Université Catholique de Louvain
Faculté des Bioingénieurs
Earth and Life Institute

Différenciation spatiale du potentiel de transfert modal vers le vélo : méthode d'analyse prospective sur base de facteurs territoriaux et comportementaux

BARBARA STINGLHAMBER

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de
Docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique

Comité de thèse :

Pr Pierre Defourny	UCLouvain, Belgique
Pr Yves Hanin	UCLouvain, Belgique
Dr Julien Radoux	UCLouvain, Belgique
Pr Patrick Rérat	UNILausanne, Suisse
Dr Tanguy Isaac	SNCB, Belgique
Pr Sebastiaan de Geus	UCLouvain, Belgique
Pr Emmanuel Hanert (Président de jury)	UCLouvain, Belgique

Louvain-la-Neuve, mai 2025

« - Peux-tu écrire ma thèse à ma place ?

- Je comprends l'ampleur de la tâche, mais écrire une thèse de A à Z n'est pas quelque chose que le pourrais faire pour toi, car une thèse est une démarche personnelle, un travail unique de réflexion et de recherche qui doit porter ta voix, tes idées et ton approche scientifique. »

– Conversation avec ChatGPT

Remerciements

Je voudrai remercier en premier Pierre Defourny, sans qui je n'aurai jamais eu la passion des modes actifs et d'ArcGIS. En acceptant mon sujet de mémoire en 2019 je ne me serai jamais douté que je finirai par rédiger des remerciements de thèse. Nos échanges ont toujours été constructifs et basés sur une confiance mutuelle. Cela n'a pas toujours été une collaboration facile, mais tu as toujours cru en moi et en mes opinions, parfois radicales. Je remercie également mon co-promoteur Yves Hanin. Tu as toujours apporté ton soutient à ce travail en modifiant des programmes de cours pour que je puisse bénéficier de l'aide d'étudiantes et étudiants 3 années de suite. Tu étais disponible et présent pour répondre à mes interrogations et doutes (et ils ont été nombreux). Je remercie également mon jury de thèse et comité d'accompagnement, pour leurs remarques et apports qui ont permis de pousser les réflexions de ce document. Merci à Julien Radoux, Patrick Rérat, Tanguy Isaac, Sebastiaan De Geus et Emmanuel Hanert.

Je ne me vois pas rédiger des remerciements sans accorder un paragraphe dédié au B301. Céline, Boris, Audric, Thibauld, Inès et Julien (et Louise, tu as été officiellement adoptée par le B301), nous étions le bureau des couques-day et des pause-café à toutes heures du jour. Je retiendrai nos escapades pour aller chercher des Nalus, des Aquarius ou de quoi grignoter, nos séances shopping et nos réveils parfois difficiles. Nous étions la meilleure team dans le meilleur bureau (désolée pour les autres). Merci pour la bienveillance et l'ambiance. Merci pour votre soutien dans les phases les plus difficiles de cette thèse. Pour rien au monde je n'aurais changé de bureau. Merci aussi aux autres collègues qui sont passés par le B301 : Nicolas, Willy, Théo et Thibault C.

Merci également aux autres collègues de l'équipe Geomatic (ou ex-ENGE) et du CREAT. Un merci tout particulier à Benjamin, déjà lors de mon mémoire, ton aide a été précieuse et je renouvèle mes remerciements pour ta patience face à mon incompréhension du fonctionnement des serveurs et mes oublis de mots de passe. Merci à Louise avec qui nous avons organisé tant de fêtes, de drink et de soirées. Merci à Riana pour nos séances running hebdomadaires qui étaient une réelle parenthèse à nos thèses respectives. Merci à Lauranne et Sacha d'avoir apporté autant de douceur et de soutien dans les derniers mois de cette thèse. Jean, Maxime, Baptiste, Thibault D, Pierre, Mathilde, Céline B, Céline C, Diane, Quentin, Adé, Tom, Brigitte, Sophie, Dries, Louis, Simon, François, Thomas, Dobby, Colin, Guillaume, Basile, Lisa, Hicheme, Martin, Raphaëlle, Adèle, Arthur, Hélène, Alexandre, Anne, Joachim, Fiorella, Géraldine, Jennifer, Jimmy, Juliette, Stéphanie, Leslie, Stéphanie, Vincent,

