déterminante, la distance non	28
2.5. L'effet de l'environnement résidentiel varie en fonction de la composition socio-économique et socio-démographique des quartiers	28

3	UNE GÉOGRAPHIE DE L'ÉQUIPEMENT AUTOMOBILE CONCENTRIQUE, FRUIT DE CONTEXTES EXPLICATIFS COMPOSITES	32
3.1.	Groupe 1 : quartiers centraux ouest	34
3.2.	Groupe 2 : quartiers centraux est	34
3.3.	Groupe 3 : deuxième couronne ouest	34
3.4.	Groupe 4 : deuxième couronne intermédiaire est	35
3.5.	Groupe 5 : deuxième couronne externe sud-est	35
3.6.	Des dépassements locaux à l'organisation spatiale en groupes	36
4	CONCLUSIONS, DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES	37
	ANNEXES	40
	GLOSSAIRE	47
	ABRÉVIATIONS	47
	BIBLIOGRAPHIE	48
	LISTE DES TABLEAUX	51
	LISTE DES GRAPHIQUES	51

L'ENVIRONNEMENT RÉSIDENTIEL, LEVIER POUR L'ACTION PUBLIQUE ET RESSOURCE POUR LES MÉNAGES

L'accès à l'automobile au sens large est un préalable à son usage au quotidien. La possession d'une voiture en particulier est un facteur qui concourt à un usage plus important de celle-ci (Van Acker et Witlox, 2010 ; De Witte, 2012). La motorisation des ménages renvoie de ce fait à plusieurs problématiques qui animent le débat public de manière récurrente, entre autres :

- › les nuisances environnementales, au sens large, qu'occasionnent la mobilité automobile ;
- › la mobilité des personnes.

Les nuisances associées à la voiture font aujourd'hui l'objet d'un large consensus : pollution atmosphérique et sonore, congestion des voiries, insécurité routière ou encore occupation de l'espace public. Diverses politiques publiques sont mises en place pour en limiter l'impact sur le territoire bruxellois. Certaines ciblent les nuisances elles-mêmes, comme la zone de basses émissions ou le projet Smart Move. D'autres, au travers notamment du plan Good Move, visent plus explicitement à réduire la possession de la voiture individuelle (réduction du stationnement en voirie, développement de l'autopartage).

Par ailleurs, l'équipement automobile constitue également un enjeu pour les ménages et les individus qui les composent. Dans le cadre d'un système de transport et d'aménagement du territoire encore largement pensé pour la voiture personnelle, l'accès à l'automobile demeure un sésame indispensable pour bénéficier pleinement de toutes les ressources des territoires.

Le FOCUS n°32 de l'Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (IBSA) a analysé de manière exploratoire les liens entre les caractéristiques des ménages et leur équipement en voitures personnelles. Le FOCUS n°53 de l'IBSA s'est, quant à lui, penché sur la dimension spatiale de la distribution de l'équipement automobile, dont il fournit une description. Dans ce dernier, il a également été possible de mettre en évidence le lien entre le niveau d'équipement automobile des ménages et plusieurs variables caractéristiques de l'environnement résidentiel local, tel que la densité de ménages ou l'accessibilité au territoire en transport public. Dans ce Cahier de l'IBSA, l'analyse explore de manière plus approfondie les liens causaux entre l'environnement urbain et l'équipement automobile des ménages.

L'accent mis dans ce Cahier sur les effets causaux des caractéristiques de l'environnement urbain se problématise à la fois sous l'angle de levier pour l'action publique, dans le cadre de la transition vers une mobilité bruxelloise moins motorisée, et de ressource pour les ménages pour l'accomplissement de leurs déplacements quotidiens.

Premièrement, les leviers associés aux caractéristiques locales du contexte résidentiel (densité, performances du transport public, stationnement, offre en autopartage, etc.) figurent en effet en bonne place des orientations stratégiques visant à réduire l'usage de l'automobile à Bruxelles. Le Plan Régional de Développement Durable (PRDD) prévoit ainsi de « mobiliser le territoire pour favoriser le déplacement multimodal » (Axe 4). Ce programme se détaille notamment par la mise en œuvre de la « ville des courtes distances » et la liaison du « [...] développement urbain [...] au développement des infrastructures de déplacement » (Be.brussels, pp. 146-147). Le Plan Régional de Mobilité 2020 - 2030 (Good Move) précise les modalités opérationnelles de ces objectifs stratégiques. En particulier la mise en œuvre des fiches D.1. « Articuler les développements urbains et l'offre de mobilité » et D.2. « Renforcer les outils de gestion du stationnement comme levier pour atteindre les objectifs de mobilité » doit concourir à la réduction de la possession automobile. Dans ce cadre, diminuer le niveau de possession automobile des ménages est perçu comme un levier pour réduire l'usage automobile (Be.brussels, 2018 : 146 ; BM, 2021 : 72, 211). En apportant des éléments de réponses aux questions suivantes, ce Cahier vise à informer l'action publique :

- › Comment et dans quelle mesure les caractéristiques de l'environnement urbain influencent-elles le niveau d'équipement automobile local ?
- › Peut-on résumer l'équipement automobile des quartiers en même temps que leurs contextes explicatifs (caractéristiques de l'environnement urbain et de leurs habitants) en quelques groupes typiques ?

Deuxièmement, la densité et la desserte en transports publics constituent pour les ménages autant de ressources pour l'accomplissement des activités quotidiennes, sans voiture. L'accessibilité au territoire apparaît de ce fait particulièrement critique pour les ménages qui ne peuvent pas accéder à la mobilité automobile, notamment pour des raisons financières (Fol et Gallez, 2017). Pour ceux-ci, la proximité permise par l'environnement résidentiel est encore plus valorisée, et recherchée, lorsqu'ils ont des enfants, en particulier par les mères (et les pères) de famille en situation monoparentale (Demoli et Gilow, 2019). Dans ce cadre, ce Cahier cherche à éclairer la question suivante :

- › Comment les contraintes financières et familiales interagissent-elles avec l'accessibilité au territoire pour influencer l'équipement automobile local ?

Ce Cahier aborde ces questions en déroulant la structure suivante.

- › Premièrement, les influences multiples de l'équipement automobile des ménages sont évoquées à la lumière de la littérature concernée. En même temps, les indicateurs qui seront utilisés dans les analyses sont sélectionnés.
- › Deuxièmement, les résultats des analyses sont présentés et interprétés.
- › Troisièmement, une typologie des espaces bruxellois est proposée afin de mettre en évidence les contextes explicatifs caractéristiques de la Région bruxelloise.
- › Enfin, les enseignements de ce Cahier sont repris et mis en perspectives des enjeux et évolutions du contexte bruxellois dans une phase conclusive.

Les analyses réalisées dans ce Cahier visent essentiellement à mettre en évidence les facteurs déterminants de l'équipement automobile en analyse multivariée et appartiennent à la famille des régressions statistiques. Les phénomènes étudiés sont observés à un niveau agrégé, celui des secteurs statistiques (et non au niveau des ménages). Les relations statistiques sont donc évaluées à ce niveau, ce qui situe la démarche dans le cadre des analyses écologiques. Enfin, s'agissant d'un phénomène spatialisé, l'éventuelle présence de structures particulières de dépendance spatiale (autocorrélation ou hétérogénéité spatiales) mérite d'être envisagée et, le cas échéant, prise en compte. L'ensemble des choix méthodologiques est détaillé dans les encadrés qui accompagnent le texte.

1. LES INFLUENCES MULTIPLES DE L'ÉQUIPEMENT AUTOMOBILE DES MÉNAGES

À Bruxelles, les espaces caractérisés par une densité de population et une accessibilité au territoire en transport public élevées sont associés à des niveaux d'équipement automobiles plus faibles en moyenne (Ermans et Henry, 2022 ; Tableau 1). Les caractéristiques socio-économiques et socio-démographiques des ménages influencent cependant également l'équipement en voitures personnelles (Ermans, 2019; Ermans et Henry, 2022). Par ailleurs, ces caractéristiques des ménages sont elles-mêmes corrélées à l'environnement résidentiel (Annexe 12). Par exemple, si l'équipement automobile augmente avec le revenu médian des ménages, ce dernier diminue en moyenne à mesure que la densité de population ou l'accessibilité en transport public augmentent. Afin de démêler l'effet propre aux seules caractéristiques du contexte résidentiel, le passage à une analyse multivariée qui tient compte des différents facteurs simultanément s'impose (Voir Encadré 1).

Dans les sections suivantes, les indicateurs employés dans l'analyse sont présentés en même temps que les hypothèses qui motivent leur inclusion. La cartographie de chaque indicateur est reprise dans les annexes (Annexe 2 à Annexe 9).

TABLEAU 1 :

Coefficients de corrélation (Pearson) entre la motorisation des ménages et divers indicateurs fortement corrélés, données agrégées au niveau des secteurs statistiques sur l'ensemble du territoire bruxellois.

	Densité de ménages	Accessibilité en Transports publics	Revenu médian par déclaration	Part des ménages propriétaires	Taux de chômage	Part des ménages de personnes isolées	Part des couples avec enfants	Taille moyenne des ménages
Part des ménages avec 1 voiture ou plus	-0,57	0,69	0,75	0,81	-0,52	-0,68	0,53	0,40
Part des ménages avec 2 voitures ou plus	-0,59	0,69	0,72	0,75	-0,53	-0,54	0,46	0,33

Sources : Statbel (Datalab – possession de voitures par ménage), Statbel (RN), 2019 ; De Lijn, SNCB, STIB, TEC (GTFS), 2015, calculs BM & IBSA ; Statbel (statistique fiscale des revenus), 2018 ; Statbel (Census), 2017 ; Banque carrefour de la sécurité sociale (Onem, Actiris), 2018, calculs IBSA.

Encadré 1 : Modéliser l'équipement automobile dans le cadre de l'analyse écologique de données spatialisées

La **régression statistique** consiste à modéliser un phénomène qu'on cherche à expliquer (variable à expliquer ou dépendante) à l'aide d'indicateurs divers (variables explicatives). Dans le cas d'espèce, l'objectif est de modéliser l'équipement automobile des ménages, agrégé au niveau des secteurs statistiques, à l'aide d'indicateurs du contexte résidentiel et de la composition tant socio-démographique que socio-économique des secteurs. La prise en compte de plusieurs dimensions explicatives simultanément renvoie à chaque indicateur la part d'explication du phénomène qui lui revient, en tenant compte des autres variables. Dans un tel modèle, le lien statistique entre, par exemple, l'accessibilité au territoire en transport public et la part des ménages avec au moins une voiture s'interprète compte tenu du pouvoir explicatif du niveau de revenus des ménages. C'est le fameux « toute chose étant égale par ailleurs... ».

Dans le cas présent, le fait qu'il s'agisse de données agrégées et spatialisées imposent des considérations méthodologiques particulières ainsi que certaines mises en garde dans l'interprétation des résultats.

Premièrement, la démarche d'analyse relève de **l'étude écologique**. L'analyse est en effet effectuée sur des **indicateurs agrégés au niveau de la population des secteurs statistiques** et non au niveau des ménages. A ce titre, plusieurs précautions s'imposent lors des conclusions :

- › Les **biais d'agrégation** (erreur écologique) sont naturellement possibles : les constats au niveau des secteurs ne sont pas nécessairement transférables au niveau des ménages. La prise en compte de multiples facteurs explicatifs permet cependant de limiter ce type d'erreur.

- › La **variabilité dans la taille des secteurs statistiques** peut éventuellement dégrader la qualité de la représentation des phénomènes continus. Typiquement, l'accessibilité au territoire sera mesurée de manière plus précise sur les unités spatiales plus petites et, au contraire, sera plus grossière dans les secteurs plus étendus.

Pour la mise en œuvre du modèle, les aspects suivants doivent être pris en compte :

- › les **variables à expliquer sont des proportions** (la part des ménages motorisés et la part des ménages multi-motorisés). La modélisation de ce type de variable dépendante nécessite une réflexion sur le choix du modèle (voir Encadré 6).
- › le caractère agrégé des données s'accompagne, dans le cas présent, de variables nombreuses et très corrélées entre elles. Ceci entraîne des problèmes de **multi-colinéarité** ainsi que la nécessité d'une réflexion sur la **sobriété** du modèle (voir Encadré 5).

Deuxièmement, **les indicateurs sont spatialisés** et, tant la part des ménages motorisés que la part des ménages multi-motorisés, présentent une **structure spatiale autocorrélée** : les secteurs avec les niveaux d'équipement les plus élevés (ou les plus bas) tendent à se regrouper spatialement. Même si l'autocorrélation des variables dépendantes s'explique en grande partie par l'autocorrélation des contextes explicatifs (voir 3 Une géographie de l'équipement automobile concentrique, fruit de contextes explicatifs composites), certains résidus de régressions conservent une structure autocorrélée (voir Encadré 7).

1.1. DEUX DIMENSIONS DE L'ÉQUIPEMENT DES MÉNAGES : LES MÉNAGES MOTORISÉS ET LES MÉNAGES MULTI-MOTORISÉS

En accord avec les réflexions développées dans le FOCUS n° 53, en ce qui concerne le territoire bruxellois, le phénomène d'équipement automobile des ménages peut se mesurer de manière satisfaisante à l'aide de deux indicateurs :

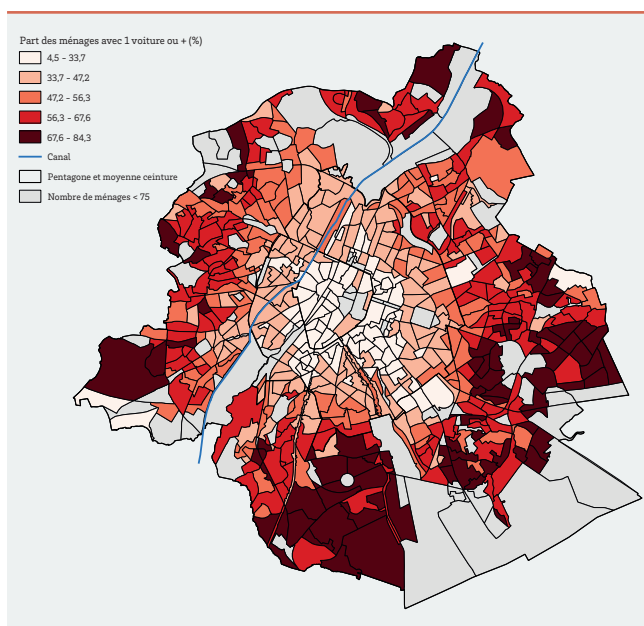
- › la **part des ménages motorisés**, soit la part des ménages qui disposent au moins d'une voiture. Cet indicateur signale essentiellement la capacité des ménages à recourir à la mobilité automobile au quotidien. Pour l'action publique, il s'agit d'un facteur déterminant de la propension des ménages à utiliser la voiture (De Witte, 2012; Van Acker et Witlox, 2010). Cet indicateur est le complément parfait de la **part des ménages sans voiture**, qui mesure la **non-motorisation** : qu'elle soit choisie ou subie, celle-ci est indicative d'espaces où la vie s'organise sans voiture pour de nombreux ménages. Les ménages peuvent naturellement aussi accéder à la mobilité automobile sans passer par la possession, notamment via le covoiturage ou l'autopartage. Ces pratiques s'assortissent cependant de contraintes propres et sont associées à un usage automobile moindre.

- › la **part des ménages multi-motorisés**, soit la part des ménages qui disposent au moins de deux voitures. Relativement à la périphérie bruxelloise, la multi-motorisation est assez marginale à Bruxelles et les espaces où elle est importante témoignent de situations de motorisation très prononcées.

Les données à disposition sur l'équipement automobile intègrent les voitures mises à disposition des travailleurs et travailleuses dans le cadre du système des voitures de société (voir glossaire) (Ermans et Henry, 2022). L'effet de la **part des ménages qui disposent d'une voiture de société** sur l'équipement automobile local peut donc également être envisagé.

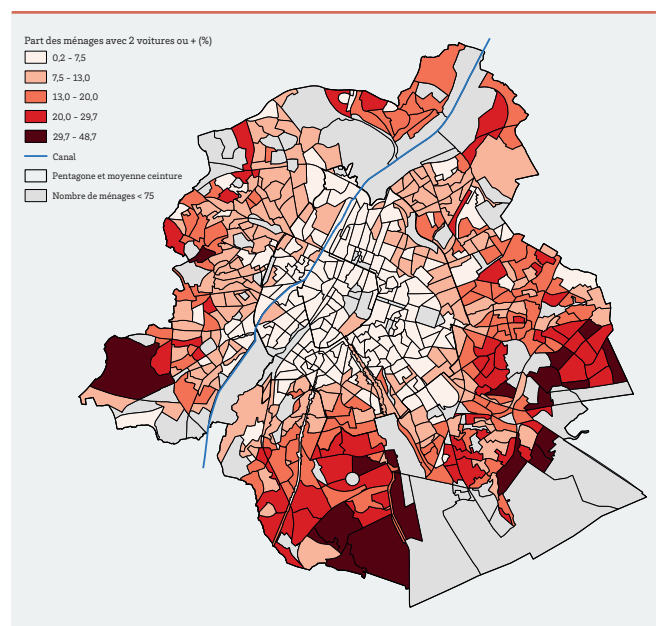
La cartographie des indicateurs de l'équipement automobile des ménages est présentée ci-dessous (Figure 1 et Figure 2). Pour une description de la distribution spatiale de ces indicateurs, les lectrices et lecteurs peuvent se référer au FOCUS de l'IBSA n°53.

FIGURE 1 :
Part des ménages avec 1 voiture ou plus.



Source : Statbel (Datalab – possession de voitures par ménage), 2019, calculs IBSA.

FIGURE 2 :
Part des ménages avec 2 voitures ou plus.



Source : Statbel (Datalab – possession de voitures par ménage), 2019, calculs IBSA.

1.2. L'ACCESSIBILITÉ AU TERRITOIRE COMME SYNTHÈSE DE L'ENVIRONNEMENT LOCAL

L'idée que le contexte résidentiel exerce une influence sur l'usage de la voiture en général (Boussauw et Witlox, 2011 ; Van Acker et Witlox, 2010) et l'équipement en voitures en particulier (Potoglou et Kanaroglou, 2008 ; Van Acker et Witlox, 2010 ; Van Acker *et al.*, 2014 ; Cao *et al.*, 2019) est largement documentée. La nature causale plurielle de cette influence demeure cependant un sujet de discussion largement ouvert. De nombreuses caractéristiques objectivables des territoires sont ainsi mobilisées pour expliquer les niveaux de motorisation des ménages :

- la densité de population (Oakil *et al.*, 2016 ; Anastasopoulos, 2012 ; Klincevicus, 2014), la densité d'emplois (Cao *et al.*, 2019), la densité de surfaces urbanisées (Van Acker et Witlox, 2010 ; Van Acker *et al.*, 2014) ;
- la part des ménages qui vivent en logement unifamilial (Potoglou et Kanaroglou, 2008 ; Mulalic et Rowendael, 2020 ; Madré *et al.*, 1988) ;
- la distance au centre-ville ou au *Central Business District* (Cao *et al.*, 2019 ; Van Acker et Witlox, 2010 ; Van Acker *et al.*, 2014 ; Klincevicus, 2014) ou à des polarités secondaires (Cao *et al.*, 2019) ;
- La diversité fonctionnelle du lieu de résidence (Van Acker et Witlox, 2010 ; Van Acker *et al.*, 2014 ; Cao *et al.*, 2019) ;
- La distance à l'arrêt de transport public (bus, métro ou train) le plus proche (Klincevicus, 2014 ; Van Acker et Witlox, 2010 ; Van Acker *et al.*, 2014 ; Madré *et al.*, 1988)
- L'accessibilité aux lieux d'activité professionnelle en transport public (Mulalic et Rowendael, 2020) ;
- L'accessibilité au territoire en voiture (Van Acker et Witlox, 2010 ; Van Acker *et al.*, 2014).

Même s'ils varient d'une étude à l'autre, les résultats empiriques valident globalement les effets théoriquement attendus : les ménages sont moins équipés dans les territoires denses, multifonctionnels, proches du centre-ville et bien desservis par les réseaux de transport public. Et inversement.

De manière (très) synthétique, ces résultats renvoient à l'effet de **l'accessibilité au territoire depuis le lieu de résidence**. Plus l'accessibilité (sans voiture) est bonne, moins il est nécessaire de disposer d'une voiture pour réaliser son calendrier d'activités quotidien.

Si l'accessibilité (au territoire) est une notion vaste et multi-forme, elle doit être entendue ici comme les potentialités d'accès aux ressources du territoire pour les ménages (Richer et Palmier, 2011 ; Fol et Gallez, 2017). Selon Handy et Niemeier (1997 :1175), cette accessibilité comprend « [...] le *potentiel*

d'interaction, tant social qu'économique, la possibilité de se rendre de chez soi à une multitude de destinations offrant un éventail de possibilités de travail et de loisirs. » L'accessibilité est ainsi déterminée aussi bien par l'aménagement du territoire que par le système de transport. La localisation, la quantité et la nature des ressources importent tout autant que le système de transport qui permet de se déplacer avec plus ou moins de facilité sur le territoire.

De manière plus approfondie, l'accessibilité au territoire se décline également selon les activités à destination : les achats fréquents (les courses alimentaires par exemple) s'effectuent dans une relative proximité au domicile alors que l'achat de biens semi-courants (des vêtements par exemple) générera des déplacements plus éloignés en moyenne (hub.brussels, 2019). De même se rendre sur son lieu d'étude, à partir du secondaire ou dans l'enseignement spécialisé, rendre visite à la famille ou à des amis, faire du sport, exercer une activité professionnelle, etc. constituent des activités qui dépassent en général largement l'environnement résidentiel proche. Ceci invite à considérer l'accessibilité au territoire à différentes échelles, en distinguant au moins l'accessibilité locale et l'accessibilité « métropolitaine » (Cao *et al.*, 2019 :465) ou « régionale » (Van Acker *et al.*, 2014 ; Van Eenoo *et al.*, 2022). Les indicateurs retenus pour évaluer l'accessibilité locale au territoire sans voiture sont les suivants :

- **La densité de ménages** (nombre de ménages/ha) (Annexe 1 et Annexe 2) reflète en grande partie la densité locale d'équipement en services de base (commerces alimentaires et de proximité, services administratifs locaux, etc.). Plus généralement, les espaces densément peuplés accueillent en moyenne une plus grande mixité de fonctions urbaines. Dans les quartiers denses, la marche, les modes actifs de manière générale, constituent ainsi une alternative très crédible à la voiture pour de nombreux déplacements. De fait, en-dessous de 2 km, la marche représente le mode dominant pour les déplacements liés à Bruxelles. Et elle est utilisée fréquemment jusque 3 km (Lebrun *et al.*, 2013 : 62).
- **L'accessibilité aux commerces de base** (distance moyenne aux commerces de base) (Annexe 1 et Annexe 3) : l'indicateur représente la distance moyenne entre chaque point d'adresse et les commerces les plus proches qui vendent les biens de base suivants : pain, viande, alimentation générale et pharmacie.

Si les deux indicateurs présentent une distribution spatiale assez similaire dans l'ensemble (coefficient de corrélation= 0,61), certains cas limites peuvent être mis en évidence lorsqu'ils sont croisés. Plusieurs secteurs sont ainsi très densément peuplés avec un accès très limité aux commerces de base. C'est le cas par exemple des secteurs de logement sociaux « Villas » à Ganshoren ou « Goujon » à Anderlecht. A l'inverse, plusieurs lieux centraux de seconde couronne se distinguent par un niveau d'accès aux commerces de base très élevé, malgré une densité de ménages faible (secteur « Saint-Denis » à Forest, secteurs « Centre » à Berchem-Sainte-Agathe, Watermael, Boitsfort, Woluwe-Saint-Lambert, etc.).