Coraline et Barbara ainsi que tous les autres, merci pour l'entraide, les pause-café, les repas de midi et les (nombreux) afterwork. J'aimerais aussi adresser un immense merci à Jasmine, pour tout ce que tu fais pour nous, ta présence est si précieuse et solaire. Merci pour les goûters, chasses aux œufs et autres animations que tu as organisé pour le pôle. Merci pour ton aide, nous avons de la chance que tu sois là !
Merci également aux mémorant.e.s que j'ai encadré au cours de ces 4 années : Thibault, Isabeau, Carole, Louis, David, Nestor, Manoëlle, Ariane, Claire et Anaïs. J'espère vous avoir transmis une partie de ma passion pour les modes actifs et la mobilité. Sachez que vos mémoires ont alimentés mes réflexions, cette thèse ne serait pas la même sans vous.
Il est évident que mon quotidien a été grandement adouci par la présence quotidienne et sans faille de mes proches. Avec elles et eux j'ai pu pleurer et rager sur cette thèse sans jugement. Vous m'avez toujours soutenue, que je parle d'arrêter ou de continuer. Que ce soit en allant au cinéma, en terrasse, en vacances, par messages ou autours d'un brunch, vous m'avez permis de grandir. Cet aboutissement est aussi le vôtre : Adeline, Anna, Astrid, Mahaut, Nicolas, Amandine, Sarah, Camille ainsi que toutes les autres qui, de près ou de loin, ont contribué à ce travail (la liste est non exhaustive). J'adresse un remerciement à Corentin, qui a gentiment accepté de relire mes nombreuses versions d'écrit avec une rapidité qui m'a toujours impressionnée.
Je terminerai ces remerciements avec ma famille. Tout d'abord Charline, Marko (ainsi qu'Isaac et Violette), il y aurait trop à dire pour être exhaustive sur ce que vous m'apportez. Ensuite, Ophélie, ma grande sœur et voisine qui a subi mes humeurs et stress au quotidien. Tu auras été ma petite maman, ma confidente. Merci pour ces soirées sushis et roulés à la cannelle en regardant Top Chef, Le Meilleur Pâtissier et Drag Race. Merci d'avoir accepté de garder Posca quand je partais en vadrouille. Mes frères Françis et Dieter et Sarah et Camilla, mes belles-sœurs. Sans oublier Victoria, Louis et Abby, les lumières de ma vie. Enfin, mon papa qui m'a offert un environnement calme dans les montagnes pour rédiger cette thèse dont il n'a pas toujours compris le sujet, mais qui a essayé de m'accompagner du mieux qu'il pouvait.

Last but not least, maman, tu es mon meilleur exemple. Tu m'as toujours montré qu'il fallait se battre, même quand le combat est perdu d'avance, on peut choisir de lutter et sortir grandie des aventures ou épreuves que nous vivons. Tu faisais preuve d'une douceur et d'une bienveillance sans faille. Tu es mon pilier, ma fierté et mon exemple. Maman tu me manque, cette thèse est pour toi

Résumé

Dans le contexte actuel d'urgence climatique, de congestion urbaine et de manque d'activité physique, promouvoir l'usage du vélo pour remplacer une partie des trajets en voiture devient un impératif reconnu à plusieurs niveaux politiques. Les avantages du vélo sont bien documentés : il nécessite peu d'espace, est silencieux, a un faible impact environnemental et encourage une activité physique modérée. Sur le plan socioéconomique, investir dans le vélo offre un retour estimé à près de trois fois la valeur des investissements réalisés. En Wallonie, l'objectif de multiplier par cinq l'usage du vélo d'ici 2030 appelle une évaluation de la faisabilité de cette ambition, ainsi qu'une réflexion sur les actions et territoires à prioriser pour initier un véritable transfert modal.

Cette thèse propose une grille d'analyse prospective du potentiel cyclable, structurée autour de quatre composantes clés : l'accessibilité, le domaine vital, la motilité et la perception. Cette méthodologie, fondée sur une approche multifactorielle de la cyclabilité, se distingue d'une littérature souvent centrée sur les seules infrastructures et l'aménagement de l'espace.

Des méthodes de modélisation spatialement explicite ont permis d'appliquer cette grille de manière détaillée. Elle a été validée à partir d'une enquête de mobilité auprès de 1 600 employés d'une université, et d'enquêtes menées auprès de plus de 2 600 entreprises réparties en Wallonie. Le comportement des cyclistes en matière de choix d'itinéraire a été reproduit en paramétrant les algorithmes d'analyse réseau des systèmes d'information géographique, sur base d'entretiens avec une cinquantaine de cyclistes quotidiens. Deux échelles d'analyse prospective ont été mobilisées : celle de l'ancienne commune et celle de l'entreprise.