L'**accessibilité régionale au territoire** sans voiture est évaluée à l'aide d'un indicateur qui utilise le temps de parcours en **transport public** pour mesurer l'éloignement aux destinations potentielles. Cela se justifie dans la mesure où les transports publics constituent l'alternative de transport principale à la voiture au-delà de 2 km (Lebrun *et al.*, 2013 : 63). Les destinations potentielles sont pondérées par le **volume de population**, qui reflète de manière grossière le volume d'opportunités à destination. L'indicateur est calibré pour représenter la facilité à se déplacer sur un territoire offrant des opportunités comparables à celles de la Région de Bruxelles-Capitale. En raison de la géographie globalement concentrique de la population à Bruxelles, cet indicateur est fortement corrélé à la distance au centre-ville. L'offre pertinente localisée en-dehors de la Région est cependant bien prise en compte (Encadré 2 et Figure 3).

Encadré 2 : L'accessibilité « régionale » au territoire en transport public : temps moyen pour atteindre le million de personnes les plus proches

L'accessibilité au territoire en transport public reflète la facilité à accéder aux ressources du territoire depuis le lieu de domicile en utilisant le transport public. Cette définition intègre implicitement deux composantes :

- › Les performances du transport public : plus les **temps de parcours** sont faibles, plus le territoire est accessible en transport public. Les temps de parcours sont modélisés par Bruxelles Mobilité (BM) sur l'ensemble du territoire belge en heure de pointe, compte tenu de tous les opérateurs publics (STIB, De Lijn, TEC, SNCB).
- › La distribution des **destinations potentielles** (emplois, aménités urbaines, population, etc.) : plus les destinations proches sont densément fournies, plus l'accessibilité au territoire est bonne. Pour des raisons de simplicité d'interprétation et de disponibilité des données, les ressources disponibles à une destination potentielle sont approximées par le **volume de population**¹.

La **méthode** suivie pour construire l'indicateur est la suivante : pour chaque secteur statistique bruxellois, les destinations potentielles dans toute la Belgique sont classées par ordre croissant de temps de parcours en transport public (de la plus « proche » à la plus « lointaine »). La population résidant dans chacune des destinations potentielles est additionnée de manière cumulative jusqu'à atteindre 1 million. L'indicateur final correspond au temps de parcours moyen depuis le lieu de résidence vers l'ensemble des destinations successivement les plus « proches » qu'il a fallu combiner pour atteindre 1 million de personnes. Plus ce temps est court, plus l'accessibilité au territoire est bonne, et inversement.

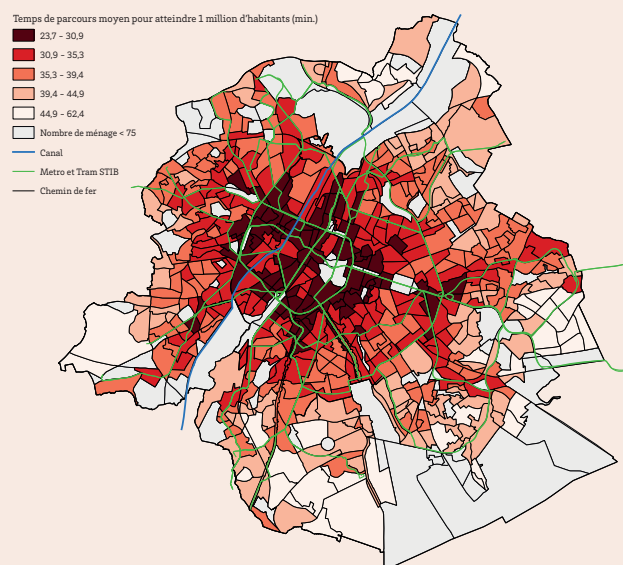
Si l'accessibilité au territoire représente une ressource pour se déplacer sans voiture dans les territoires urbains, la possession d'une voiture dans les espaces denses s'assortit de contraintes importantes. Parmi celles-ci : la disponibilité en places de stationnement, le coût du stationnement public comme privé, la congestion des voiries, le risque d'amende et d'enlèvement de véhicule ou encore les primes d'assurance élevées.

La **densité de ménages**, déjà citée, exprime donc également, en partie, la variabilité territoriale associée aux contraintes de possession d'un véhicule. Pour compléter et préciser cette dimension dans l'analyse, deux variables relatives à l'offre de stationnement sont introduites :

- › Le **nombre de places de stationnement en voirie rapporté au nombre de ménages**, qui exprime simplement la facilité à stationner un véhicule à proximité du domicile (Annexe 1 et Annexe 4).

L'accessibilité depuis chaque secteur est donc évaluée en tenant compte à chaque fois d'un territoire qui varie en fonction de la distribution de la population relativement au secteur considéré. En fixant la population à atteindre à 1 million de personnes, la procédure assure une homogénéité d'échelle au niveau des opportunités (population) à atteindre. On parlera ici d'accessibilité « régionale » dans la mesure où le volume de population considéré est d'un ordre de grandeur comparable à la population totale de la Région bruxelloise.

FIGURE 3 :
Accessibilité au territoire « régional » en transport public.



Sources : De Lijn, SNCB, STIB, TEC (GTFS), 2015, calculs BM & IBSA ; Statbel (RN), 2019, calculs IBSA.

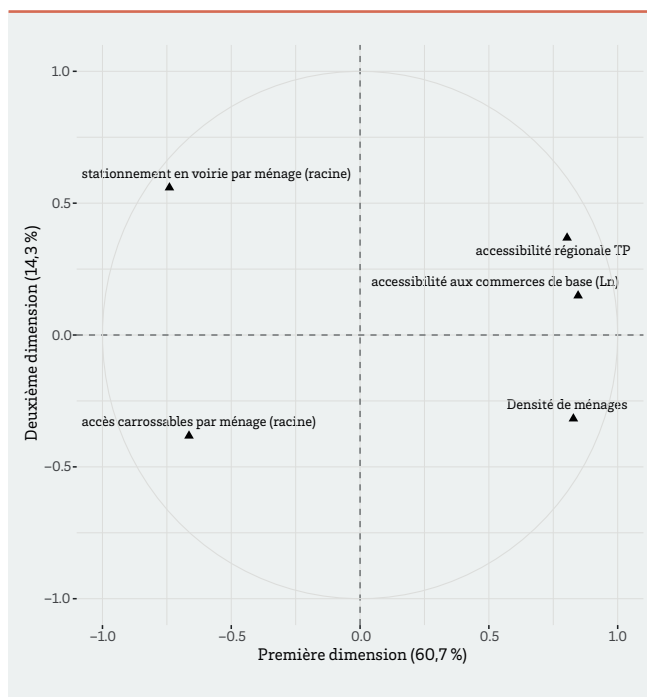
1 L'hypothèse, réductrice, selon laquelle la densité de population reflète la densité des activités humaines (Poelman, 2020) est jugée acceptable dans le cadre de cet exercice.

► Le **nombre d'entrées carrossables par ménage**¹ (Annexe 1 et Annexe 5). Cet indicateur reflète, de manière un peu grossière, les disponibilités de stationnement hors voirie. Il sous-estime nettement les capacités de stationnement dans les espaces où le logement en appartement domine et s'approche de la disponibilité réelle dans les espaces où l'habitat unifamilial est prépondérant. De ce point de vue, il signale également les espaces où l'accès au stationnement privé est généralement moins conditionné à l'achat ou la location d'une place de parking.

Une analyse en composante principale (ACP) (voir Encadré 5) a permis d'extraire **une seule dimension synthétique** des variables qui caractérisent le contexte résidentiel et son accessibilité au territoire (Figure 4 et Annexe 6). Elle oppose les espaces avec une densité de ménages, une accessibilité régionale en transports publics et une accessibilité aux commerces de base élevées aux espaces avec une disponibilité en parking en voirie et en accès carrossables élevée. Cette dimension exprime donc bien l'opposition évoquée entre facilités à réaliser ses déplacements sans voiture et contraintes liées à la possession d'un véhicule.

FIGURE 4 :

Projection des variables liées à l'environnement urbain sur les deux premiers facteurs extraits par analyse en composante principale.



¹ La base de données relative au stationnement hors voirie établie en 2014 à l'aide de données administratives a également été considérée (Sareco et Stratec, 2014). Pour ce qui relève du stationnement résidentiel, ce sont essentiellement les données du cadastre de 2012, croisées le cas échéant avec les données des permis d'environnement, qui constituent les fondations du travail documentaire. Il a été décidé de ne pas en tenir compte pour ce Cahier de l'IBSA. Le prestataire alerte en effet sur le niveau d'imprécision local, qui apparaît considérable au regard des relevés de terrain effectués pour validation. En particulier, dans les espaces pavillonnaires, l'offre effective serait trois fois supérieure à l'offre déclarée.

Les qualités objectives du territoire évoquées jusqu'ici n'expliquent pas à elles seules l'effet attendu du contexte résidentiel. Les représentations sociales et les compétences individuelles associées à la mobilité façonnent la perception de celles-ci et leur traduction éventuelle en pratiques de mobilité (Belton-Chevalier *et al.*, 2019). De même, le recours à des mobilités alternatives à l'automobile s'inscrit également dans les préférences et parcours résidentiels. La préférence résidentielle aux espaces denses peut ainsi être guidée par une non-motorisation contrainte (Demoli et Gilow, 2019) ou souhaitée (Van Acker *et al.*, 2014). Inversement, les espaces peu denses peuvent être préférés par les ménages qui valorisent la mobilité automobile.

Pour mesurer l'effet des accessibilités au territoire sans voiture, faut-il dès lors en dissocier la part d'explication qui reviendrait aux caractéristiques objectives (répartition des destinations potentielles, performances du transport public, qualité des cheminements pour les modes actifs, etc.) de celle attribuable aux perceptions et représentations sociales qui leur sont associées ? Dans ce *Cahier*, on part du principe que l'un ne va pas sans l'autre. Les chutes de fréquentation des transports publics à moyen terme suite à la crise Covid ont suffisamment montré que les qualités objectives de l'offre ne peuvent rien sans un contexte social qui les valorise à minima. Si les perceptions associées aux mobilités sans voiture s'améliorent, à offre équivalente, l'effet lié à l'environnement résidentiel augmentera, et inversement.

En ce qui concerne la problématique de l'auto-sélection résidentielle (voir Encadré 3), on estimera, comme Naess (2014), qu'il s'agit d'une manifestation du lien causal entre contexte résidentiel et pratiques de mobilité : quand ils le peuvent, les ménages se déplacent dans les espaces qui permettent de concrétiser leurs attentes en matière de modes de vie. A ce titre, l'évolution des référentiels résidentiels participe à l'évolution de l'effet propre à l'environnement urbain.

Par ailleurs, il est intéressant de noter que les représentations sociales, les préférences résidentielles et les compétences de mobilité sont elles-mêmes en partie façonnées par les caractéristiques des contextes résidentiels. Celles-ci résultent en effet de processus de socialisation aux mobilités qui opèrent tout au long de la vie des personnes (Belton-Chevalier *et al.*, 2019 ; Demoli, 2017 ; Cailly *et al.*, 2020). Parmi ces processus, l'expérience des ressources et des contraintes des territoires exerce une action certaine : grandir dans un contexte urbain marchable ou vivre dans un espace périurbain mal desservi par les transports public prédispose différemment les individus à la mobilité (sans) automobile (Licaj *et al.*, 2012 ; Cacciari et Belton-Chevalier, 2020 ; Cailly *et al.*, 2020). De ce point de vue, en contribuant à construire les préférences et attitudes individuelles sur le temps long des biographies, l'environnement résidentiel produit également un effet indirect sur les niveaux d'équipement automobile.

Encadré 3 : L'auto-sélection résidentielle : une problématique à prendre en compte ?

Plusieurs auteurs et autrices estiment que le lien entre le contexte résidentiel et l'équipement automobile et, plus largement les pratiques de mobilités, s'explique de manière significative par les préférences des ménages en matière de mobilité, qui s'expriment dans les choix résidentiels (Van Acker *et al.*, 2014). Le raisonnement est le suivant : les ménages qui aiment la voiture élisent domicile dans les espaces moins denses, tandis que, au contraire, les ménages qui préfèrent les modes de déplacement alternatifs choisissent les espaces plus centraux. En choisissant les espaces qui permettent de concrétiser leurs désirs de mobilités, les ménages amplifieraient artificiellement l'intensité de la relation entre l'environnement résidentiel et l'équipement automobile. Afin de contourner cet écueil méthodologique, il conviendrait d'introduire dans la modélisation les préférences des ménages par rapport à la possession automobile et aux pratiques quotidiennes en matière de mobilité.

Selon Naess (2014), l'importance de l'auto-sélection résidentielle est exagérée pour les raisons suivantes :

- › Les principes causaux qui détaillent l'influence du contexte résidentiel sur les pratiques de mobilité sont documentés théoriquement et empiriquement et existent même en présence d'auto-sélection résidentielle.
- › L'auto-sélection résidentielle est elle-même une manifestation du lien causal entre contexte résidentiel et pratiques de mobilité : les ménages se déplacent dans des espaces qui permettent de concrétiser leurs désirs de mobilité.
- › Les pratiques de déplacements sont loin de constituer le critère de sélection principal dans les choix résidentiels. Le critère d'accès financier au logement est par exemple bien plus important. Beaucoup de ménages résident par ailleurs en définitive dans des espaces résidentiels qui ne correspondent que peu à leurs désirs initiaux.
- › Les principales caractéristiques socio-démographiques et -économiques des ménages constituent d'excellents proxys des préférences en matière de mobilité. Leur prise en compte dans l'analyse suffit pour tenir compte de l'essentiel des préférences résidentielles.
- › Enfin, la quantification exacte des effets spatiaux est de toute manière pratiquement impossible, pour des raisons de temporalité des données et de finesse des indicateurs. Les ordres de grandeur suffisent à guider l'action publique à un niveau stratégique.

1.3. DES DÉPLACEMENTS DOMICILE-TRAVAIL QUI CONTRAIGNENT LA POSSESSION AUTOMOBILE ?

Dans la mesure où les mobilités domicile-travail permettent d'accéder à un revenu, les circonstances particulières des déplacements domicile-travail sont fréquemment citées comme motif d'équipement automobile. L'influence de la

longueur des déplacements domicile-travail (Potoglou et Kanaroglou, 2008) ou l'accessibilité du lieu de travail tend à favoriser la possession d'un véhicule (Mulalic et Rowendael, 2020). De ce fait, les deux indicateurs suivants sont ajoutés à l'analyse pour compléter les indicateurs généraux d'accessibilité au territoire par deux mesures des contraintes associées aux déplacements domicile-travail :

- › **La distance domicile-travail moyenne** (Annexe 1 : Indicateurs repris dans l'analyse des niveaux d'équipement automobile des ménages par secteur statistique)
- › **L'accessibilité moyenne au lieu de travail en transport public** (Annexe 1 ; Encadré 4)

Encadré 4 : Comment mesurer l'accessibilité des lieux de travail en transport public depuis la Région bruxelloise ?

Afin d'évaluer l'accessibilité en transport public des lieux de travail des Bruxellois et Bruxelloises, l'ensemble des temps de parcours en transport public depuis chaque secteur de la Région bruxelloise vers l'ensemble des lieux de travail potentiels en Belgique sont considérés. Pour chaque destination potentielle, la moyenne des temps de parcours en transport public depuis l'ensemble des secteurs statistiques bruxellois est calculée.

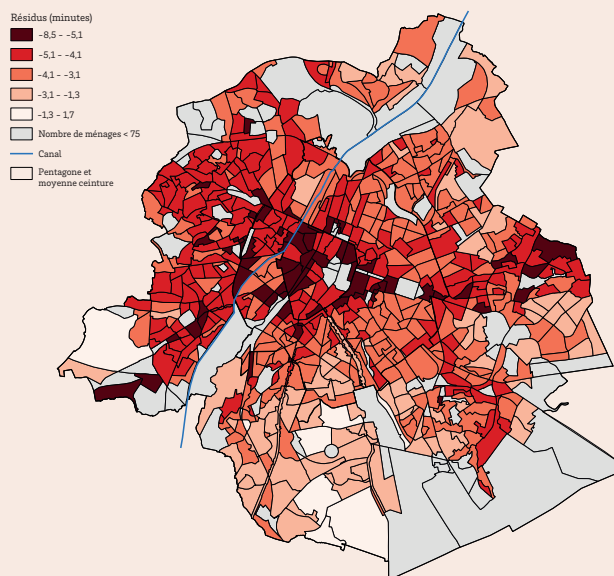
On peut estimer que ces temps de parcours moyens reflètent à la fois l'éloignement du lieu de travail considéré et les performances des transports publics vers chaque destination particulière. Si la distance domicile-travail est facilement calculée à partir des données du Censur, il faut mettre en œuvre une procédure particulière pour mettre en évidence la part des temps de parcours attribuable aux performances des transports publics.

Pour ce faire, à l'instar de la méthode mise en œuvre par Strale (2019), les temps de parcours moyens en transport public sont modélisés à l'aide d'une régression linéaire (moindres carrés ordinaires (MCO)) faisant intervenir la distance moyenne en tant que variable explicative¹. Les résidus de régression (temps de parcours réels – temps de parcours prédits par le modèle) obtenus de cette manière peuvent s'interpréter comme la qualité de la desserte en transport public vers chaque lieu de travail (depuis Bruxelles), compte tenu de la distance.

- › Les **résidus positifs** correspondent à des destinations où le temps de parcours en transport public est supérieur à ce qui est attendu compte tenu de la distance : leur **accessibilité** en transport public depuis le territoire bruxellois **est mauvaise**.
- › Les **résidus négatifs** correspondent à des destinations où le temps de parcours en transport public est inférieur à ce qui est attendu compte tenu de la distance : leur **accessibilité** en transport public depuis le territoire bruxellois **est bonne**.

L'indicateur retenu pour les analyses consiste en une moyenne, calculée au niveau du secteur de domicile, sur les résidus de régressions associés à l'ensemble des couples domicile-travail depuis ce lieu de domicile. La moyenne est pondérée par le nombre de travailleurs concernés par chaque combinaison domicile-travail (Figure 5). Dans les analyses, l'indicateur ainsi obtenu est inversé afin de faire correspondre les valeurs élevées avec des situations de bonne accessibilité et les valeurs faibles avec des situations de mauvaise accessibilité des lieux de travail en transport public.

FIGURE 5 :
Accessibilité moyenne du lieu de travail en transport public (les valeurs faibles indiquent une bonne accessibilité, les valeurs élevées une moins bonne accessibilité).



Sources : De Lijn, SNCB, STIB, TEC (GTFS), 2015, calculs BM & IBSA ; Statbel (Census), 2011, calculs IBSA.

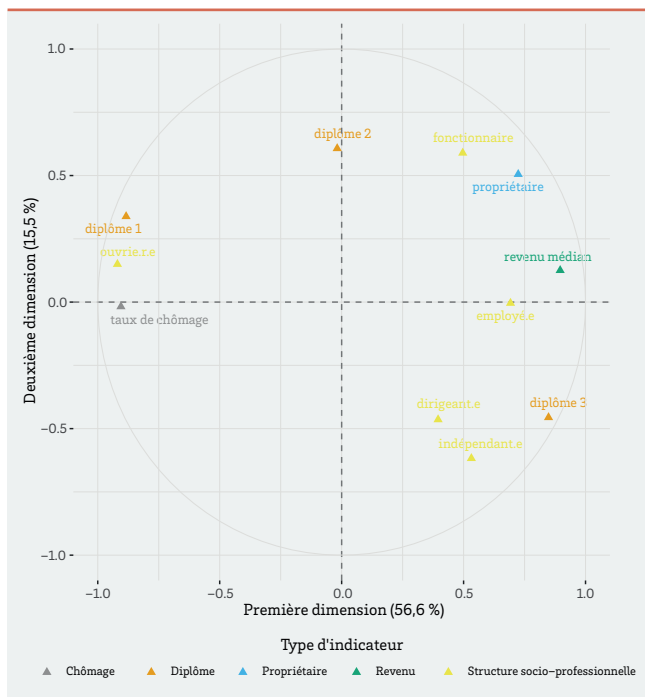
¹ La distance domicile-travail moyenne est préalablement transformée en lui appliquant une fonction logarithmique (base e). Ceci permet de linéariser la relation avec le temps de parcours moyen.

1.4. UN FACTEUR POUR RÉSUMER LA DIMENSION SOCIO-ÉCONOMIQUE

A l'aide d'une analyse factorielle multiple (AFM) (voir Encadré 5), les caractéristiques de la structure socio-économique des secteurs statistiques peuvent être projetées sur un axe capturant la majeure partie de la variabilité (57%) liée à cette dimension (Figure 6). Cet axe est très positivement corrélé au revenu médian (0,90) et à la part de diplômés du supérieur (0,85). Inversement, il est très négativement corrélé avec la part d'ouvriers (-0,92), le taux de chômage (-0,90) et la part des personnes diplômées au mieux de l'enseignement secondaire inférieur (-0,88). On peut de ce fait interpréter cet axe comme un indicateur du **niveau de standing socio-économique** des secteurs statistiques.

FIGURE 6 :

Projection des variables liées au standing socio-économique sur les deux premiers facteurs extraits par AFM.



Le **revenu** constitue une dimension primordiale du niveau de motorisation des ménages : l'équipement automobile des ménages augmente avec le revenu (Ermans, 2019 ; Laine et Van Steenberg, 2016). Ce lien entre revenus et motorisation exprime la capacité des ménages à se motoriser en accord avec leurs désirs et selon les contraintes de mobilité quotidienne qu'ils perçoivent. Les représentations sociales jouent un rôle influent sur les désirs de motorisation. En particulier, la possibilité de se distinguer socialement au travers de la voiture augmente avec le niveau de revenus (Demoli, 2015). Si l'enjeu symbolique attaché à la seule propriété est en recul suite à la banalisation de l'automobile dans la deuxième moitié du 20e siècle (Coulangeon et Petev, 2012 ; Demoli, 2015), cette dimension demeure importante. C'est certainement le cas en ville, où disposer d'un véhicule dans les espaces les

plus denses est relativement contraignant et coûteux (Cacciari et Belton-Chevalier, 2020). Par ailleurs, le passage du permis de conduire est un processus sélectif : être issu d'une famille aisée renforce l'accès au permis de conduire et à la conduite automobile parmi les jeunes adultes (Licaj et al., 2012). En Belgique, le système des voitures de société, qui bénéficie aux ménages les plus aisés, renforce le lien entre revenus et équipement automobile (Laine et Van Steenberg, 2016 ; May et al., 2019).

Encadré 5 : Des analyses factorielles pour synthétiser les variables très corrélées et résoudre les problèmes de multi-colinéarité

De nombreuses **variables** socio-économiques et socio-démographiques sont **très fortement liées entre elles** (par exemple le revenu médian et le taux de chômage ou la taille des ménages et la part de couples avec enfant(s)). Le **caractère agrégé des données** renforce par ailleurs l'intensité de ces relations statistiques (par rapport à des données qui seraient désagrégées). En effet, l'hétérogénéité globale est fortement réduite par rapport à des données au niveau des ménages et les corrélations sont plus fortes en moyenne (Potoglou et Kanaroglou ; Klinevicius et al., 2014). Par ailleurs, toujours en raison de l'agrégation des données, certaines variables discrètes au niveau des ménages se retrouvent multipliées par leur nombre de modalités au niveau des secteurs. C'est le cas par exemple du type de ménage. Au niveau individuel, il s'agit d'une seule variable, qui peut prendre les modalités suivantes : « isolé », « monoparental », « couple sans enfant », « couple avec enfant(s) » ou « autre ». Au niveau des secteurs statistiques, chaque modalité devient une variable : part des ménages isolés, part des ménages monoparentaux, etc.

Ces caractéristiques posent problème à deux titres. Premièrement, la **multiplication de variables dans un modèle est peu efficace en matière de gestion de l'information** à disposition. Idéalement, tout en demeurant le plus informatif possible, le modèle est également le plus sobre possible. Deuxièmement, la forte corrélation entre les variables rend instable l'estimation de l'effet des variables prédictives. On parle ici de problèmes de **multi-colinéarité**. Pour dépasser cet écueil, il est courant de ne sélectionner que certaines variables, dont l'effet est réputé capter également celui des variables colinéaires écartées. Dans le cadre de cette analyse, nous faisons usage d'analyse factorielles afin d'extraire des corrélations multiples entre variables quelques facteurs qui résument l'information. Les méthodes utilisées sont l'**analyse factorielle multiple (AFM)** et l'**analyse en composantes principales (ACP)** (Escofier et Pagès, 2008).

Dans le cadre de la modélisation de l'équipement automobile des ménages, on peut distinguer les variables selon deux grandes familles causales d'indicateurs liés aux caractéristiques des ménages. Premièrement les **variables socio-démographiques** et, deuxièmement, les **variables socio-économiques**. Chacun de ces groupes fait donc l'objet d'une analyse séparée, en l'occurrence une AFM. Pour

les variables socio-démographiques (Figure 7), l'AFM permet d'équilibrer l'influence des groupes de variables suivants : structure d'âge (8 variables), type de ménages (4 variables), taille des ménages (1 variable). Pour les variables socio-économiques (Figure 6), l'AFM permet d'équilibrer l'influence des groupes de variables suivants : statut socio-professionnel (5 variables), diplôme (3 variables), taux de chômage (1 variable), part des ménages propriétaires (1 variable), revenu imposable médian (1 variable).

Pour les variables associées au **contexte résidentiel**, une ACP a été appliquée car les indicateurs ne sont pas structurés en groupes.

L'identification de la **nature causale des facteurs** dépend fortement de l'interprétabilité de ceux-ci. C'est leur gros désavantage par rapport à des indicateurs plus directement liés aux phénomènes qu'ils visent à mesurer. Nous restreignons de ce fait l'inclusion dans le modèle aux seuls facteurs qui s'interprètent de manière claire en vertu de corrélations très importantes avec une ou plusieurs variables. Par ailleurs, la pertinence des facteurs par rapport à la littérature est également évaluée.

1.5. DEUX FACTEURS SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES : LA TAILLE DES MÉNAGES, LES COUPLES AVEC ENFANT(S), ET LA PART DES 65 ANS ET PLUS

Le recours à l'AFM (Figure 7, Encadré 5) fait ressortir deux dimensions synthétiques de la composition socio-démographiques des secteurs statistiques.

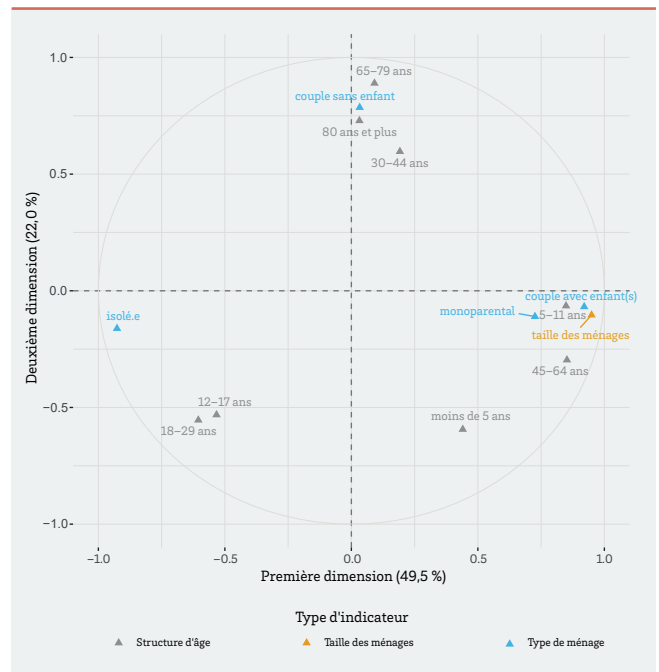
La **première dimension** s'interprète comme la **taille des ménages** (+0,95) ou la **part des couples avec un ou plusieurs enfant(s)** (+0,92). Elle est par ailleurs très négativement liée à la **part des ménages isolés** (-0,92). L'équipement automobile des ménages tend à augmenter avec leur taille (Ermans, 2019), ce qui traduit de façon mécanique la croissance des besoins de déplacement. En particulier, l'élargissement des ménages par les **naissances** met sous tension les routines quotidiennes de déplacement et donne souvent lieu à une augmentation de l'équipement automobile des ménages (Potoglou et Kanaroglou, 2008 ; Van Acker et Witlox, 2010 ; Clark *et al.*, 2016a ; 2016b ; Oakil *et al.*, 2016b). Les mobilités associées à la parentalité composent en partie le travail domestique mobile, largement pris en charge par les femmes (Coutras, 1997). Il s'agit de mobilités particulières, caractérisées à la fois par un nombre élevé de déplacements et des chaînes de déplacements relativement complexes, qui s'accompagnent bien souvent d'une préférence pour le mode automobile (Zwerts *et al.*, 2007 ; Demoli et Gilow, 2019).

La part d'isolés, quant à elle, signale très souvent une proportion de jeunes adultes (18-29 ans) et d'étudiants importante. Ceux-ci sont au contraire associés à des niveaux d'équipement automobile très faibles (Ermans, 2019), notamment en raison de leurs revenus, de leurs localisations résidentielles et de leurs modes de vie (Oakil *et al.*, 2016a). Par ailleurs, il est possible que certains éléments produisent un recul générationnel de motorisation chez les jeunes, en particulier dans les espaces denses : retardement de l'entrée sur le marché de l'emploi, coût du logement important, mise en couple plus tardive (Demoli, 2017a). À Bruxelles, le recul de l'âge au passage du permis de conduire tend à accréditer l'idée d'un recul générationnel de la pratique automobile parmi les jeunes adultes (IBSA, 2016).

La **seconde dimension** est indicatrice des secteurs statistiques constitués en grande partie de **ménages composés de personnes de 65 à 79 ans** (+0,89) et de **ménages en couple** (+0,79). Ces caractéristiques sont associées à des niveaux d'équipement automobile (très) importants à Bruxelles (Ermans, 2019). Le niveau de motorisation élevé des 65 – 79 ans est paradoxal dans une perspective cycle de vie : la réduction de l'activité professionnelle suite au passage à la retraite et les difficultés et appréhensions croissantes face à la conduite avec l'avancée en âge sont généralement associés à un équipement en recul (Torres et Gauthier, 2005 ; Demoli, 2017b). Dans une perspective générationnelle, les cohortes nées avant 1955 ont connu une socialisation précoce à l'automobile dans un contexte marqué par la démocratisation des coûts de la voiture et un accès relativement aisé à la propriété résidentielle (Demoli et Lannoy, 2019). Ceci pourrait expliquer la persistance d'une préférence automobile marquée parmi ce groupe d'âge, qui serait perceptible en tant que relation statistique. Par ailleurs, dans la mesure où les revenus et le diplôme constituent des indices socio-économiques moins fiables pour les personnes retraitées, il est vraisemblable qu'une partie du standing socio-économique des plus de 65 ans ne soit pas repris par l'indicateur de standing socio-économique présenté plus haut.

FIGURE 7 :

Projection des variables liées au contexte socio-démographique sur les deux premiers facteurs extraits par AFM.



2. RÉSULTATS DES MODÈLES : DES EFFETS GLOBALEMENT CONFORMES À LA THÉORIE

La démarche de modélisation, à la fois de la proportion des ménages motorisés et des ménages multi-motorisés, est exposée dans cette section de manière progressive, au fil des ajouts de variables dans les modèles (Tableau 2). Le processus va donc du plus simple au plus complexe. Les premiers modèles reprennent ainsi exclusivement les variables associées à l'environnement urbain (densité de ménages, distance moyenne aux commerces de base, accessibilité « régionale » en transport public, nombre d'entrées carrossables par ménage, nombre de places de stationnement en voirie par ménage) (modèles 1 et 5). Les facteurs représentant la composition socio-économique (« standing socio-économique ») et socio-démographique (« taille des ménages », « part des 65 ans et plus ») sont ensuite ajoutés afin d'évaluer la part explicative résiduelle attribuable au contexte résidentiel (modèles 2 et 6). Les effets des caractéristiques moyennes des dépla-

cements domicile-travail pour les travailleurs et travailleuses de Bruxelles (distance domicile-travail moyenne, accessibilité moyenne des lieux de travail en transport public), de même que l'effet de la part des ménages qui bénéficient de voitures de société, sont évalués dans les modèles 3 et 7. Enfin, plusieurs effets d'interaction entre le contexte urbain au lieu de résidence et la composition socio-économique et socio-démographique des ménages sont testés (modèles 4 et 8).

Le contenu de chacun des modèles mis en œuvre est synthétisé dans le Tableau 2. L'ensemble des coefficients estimés pour ces modèles est repris au Tableau 3. Les résultats de régression complets sont disponibles en annexe (Annexe 10 et Annexe 11). Les aspects méthodologiques associés à la spécification des modèles sont repris dans l'Encadré 6. Les aspects méthodologiques relatifs à la prise en compte de l'autocorrélation spatiale sont repris dans l'Encadré 7.

TABLEAU 2 :
Variables explicatives prises en compte dans la construction des modèles.

Variable dépendante	Modèle	Variables explicatives						
		Variables "environnement urbain"	Facteur "standing socio-économique"	Facteur "taille des ménages"	Facteur "part 65 ans et plus"	Caractéristiques des déplacements domicile-travail	Part des ménages qui disposent d'une voiture de société	Interactions entre l'environnement urbain et la composition socio-économique et démographique
Part des ménages avec 1 voiture ou plus	(1)	x						
	(2)	x	x	x	x			
	(3)	x	x	x	x	x	x	
	(4)	x	x	x	x	x	x	x
Part des ménages avec 2 voitures ou plus	(5)	x						
	(6)	x	x	x	x			
	(7)	x	x	x	x	x	x	
	(8)	x	x	x	x	x	x	x

Encadré 6 : Régression Beta : modéliser les proportions en analyse écologique

Pourquoi avoir recours à une régression Beta ?

La modélisation de proportions présente typiquement plusieurs problèmes d'ordre méthodologique dans le cadre des moindres carrés ordinaires (MCO) (Cribari et Zeileis, 2010) :

- Les valeurs à modéliser sont bornées entre 0 et 1, ce qui entraîne généralement l'application d'une transformation de la variable dépendante pour restreindre les valeurs sur cet intervalle. Typiquement une transformation logit est employée ($\log(y/(1-y))$). Dans ce cadre, les effets estimés du modèle correspondent à la moyenne de la variable transformée, et non de la variable originale.
- Les régressions sur les proportions sont très souvent hétéroscédastiques, c'est-à-dire que la variance n'est pas constante en fonction de la valeur de la variable dépendante. Typiquement, la variance est plus élevée autour de la moyenne et plus faible à mesure qu'on s'approche des bornes (0 et 1).
- La distribution des proportions est généralement asymétrique et respecte mal l'hypothèse de distribution

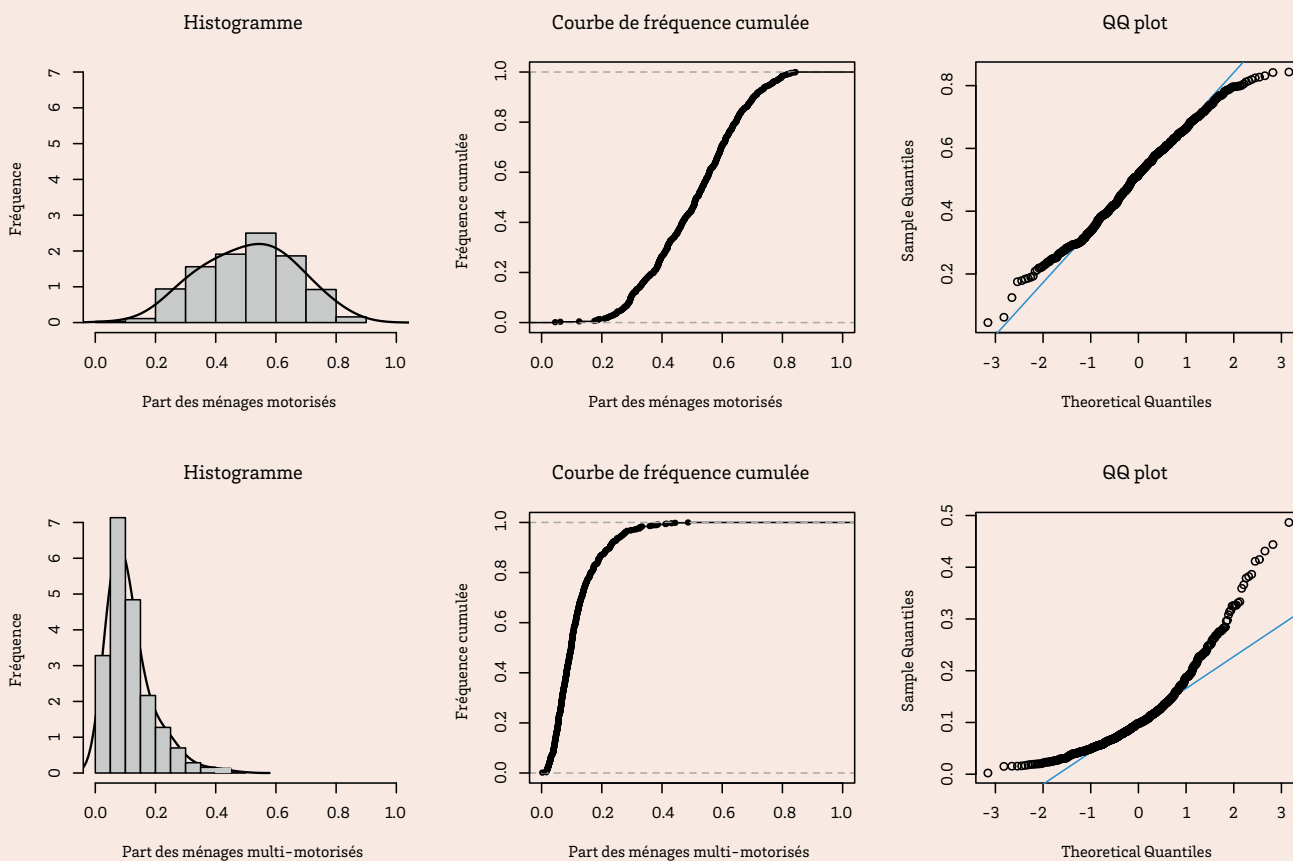
normale.

De ce point de vue, aussi bien la part des ménages motorisés que la part des ménages multi-motorisés enfreignent l'hypothèse de normalité (Figure 8). La part des ménages motorisés est relativement symétrique (légère dissymétrie vers la gauche), mais les queues de distribution sont très fournie. La part des ménages multi-motorisés présente un profil beaucoup plus dissymétrique, vers la droite, et ne respecte pas non plus l'hypothèse de normalité.

Le recours à une régression Beta apporte des réponses à ces problèmes méthodologiques (Cribari et Zeileis, 2010). Cette méthode part de l'hypothèse que la variable modélisée est distribuée selon une distribution Beta. Ce type de distribution est beaucoup plus flexible qu'une distribution normale et admet toute sorte de formes en cloche, symétrique ou non, pourvu qu'elles soient unimodales. C'est notamment une conséquence de l'existence d'un paramètre de précision qui varie avec la moyenne. Il existe donc une hétéroscédasticité structurelle à ce type de distribution, qui accomode bien la modélisation de proportions. Enfin, s'appliquant à des variables dont les valeurs sont comprises entre 0 et 1¹, elle ne nécessite pas de transformation de la variable d'intérêt. Les paramètres de régression se rapportent donc directement à celle-ci.

FIGURE 8 :

Histogramme, courbe de fréquence cumulée et graphique quantile-quantile de la part des ménages motorisés (en haut) et de la part des ménages multi-motorisés (en bas).



Source : Statbel (DIV, RN, Belcotax), calculs IBSA, 2019.

¹ 0 et 1 exclus.

Formulation théorique d'un modèle de régression Beta

Les modèles de régression ont été spécifiés à partir du package R *Betareg* (version 3.1-4) présenté dans Cribari et Zeileis (2010). Les principales caractéristiques de ces modèles sont les suivantes.

La variable dépendante y (proportion qu'on cherche à modéliser) suit une distribution *Beta*, définie par un paramètre de moyenne μ et un paramètre de précision Φ

$$y \sim B(\mu, \Phi)$$

avec $0 < \mu < 1$ et $\Phi > 0$

$$E(y) = \mu$$

$$Var(y) = \mu(1-\mu)/(1+\Phi)$$

L'espérance de la variable dépendante correspond au paramètre μ . La variance dépend structurellement du paramètre de position et du paramètre de précision Φ : plus ce dernier est important, plus la variance est faible (son inverse est un paramètre de dispersion).

La formulation du modèle prend place dans le contexte des modèles linéaires généralisés. Elle prévoit la possibilité de modéliser aussi bien la moyenne que le paramètre de précision (on parle d'une régression *Beta* à dispersion variable) à l'aide d'une combinaison linéaire des prédicteurs, dont la réponse est envoyée sur l'intervalle (0,1) via une fonction lien.

$y_i \sim B(\mu_i, \Phi_i)$ pour chaque observation y_i ; $i = 1, \dots, n$
observations

$$g_1(\mu_i) = x_{i1}\beta_1 + \dots + x_{ik}\beta_k$$

$$g_2(\Phi_i) = z_{i1}\gamma_1 + \dots + z_{ih}\gamma_h$$

Où

- $g_1(\cdot)$ et $g_2(\cdot)$ sont les fonctions liens entre les paramètres à modéliser et les combinaisons linéaires à estimer. Pour la part des ménages motorisés et la part des ménages multi-motorisés, la fonction *logit* a été retenue pour modéliser μ .
- x_{11}, \dots, x_{k1} sont les k vecteurs de valeurs correspondant aux variables explicatives retenues pour la modélisation de la moyenne.
- z_{11}, \dots, z_{h1} sont les h vecteurs de valeurs correspondant aux variables explicatives retenues pour la modélisation du paramètre de précision.
- β_1, \dots, β_k sont les k vecteurs des coefficients de régressions à estimer pour la modélisation de la moyenne.
- $\gamma_1, \dots, \gamma_h$ sont les h vecteurs des coefficients de régressions à estimer pour la modélisation du paramètre de précision.
- La somme $k+h$ représente le nombre de coefficients à estimer pour chaque modèle. Ce nombre doit être inférieur aux observations n .

Les coefficients de régression et leur variance sont estimés en différenciant la fonction (du log) de vraisemblance (Cribari et Zeileis, 2010).

2.1. LES INDICATEURS DU CONTEXTE RÉSIDENTIEL PRODUISENT LES EFFETS ATTENDUS

Les modèles 1 et 5 ont pour objectif d'expliquer la part des ménages motorisés ou multi-motorisés uniquement à l'aide des indicateurs liés à l'environnement urbain. À l'exception de l'indicateur de stationnement en voirie, toutes les variables prises en compte sont incluses de manière significative dans les modèles. Le sens de l'effet estimé pour chaque indicateur est également conforme à la théorie : les espaces plus denses, qui offrent une bonne accessibilité aux commerces de base ou au territoire « régional » en transport public tendent à limiter l'équipement automobile des ménages. Au contraire, le nombre d'entrées carrossables par ménage est associé à un équipement plus important.

Dans le détail, on fera remarquer que le nombre d'entrées carrossables par ménage est la variable la plus déterminante des niveaux de motorisation dans ces premiers modèles. Relativement à l'accessibilité au territoire « régional » en transport public, les variables associées à l'accessibilité locale (densité de ménage, accessibilité aux commerces de base) apparaissent plus déterminantes de la part des ménages multi-motorisés que de la part des ménages motorisés.

L'absence de **l'offre de stationnement en voirie** des modèles 1 et 5 ne doit pas s'interpréter comme l'absence de toute causalité entre cette variable et l'équipement automobile des ménages. Elle est en effet significativement incluse dans des modèles plus économes en variables explicatives, non présentés ici. Dans ces modèles, l'effet qu'elle exerce sur l'équipement automobile est bien celui attendu : plus le stationnement en voirie est important, plus l'équipement automobile des ménages est élevé. L'effet de cet indicateur est en fait pris en charge par d'autres variables dans les modèles 1 et 5 (et les suivants), notamment la densité de ménages et le nombre d'entrées carrossables par ménage, qui lui sont très corrélées. On peut cependant bien estimer que, relativement aux autres indicateurs liés au contexte résidentiel, le pouvoir explicatif du stationnement en voirie est moindre. Ceci peut en partie se comprendre dans la mesure où un certain nombre de quartiers très centraux, mais peu résidentiels, disposent de capacités de stationnement en voirie élevées, sans lien avec les besoins résidentiels (quartiers de bureaux, centralités commerciales). Dans ces quartiers, les fortes capacités de stationnement en voirie sont associées à un équipement automobile restreint, ce qui affaiblit la relation moyenne, qui va en sens inverse¹.

¹ L'indicateur de stationnement en voirie est repris de manière non significative (au seuil de 5%) dans les modèles présentés ici. De plus, la relation avec l'équipement automobile des ménages y apparaît négative.

2.2. LE STANDING SOCIO-ÉCONOMIQUE EST LE FACTEUR LE PLUS DÉTERMINANT DES NIVEAUX D'ÉQUIPEMENT AUTOMOBILE LOCAUX

L'introduction des facteurs liés à la composition socio-économique et socio-démographique des secteurs statistiques dans les modèles 2 et 6 a pour effet de contracter singulièrement le poids explicatif des variables associées à l'environnement urbain. Outre le recul des valeurs absolues des coefficients estimés, certaines variables ne sont simplement plus suffisamment significatives que pour être reprises dans les modèles. Ainsi, si les deux indicateurs de l'accessibilité locale au territoire sont présents dans les modèles 1 et 5, il n'y en a plus qu'un dans les modèles 2 et 6 : l'accessibilité aux commerces de base pour le modèle de la part de ménages motorisés et la densité de ménages pour le modèle de la part des ménages multi-motorisés. Dans le modèle 2, le nombre d'entrées carrossables par ménage disparaît également, en raison de l'introduction du facteur de standing socio-économique, qui la représente dans ce modèle.

Les modèles 2 et 6 conservent cependant chacun à la fois un indicateur de l'accessibilité locale au territoire et l'indicateur d'accessibilité « régionale » au territoire en transports publics. Ceci indique qu'en matière d'accessibilité au territoire sans voiture, **tant le niveau local que le niveau régional sont déterminants des niveaux de motorisation des ménages.**

Globalement, la composition socio-économique et socio-démographique des secteurs apparaît nettement plus déterminante des niveaux de motorisation que les indicateurs de contexte résidentiel. Même s'il s'agit d'un résultat observé ailleurs (Potoglou et Kanaroglou, 2008, Cao *et al.*, 2019), il est vraisemblablement amplifié dans le cadre des modèles mis en œuvre ici. Premièrement, l'agrégation des indicateurs au niveau des secteurs statistiques favorise sans doute les variables associées aux caractéristiques des ménages, qui présentent selon toute vraisemblance davantage d'hétérogénéité locale que les caractéristiques du contexte résidentiel. Deuxièmement, les facteurs extraits par AFM sont construits pour représenter un maximum de tendance parmi les données soumises à l'analyse. Il n'est donc pas surprenant qu'ils soient d'excellents facteurs explicatifs². Enfin, s'il existe des variations importantes en matière d'accessibilité au territoire à l'intérieur de Bruxelles, les écarts les plus importants s'observent entre Bruxelles et sa périphérie proche (Ermans et Henry, 2022). De ce point de vue, l'inclusion de la proche

² Par exemple, si on remplace le facteur « standing socio-économique » par le revenu médian dans les modèles 2 et 6, les coefficients estimés pour cette dernière variable seront inférieurs en valeur absolue. Il en va de même si on remplace le facteur « taille des ménages » par la taille des ménages ou la part des couples avec enfant(s).

périphérie bruxelloise dans les analyses aurait certainement permis de renforcer la valeur de l'effet associé à l'accessibilité au territoire sans voiture.