Mieux comprendre les choix de mobilité est un enjeu majeur, et cette thèse apporte une perspective novatrice en combinant facteurs sociaux et territoriaux dans une analyse prospective spatialement explicite. Cette approche permet un ciblage territorial et une priorisation des interventions pour atteindre les objectifs de transfert modal, déclinés à l'échelle communale. L'approche est applicable à diverses échelles spatiales, facilitant la comparaison entre territoires et le suivi de l'évolution du potentiel cyclable. Elle identifie aussi les leviers d'action pour renforcer l'usage du vélo et évaluer la concrétisation de ce potentiel dans le temps.

Table des matières

REMERCIEMENT……..iv

RÉSUMÉ……v

LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS……..ix

GLOSSAIRE x

1. INTRODUCTION 1

1.1. FACTEURS DU CHOIX MODAL : CHOISIR LE VÉLO POUR SES DÉPLACEMENTS 2
1.2. GRILLES D'ANALYSE POUR ÉVALUER LA CYCLABILITÉ 8
1.3. OBJECTIFS.....10
1.4. ZONE D'ÉTUDE.....12
1.5. PLAN DE THÈSE 16

2. ÉVALUATION DU POTENTIEL DU VÉLO COMME MOYEN DE TRANSPORT À L'AIDE D'UNE GRILLE D'ANALYSE PROSPECTIVE DE LA CYCLABILITÉ 17

2.1. RÉSUMÉ 18
2.2. INTRODUCTION 19
2.3. GRILLE D'ANALYSE PROSPECTIVE DE LA CYCLABILITÉ 21
2.4. CAS D'ÉTUDE.....25
2.5. RÉSULTATS.....32
2.6. DISCUSSIONS.....39
2.7. CONCLUSIONS 40

3. IMPACT DES INFRASTRUCTURES CYCLABLES SUR LA CIRCULATION DES VELOS, LE CHOIX DES ITINERAIRES ET L'ACCESSIBILITE DES TERRITOIRES : ÉTUDE DE CAS POUR LOUVAIN-LA-NEUVE, BELGIQUE 43

3.1. RÉSUMÉ 44
3.2. INTRODUCTION 45
3.3. MATÉRIEL ET MÉTHODE.....49
3.4. RÉSULTATS ISSUS DES ENTRETIENS POUR PARAMÉTRISER LE MODÈLE.....57
3.5. RÉSULTATS DES MODÈLES CYCLISTES ET CYCLABLE 61
3.6. ANALYSE DE CONVERGENCE.....67
3.7. DISCUSSIONS.....72
3.8. CONCLUSIONS 74

4. BIKE TO WORK? POTENTIEL DE REPORT MODAL VERS LE VÉLO POUR LES DÉPLACEMENTS DOMICILE-TRAVAIL EN WALLONIE, BELGIQUE 77

4.1. Résumé 78
4.2. Introduction 79
4.3. Données 80
4.4. Méthodologie 82
4.5. Résultats 86
4.6. Priorisation des politiques sur la base des résultats de la grille d'analyse 92
4.7. Discussions 93
4.8. Conclusions et perspectives 95

5. POTENTIEL DU VÉLO COMME MOYEN DE TRANSPORT, ANALYSE À L'ÉCHELLE DES COMMUNES DE WALLONIE, BELGIQUE 97

5.1. Résumé 98
5.2. Introduction 99
5.3. Données et méthode 101
5.4. Résultats 111
5.5. Discussion et conclusions 122
Remerciements 125

6. CONCLUSIONS, PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS 127

6.1. Synthèse à propos de l'analyse du potentiel du vélo comme moyen de transport 127
6.2. Perspectives de la grille d'analyse du potentiel du vélo 131
6.3. Recommandations pour renforcer le transfert modal vers le vélo 132
6.4. Vers un changement de paradigme pour la mobilité cyclable 138