Parmi les nouvelles variables introduites dans les modèles 2 et 6,

- › le facteur « **standing socio-économique** », qui oppose les quartiers avec des revenus élevés aux quartiers avec un niveau de chômage important, est le plus déterminant. Son effet est, comme attendu, positif : plus les revenus sont élevés, plus l'équipement automobile des ménages est important.
- › Le facteur « **taille des ménages** », qui oppose les secteurs avec des ménages de taille importante, où les couples avec enfant(s) sont surreprésentés, aux secteurs avec beaucoup de personnes isolées, est associé à un effet positif. Plus la taille de ménages est élevée, plus la part de couples avec enfants est importante, plus le niveau de motorisation attendu est élevé. De nouveau, cet effet est conforme à la théorie.
- › L'effet estimé du facteur « **part des 65 ans et plus** » est également positif : plus la génération des personnes née avant 1955 est présente dans la composition locale, plus le niveau de (multi-)motorisation attendu augmente. Ce résultat accrédite, au niveau des secteurs statistiques, l'hypothèse d'un tel effet émise dans le FOCUS de l'IBSA n°32.

Les indicateurs de l'environnement urbain s'en tirent relativement mieux dans le modèle associé à la part de ménages multi-motorisés (modèle 6) que dans celui associé à la part des ménages motorisés (modèle 2). Les valeurs absolues des coefficients de ces variables sont en effet moins faibles, relativement aux facteurs « standing socio-économiques » et « taille des ménages », dans le modèle 6 que dans le modèle 2. Ceci suggère que l'accessibilité au territoire sans voiture et les contraintes de stationnement sont davantage déterminantes de la part de ménages multi-motorisés que de la part de ménages motorisés. En d'autres termes, par rapport aux déterminants concurrents, le fait d'habiter dans des espaces denses et jouissant d'une bonne accessibilité au territoire sans voiture semble limiter davantage la possession de multiples véhicules que la possession d'au moins une voiture.

En particulier, le nombre d'accès carrossables par ménage constitue un déterminant manifestement important de la multi-motorisation. A ce titre, cet indicateur signale également les espaces avec d'importantes capacités de stationnement en voirie et où l'habitat en maison unifamiliale (voire l'habitat pavillonnaire) domine. Par ailleurs, un seul accès carrossable ouvre souvent la possibilité de stationner au moins deux véhicules (le premier dans le garage, le second sur la voirie, devant l'accès carrossable).

Même si le facteur « standing socio-économique » domine aussi bien dans le modèle 2 que dans le modèle 6, il est moins déterminant relativement au facteur « taille des ménages » dans le modèle 1. Ceci rejoint les conclusions de Potoglou et Kanaroglou (2008) et suggère que la mono-motorisation est

d'avantage inscrite dans une logique de contraintes liées à la présence d'enfants, alors que la multi-motorisation correspondrait relativement plus souvent à des situations où la contrainte économique est faible et permet d'accéder à un niveau d'équipement important.

Enfin, en ce qui concerne le facteur « part des 65 ans et plus », on peut faire remarquer que son effet, relativement aux autres variables, est nettement plus prononcé pour la modélisation de la part des ménages avec une voiture ou plus que pour la part des ménages avec deux voitures ou plus. A cet égard, il est intéressant de souligner que le facteur est aussi fortement représentatif des secteurs avec beaucoup de couples. Dans une perspective cycle de vie, la mise en couple par l'union de personnes isolées donne fréquemment lieu à l'acquisition d'un premier véhicule. Inversement, le « retour » au statut de couple suite à la décohabitation des enfants est également associé, en moyenne, à un événement de démotorisation (Clark *et al.*, 2016b). Dans les deux cas, être en couple correspond souvent à la possession d'un seul véhicule.

Encadré 7 : Prise en compte de la dépendance spatiale : autocorrélation ou hétérogénéité spatiale ?

S'agissant de l'analyse d'un phénomène spatialisé, il faut idéalement intégrer dans la modélisation la **dépendance spatiale qui touche l'équipement automobile**. La motorisation des ménages présente une structure spatiale fortement autocorrélée : les secteurs avec les niveaux d'équipement les plus élevés (ou les plus bas) tendent à partager le même voisinage. Pour bonne partie, l'autocorrélation de l'équipement automobile des ménages s'explique par des contextes explicatifs similaires, qui tendent à se regrouper spatialement (voir 3. Une géographie de l'équipement automobile concentrique, fruit de contextes explicatifs composites). Cependant, les **résidus de régression de la part des ménages avec 1 voiture ou plus présentent encore un caractère autocorrélé**, même dans les modèles les plus complets (Annexe 10). Ce n'est pas le cas pour les modèles de la *part des ménages multi-motorisés*, pour lesquels on ne peut conclure à la présence d'autocorrélation spatiale à partir du moment où les facteurs socio-économiques et socio-démographiques sont inclus (Annexe 11). La présence d'autocorrélation parmi les résidus de régression suscite **deux enjeux** pour la modélisation (Floch et Le Saout, 2018) :

- › **L'autocorrélation mérite peut-être d'être modélisée parce qu'elle apporte une information intéressante sur la manière dont le phénomène se déploie dans l'espace.** C'est le cas par exemple pour certains magasins qui tendent à se regrouper pour bénéficier des effets positifs de leur concentration spatiale ou à des espèces (au sens biologique) qui tendent à se localiser à proximité de certaines ressources.
- › **La dépendance des résidus proches met à mal l'hypothèse d'homoscédasticité des méthodes de modélisation linéaire « classiques »**, selon les moindres carrés. En particulier, puisque les termes d'erreurs sont dépen-

dants, l'information statistique apportée par chaque observation est réduite, ce qui se traduit par une perte de précision sur les estimateurs. De plus, si la dépendance exprime l'omission d'une variable, les estimateurs peuvent également être biaisés.

Comment peut-on interpréter cette autocorrélation résiduelle ? Conceptuellement, on peut distinguer trois types d'interactions spatiales pouvant générer des structures autocorrélées (Floch et Le Saout, 2018, p.158) :

- les interactions **endogènes**, soit le fait que les pratiques et comportements au sein de l'entité considérée dépende de pratiques et comportements au sein des entités voisines. Concrètement, cela signifierait que l'équipement automobile des ménages dans un secteur serait influencé par le niveau d'équipement automobile des secteurs voisins. Ceci semble peu probable.
- Les interactions **exogènes**, soit le fait que les pratiques et comportements au sein de l'entité considérée dépende des caractéristiques des entités voisines. Concrètement, cela signifierait que l'équipement automobile des ménages dans le secteur considéré serait influencé par la composition socio-économique, la composition socio-démographique ou les caractéristiques de l'environnement résidentiel des entités voisines. Cela semble peu probable en ce qui concerne les compositions socio-démographique et socio-économique. En revanche, l'environnement résidentiel des secteurs voisins pourrait certainement exercer une influence sur le niveau d'équipement du secteur considéré. Plusieurs variables théoriquement concernées intègrent ainsi des caractéristiques au-delà du seul quartier concerné (voir section sur indicateurs et hypothèses) :
 - L'offre de stationnement en voirie en tant que moyenne pondérée des valeurs du secteur considéré et de ses voisins (réseau de voisinage « queen ») ;
 - L'accessibilité aux commerces de base ;
 - L'accessibilité régionale au territoire en transport public.
- Corrélation spatiale des effets liée à de mêmes **caractéristiques inobservées**. Cette dernière forme de dépendance spatiale est tout à fait plausible et pourrait correspondre au manque de certaine dimension explicative ou à un manque de spécification du modèle.

L'autocorrélation résiduelle observée peut également s'expliquer par la présence d'**hétérogénéité spatiale** sous la forme d'**hétéroscédasticité**. Conceptuellement, celle-ci se manifeste par la dépendance des termes d'erreurs à la localisation. Celle-ci apparaît typiquement lorsque les données portent sur des unités spatiales non homogènes et de formes irrégulières, ce qui est le cas des données utilisées dans ce Cahier. Dans cette configuration, **la modélisation de la variance** à l'aide de variables explicatives représente une réponse adéquate (Le Gallo, 2004). La régression Beta permet cette solution via la spécification du paramètre de précision (Cribari et Zeileis, 2010). En particulier, Douma et Weedon (2019) recommandent d'in-

clure, parmi les prédicteurs de ce paramètre, la « mesure totale » sur laquelle est basée la variable dépendante. Dans le cas présent, cette « mesure totale » correspond au nombre de ménages privés de chaque secteur statistique. Il est en effet aisé de se représenter que la dispersion des valeurs sera plus grande dans les secteurs où le nombre de ménages sera plus faible, et inversement. Concrètement, cette variable apporte systématiquement une plus-value notable aux modèles. D'autres prédicteurs sont également retenus pour spécifier le paramètre de précision. Leur sélection est déterminée au cas par cas, suivant le modèle (Annexe 10 et Annexe 11).

Après spécification du paramètre de précision, les modèles relatifs à la part des ménages motorisés s'accompagnent encore d'autocorrélation résiduelle, même pour les modèles les plus complexes. Ceci peut s'expliquer par plusieurs raisons. Premièrement, la spécification de la variance dans les régressions Beta vise avant tout à améliorer le pouvoir prédictif du modèle, pas à prendre en compte la dépendance spatiale. Deuxièmement, il demeure l'hypothèse que l'autocorrélation résiduelle manifeste l'omission de certaine variable explicative importante, ce qui peut être la source, tant d'autocorrélation que d'hétérogénéité spatiale (Le Gallo, 2004).

A l'instar de Dulya *et al.* (2015), la stratégie suivie ici pour prendre en compte la dépendance résiduelle consiste à construire et sélectionner une (ou plusieurs) variables représentative(s) de la structure spatiale autocorrélée. La construction de ces variables suit la méthode des *cartes de vecteurs-propres de Moran* (Moran's eigenvector map (MEM)) (Dray *et al.*, 2006 ; Dray *et al.*, 2012). Cette méthode consiste à extraire les vecteurs et valeurs-propres d'une matrice représentant la structure spatiale des interactions de voisinage sur un territoire concerné, en maximisant l'indice I de Moran d'autocorrélation spatiale et sous contrainte d'orthogonalité. La matrice en question correspond à la superposition du réseau de voisinage et des liens entre les voisins, dont la force est définie par leur proximité spatiale. Dans le cas présent,

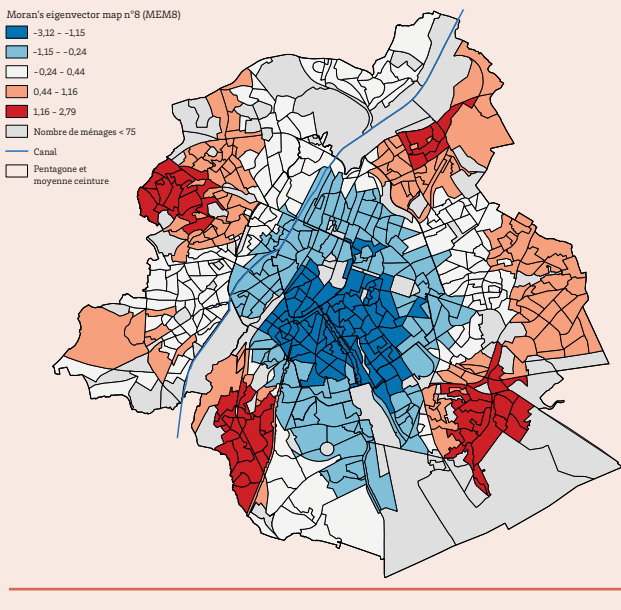
- le réseau de voisinage est un réseau « Queen » (voir glossaire) ;
- la proximité entre deux secteurs statistiques i et j est donnée par la formule $1 - d_{ij} / \max(d_{ij})$, où d_{ij} correspond à la distance euclidienne entre les centroïdes de deux secteurs.

La procédure extrait autant de vecteurs-propres que de secteurs statistiques (628). Ceux-ci sont indépendants les uns des autres et caractérisent chacun une dimension de la structure de voisinage du territoire, telle que mesurée par la matrice présentée ci-dessus. Un seul de ces vecteurs suffit à tenir compte de l'autocorrélation spatiale résiduelle : le 8^e MEM.

La variable MEM n°8 (Figure 9) oppose, dans les grandes lignes, les quartiers centraux (valeurs négatives) aux quartiers de Deuxième couronne (valeurs positives). Elle pré-

sente cependant des écarts importants à cette structure générale. Premièrement, la partie sud-est des secteurs situés à l'intérieur de la Moyenne ceinture, depuis l'axe gare du midi, boulevard Lemonnier jusqu'à la rue de la Loi, enregistre les valeurs les plus faibles. En Deuxième couronne, les valeurs les plus élevées se rencontrent dans plusieurs groupes de secteurs localisés à Berchem-Sainte-Agathe, Haren, Boitsfort et Forest.

FIGURE 9 :
Moran's eigenvector map n°8.



2.3. UN EFFET « VOITURES DE SOCIÉTÉ » POSITIF, FORTEMENT IMBRIQUÉ DANS LE FACTEUR « STANDING SOCIO-ÉCONOMIQUE »

L'effet de la part des ménages qui disposent d'au moins une voiture de société a été testé dans les modèles 3 et 7. L'introduction de cette variable dans le modèle 7 (part des ménages multi-motorisés) apparaît significatif, ce qui n'est pas le cas dans le modèle 3 (part des ménages motorisés). Dans les deux modèles cependant, la part des ménages qui bénéficient d'une voiture de société entraîne un problème de colinéarité en raison de la forte corrélation de cette variable avec le facteur « standing socio-économique »¹. Le coefficient de corrélation (Pearson) entre ces deux variables atteint en effet 0,88 : elles ne sont donc pas loin d'être identiques. Le retrait du facteur « standing socio-économique » élimine naturellement le problème de colinéarité et permet à la variable « part des ménages avec voiture de société » d'être pleinement significative. L'effet inhérent à la mise à disposition de voitures de société doit ainsi être considéré comme faisant partie de l'effet associé au facteur « standing socio-économique » lorsque la variable n'est pas présente explicitement dans le modèle.

La présence de la variable « part des ménages qui disposent d'une voiture de société » dans le modèle 7 produit, comme on peut s'y attendre, un effet positif sur la part des ménages multi-motorisés. Cela signifie que la mise à disposition de voitures de société ne se traduit pas par un effet de substitution complet vis-à-vis des véhicules privés non mis à disposition dans le cadre du système des voitures de société. Ce résultat rejoint les conclusions de Laine et Van Steenberghe (2016).

¹ Dans les deux modèles, le « variance inflation factor » (vif) des variables concernées est supérieur à 5.

2.4. L'ACCESSIBILITÉ AU LIEU DE TRAVAIL EST DÉTERMINANTE, LA DISTANCE NON

Les conditions de déplacement domicile-travail ont également été testées dans les modèles 3 et 7, via l'inclusion de la distance domicile-travail moyenne et de l'accessibilité moyenne au lieu de travail en transport public.

La distance domicile-travail n'est incluse de manière significative dans aucun des modèles testés¹, ce qui contredit certains résultats rencontrés dans la littérature (Potoglou et Kanaroglou, 2008). Dans une certaine mesure, ici également, l'agrégation des données et le recours à la moyenne peut masquer certaines tendances qui ne seraient disponibles qu'à un niveau plus fin. Dans le contexte bruxellois, ce résultat n'est pas complètement surprenant car le recours à l'automobile par les Bruxelloises et les Bruxellois dans le cadre des déplacements domicile-travail, s'il est important sur l'ensemble des distances, est spécifique aux distances intermédiaires. Les distances les plus longues sont en effet davantage associées à l'usage du train (Ermans *et al.*, 2019: 119-120).

L'accessibilité moyenne au lieu de travail est par contre bien déterminante des niveaux de motorisation. Elle n'apparaît cependant explicitement que dans le modèle 7, où sa présence tend à réduire de manière importante l'effet lié à l'accessibilité « régionale » au territoire en transport public. Dans le modèle 3 (et 2), l'effet de l'accessibilité des lieux de travail en transport public se confond avec l'accessibilité « régionale » en transport public. Comme attendu, les lieux de travail plus accessibles en transport public tendent à produire des niveaux d'équipement automobile plus élevés au lieu de domicile des travailleurs.

À Bruxelles, de nombreux travailleurs avec un profil peu diplômés effectuent des navettes de travail assez longues et peu accessibles en transport public, notamment parce qu'ils sont occupés en-dehors de la Région bruxelloise (Ermans *et al.*, 2019: 45, 91). Pour ceux-ci, les besoins en automobile pour les déplacements domicile-travail se traduisent plus souvent, par rapport au reste des travailleurs bruxellois, par le recours au covoiturage (Ermans *et al.*, 2019: 126-129). Ceci permet de relâcher en partie la contrainte de motorisation et peut contribuer à expliquer qu'elle ne soit pas reprise explicitement pour la modélisation de la part des ménages avec une voiture ou plus (modèle 3).

2.5. L'EFFET DE L'ENVIRONNEMENT RÉSIDENTIEL VARIE EN FONCTION DE LA COMPOSITION SOCIO-ÉCONOMIQUE ET SOCIO-DÉMOGRAPHIQUE DES QUARTIERS

L'analyse a identifié des effets d'interaction positifs entre les variables liées à l'environnement résidentiel et chacun des facteurs « standing socio-économique » et « taille des ménages » (modèles 4 et 8). Cela signifie que **l'effet associé à l'accessibilité au territoire sans voiture et aux contraintes de stationnement varie en fonction de la composition socio-économique et socio-démographique des quartiers** (et inversement). Ces effets d'interactions se traduisent de la manière suivante (Figures 10 à 13) :

- › Dans les quartiers où résident des ménages avec des revenus faibles en moyenne, l'effet modérateur de l'accessibilité aux commerces de base (modèle 4), ou de l'accessibilité « régionale » en transport public (modèle 8), sur l'équipement automobile sera plus fort que dans les quartiers où les ménages sont en moyenne plus aisés. Inversement, dans les quartiers caractérisés par une bonne accessibilité au territoire, l'effet à la hausse des revenus sur l'équipement automobile sera plus faible que dans les quartiers où l'accessibilité au territoire est faible.
- › Dans les quartiers où résident en moyenne beaucoup de personnes isolées, où il y a peu de couples avec enfant(s), l'effet modérateur de l'accessibilité « régionale » en transport public (modèles 4 et 8) sur la part de ménages équipés en voiture(s), sera plus important que dans les quartiers où les ménages sont de grande taille en moyenne et où il y a beaucoup de couples avec enfants. Inversement, dans les quartiers où l'accessibilité « régionale » en transport public est bonne, l'effet majorateur de la taille des ménages, de la part de couples avec enfant(s), sur l'équipement automobile, sera plus petit que dans les quartiers où l'accessibilité régionale est faible.

¹ Ajout de la variable aux modèles 1,2, 5 et 6.

Ces résultats peuvent s'interpréter de la manière suivante :

- › Les ménages avec des revenus faibles sont davantage contraints économiquement dans leur accès à l'automobile et sont, de ce fait, relativement plus sensibles à l'accessibilité au territoire sans voiture (Fol et Gallez, 2017). Ceci tend à renforcer l'effet du contexte résidentiel dans les secteurs où ils sont très présents. Au contraire, les ménages aisés perçoivent la mobilité automobile très favorablement, notamment parce qu'ils sont moins contraints économiquement. Ils sont de ce fait moins sensibles à la ressource que représente l'accessibilité au territoire sans voiture. L'effet de cette dimension est donc moins important dans les espaces où ils sont davantage présents (Madré *et al.*, 1988).
- › Dans les ménages (de couples) avec enfant(s), la voiture est perçue très favorablement, voire comme étant nécessaire, dans la mesure où elle offre des facilités manifestes pour effectuer des déplacements avec des enfants. Et ce d'autant plus que la prise en charge de la mobilité des enfants est souvent combinée avec d'autres déplacements (Demoli et Gilow, 2019 ; Cacciari et Belton-Chevalier, 2020). Les ménages avec enfant(s) sont de ce fait moins sensibles à l'accessibilité au territoire sans voiture et l'effet de cette dimension est moins important dans les quartiers où les couples avec enfant(s) sont surreprésentés. Au contraire, n'étant pas affectés par cette contrainte, les personnes seules sont beaucoup plus sensibles à la qualité de l'accessibilité au territoire sans voiture. De ce fait, l'effet de l'accessibilité au territoire sans voiture est plus important dans les quartiers où les ménages de personnes isolées sont surreprésentés.

Un effet d'interaction positif a également été mis en évidence entre l'accessibilité « régionale » en transport public et la variable MEM8, qui modélise la dépendance spatiale résiduelle (voir Encadré 7), dans le modèle 4. De même, un effet d'interaction positif entre l'accessibilité « régionale » en transport public et la densité de ménages a été détecté dans le modèle 8. Ainsi, dans le modèle 4, l'effet de l'accessibilité « régionale » en transport public est réduit dans les espaces centraux et inversement, il est plus élevé dans les espaces de Deuxième couronne. De même, dans le modèle 8, l'effet de la densité de ménages est réduit dans les espaces caractérisés par une bonne accessibilité « régionale » en transport public, et inversement, plus fort dans les espaces où cette accessibilité est plus faible. En quelque sorte, les variables qui représentent les accessibilités au territoire « se relaient » pour expliquer les niveaux d'équipement automobiles locaux.

FIGURE 10 :
Illustration de l'effet d'interaction entre l'accessibilité aux commerces de base et le facteur « standing socio-économique » sur la part des ménages motorisés (modèle 4).

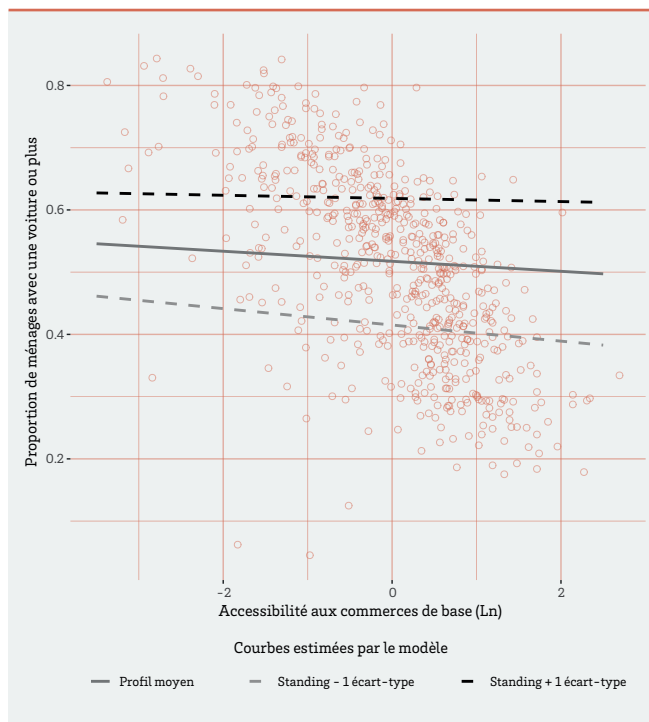


FIGURE 11 :
Illustration de l'effet d'interaction entre l'accessibilité « régionale » en transport public et le facteur « taille des ménages » sur la part des ménages motorisés (modèle 4).