BIBLIOGRAPHIE 143

ANNEXES 157

A. Mesures issues de l'enquête PDE UCLouvain 2021 158
B. Statistiques descriptives des résultats de l'enquête PDE UCLouvain 2021 162
C. Résultats détaillés de la grille d'analyse pour chaque intersection 165
D. Entretiens semi-dirigés 168
E. Nombre d'emplacements parking vélo selon les bâtiments UCLouvain 170
F. Donnees completes relatives aux des trajets simules et de reference 171
G. Données completes relatives aux bifurcations des trajets simules 173
H. Liste des entreprises affichant un potentiel du vélo haut non réalisé 174
I. Résultats détaillés des scores de potentiel vélo pour chaque commune 194

LISTE DES PUBLICATIONS 203

Liste des acronymes et abréviations

GRACQ : Groupe de Recherche et d'Action des Cyclistes Quotidiens
IWEPS : Institut Wallon de l'Évaluation, de la Prospective et de la Statistique
ME : Mean Error (Erreur moyenne)
MNT : Modèle Numérique de Terrain
OSM : Open Street Map
PCM : Plan Communal de Mobilité
PDE : Plan de Déplacement en Entreprise
PIMACY : plans et aides financières, telles que le Plan d'investissement Wallonie
PIWACY : Plan d'Investissement Mobilité Active Communal et Intermodalité
R^2 : Coefficient de détermination (ou coefficient de régression linéaire)
RGPD : Règlement Général sur la Protection des Données
RMSE : Root Mean Square Error (Erreur quadratique moyenne)
SIG : Système d'Information Géographique
SPF : Service Public Fédéral
SPW : Service Public de Wallonie
SPWMI : Administration Mobilité et Infrastructures du Service Public de Wallonie
UCLouvain : Université catholique de Louvain
VAE : Vélo à Assistance Électrique

Glossaire

Aire de chalandise : zone géographique caractérisée par les déplacements vers un point donné. Elle est définie par l'accessibilité et les habitudes de mobilité des populations, prenant en compte les moyens de transport, les infrastructures disponibles et les contraintes spécifiques du territoire.

Cyclabilité : degré d'adéquation de l'environnement global aux besoins des usagers du vélo. Le terme "cyclabilité" est une adaptation du mot anglais *bikeability*. Dans cette thèse, le choix a été fait d'utiliser cette francisation plutôt qu'une traduction alternative ne renvoyant pas directement au terme anglais, dont la définition reste sans consensus établi. En effet, "cyclabilité" est fréquemment utilisé pour désigner uniquement les facteurs territoriaux, tandis que *bikeability* intègre également des facteurs comportementaux.

Métrique : ensemble de critères utilisés pour quantifier, évaluer ou comparer un phénomène, une performance, ou un résultat. Les métriques fournissent des données objectives et mesurables permettant de suivre l'évolution d'une situation, de prendre des décisions ou d'atteindre des objectifs spécifiques.

Mobipôles : Lieux où convergent différentes offres de services (vélos partagés, voitures partagées, vélos cargo...) et infrastructures de mobilité (zones d'attente conviviales, parkings vélos, bornes de recharge...) et qui offrent une connexion directe avec le réseau de transport public structurant (train et bus express/principal).

Modes actifs : Modes de déplacement nécessitant la force musculaire comme source motrice pour permettre à un individu de se déplacer (la marche à pied et le vélo).

Isochrone : polygones qui englobent tous les points appartenant à la même catégorie de temps.

Transfert modal : Le transfert ou report modal est la modification des parts de marché des différents modes de transport entre elles.

Vélomobilité : grille d'analyse de la cyclabilité développée par Rérat et al. (2019) et Baehler et Rérat (2020). La grille d'analyse intègre une approche systémique multicritères du potentiel cycle, elle repose sur trois composantes clés : le potentiel de mobilité des individus, le potentiel d'accueil du territoire et les usages du vélo.

Chapitre 1

Introduction

Le vélo connait un retour en force dans les comportements de mobilité, en raison de ses avantages pour l'environnement et la santé, de sa flexibilité et de son individualité. De plus, les avancées technologiques, telles que l'assistance électrique et les matériaux légers, rendent le vélo plus accessible et plus pratique (Heran, 2015). Le vélo se développe là où les options motorisées sont moins efficaces et où les temps de trajet sont plus courts et plus surs (Vandenbulcke et al., 2009 ; Vielle, 2015). L'émergence des vélos à assistance électrique (VAE) élargit considérablement les contextes dans lesquels les modes actifs – les modes de transport qui requièrent la force musculaire comme source motrice pour permettre à un individu de se déplacer – deviennent une alternative aux véhicules motorisés. Le vélo est silencieux, peu polluant et les infrastructures qui lui sont dédiées occupent moins d'espace que celles nécessaires au trafic motorisé (Vandenbulcke et al., 2009). Un transfert modal de la voiture individuelle vers le vélo pourrait contribuer à atténuer les problèmes de congestion, de qualité de l'air, de pollution sonore et de santé publique. En effet, ce mode de transport répond à 11 des 17 objectifs de développement durable (ODD) (Castañon & Ribeiro, 2021).

Les vélos servent à la fois au transport et aux loisirs, ce qui se traduit par des schémas d'utilisation variés. Les déplacements domicile-travail dominent en semaine, tandis que les weekends et les vacances encouragent la pratique du vélo pour les loisirs. Dans les régions où la cyclabilité est forte, les taux d'utilisation du vélo sont équilibrés entre les déplacements domicile-travail et

les déplacements récréatifs ou autres (tels que les achats ou les visites à des amis). Toutefois, dans les régions où la prévalence du vélo est plus faible, une plus grande proportion des trajets réalisés à vélo est attribuée aux déplacements domicile-travail. Là où le vélo n'est qu'une option parmi d'autres, les conditions météorologiques affectent également son utilisation, la rendant occasionnelle pour une grande partie de la population. Par exemple, les jours de froid, de pluie et de vent nécessitent un équipement spécifique pour se déplacer à vélo, tandis que les jours ensoleillés invitent à des activités physiques en plein air. L'influence des effets saisonniers et météorologiques fait qu'il est beaucoup plus difficile que pour d'autres modes de suivre les déplacements à vélo au fil des années et des espaces. En 2018, 43 % de la population française a déclaré ne jamais faire de vélo, tandis que 5 % seulement en faisaient quotidiennement (Inddigo et al., 2020). En Belgique, 41 % de la population déclarent faire du vélo pour se déplacer, parmi elles et eux, 47 % l'utilisent moins d'une fois par mois (Service public fédéral Mobilité et Transport, 2023), ce qui souligne la nature irrégulière du vélo en tant que mode de transport.

Les politiques actuelles cherchent à réduire l'usage des véhicules motorisés individuels au profit des modes de transport collectifs et/ou actifs (Buehler & Dill, 2016 ; Hatfield & Boufous, 2016 ; Osama et al., 2017 ; Thigpen, 2019). Ces efforts sont reflétés au niveau européen, avec l'Effort Sharing Regulation (ESR) et la déclaration européenne sur la bicyclette (2023), ainsi qu'au niveau national, avec des initiatives telles que la National Cycling Strategy en Suède, le Plan Vélo en France ou encore BE CYCLIST en Belgique. Cependant, Oldenziel et De La Bruhèze (2011) soulignent que les décisions des pouvoirs politiques et des experts sont influencées par leur représentation du vélo. Par ailleurs, Zhao et al. (2018) notent l'absence de programmes de formation de premier cycle dédiés à la planification du transport à vélo, ce qui indique un besoin de formation spécialisée dans ce domaine. Pour favoriser un usage plus large du vélo, plusieurs auteur·ice·s insistent sur l'importance d'une approche politique globale et cohérente. Celle-ci repose sur le développement d'infrastructures adaptées, des programmes de sensibilisation, un aménagement du territoire favorable et des mesures incitatives pour réduire la dépendance à la voiture (Pucher et al., 2011 ; Thomas, 2021).

1.1. Facteurs du choix modal : choisir le vélo pour ses déplacements

Le choix modal désigne la décision d'utiliser un mode de transport pour un trajet donné. Il est souvent le résultat d'un processus décisionnel complexe, conscient ou non, et peut être influencé par des facteurs objectifs et subjectifs

(Courel & Deguitre, 2020 ; De Witte et al., 2013). L'importance de ces facteurs peut varier selon les périodes, les contextes et les groupes sociaux (Cox, 2015 ; Héran, 2014 ; Spinney, 2009). La décision de faire du vélo repose sur la commodité perçue de ce mode de transport, laquelle est influencée par divers facteurs déterminants pour l'expérience et l'adoption du cyclisme, tels que la sécurité (perçue et réelle), l'accessibilité des destinations, la circulation, la qualité des routes, le terrain et les conditions météorologiques (Philips et al., 2018 ; Kellstedt et al., 2020), ainsi que la possibilité d'effectuer ou non le trajet par d'autres modes de transport (Dupuy, 1987 ; Kaufmann, 2000). Il est essentiel de comprendre ces caractéristiques pour contextualiser les schémas de mobilité afin d'améliorer l'élaboration des politiques, les campagnes de sensibilisation et la planification des infrastructures.