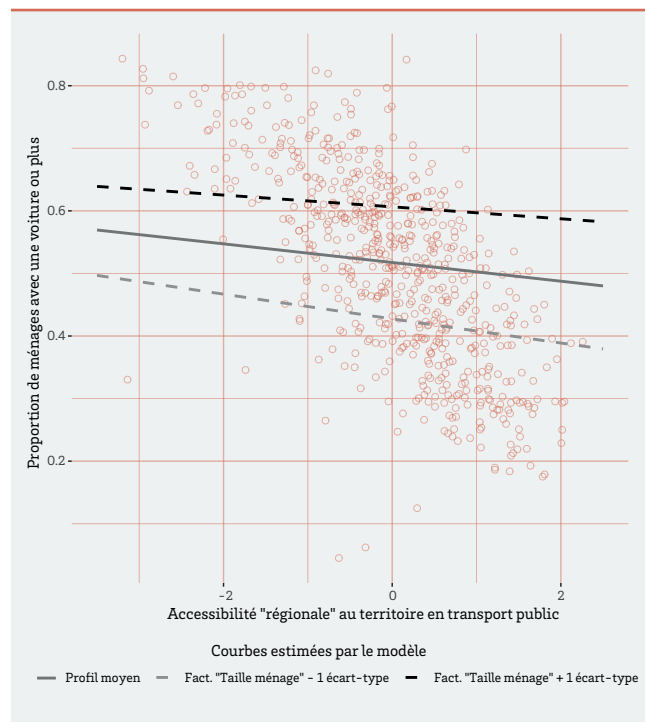


FIGURE 12 :
Illustration de l'effet d'interaction entre l'accessibilité « régionale » en transport public et le facteur « standing socio-économique » sur la part des ménages multi-motorisés (modèle 8).

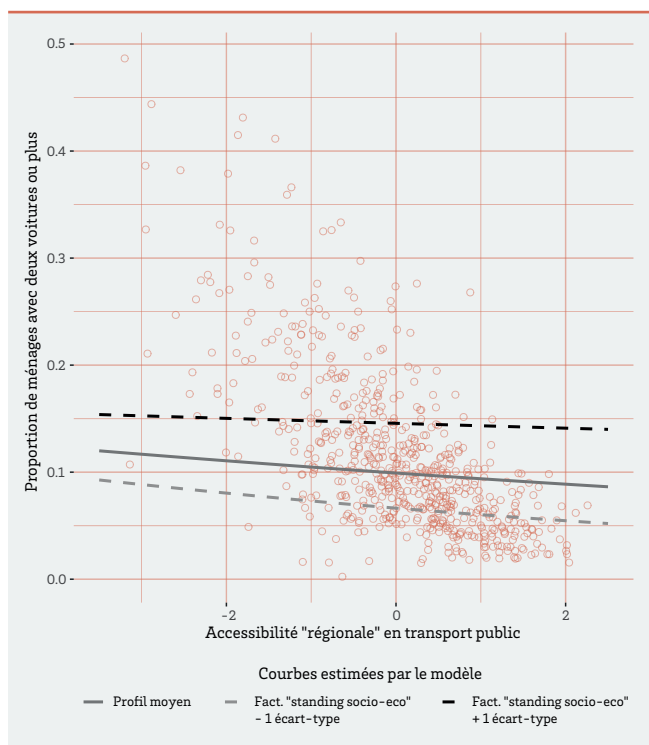
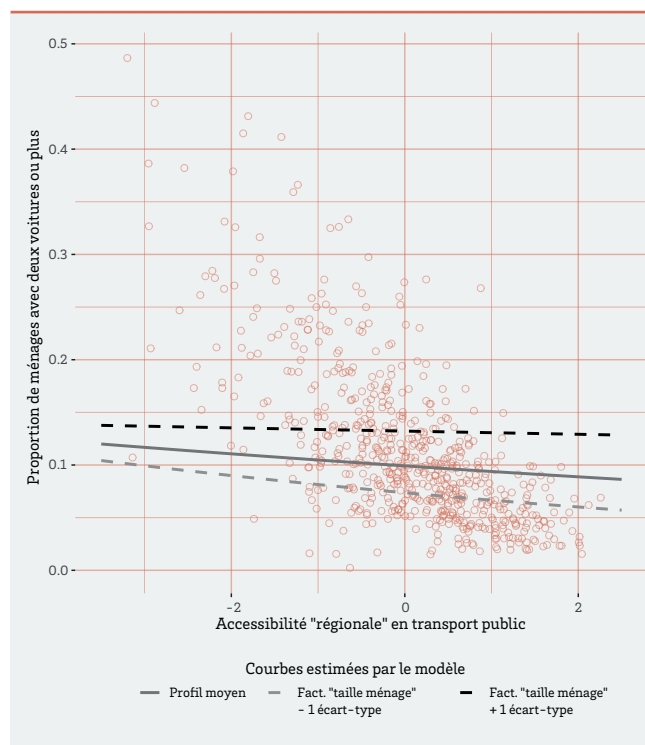


FIGURE 13 :
Illustration de l'effet d'interaction entre l'accessibilité « régionale » en transport public et le facteur « taille des ménages » sur la part des ménages multi-motorisés (modèle 8).



TABEAU 3 : Paramètres estimés des modèles de régression beta de la part des ménages motorisés et de la part des ménages multi-motorisés.

Variables prédictives	Part des ménages avec au moins 1 voiture			Part des ménages avec 2 voitures et plus				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Moyenne								
(a) Densité de ménages	-0,08 [-0,11 -0,05]***	-	-	-	-0,20 [-0,23 -0,16]***	-0,07 [-0,09 -0,05]***	-0,05 [-0,07 -0,02]***	-0,05 [-0,08 -0,04]***
(b) Distance moyenne aux commerces de base (Ln)	-0,09 [-0,13 -0,06]***	-0,03 [-0,05 -0,02]***	-0,03 [-0,05 -0,02]***	-0,03 [-0,05 -0,01]***	-0,11 [-0,16 -0,07]***	-	-	-
(c) Accessibilité au territoire "régional" en transport public	-0,14 [-0,18 -0,11]***	-0,05 [-0,07 -0,03]***	-0,05 [-0,07 -0,03]***	-0,06 [-0,08 -0,04]***	-0,18 [-0,21 -0,14]***	-0,08 [-0,10 -0,06]***	-0,04 [-0,06 -0,01]***	-0,05 [-0,07 -0,02]***
(d) Nombre d'entrées carrossables par ménage (Racine)	0,22 [0,19 0,25]***	-	-	-	0,26 [0,23 0,29]***	0,07 [0,05 0,09]***	0,08 [0,06 0,09]***	0,08 [0,06 0,10]***
(e) Nombre de places de stationnement en voirie par ménage	-	-	-	-	-	-	-	-
(f) MEM8	0,20 [0,17 0,22]***	0,05 [0,04 0,07]***	0,05 [0,04 0,07]***	0,04 [0,03 0,06]***	-	-	-	-
(g) Facteur "standing socio-économique"	0,41 [0,39 0,43]***	0,41 [0,39 0,43]***	0,41 [0,39 0,43]***	0,41 [0,40 0,43]***	0,43 [0,40 0,46]***	0,33 [0,29 0,37]***	0,33 [0,29 0,37]***	0,44 [0,41 0,46]***
(h) Facteur "taille des ménages"	0,37 [0,35 0,38]***	0,37 [0,35 0,38]***	0,37 [0,35 0,38]***	0,36 [0,34 0,38]***	0,32 [0,30 0,34]***	0,33 [0,31 0,35]***	0,33 [0,31 0,35]***	0,34 [0,32 0,36]***
(i) Facteur "part des 65 ans et +"	0,13 [0,12 0,15]***	0,13 [0,12 0,15]***	0,13 [0,12 0,15]***	0,13 [0,11 0,15]***	0,08 [0,06 0,11]***	0,12 [0,09 0,14]***	0,12 [0,09 0,14]***	0,09 [0,07 0,12]***
(j) Distance domicile-travail moyenne	-	-	-	-	-	-	-	-
(k) Accessibilité du lieu de travail en transport public en moyenne	-	-	-	-	-	-	-0,05 [-0,07 -0,03]***	-0,06 [-0,08 -0,04]***
(l) Part des ménages avec voiture de société	-	-	-	-	-	-	0,10 [0,06 0,13]***	-
(b) x (g)	-	-	-	0,02 [0,01 0,03]**	-	-	-	-
(c) x (h)	-	-	-	0,02 [0,00 0,04]*	-	-	-	-
(c) x (f)	-	-	-	0,03 [0,01 0,05]**	-	-	-	-
(c) x (g)	-	-	-	-	-	-	-	0,04 [0,02 0,07]***
(c) x (h)	-	-	-	-	-	-	-	0,04 [0,02 0,06]**
(c) x (a)	-	-	-	-	-	-	-	0,04 [0,02 0,07]***

Le tableau reproduit les valeurs estimées des paramètres avec, entre crochets, les bornes inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance (niveau de confiance à 95%) sur chaque paramètre estimé. La significativité statistique associée à chaque estimation est codée de la manière suivante : ° p-val < 0,10 ; * p-val < 0,05 ; ** p-val < 0,025 ; *** p-val < 0,001. Ainsi, pour le modèle (2), l'estimation du paramètre de régression de l'accessibilité en transport public (c) sur la part des ménages motorisés est de -0,05 ; la valeur du paramètre est vraisemblablement comprise entre -0,07 et -0,03 (pour un niveau de confiance de 95%) et la valeur p associée à cette estimation est inférieure à 0,001.

Les analyses ont été effectuées sur les variables centrées-réduites, ce qui permet de comparer les effets estimés à l'intérieur d'un même modèle. Ainsi, dans le modèle (2), le facteur « standing socio-économique » (g) (effet estimé = 0,41) influence plus fortement la part des ménages motorisés que l'accessibilité au territoire « régional » en transport public (c) (effet estimé = -0,05).

UNE GÉOGRAPHIE DE L'ÉQUIPEMENT AUTOMOBILE CONCENTRIQUE, FRUIT DE CONTEXTES EXPLICATIFS COMPOSITES

La géographie bruxelloise de l'équipement automobile suit une progression essentiellement concentrique (voir glossaire) : le niveau d'équipement augmente tendanciellement depuis le centre-ville, où il est le plus faible, vers les marges de la Région (Ermans et Henry, 2022). La géographie des facteurs explicatifs de ces niveaux de motorisation est cependant plus complexe.

A l'aide d'une mise en typologie¹ des secteurs statistiques, les caractéristiques d'équipement des ménages et les dimensions explicatives de celui-ci sont combinées en une seule carte (Figure 14). Les 5 groupes dégagés par l'analyse donnent à voir une structure concentrique, dont les ruptures se situent grosso modo au niveau du Pentagone et de la Moyenne ceinture. Celle-ci est doublée d'une opposition entre les quartiers

¹ La typologie est construite sur plusieurs facteurs extraits par analyse factorielle multiple sur un ensemble d'indicateurs couvrant les compositions socio-démographique et socio-économique des secteurs, les caractéristiques du contexte urbain et le niveau de motorisation des ménages. Seuls les facteurs présentant un niveau d'association important avec l'équipement automobile des ménages ont été retenus (3 facteurs au total). Dans un premier temps, une analyse ascendante selon le critère de Ward a permis de déterminer le nombre de groupes et de fournir une première ébauche de classification. Les résultats présentés sont issus d'une classification selon la méthode K-Means à partir des moyennes des groupes dégagés par l'analyse ascendante de Ward.

TABLEAU 4 :
Équipement automobile moyen des ménages dans chaque groupe de secteurs.

Groupe	Part des ménages avec ...				Nombre de voitures par ménage	Part des ménages avec 1 voiture de société ou plus
	0 voiture	1 voiture	2 voitures ou plus	Total		
	%	%	%	%		
Groupe 1	62,2	31,9	5,8	100,0	Taux 44,5	% 2,9
Groupe 2	67,3	27,5	5,2	100,0	39,1	7,3
Groupe 3	44,2	44,6	11,2	100,0	69,2	6,4
Groupe 4	44,2	43,4	12,4	100,0	71,3	12,2
Groupe 5	27,7	47,3	25,1	100,0	105,9	16,8
Région de Bruxelles-Capitale	52,3	37,7	9,9	100,0	59,9	7,7

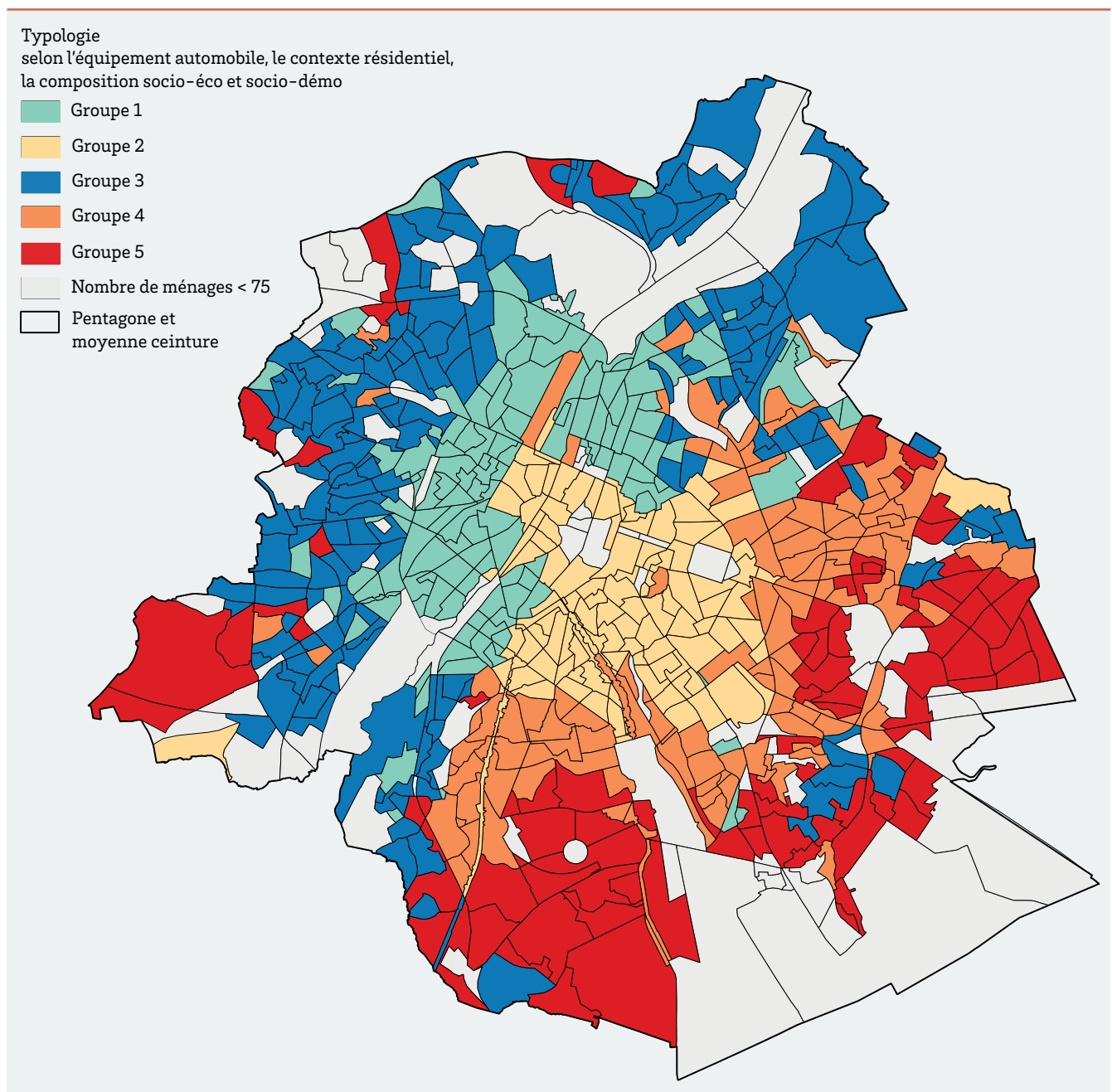
à l'ouest et à l'est d'un axe essentiellement parallèle au canal, situé sur sa rive droite. Plus qu'une simple opposition entre l'ouest et l'est du canal, on peut pratiquement parler d'une opposition entre un cadran sud-est (élargi) et le reste de la Région. Cette géographie, bien connue, reflète grandement les caractéristiques socio-démographiques et -économiques des ménages bruxellois (OBSS, 2006).

Cela signifie en tout cas que, si la géographie des indicateurs de motorisation présente un caractère plutôt symétrique, celle-ci est le fruit de contextes explicatifs variables, distribués de manière nettement asymétrique sur le territoire bruxellois.

Pour accompagner la description des groupes dans les prochaines sections, les niveaux d'équipement automobile par groupe sont repris au Tableau 4. Les valeurs individuelles des indicateurs de motorisation sont également mises en graphiques en fonction des indicateurs d'accessibilité au territoire, selon le groupe et les courbes de prédictions de l'équipement estimées dans les modèles 4 et 8 (Figure 15, Figure 16 et Figure 17).

FIGURE 14 :

Classification des secteurs statistiques selon l'équipement automobile des ménages, le contexte résidentiel, la composition socio-démographique et la composition socio-économique des secteurs statistiques.



GRUPE 1 : QUARTIERS CENTRAUX OUEST

- › **excellente accessibilité au territoire**
- › **ménages de grande taille en moyenne, souvent avec enfant(s)**
- › **revenus inférieurs en moyenne**
→ **38% des ménages motorisés ; 6% de ménages multi-motorisés**

On retrouve dans ce groupe des secteurs en moyenne très bien localisés en matière d'accessibilité locale aux commerces de base (133 mètres en moyenne) et d'accessibilité plus générale au territoire en transport public (temps de déplacement moyen de 33 minutes). Le taux d'accès carrossables est par contre très faible (1 accès pour 100 ménages). Le standing socio-économique général est le plus faible de tous les groupes, avec notamment un revenu médian légèrement supérieur à 16 000€, un taux de chômage moyen à 20% et une part des logements occupés par le propriétaire qui n'atteint pas 30%. Les ouvriers représentent dans ce groupe plus de 46% des travailleurs. Ceci se traduit notamment par une part de ménages disposant d'une voiture de société extrêmement faible (3%). Sur le plan socio-démographique, la taille des ménages est par contre la plus élevée de tous les groupes (2,47 personnes par ménage), ce qui s'explique par une représentation très importante des couples avec enfants (29%) et des ménages monoparentaux (14%).

En matière d'équipement automobile, cette configuration s'accompagne d'une part de ménages motorisés faible : 38% des ménages disposent d'une voiture ou plus. Malgré des revenus modestes et une excellente accessibilité locale au territoire, ce groupe n'enregistre cependant pas le niveau de motorisation le plus faible, en raison de la présence de nombreux ménages avec enfants. La part de ménages multi-motorisés est cependant relativement anecdotique (6%).

GRUPE 2 : QUARTIERS CENTRAUX EST

- › **excellente accessibilité au territoire**
- › **beaucoup de ménages isolés et de jeunes adultes**
- › **revenus légèrement inférieurs à la moyenne régionale**
→ **33% des ménages motorisés ; 5% de ménages multi-motorisés**

Les secteurs du groupe 2 partagent avec ceux du groupe 1 le fait de disposer d'une excellente accessibilité aux commerces de base (128 mètres à vol d'oiseau en moyenne) comme au territoire « régional » via les transports publics (temps de déplacement moyen inférieur à 33 minutes). De même, la présence d'accès carrossables y est très réduite (moins de 2 accès carrossables pour 100 ménages). La structure socio-démographique est cependant complètement différente : 30% des habitants ont entre 18 et 29 ans et 60% des ménages sont des personnes isolées et la taille moyenne des ménages est la plus faible de l'ensemble des groupes (1,76 personne par

ménage). Les étudiants y sont également très fortement représentés. Sur le plan socio-économique, les revenus sont légèrement inférieurs à la moyenne régionale (un peu plus de 19 000€) alors que le niveau de chômage (11%) est légèrement supérieur. La part de propriétaires est la plus faible de tous les groupes (26%). La part de personnes qui détiennent un diplôme de l'enseignement supérieur est très élevée (près de la moitié des personnes) et tend à indiquer que le caractère un peu en retrait des indicateurs de standing est pour une bonne partie un effet de structure d'âge lié à la jeunesse de la population adulte.

La part des ménages avec au moins une voiture est la plus faible de tous les groupes : 33%. Ce résultat s'explique par une excellente accessibilité au territoire, mais surtout par une structure socio-démographique très défavorable à la motorisation. Les ménages multi-motorisés sont également très peu présents (à peine plus de 5%), malgré une part de ménages qui disposent de voitures de société au niveau de la moyenne régionale (plus de 7%).

GRUPE 3 : DEUXIÈME COURONNE OUEST

- › **accessibilité au territoire intermédiaire**
- › **revenus légèrement supérieurs à la moyenne**
- › **ménages de grande taille en moyenne, souvent avec enfant(s)**
→ **56% des ménages motorisés ; 11% de ménages multi-motorisés**

Le groupe 3 balaie l'essentiel des secteurs de l'ouest de la Deuxième couronne, depuis le bas de Forest au sud jusqu'au bas de Schaerbeek et Bruxelles-ville au nord de la Région. Il rassemble des secteurs dont l'accessibilité aux commerces de base (209 mètres à vol d'oiseau en moyenne) comme l'accessibilité « régionale » via les transports publics (temps de déplacement moyen inférieur à 37 minutes) est, en moyenne, légèrement inférieure à la moyenne régionale. Le taux d'accès carrossables moyen se situe dans la moyenne régionale (4 accès pour 100 ménages). On peut qualifier le standing socio-économique moyen de la population d'intermédiaire : le revenu médian (21 000€) comme la part de propriétaires (45%) sont légèrement supérieurs à la moyenne régionale, le taux de chômage (12%) est dans la moyenne et la structure socio-professionnelle se distingue par la présence d'ouvriers (29%) et de fonctionnaires (11%) en légère surreprésentation. Comme pour le groupe 1, la part des couples avec enfant(s) (28%) et des ménages monoparentaux (13%) est élevée et la taille moyenne des ménages (2,38) est importante. Par ailleurs, en matière de structure d'âge, on notera que les 65 ans et plus sont surreprésentés (15%).

Les indicateurs de motorisation des ménages sont supérieurs à la moyenne régionale : la part de ménages avec au moins une voiture atteint 56% et la part des ménages multi-motorisés 11%. On notera que malgré un niveau socio-économique dans la moyenne supérieure, la part des ménages bénéficiaires de voitures de société est inférieure à la moyenne. Ceci peut

raisonnablement être attribué à l'importance des ouvriers et des fonctionnaires dans la composition socio-professionnelle de ce groupe.

GROUPE 4 : DEUXIÈME COURONNE INTERMÉDIAIRE EST

- › accessibilité au territoire intermédiaire
- › revenus supérieurs à la moyenne
- › taille des ménages inférieure à la moyenne
- › surreprésentation des couples et des plus de 65 ans
→ 56% des ménages motorisés ; 12% de ménages multi-motorisés

Les secteurs du groupe 4 sont localisés en majorité au niveau de la Moyenne ceinture, plutôt en Deuxième couronne, dans le quart sud-est de la Région. En moyenne, les secteurs du groupe 4 englobent des espaces un peu moins accessibles à la fois que le groupe 2 et que la moyenne régionale, tant par rapport aux commerces de base (190 mètres à vol d'oiseau en moyenne) que par rapport à l'accessibilité du territoire en transport public (temps de déplacement moyen de 37 minutes). De même, la disponibilité en accès carrossables est légèrement supérieure à la moyenne régionale (5 accès pour 100 ménages). Sur le plan socio-économique, les ménages ont un niveau de standing supérieur : plus de 50% de personnes sont diplômées de l'enseignement supérieur, le revenu médian imposable dépasse 24 000€ et le taux de chômage est relativement faible (moins de 8%). Sur le plan socio-démographique, la taille des ménages (2,00 personnes par ménage) est supérieure à celle du groupe 2, mais demeure inférieure à la moyenne régionale. On notera par contre la nette surreprésentation des couples (18%) ainsi que des personnes de 65 ans et plus (17%).

Les niveaux de motorisation dans le groupe 4 et le groupe 3 (« Deuxième couronne ouest ») sont très similaires, alors que les contextes socio-démographique et socio-économique sont très différents : 56% des ménages y disposent au moins d'une voiture et 12 % disposent de deux voitures ou plus. Par rapport au groupe 3, si la part de couples avec enfant(s) est faible, le standing socio-économique est en revanche plus élevé en moyenne. Ceci explique d'ailleurs que la part de ménages qui disposent d'une voiture de société y est beaucoup plus importante (12%).

GROUPE 5 : DEUXIÈME COURONNE EXTERNE SUD-EST

- › accessibilité au territoire inférieure à mauvaise
- › revenus très supérieurs à la moyenne
- › beaucoup de ménages avec enfant(s) et de personnes de 65 ans et plus
→ 72% des ménages motorisés ; 25% de ménages multi-motorisés

Les secteurs de ce dernier groupe partagent les caractéristiques en matière de densité (23 ménages par ha) et d'accessibilité (379 mètres à vol d'oiseau en moyenne ; plus de 43 minutes pour atteindre 1 million de personnes) parmi les plus mauvaises du territoire bruxellois. Inversement, la disponibilité en accès carrossables est très importante (12 accès carrossables pour 100 ménages). Le standing socio-économique moyen est le plus élevé parmi les groupes considérés : près de 60% des habitants détiennent un diplôme de l'enseignement supérieur, le revenu médian atteint près de 28 000 €, le taux de chômage est à peine supérieur à 6 % et la part des logements occupés par leur propriétaire atteint 63 %. Sur le plan socio-démographique, la taille moyenne des ménages est très élevée (2,37 habitants par ménage), en raison notamment d'une surreprésentation de couples avec enfants (30 %) et de ménages monoparentaux (12 %). La population âgée de 65 ans et plus y est également élevée (19 %).

Ce dernier groupe cumule tous les facteurs, chacun à un degré très élevé, qui favorisent des niveaux de motorisation des ménages considérables. Il n'est donc pas surprenant de constater que les ménages équipés d'au moins une voiture y sont nettement plus présents que dans les autres groupes (72 %). C'est aussi, surtout, le seul groupe où la part des ménages multi-motorisés est substantielle : 25% des ménages disposent de deux voitures ou plus. Avec plus d'un ménage sur six concernés, la présence de voitures de société compose également une part considérable des intensités de motorisation locales.

DES DÉPASSEMENTS LOCAUX À L'ORGANISATION SPATIALE EN GROUPES

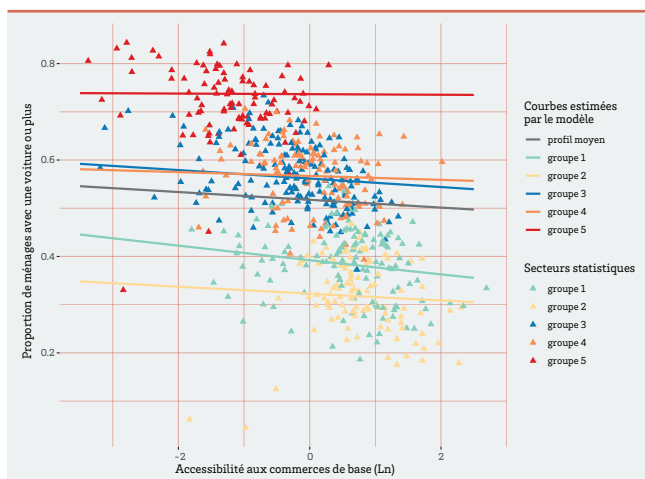
Les caractérisations spatiales moyennes apportées aux groupes présentés ci-dessus sont évidemment un peu abusives dans la mesure où le territoire de chaque type déborde de sa zone éponyme. De nombreuses particularités locales dérogent ainsi à la « règle » de ces appellations.

Ces exceptions correspondent bien souvent aux particularités locales en matière d'équipement automobile des ménages qui ont été identifiées dans le FOCUS de l'IBSA n°53 :

- Les **secteurs de logement social** sont fréquemment affectés à des groupes caractérisés par un positionnement inférieur, sur l'axe socio-économique, par rapport aux quartiers alentour. En Deuxième couronne ouest, les secteurs de logement social appartiennent ainsi fréquemment au groupe 1, qu'on retrouve plutôt en Première couronne ouest (Peterbos, Hunderenveld, Cité Modèle, etc.). De même, En Deuxième couronne est, les secteurs de logement social appartiennent fréquemment au groupe 3 (Melkriek, Homborch Logis, Floréal, Kappelveld, etc.), voire au groupe 1 (Ernotte). Ceci traduit un accès plus faible à la mobilité automobile dans les quartiers de logements sociaux, où les habitants disposent en moyenne de ressources financières plus modestes et n'ont par ailleurs souvent pas passé le permis de conduire (Brandeleer *et al.*, 2018).
- Les **secteurs de campus universitaire** appartiennent au groupe 2 (« quartiers centraux est »), quelle que soit leur localisation : le campus Erasme à Anderlecht, le quartier des universités à Ixelles, avec entre autres les campus du Solbosch et de la Plaine, le campus de l'Alma et le site de l'hôpital Saint-Luc à Woluwe-Saint-Lambert. Ceci reflète un équipement automobile local très faible, lié à la surreprésentation d'étudiants ou de jeunes adultes, souvent isolés.

FIGURE 15 :

Proportions de ménages motorisés observées (symboles ponctuels) et estimées (courbes, selon le modèle 4) en fonction de l'accessibilité aux commerces de base.



- Les « **secteurs de chaussée** » sont également catégorisés dans des groupes qui se démarquent par un équipement automobile et des revenus plus faibles que les secteurs voisins. C'est manifestement le cas sur les chaussées d'Alsemberg et de Waterloo. La partie sud de l'avenue Louise se distingue au contraire par un équipement automobile plus important et un standing socio-économique plus élevé que les secteurs qui lui sont contigus.

On notera également que le groupe 5 (« Deuxième couronne externe sud-est »), qui caractérise les secteurs les plus motorisés, est également attribué à certains secteurs en bordure ouest de la Région. Il s'agit de quartiers localement plus cosus : le secteur Neerpede à Anderlecht, certains secteurs de Berchem-Sainte-Agathe, à proximité du Bois de Wilder, ou de Ganshoren et Jette, à proximité du Bois du Laerbeek.

Enfin, en Première couronne, les secteurs « Rogier » et « Vergote » accueillent des populations notablement plus aisées et plus motorisées que les secteurs dans leur voisinage direct.

FIGURE 16 :

Proportions de ménages motorisés observées (symboles ponctuels) et estimées (courbes, selon le modèle 4) en fonction de l'accessibilité « régionale » en transport public.

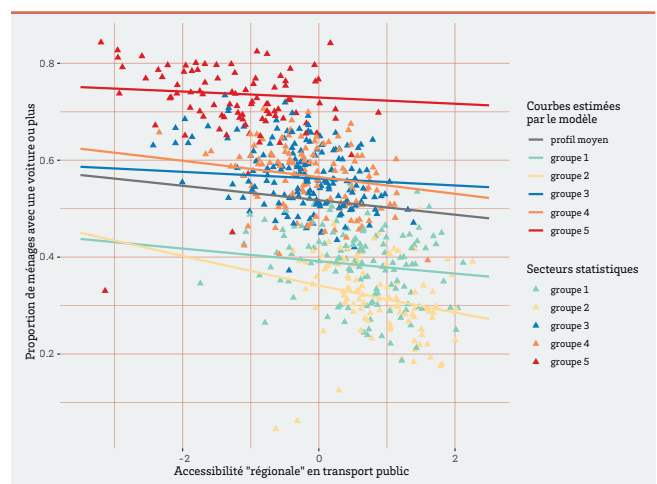
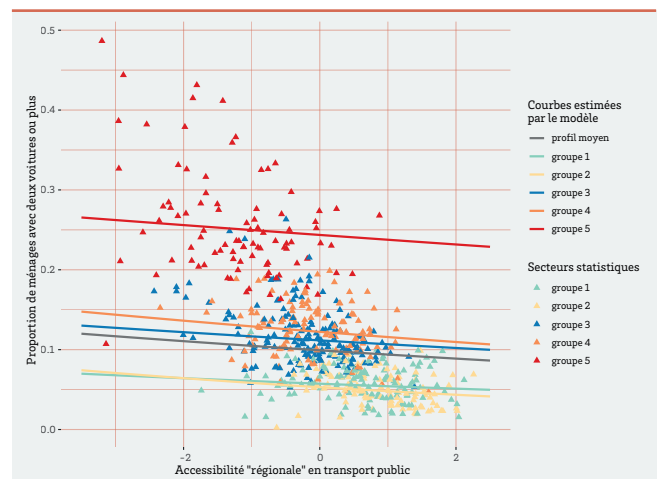


FIGURE 17 :

Proportions de ménages multi-motorisés observées (symboles ponctuels) et estimées (courbes, selon le modèle 8) en fonction de l'accessibilité « régionale » en transport public.



4.

CONCLUSIONS, DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES

La recherche d'**effets** éventuels **liés aux caractéristiques du contexte résidentiel** n'a pas déçu.

- › Qu'il s'agisse des ménages équipés d'au moins une voiture ou de deux voitures et plus, une bonne **accessibilité au territoire** produit un effet limitant sur l'équipement automobile local. Ceci se vérifie autant pour l'**accessibilité** au territoire **local** (accès aux commerces de base, densité de population) que l'**accessibilité « régionale » en transport public**. Ceci invite à agir sur la motorisation au-travers de
 - la densification des services de base ;
 - la localisation des équipements supra-locaux (pôles d'emplois, lieux d'études, pôles de commerces, hôpitaux, etc.) dans des espaces très accessibles depuis l'ensemble de la Région ;
 - le renforcement de l'offre en transport public vers ces infrastructures
- › Le **stationnement en voirie** n'apparaît pas comme le facteur le plus déterminant de l'équipement automobile. Il n'est ainsi repris explicitement dans aucun des modèles présentés dans ce Cahier. Il est cependant représenté dans les modèles par d'autres variables (notamment la densité de ménages et le nombre d'entrées carrossables par ménage), au-travers desquels il produit un effet à la hausse sur les niveaux de motorisation.
- › Le **nombre d'accès carrossables par ménage**, qui signale aussi bien des capacités de stationnement hors voirie importantes que des espaces dominés par l'habitat en logement unifamilial, produit un effet à la hausse notable sur la part des ménages avec 2 voitures ou plus.

En matière de déplacement domicile-travail, **si la distance domicile-travail moyenne** explique très mal l'équipement automobile au lieu du domicile, **l'accessibilité moyenne en transport public des lieux de travail** produit un effet déterminant sur l'équipement automobile des ménages. Cet effet se confond avec l'accessibilité « régionale » en transport public en ce qui concerne la part des ménages équipés d'une voiture ou plus. Plus l'accessibilité du lieu de travail est bonne, moins la part locale de ménages (multi-)motorisés est élevée, et inversement. Ce résultat renforce la légitimité des leviers d'action visant à mettre en cohérence les lieux d'emplois avec la desserte en transport public.

Les analyses mettent également en évidence **un effet propre, haussier, à la mise à disposition de voitures de société sur le niveau d'équipement des ménages**. Pour trivial qu'il peut

sembler, ce résultat confirme qu'il n'y a pas d'effet de substitution total entre les voitures possédées en propre par les ménages et les voitures de société mises à disposition par les entreprises (Laine et Van Steenberghe, 2016). Ainsi, une voiture de société a tendance à s'ajouter au parc automobile familial plutôt qu'à remplacer le(s) véhicule(s) déjà présent(s).

La composition socio-économique et socio-démographique des ménages est très déterminante des niveaux d'équipement automobile. En particulier, **le standing socio-économique** des secteurs statistiques et, à travers-lui, le niveau de **revenus**, apparaît comme le facteur le plus déterminant et tend à augmenter le niveau d'équipement automobile local. De même, **la taille des ménages, la part de couples avec enfant(s) et la part des personnes âgées de 65 ans et plus** (effet générationnel des personnes nées avant 1955) produisent un effet à la hausse sur l'équipement automobile local. En cela, les analyses menées ici confirment à l'aide de données administratives au niveau des secteurs statistiques les constats descriptifs dégagés dans le Focus 32, fondés sur des données d'enquêtes collectées à l'échelle des ménages.

L'identification des facteurs explicatifs de l'équipement local des ménages permet de **replacer la géographie** de celui-ci **dans ses contextes explicatifs**. La géographie bruxelloise de l'équipement automobile suit une progression essentiellement concentrique : le niveau d'équipement augmente tendanciellement depuis le centre-ville, où il est le plus faible, vers les marges de la Région (Ermans et Henry, 2022). La géographie des facteurs explicatifs des niveaux de motorisation nuance cependant fortement ce schéma.

- › L'équipement automobile des ménages du **Pentagone** et de la **Première couronne** est partout globalement faible, même si légèrement supérieur dans la partie ouest. A l'ouest, ces niveaux sont atteints dans un contexte de ménages de grandes tailles et disposant de revenus modestes. A l'est au contraire, la présence de nombreuses personnes isolées, souvent de jeunes adultes, explique les niveaux de motorisation les plus faibles de la Région.
- › Les **quartiers de Deuxième couronne à l'ouest** et les quartiers de **Deuxième couronne intermédiaire à l'est** présentent également des profils de motorisation très proches, autour de la moyenne bruxelloise. Ici aussi cependant, les facteurs explicatifs divergent. À l'ouest, les ménages sont de taille importante, plus souvent avec des enfants alors que les revenus se situent dans la moyenne. À l'est, les

revenus sont au contraire très élevés, alors que la taille des ménages et la part de couples avec enfant(s) sont nettement inférieures à la moyenne

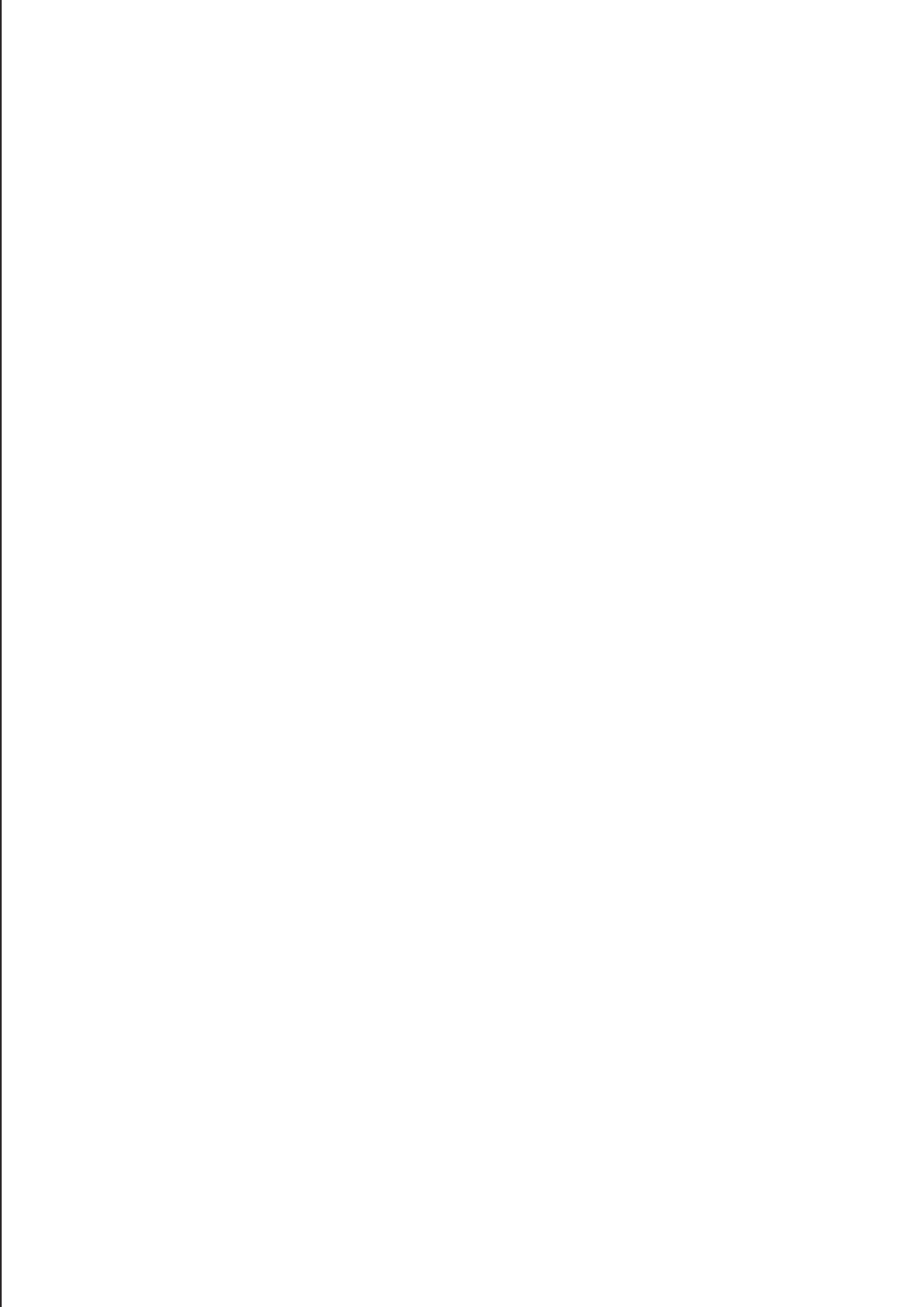
- Enfin, dans les quartiers de **Deuxième couronne à l'est**, les niveaux de motorisation les plus élevés de la Région s'expliquent par le cumul de tous les facteurs favorables : la densité et l'accessibilité « régionale » en transport public sont faibles, les revenus sont parmi les plus élevés en Région bruxelloise et la part des couples avec enfant(s) est importante.

Pour les ménages qui disposent de revenus modestes, le coût d'accès à la mobilité automobile est plus contraignant. De ce point de vue, l'analyse montre que, dans les quartiers où sont surreprésentés les ménages peu aisés, l'effet de l'accessibilité au territoire sans voiture est plus important. En d'autres termes, les résultats confirment que **l'accessibilité au territoire représente une ressource qui permet aux ménages modestes de se passer de voiture** (Madré *et al.*, 1988 ; Fol et Gallez, 2017). À Bruxelles, les ménages avec peu de revenus disposent en moyenne d'une bonne accessibilité au territoire. Les quartiers de logements sociaux localisés en Deuxième couronne constituent cependant des exceptions notables à cette tendance moyenne (Lebrun, 2018). De plus, la hausse des prix immobiliers et les phénomènes de gentrification occasionnent des migrations résidentielles sortantes, depuis les quartiers centraux (à l'intérieur de la moyenne ceinture), qui touchent en particulier les classes populaires (Van Criekingen, 2006 ; De Laet, 2018). Les ménages concernés perdent ainsi l'accès aux ressources qu'offrent les espaces centraux denses pour accomplir les activités quotidiennes sans voiture. À terme, la relativement bonne coïncidence entre les espaces qui bénéficient d'une bonne accessibilité au territoire et les espaces résidentiels des ménages populaires pourrait être remise en cause. De ce point de vue, les questions d'inégalités sociales de mobilité, via l'accessibilité au territoire, se posent en termes d'accès au logement.

L'analyse montre également que la surreprésentation locale de **ménages de taille importante, de couples avec enfant(s), limite l'effet modérateur de l'environnement résidentiel sur l'équipement automobile**. D'une part, la mobilité automobile offre une flexibilité souvent perçue comme nécessaire pour l'accompagnement des enfants (Demoli et Gilow, 2019). D'autre part, ce résultat reflète la difficulté à se déplacer avec des enfants sans voiture. À cet égard, il invite à penser davantage l'offre de transport alternative à la voiture en matière d'accompagnement d'enfant(s), qu'il s'agisse des cheminements piétons et cyclistes ou des déplacements en transport public (Montulet et Hubert, 2008). Même si les données traitées dans ce *Cahier* permettent difficilement de faire remonter explicitement la dimension de genre, l'accompagnement des enfants s'insère dans la problématique plus large du travail domestique mobile, essentiellement assumé par les femmes (Coutras, 1997 ; Demoli et Gilow, 2019). À ce titre, le renforcement de la qualité de l'accessibilité au territoire avec des enfants constitue un enjeu de réduction des pénibilités de déplacement qui incombent plus spécifiquement aux femmes, en raison de l'assignation inégale des tâches mobiles entre les genres.

Enfin, **les caractéristiques liées au contexte résidentiel local exercent un effet sur l'équipement automobile sensiblement moins important par rapport à la composition socio-démographique et socio-économique des secteurs**. Cet effet aurait été vraisemblablement plus important si la proche périphérie bruxelloise, très peu accessible sans voiture, avait été incluse dans l'analyse. Néanmoins, ce constat s'applique ailleurs également (Potoglou et Kanaroglou, 2008; Cao *et al.*, 2019) et témoigne en partie du niveau encore poussé de démocratisation de la voiture et des bénéfices considérables associés à la mobilité automobile (Demoli et Lannoy, 2019). Cette **situation n'est cependant pas figée** et est appelée à évoluer. Dans un contexte d'augmentation tendancielle des prix de l'énergie et d'application de mesures strictes en matière de caractéristiques environnementales des véhicules, l'achat et la possession automobile pourrait durablement se renchérir. Ce contexte serait favorable à un renforcement de l'effet de l'environnement résidentiel sur les niveaux futurs de motorisation des ménages (Boussauw et Witlox, 2011). Par ailleurs, les espaces dédiés à la voiture ont tendance à reculer à Bruxelles, tandis que, au contraire, l'offre de transport alternative tend à se renforcer (Brandeleer *et al.*, 2015). Cette évolution devrait également entraîner une amélioration relative de l'attractivité de l'accessibilité au territoire sans voiture.

Sous l'angle des **trajectoires individuelles**, le recul de l'âge au passage du permis de conduire (IBSA, 2016) témoigne de socialisations à la conduite automobile de plus en plus tardives parmi les jeunes adultes. Le contexte générationnel produisant des effets perceptibles sur les pratiques d'équipement automobile, ceci augure vraisemblablement d'une baisse relative de la demande de voiture parmi cette génération. Cette situation peut s'expliquer par un retard générationnel des calendriers de vie (entrée dans la vie active, mise en couple, etc.), dans un contexte où la mobilité automobile est un poste de dépense important, en concurrence notamment avec le logement (Demoli, 2017a). Dans le même ordre d'idée, le recul de l'âge au premier enfant retarde les besoins de mobilité associés à la parentalité, ce qui peut également, à terme, limiter la demande de mobilité automobile (Oakil *et al.*, 2016b). À Bruxelles, on peut noter que la croissance de la population, depuis la fin des années 90, s'est davantage portée sur l'ouest et le nord de la Région, tant en Première qu'en Seconde couronne (Hermia, 2016). Dans un contexte de contraction globale de l'équipement automobile des ménages (IBSA, 2019), beaucoup de jeunes Bruxellois et Bruxelloises ont de ce fait grandi dans des espaces caractérisés par un équipement automobile relativement plus faible et une accessibilité au territoire sans voiture relativement bonne, en particulier par rapport aux espaces de Seconde couronne du quadrant sud-est. On peut de ce point de vue émettre l'hypothèse qu'ils ont, moins que les générations précédentes, développé une appétence particulière pour la mobilité automobile.



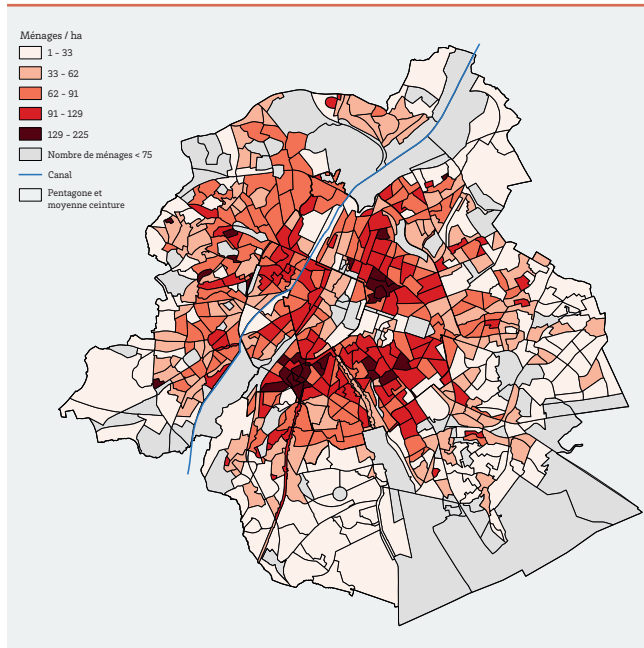
ANNEXES

- › Annexe 1 : Indicateurs repris dans l'analyse des niveaux d'équipement automobile des ménages par secteur statistique.
- › Annexe 2 : Densité de ménages.
- › Annexe 3 : Accessibilité aux commerces de base.
- › Annexe 4 : Capacités de stationnement en voirie.
- › Annexe 5 : Accès carrossables par ménage.
- › Annexe 6 : Première composante extraite par ACP sur les variables liées à l'environnement urbain.
- › Annexe 7 : Facteur « Taille des ménage ». Premier facteur extrait par AFM sur les indicateurs de contexte socio-démographique.
- › Annexe 8 : Facteur « standing socio-économique ». Premier facteur extrait par AFM sur les indicateurs de contexte socio-économique.
- › Annexe 9 : Facteur « part des 65 ans et plus ». Deuxième facteur extrait par AFM sur les indicateurs de contexte socio-démographique.
- › Annexe 10 : Résultats de régression complets pour les modèles de la part des ménages avec 1 voiture ou plus.
- › Annexe 11 : Résultats de régression complets pour les modèles de la part des ménages avec deux voitures ou plus.
- › Annexe 12 : Table des corrélations des indicateurs utilisés pour construire les modèles 1 à 8.

ANNEXE 1 : Indicateurs repris dans l'analyse des niveaux d'équipement automobile des ménages par secteur statistique.

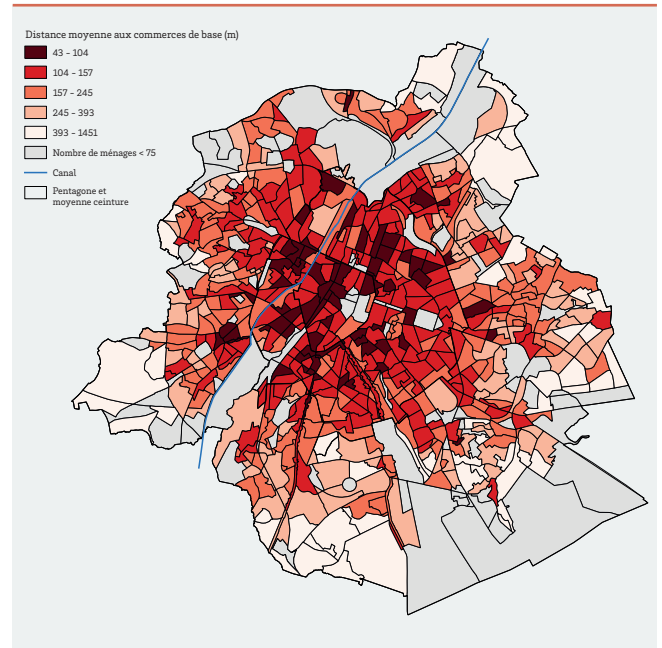
Thème	Indicateur	Unités	Source	Année	Classes
Équipement automobile	Part des ménages motorisés (une voiture ou plus)	%	Statbel (Databel – possession de voitures par ménage), calculs IBSA	2019	-
Équipement automobile	Part des ménages multi-motorisés (deux voitures ou plus)	%	Statbel (Databel – possession de voitures par ménage), calculs IBSA	2019	-
Équipement automobile	Part des ménages avec voiture de société	%	Statbel (Databel – possession de voitures par ménage), calculs IBSA	2019	-
Environnement urbain	Accessibilité « régionale » au territoire en transport public	minute	De Lijn, SNCB, STIB, TEC (GTFS), calculs BM & IBSA; Statbel (RN) ; calculs IBSA	2015, 2019	-
Environnement urbain	Densité de ménages	ménage / ha	Statbel (RN), calculs IBSA	2019	-
Environnement urbain	Accessibilité aux commerces de base	mètre	hub.brussels, calculs ULB-IGEAT	2020	-
Environnement urbain	Place de stationnement en voirie par ménage	place / ménage	parking.brussels, calculs IBSA	2020	-
Environnement urbain	Entrées de garage par ménage	entrée carros-sable / ménage	parking.brussels, calculs IBSA	2020	-
Déplacements domicile-travail	Accessibilité moyenne du lieu de travail en transport public	minute	De Lijn, SNCB, STIB, TEC (GTFS), calculs BM & IBSA; Statbel (Census 2011) ; calculs IBSA	2015, 2011	-
Déplacements domicile-travail	Distance domicile-travail moyenne	mètre	Statbel (Census 2011), calculs IBSA	2011	-
Composition socio-économique	Taux de chômage	%	Banque carrefour de la sécurité sociale (BCSS), calculs IBSA	2018	-
Composition socio-économique	Part de la population selon le niveau de diplôme	%	Statbel (Census 2011)	2011	[secondaire inférieur ; secondaire supérieur ; supérieur]
Composition socio-économique	Statut socio-professionnel des travailleurs	%	Statbel (Census 2011)	2011	[OUVRIER ; employé ; indépendant ; dirigeant d'entreprise]
Composition socio-économique	Part des logements occupés par leur propriétaire	%	Statbel (Census)	2017	-
Composition socio-économique	Médiane des revenus déclarés soumis à l'impôt sur les personnes physiques	euro	Statbel (Statistique fiscale des revenus)	2018	-
Composition socio-démographique	Part de la population par tranche d'âge	%	Statbel (RN)	2019	[0-4 ans ; 5-11 ans ; 12-17 ans ; 18-29 ans ; 30-44 ans ; 45-64 ans ; 65-79 ans ; 80 ans et +]
Composition socio-démographique	Part de la population selon le type de ménage	%	Statbel (RN)	2019	[isolés ; couples sans enfant ; couples avec enfant(s) ; ménages monoparentaux]
Composition socio-démographique	Taille moyenne des ménages	Personne(s) / ménage	Statbel (RN)	2019	-

ANNEXE 2 :
Densité de ménages.



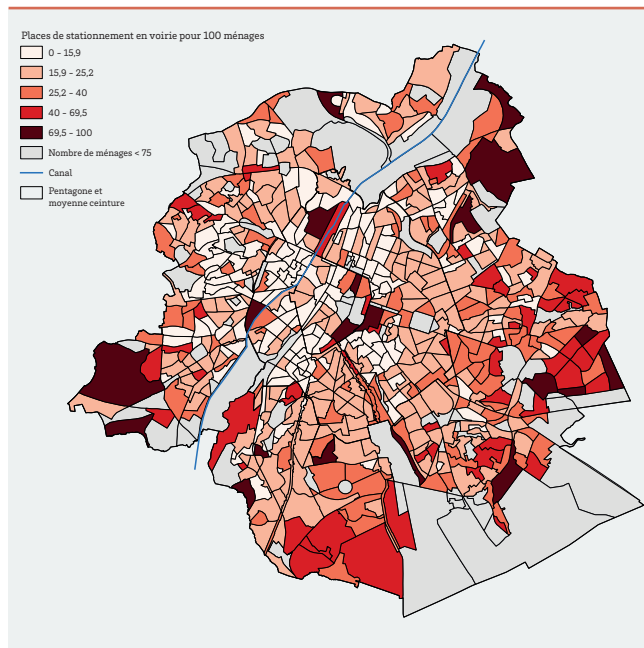
Source : Statbel (RN), 2019.

ANNEXE 3 :
Accessibilité aux commerces de base.



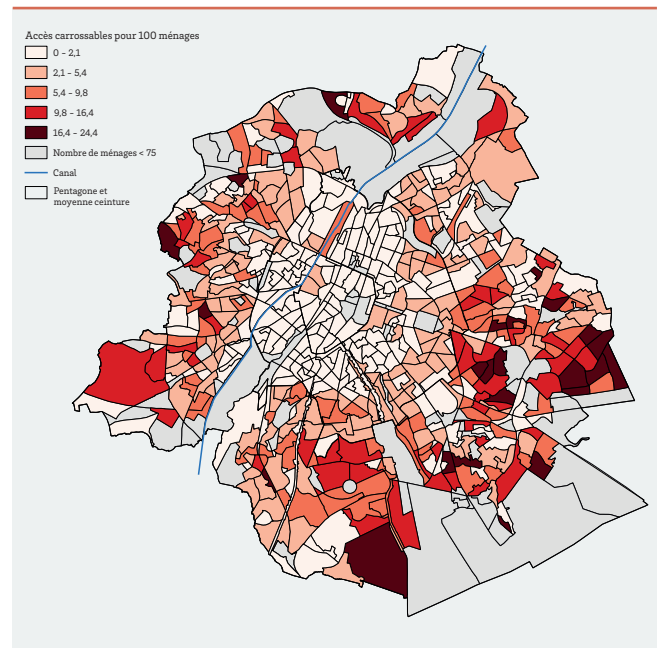
Source : hub.brussels (Relevés), calculs ULB - IGEAT, 2020.

ANNEXE 4 :
Capacités de stationnement en voirie.



Source : parking.brussels (Relevés), 2020, calculs IBSA.

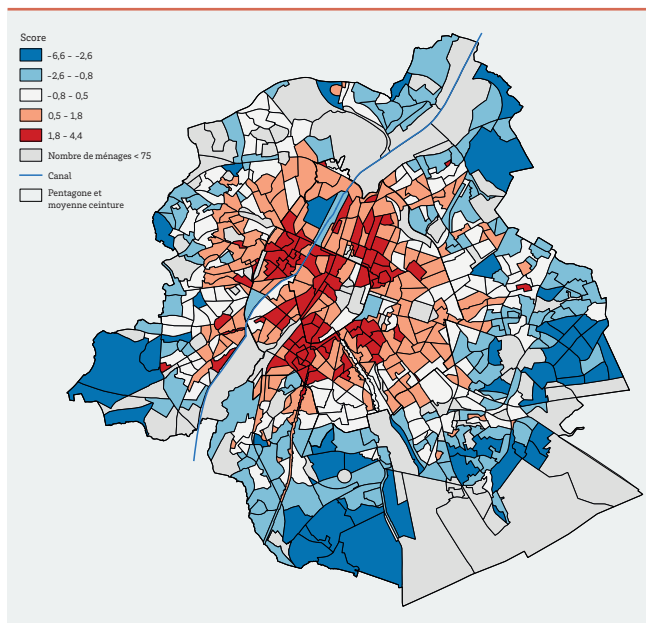
ANNEXE 5 :
Accès carrossables par ménage.



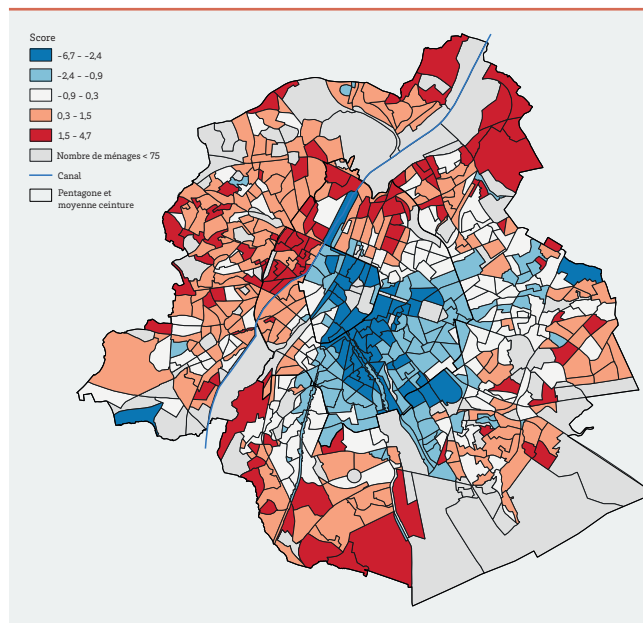
Source : parking.brussels (Relevés), 2020, calculs IBSA.

ANNEXE 6 :

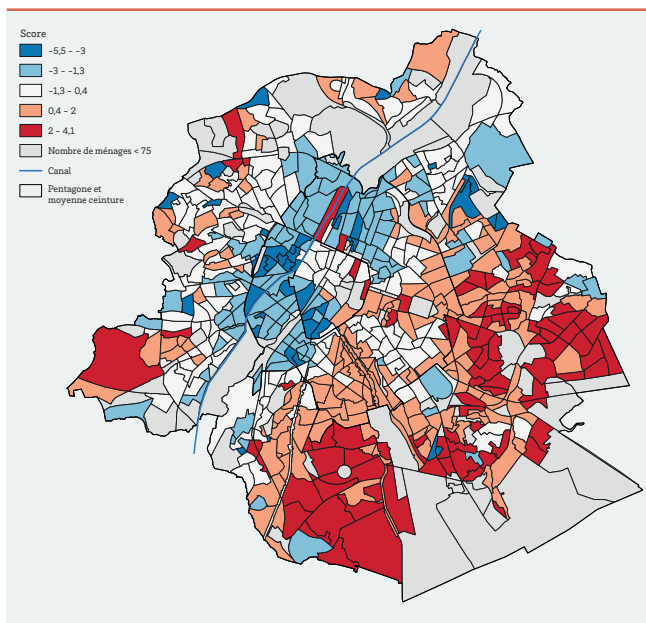
Première composante extraite par ACP sur les variables liées à l'environnement urbain.

**ANNEXE 7 :**

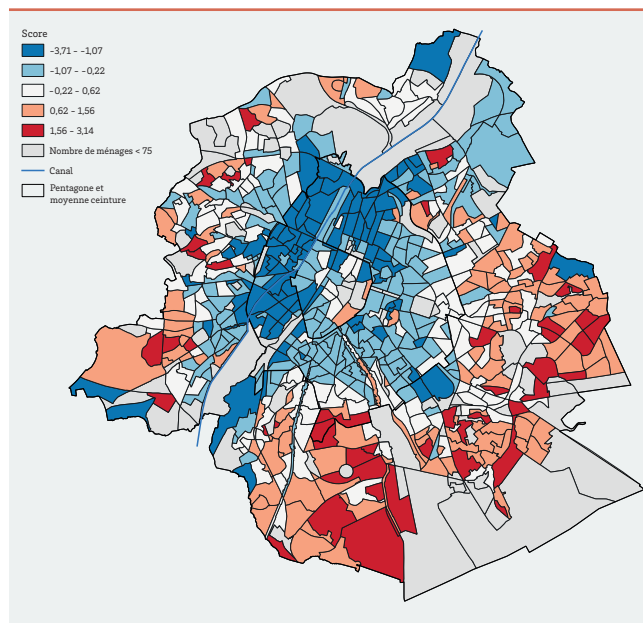
Facteur « Taille des ménage ». Premier facteur extrait par AFM sur les indicateurs de contexte socio-démographique.

**ANNEXE 8 :**

Facteur « standing socio-économique ». Premier facteur extrait par AFM sur les indicateurs de contexte socio-économique.

**ANNEXE 9 :**

Facteur « part des 65 ans et plus ». Deuxième facteur extrait par AFM sur les indicateurs de contexte socio-démographique.



ANNEXE 10 : Résultats de régression complets pour les modèles de la part des ménages avec 1 voiture ou plus.

Variables prédictives		Part des ménages avec au moins 1 voiture			
		(1)	(2)	Modèles additifs (3)	Modèle avec interactions (4)
Moyenne					
	(Ordonnée à l'origine)	0,04 [0,02 0,07]**	0,05 [0,04 0,06]***	0,05 [0,04 0,06]***	0,07 [0,06 0,08]***
(a)	Densité de ménages	-0,08 [-0,11 -0,05]***	-	-	-
(b)	Distance moyenne aux commerces de base (Ln)	-0,09 [-0,13 -0,06]***	-0,03 [-0,05 -0,02]***	-0,03 [-0,05 -0,02]***	-0,03 [-0,05 -0,01]***
(c)	Accessibilité au territoire "régional" en transport public	-0,14 [-0,18 -0,11]***	-0,05 [-0,07 -0,03]***	-0,05 [-0,07 -0,03]***	-0,06 [-0,08 -0,04]***
(d)	Nombre d'entrées carrossables par ménage (Racine)	0,22 [0,19 0,25]***	-	-	-
(e)	Nombre de places de stationnement en voirie par ménage	-	-	-	-
(f)	MEM8	0,20 [0,17 0,22]***	0,05 [0,04 0,07]***	0,05 [0,04 0,07]***	0,04 [0,03 0,06]***
(g)	Facteur "standing socio-économique"		0,41 [0,39 0,43]***	0,41 [0,39 0,43]***	0,41 [0,40 0,43]***
(h)	Facteur "taille des ménages"		0,37 [0,35 0,38]***	0,37 [0,35 0,38]***	0,36 [0,34 0,38]***
(i)	Facteur "part des 65 ans et +"		0,13 [0,12 0,15]***	0,13 [0,12 0,15]***	0,13 [0,11 0,15]***
(j)	Distance domicile-travail moyenne			-	
(k)	Accessibilité du lieu de travail en transport public en moyenne			-	
(l)	Part des ménages avec voiture de société			-	
(b) x (g)	Distance moyenne aux commerces de base (Ln) x Facteur "standing socio-économique"				0,02 [0,01 0,03]**
(c) x (h)	Accessibilité au territoire "régional" en transport public x Facteur "taille des ménages"				0,02 [0,00 0,04]*
(c) x (f)	Accessibilité au territoire "régional" en transport public x MEM8				0,03 [0,01 0,05]***
Paramètre de précision					
	(Ordonnée à l'origine)	2,52 [1,43 3,61]***	0,61 [-0,38 1,59]	0,61 [-0,38 1,59]	0,77 [-0,22 1,75]
	Nombre de ménages (Ln)	0,20 [0,03 0,37]*	0,72 [0,57 0,87]***	0,72 [0,57 0,87]***	0,71 [0,56 0,86]***
	Distance moyenne aux commerces de base (Ln)	0,38 [0,24 0,52]***	0,26 [0,13 0,39]***	0,26 [0,13 0,39]***	0,32 [0,19 0,45]***
	MEM8		0,20 [0,08 0,33]**	0,20 [0,08 0,33]**	0,27 [0,15 0,40]***
	Densité de ménages	0,32 [0,16 0,48]***			
	Nombre d'entrées carrossables par ménage (Racine)	0,58 [0,46 0,71]***			
	Facteur "standing socio-économique"				
	Accessibilité du lieu de travail en transport public				
Adéquation du modèle					
	AIC	-1.538	-2459,071	-2459,071	-2.513
	BIC	-1.490	-2410,203	-2410,203	-2.451
	-2LogLik	-1.560	-2481,071	-2481,071	-2.541
	DL utilisés (résiduels)	11 (617)	11 (617)	11 (617)	14 (614)
Test de Moran (I) sur les résidus					
	valeur-p	0,000***	0,524	0,524	0,583

ANNEXE II : Résultats de régression complets pour les modèles de la part des ménages avec deux voitures ou plus.

Variables prédictives		Part des ménages avec 2 voitures et plus			
		(5)	(6)	Modèles additifs (7)	Modèle avec interactions (8)
Moyenne					
	(Ordonnée à l'origine)	-2,16 [-2,19 -2,13]***	-2,20 [-2,22 -2,18]***	-2,21 [-2,22 -2,19]***	-2,20 [-2,22 -2,19]***
(a)	Densité de ménages	-0,20 [-0,23 -0,16]***	-0,07 [-0,09 -0,05]***	-0,05 [-0,07 -0,02]***	-0,06 [-0,08 -0,04]***
(b)	Distance moyenne aux commerces de base (Ln)	-0,11 [-0,16 -0,07]***	-	-	-
(c)	Accessibilité au territoire "régional" en transport public	-0,18 [-0,21 -0,14]***	-0,08 [-0,10 -0,06]***	-0,04 [-0,06 -0,01]*	-0,05 [-0,07 -0,02]**
(d)	Nombre d'entrées carrossables par ménage (Racine)	0,26 [0,23 0,29]***	0,07 [0,05 0,09]***	0,08 [0,06 0,09]***	0,08 [0,06 0,10]***
(e)	Nombre de places de stationnement en voirie par ménage	-	-	-	-
(f)	MEM8				
(g)	Facteur "standing socio-économique"		0,43 [0,40 0,46]***	0,33 [0,29 0,37]***	0,44 [0,41 0,46]***
(h)	Facteur "taille des ménages"		0,32 [0,30 0,34]***	0,33 [0,31 0,35]***	0,34 [0,32 0,36]***
(i)	Facteur "part des 65 ans et +"		0,08 [0,06 0,11]***	0,12 [0,09 0,14]***	0,09 [0,07 0,12]***
(j)	Distance domicile-travail moyenne			-	
(k)	Accessibilité du lieu de travail en transport public en moyenne			-0,05 [-0,07 -0,03]***	-0,06 [-0,08 -0,04]***
(l)	Part des ménages avec voiture de société			0,10 [0,06 0,13]***	
(c) x (g)	Accessibilité en transport public x Facteur "standing socio-économique"				0,04 [0,02 0,07]***
(c) x (h)	Accessibilité en transport public x Facteur "taille des ménages"				0,04 [0,02 0,06]***
(c) x (a)	Accessibilité au territoire "régional" en transport public x Densité de ménages				0,04 [0,02 0,07]***
Paramètre de précision					
	(Ordonnée à l'origine)	2,15 [1,07 3,22]***	0,45 [-0,64 1,53]	-0,28 [-1,18 0,62]	-0,69 [-1,59 0,21]
	Nombre de ménages (Ln)	0,37 [0,20 0,53]***	0,80 [0,64 0,97]***	0,93 [0,79 1,06]***	0,99 [0,85 1,13]***
	Distance moyenne aux commerces de base (Ln)	0,38 [0,24 0,52]***			
	MEM8				
	Densité de ménages	0,33 [0,16 0,49]***	0,21 [0,06 0,37]**		
	Nombre d'entrées carrossables par ménage (Racine)	0,46 [0,33 0,58]***	0,22 [0,08 0,36]**		
	Facteur "standing socio-économique"		-0,18 [-0,32 -0,05]**		
	Accessibilité du lieu de travail en transport public			-0,12 [-0,23 -0,01]*	-0,17 [-0,28 -0,06]**
Adéquation du modèle					
	AIC	-2.634	-3.322	-3.369	-3.357
	BIC	-2.589	-3.269	-3.316	-3.295
	-2LogLik	-2.589	-3.346	-3.393	-3.385
	DL utilisés (résiduels)	10 (618)	12 (616)	12 (616)	14 (614)
Test de Moran (I) sur les résidus					
	valeur-p	0,004**	0,387	0,569	0,568

ANNEXE 12 : Table des corrélations des indicateurs utilisés pour construire les modèles 1 à 8.

	Part des ménages avec 1 voiture ou plus	Part des ménages avec 2 voitures ou plus	Part des ménages avec voiture(s) de société	Facteur "standing socio-économique"	Facteur "taille des ménages"	Facteur "part des 65 ans et plus"	Accessibilité "régionale" en transport public	Densité de ménages	Accès aux commerces de base (Ln)	Nombre d'accès carrossables par logement (racine)	Nombre de places de stationnement en voirie par ménage (racine)	Accessibilité moyenne au lieu de travail	Distance moyenne domicile-travail	MEM n°8
Part des ménages avec 1 voiture ou plus	1	0,86 ***	0,7 ***	0,68 ***	0,49 ***	0,66 ***	-0,69 ***	-0,57 ***	-0,64 ***	0,65 ***	0,36 ***	0,44 ***	0,15 ***	0,64 ***
Part des ménages avec 2 voitures ou plus		1	0,79 ***	0,71 ***	0,36 ***	0,61 ***	-0,69 ***	-0,59 ***	-0,66 ***	0,7 ***	0,47 ***	0,49 ***	0,12 **	0,44 ***
Part des ménages avec voiture(s) de société			1	0,88 ***	-0,05	0,55 ***	-0,49 ***	-0,49 ***	-0,44 ***	0,59 ***	0,42 ***	0,42 ***	-0,02	0,21 ***
Facteur "standing socio-économique"				1	-0,21 ***	0,61 ***	-0,42 ***	-0,43 ***	-0,39 ***	0,57 ***	0,36 ***	0,31 ***	-0,09 *	0,17 ***
Facteur "taille des ménages"					1	0,00	-0,33 ***	-0,26 ***	-0,3 ***	0,26 ***	0,07	0,17 ***	0,3 ***	0,57 ***
Facteur "part des 65 ans et plus"						1	-0,52 ***	-0,36 ***	-0,52 ***	0,42 ***	0,32 ***	0,32 ***	0,04	0,33 ***
Accessibilité "régionale" en transport public							1	0,51 ***	0,72 ***	-0,46 ***	-0,4 ***	-0,7 ***	-0,13 **	-0,5 ***
Densité de ménages								1	0,61 ***	-0,44 ***	-0,64 ***	-0,29 ***	-0,09 **	-0,42 ***
Accès aux commerces de base (Ln)									1	-0,42 ***	-0,49 ***	-0,43 ***	-0,13 ***	-0,46 ***
Nombre d'accès carrossables par logement (racine)										1	0,36 ***	0,30 ***	0,10 **	0,31 ***
Nombre de places de stationnement en voirie par ménage (racine)											1	0,28 ***	-0,01	0,18 ***
Accessibilité moyenne au lieu de travail												1	-0,18 ***	0,13 ***
Distance moyenne domicile - travail													1	0,27 ***
MEM8														1

GLOSSAIRE

› Structure spatiale concentrique

Caractérise la configuration spatiale d'un phénomène qui varie graduellement, depuis un centre vers une périphérie. La représentation spatiale donne à voir une succession de cercles de tailles croissantes depuis un centre partagé.

› Motorisation

La motorisation renvoie à l'équipement en voitures personnelles. On distingue :

- Les ménages **non motorisés**, qui ne disposent d'aucune voiture ;
- Les ménages **mono-motorisés**, qui disposent d'exactement une voiture ;
- Les ménages **motorisés**, qui disposent d'une voiture ou plus ;
- Les ménages **multi-motorisés**, qui disposent de deux voitures ou plus.

› Pentagone

Zone de Bruxelles située à l'intérieur des boulevards de la petite ceinture. Il s'agit de la ville qui était anciennement protégée par les murs d'enceinte. Le nom de cette zone vient de la forme que dessine le tracé des anciennes murailles.

› Première couronne

Désigne les quartiers situés entre les boulevards de la petite ceinture et la moyenne ceinture de boulevards : avenue Churchill (au sud), les Boulevards militaires (à l'est: Général Jacques, Général Meiser, Brand Whitlock, Auguste Reyers, Général Wahis) et les voies de chemin de fer (à l'ouest).

› Proche périphérie bruxelloise

Zone limitrophe à la région bruxelloise constituée des sections de communes situées à moins de 2 km de la limite régionale.

› Réseau de voisinage

Type de contiguïté considérée pour la définition des relations de voisinage lorsqu'on étudie l'autocorrélation spatiale. Au sens de la contiguïté « Rook » (tour au jeu d'échecs), deux voisins partagent au moins un segment de frontière commun. Au sens de la contiguïté « Queen » (reine au jeu d'échecs), deux voisins partagent au moins un point de frontière commune (de Bellefon *et al.*, 2018).

› Seconde couronne

Désigne les quartiers situés le plus à l'extérieur de la ville, au-delà de la moyenne ceinture de Boulevard : avenue Churchill (au sud), les Boulevards militaires (à l'est: Général Jacques, Général Meiser, Brand Whitlock, Auguste Reyers, Général Wahis) et les voies de chemin de fer (à l'ouest).

› Secteur de logements sociaux

Secteur statistique qui se distingue par une présence dominante de logements sociaux dans le parc résidentiel local.

› Secteur de chaussée

Secteur statistique long dessiné autour d'un axe routier structurant, généralement une chaussée. Ils ont été définis originellement pour tenir compte des singularités morphologiques des voiries concernées par rapport aux voiries latérales. Il s'agit d'une particularité du découpage en secteurs statistiques de la Région bruxelloise, où ils n'ont par ailleurs pas été définis de manière cohérente sur l'ensemble du territoire. On comptabilise ainsi seulement 9 secteurs de chaussée, localisés le long de la rue Weyez, de la chaussée d'Alsemberg, de l'avenue Louise, de la chaussée de Waterloo et de l'avenue des Croix de Feu (Decroly *et al.*, 2022).

› Voiture de société

Véhicule privé mis à la disposition d'une travailleuse ou d'un travailleur par sa société ou son employeur et qui peut être utilisée pour des besoins privés. Les cheffes et chefs d'entreprise (statut indépendant) de même que les salariés et salariés peuvent donc bénéficier du système (May, 2017).

ABRÉVIATIONS

ACP - Analyse en composante principale

AFM - Analyse factorielle multiple

IBSA - Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse

MCO - Moindres carrés ordinaires

MEM - Moran's eigenvector map

PRDD - Plan Régional de Développement Durable

BIBLIOGRAPHIE

- › ANASTASOPOULOS P.C., KARLAFTIS M.G., HADDOCK J.E. & MANNERING F.L., 2012. Household Automobile and Motorcycle Ownership Analyzed with Random Parameters Bivariate Ordered Probit Model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. Vol. 2279, n° 1, pp. 12-20.
- › BE.BRUSSELS, 2018. *Plan régional de développement durable (PRDD)*. Bruxelles : Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale.
- › BELTON-CHEVALLIER L. [VNV], OPPENCHAIM N. [VNV] & VINCENT-GESLIN S., 2019. *Manuel de sociologie des mobilités géographiques*. CM. Tour : Presses Universitaires François Rabelais.
- › BM, 2021. *Good Move - Plan régional de mobilité 2020 - 2030*. Bruxelles : Bruxelles Mobilité.
- › BOUSSAUW K. & WITLOX F., 2011. Linking expected mobility production to sustainable residential location planning: some evidence from Flanders. *Journal of Transport Geography*. Vol. 19, n° 4, pp. 936-942.
- › BRANDELEER C., ERMANS T., HUBERT M., JANSSENS I., LANNOY P., LOIRC. & VANDERSTRAETEN P., 2016. *Le partage de l'espace public en Région de Bruxelles-Capitale*. Cahiers de l'Observatoire de la Mobilité de la Région de Bruxelles-Capitale, n° 5. Bruxelles : Camille Thiry.
- › BRANDELEER C., LEBRUN K., HUYNEN P. & HUBERT M., 2018. *L'équipement et les pratiques de mobilité des ménages locataires du secteur du logement social bruxellois. Analyse d'accessibilité et enquête pilote concernant deux sites de logements*. Bruxelles : Université Saint-Louis - Bruxelles (USL - B), Société du Logement de la Région de Bruxelles-Capitale.
- › CACCIARI J. & BELTON-CHEVALLIER L., 2020. La démotorisation des ménages comme analyseur de la diversité des expériences de socialisation à la « norme automobile ». *Flux*. Vol. N°119-120, n° 1, pp. 59.
- › CAILLY L., HUYGHE M. & OPPENCHAIM N., 2020. Les trajectoires mobilitaires : une notion clef pour penser et accompagner les changements de modes de déplacements ? *Flux*. Vol. N°121, n° 3, pp. 52.
- › CAO X. (Jason), NÆSS P. & WOLDAY F., 2019. Examining the effects of the built environment on auto ownership in two Norwegian urban regions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 67, pp. 464-474.
- › CLARK B., CHATTERJEE K. & MELIA S., 2016. Changes in level of household car ownership: the role of life events and spatial context. *Transportation*. Vol. 43, n° 4, pp. 565-599.
- › CLARK B., LYONS G. & CHATTERJEE K., 2016. Understanding the process that gives rise to household car ownership level changes. *Journal of Transport Geography*. Vol. 55, pp. 110-120.
- › COULANGEON P. & D. PETEVI., 2012. L'équipement automobile, entre contrainte et distinction sociale. *Economie et statistique*. Vol. 457, n° 1, pp. 97-121.
- › COUTRAS J., 1997. La mobilité quotidienne et les inégalités de sexe à travers le prisme des statistiques. *Recherches féministes*. Vol. 10, n° 2, pp. 77-90.
- › CRIBARI-NETO F. & ZEILEIS A., 2010. Beta Regression in R. *Journal of Statistical Software*. Vol. 34, n° 2.
- › DE BELLEFON M.-P., LOONIS V. & LEGLEUT R., 2018. Codifier la structure de voisinage. In : *Manuel d'analyse spatiale Théorie et mise en oeuvre pratique avec R*. Insee Méthodes, n° 131. Paris : Insee - Eurostat. pp. 33-50.
- › DE LAET S., 2018. Les classes populaires aussi quittent Bruxelles. Une analyse de la périurbanisation des populations à bas revenus. *Brussels Studies*.
- › DE WITTE A., 2012. *In-depth analysis of modal choice and travel behaviour in, to and from Brussels – Final Rapport*. Prospective Research for Brussels, Bruxelles : Innoviris.
- › DECROLY J.-M., MARISSAL P., MEDINA-LOCKHART P. & WAYENS B., 2022. *Vers une révision des secteurs statistiques en Région de Bruxelles-Capitale*. Bruxelles : Université Libre de Bruxelles (ULB), Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (IBSA).
- › DEMOLI Y., 2015. The social stratification of the costs of motoring in France (1984-2006). *International Journal of Automotive Technology and Management*. Vol. 15, n° 3, pp. 311.
- › DEMOLI Y., 2017a. Les jeunes et la voiture, un désir contrarié ? *Métropolitiques*.
- › DEMOLI Y., 2017b. Prendre ou laisser le volant. L'enracinement social de la pratique de la conduite automobile. *Recherche Transports Sécurité*. Vol. 2017, n° 01 02, pp. 83-101.
- › DEMOLI Y. & GILOW M.K., 2019. Mobilité parentale en Belgique : question de genre, question de classe: *Espaces et sociétés*. Vol. n° 176-177, n° 1, pp. 137-154.
- › DEMOLI Y. & LANNOY P., 2019. *Sociologie de l'automobile*. Repères. Paris : La Découverte.
- › DOUMA J.C. & WEEDON J.T., 2019. Analysing continuous proportions in ecology and evolution: A practical introduction to beta and Dirichlet regression. WARTON, D. (éd.), *Methods in Ecology and Evolution*. Vol. 10, n° 9, pp. 1412-1430.

- › DRAY S., LEGENDRE P. & PERES-NETO P.R., 2006. Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). *Ecological Modelling*. Vol. 196, n° 3 4, pp. 483-493.
- › DRAY S., PÉLISSIER R., COUTERON P., FORTIN M.-J., LEGENDRE P., PERES-NETO P.R., BELLIER E., BIVAND R., BLANCHET F.G., DE CÁCERES M., DUFOUR A.-B., HEEGAARD E., JOMBART T., MUNOZ F., OKSANEN J., THIOULOUSE J. & WAGNER H.H., 2012. Community ecology in the age of multivariate multiscale spatial analysis. *Ecological Monographs*. Vol. 82, n° 3, pp. 257-275.
- › DULYA O.V., MIKRYUKOV V.S. & HLYSTOV I.A., 2015. Interspecific differences in determinants of plant distribution in industrially polluted areas: Endogenous spatial autocorrelation vs. environmental parameters. *Plant and Soil*. Vol. 394, n° 1 2, pp. 329-342.
- › ERMANS T., 2019. *Les ménages bruxellois et la voiture*. Focus de l'IBSA, n° 32. Bruxelles : Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (IBSA).
- › ERMANST, BRANDELEERC., D'ANDRIMONT C., HUBERT M., MARISSAL P., VANDERMOTTEN C. & WAYENS B., 2019. *Analyse des déplacements domicile-travail et domicile-école en lien avec la Région de Bruxelles-Capitale*. Cahiers de l'observatoire de la mobilité de la Région de Bruxelles-Capitale, n° 6. Bruxelles : s.n.
- › ERMANS T. & HENRY A., 2022. *Où sont les voitures ? Une géographie de l'équipement automobile des ménages à Bruxelles et en périphérie proche*. Focus de l'IBSA, n° 53. Bruxelles : Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (IBSA).
- › ESCOFIER B. & PAGÈS J., 2008. *Analyses factorielles simples et multiples: objectifs, méthodes et interprétation*. Paris : Dunod.
- › FLOCH J.-M. & LE SAOUT R., 2018. Econométrie spatiale : modèles courants. In : *Manuel d'analyse spatiale Théorie et mise en oeuvre pratique avec R*. Insee Méthodes, n° 131. Paris : Insee - Eurostat. pp. 153-182.
- › FOL S. & GALLEZ C., 2017. Evaluer les inégalités sociales d'accès aux ressources. Intérêt d'une approche fondée sur l'accessibilité. *Riurba*. N° 4.
- › HANDYS.L. & NIEMEIER D.A., 1997. Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives. *Environment and Planning A: Economy and Space*. Vol. 29, n° 7, pp. 1175-1194.
- › HERMIA J.-P., 2016. *Baromètre démographique 2016 de la Région de Bruxelles-Capitale*. Focus de l'IBSA, n° 16. Bruxelles : Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (IBSA).
- › HUB.BRUSSELS, IGEAT - ULB, & PERSPECTIVE.BRUSSELS, 2019. *Le commerce bruxellois en chiffres. Analyse des comportements spatiaux d'achat des ménages bruxellois*. Observatoire du commerce, 2019. Bruxelles : Perspective. brussels.
- › IBSA, 2016. *Les jeunes, de moins en moins intéressés par le permis de conduire? A la Une*, 2016. Bruxelles : Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse.
- › IBSA, 2019. *Comment évolue la motorisation des ménages bruxellois?* Bruxelles : Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse.
- › KLINCEVICIUS M.G.Y., MORENCY C. & TRÉPANIER M., 2014. Assessing Impact of Carsharing on Household Car Ownership in Montreal, Quebec, Canada. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. Vol. 2416, n° 1, pp. 48-55.
- › LAINE B. & VAN STEENBERGEN A., 2016. *The fiscal treatment of company cars in Belgium : effects on car demand, travel behaviour and external costs*. Working Paper, n° 3 16. Bruxelles : Bureau Fédéral du Plan.
- › LE GALLO J., 2004. Hétérogénéité spatiale: Principes et méthodes. *Économie & prévision*. Vol. no 162, n° 1, pp. 151-172.
- › LEBRUN K., 2018. *L'accessibilité urbaine en transport public et ses déterminants. Le cas de Bruxelles*. Bruxelles : Université Libre de Bruxelles, Université Saint-Louis Bruxelles.
- › LEBRUN K., HUBERT M., HUYNEN P., DE WITTE A. & MACHARIS C., 2013. *Les pratiques de déplacement à Bruxelles*. Cahiers de l'observatoire de la mobilité de la Région de Bruxelles-Capitale, 2013. S.l. :
- › LICAJI., HADDAK M., POCHEP P. & CHIRON M., 2012. Individual and contextual socioeconomic disadvantages and car driving between 16 and 24 years of age: a multilevel study in the Rhône Département (France). *Journal of Transport Geography*. Vol. 22, pp. 19-27.
- › MADRÉ J.-L., LAMBERT T. & FRANCO B., 1988. *Analyse locale de la motorisation*. Collection des rapports, n° 54. Paris : Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de Vie (Crédoc).
- › MAY X., 2017. L'épineuse question du nombre de voitures de société en Belgique. *Brussels Studies*. N° 113.
- › MAY X., ERMANS T. & HOOFTMAN N., 2019. Les voitures de société : diagnostics et enjeux d'un régime fiscal. *Brussels Studies*. N° 133.
- › MONTULET B. & HUBERT M., 2008. Se déplacer avec des enfants à Bruxelles ? Une étude sociologique sur les vécus du temps et les usages des modes de transport. *Brussels Studies*.
- › MULALIC I. & ROUWENDAL J., 2020. Does improving public transport decrease car ownership? Evidence from a residential sorting model for the Copenhagen metropolitan area. *Regional Science and Urban Economics*. Vol. 83, pp. 103543.
- › NAESS P., 2014. Tempest in a teapot: The exaggerated problem of transport-related residential self-selection as a source of error in empirical studies. *Journal of Transport and Land Use*. Vol. 7, n° 3, pp. 57.

- › OAKIL A.T.M., MANTING D. & NIJLAND H., 2016a. Determinants of car ownership among young households in the Netherlands: The role of urbanisation and demographic and economic characteristics. *Journal of Transport Geography*. Vol. 51, pp. 229-235.
- › OAKIL A.T.M., MANTING D. & NIJLAND H., 2016b. Dynamics in car ownership: the role of entry into parenthood. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. pp. Vol 16 No 4 (2016).
- › OBSS, 2006. *Atlas de la santé et du social de Bruxelles-Capitale 2006*. Les dossiers de l'Observatoire, 2006. Bruxelles : Observatoire de la santé et du social de Bruxelles-capitale.
- › POELMAN H., DIJKSTRA L. & ACKERMANS L., 2020. How many people can you reach by public transport, bicycle or on foot in European cities? *Measuring urban accessibility for low-carbon modes*. Working Paper, Regional and urban policy, n° 01/2020. Luxembourg : European Union.
- › POTOGLOU D. & KANAROGLOU P.S., 2008. Modelling car ownership in urban areas: a case study of Hamilton, Canada. *Journal of Transport Geography*. Vol. 16, n° 1, pp. 42-54.
- › RAMEZANI N., BRENO A.J., MACKAY B.J., VIGLIONE J., CUELLAR A.E., JOHNSON J.E. & TAXMAN F.S., 2022. The relationship between community public health, behavioral health service accessibility, and mass incarceration. *BMC Health Services Research*. Vol. 22, n° 1, pp. 966.
- › RICHER C. & PALMIER P., 2011. Mesurer l'accessibilité en transport collectif aux pôles d'excellence de Lille Métropole. In : . Grenoble : s.n. 24 mars 2011.
- › SARECO & STRATEC, 2014. *Mise à jour des données relatives au stationnement dans la Région de Bruxelles-Capitale et aux accès carrossables qui y débouchent - Note de présentation des résultats 2014*. S.l. :
- › STRALE M., 2019. Les déplacements entre Bruxelles et sa périphérie : des situations contrastées. *Brussels Studies*. Vol. 137, pp. 19.
- › TORRES S. & GAUTHIER P., 2006. *Mésusages de l'automobile chez les conducteurs vieillissants*. Rapport de recherche, n° Rapport Final. Paris : Ministère de l'Équipement, DRAST.
- › VAN ACKER V., MOKHTARIAN P.L. & WITLOX F., 2014. Car availability explained by the structural relationships between lifestyles, residential location, and underlying residential and travel attitudes. *Transport Policy*. Vol. 35, pp. 88-99.
- › VAN ACKER V. & WITLOX F., 2010. Car ownership as a mediating variable in car travel behaviour research using a structural equation modelling approach to identify its dual relationship. *Journal of Transport Geography*. Vol. 18, n° 1, pp. 65-74.
- › VAN EENOO E., FRANSEN K. & BOUSSAUW K., 2022. Perceived car dependence and multimodality in urban areas in Flanders (Belgium). *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. pp. 42-62.
- › VAN CRIEKINGEN M., 2006. Que deviennent les quartiers centraux à Bruxelles ? : Des migrations sélectives au départ des quartiers bruxellois en voie de gentrification. *Brussels Studies*.
- › ZWERTSE., ALLAERT G., JANSSENS D., WETS G. & WITLOX F., 2010. How children view their travel behaviour: a case study from Flanders (Belgium). *Journal of Transport Geography*. Vol. 18, n° 6, pp. 702-710.

LISTE DES TABLEAUX

- › Tableau 1 : Coefficients de corrélation (Pearson) entre la motorisation des ménages et divers indicateurs fortement corrélés, données agrégées au niveau des secteurs statistiques sur l'ensemble du territoire bruxellois.
- › Tableau 2 : Variables explicatives prises en compte dans la construction des modèles.
- › Tableau 3 : Paramètres estimés des modèles de régression beta de la part des ménages motorisés et de la part des ménages multi-motorisés.
- › Tableau 4 : Equipement automobile moyen des ménages dans chaque groupe de secteurs.

LISTE DES GRAPHIQUES

- › Figure 1 : Part des ménages avec 1 voiture ou plus.
- › Figure 2 : Part des ménages avec 2 voitures ou plus.
- › Figure 3 : Accessibilité au territoire « régional » en transport public.
- › Figure 4 : Projection des variables liées à l'environnement urbain sur les deux premiers facteurs extraits par analyse en composante principale.
- › Figure 5 : Accessibilité moyenne du lieu de travail en transport public (les valeurs faibles indiquent une bonne accessibilité, les valeurs élevées une moins bonne accessibilité).
- › Figure 6 : Projection des variables liées au standing socio-économique sur les deux premiers facteurs extraits par AFM.
- › Figure 7 : Projection des variables liées au contexte socio-démographique sur les deux premiers facteurs extraits par AFM.
- › Figure 8 : Histogramme, courbe de fréquence cumulée et graphique quantile-quantile de la part des ménages motorisés (en haut) et de la part des ménages multi-motorisés (en bas).
- › Figure 9 : Moran's eigenvector map n°8.
- › Figure 10 : Illustration de l'effet d'interaction entre l'accessibilité aux commerces de base et le facteur « standing socio-économique » sur la part des ménages motorisés (modèle 4).
- › Figure 11 : Illustration de l'effet d'interaction entre l'accessibilité « régionale » en transport public et le facteur « taille des ménages » sur la part des ménages motorisés (modèle 4).
- › Figure 12 : Illustration de l'effet d'interaction entre l'accessibilité « régionale » en transport public et le facteur « standing socio-économique » sur la part des ménages multi-motorisés (modèle 8).
- › Figure 13 : Illustration de l'effet d'interaction entre l'accessibilité « régionale » en transport public et le facteur « taille des ménages » sur la part des ménages multi-motorisés (modèle 8).
- › Figure 14 : Classification des secteurs statistiques selon l'équipement automobile des ménages, le contexte résidentiel, la composition socio-démographique et la composition socio-économique des secteurs statistiques.
- › Figure 15 : Proportions de ménages motorisés réelles (symboles ponctuels) et estimées (courbes, selon le modèle 4) en fonction de l'accessibilité au commerces de base.
- › Figure 16 : Proportions de ménages motorisés réelles (symboles ponctuels) et estimées (courbes, selon le modèle 4) en fonction de l'accessibilité « régionale » en transport public.
- › Figure 17 : Proportions de ménages multi-motorisés réelles (symboles ponctuels) et estimées (courbes, selon le modèle 8) en fonction de l'accessibilité « régionale » en transport public.