L'analyse des facteurs influençant positivement le choix de faire du vélo est regroupée sous le concept de cyclabilité (de l'anglais *bikeability*), pour lequel il n'existe pas de définition unique parmi les études (Kellstedt et al., 2020). L'intérêt pour la cyclabilité est récent, mais croissant au sein de la communauté scientifique depuis le début du 21e siècle et plus particulièrement depuis 2020, avec une prolifération d'indicateurs et de méthodologies (Castañon & Ribeiro, 2021 ; Kellstedt et al., 2020 ; Ahmed et al., 2024). Le terme « culture du vélo » est également utilisé pour décrire cette complexité, mais Stolze et al. (2025) soulignent l'absence de consensus sur la définition de « culture(s) de mobilité ». Les dernières études récentes traitant de la culture de mobilité varient dans leurs définitions du concept et les méthodologies pour le caractériser. Ainsi, le terme « culture de mobilité » désigne un concept complexe sensible aux différences sociales et géographiques et qui peut s'appliquer à différentes échelles (l'individu, une ville ou un pays) en fonction des attributs utilisés pour le décrire. Haustein et al. (2019) proposent une définition intégrant l'environnement (les infrastructures de mobilité, la densité urbaine ainsi que la connectivité des réseaux de transport), les perceptions et expériences des individus et les politiques appliquées. Bien que le terme « culture » soit plus fortement ancré dans le langage commun, nous avons fait le choix, pour cette thèse, d'utiliser le terme « cyclabilité ». Ce choix vise à éviter les confusions potentielles et à désigner plus précisément « le degré d'adéquation de l'environnement global aux besoins des usagers du vélo » (Hsu et al., 2023). Nous faisons l'hypothèse que le choix modal est un processus multifactoriel déterminé par des critères territoriaux et sociaux à des échelles individuelles et collectives sur lesquels les politiques de mobilité ont une influence, en accord avec la définition proposée par Haustein et al. (2019). Cette définition met en évidence

l'interaction entre territoire et usager comme facteur déterminant du choix modal.

1.1.1. Facteurs territoriaux

Les comportements de mobilité sont largement influencés par la qualité des réseaux de transport, notamment la présence et la qualité des pistes cyclables, les intersections, la distance, la pente, la qualité de revêtement de la chaussée et les conditions de circulation (Carter et al., 2007 ; Broach et al., 2012 ; Sully, 2000). Des infrastructures de qualité sont cruciales pour promouvoir le vélo (Vielle, 2015) et pour une évaluation pertinente de l'expérience des cyclistes (Fistola et al., 2020). Ainsi, le relevé de la présence de pistes cyclables et de leurs caractéristiques, telles que la longueur et la qualité, constitue un indicateur essentiel de la cyclabilité des villes (ministère des Transports des États-Unis ; l'European Cyclist Federation ; Dias et Ribeiro, 2020).

La relation entre le choix de résidence dans un quartier plus propice à la marche et l'adoption d'un mode de transport actif est significative (Christiansen et al., 2014). Ainsi, le choix du lieu de résidence exerce une influence majeure sur l'accès aux différentes opportunités de transport, telles que les infrastructures routières et les installations de transit, ainsi que sur l'accès aux destinations (Villanueva et al., 2012 ; Witter, 2012 ; De Vos et al., 2013 ; Kaufmann et al., 2017). Les différences de configuration du paysage dans les zones urbaines, périurbaines et rurales ont une incidence sur les pratiques de mobilité. Vandenbulcke et al. (2009) montrent que l'utilisation du vélo est plus fréquente en milieu urbain pour les distances inférieures à 5 km en raison de la compacité et de la mixité de l'environnement. Dans les villes, les modes de transport actifs présentent souvent des avantages par rapport aux options motorisées : le vélo demande peu d'espace, est silencieux, à un impact environnemental faible et permet une pratique sportive de faible intensité (Vielle, 2015). À l'inverse, les demandes de mobilité, les distances de déplacement et les taux de motorisation sont plus élevés dans les zones à faible densité (Camagni et al., 2002 ; Hubert, 2004 ; Luciano, 2017 ; Mcandrews et al., 2017), probablement en raison de la priorité accordée aux modes motorisés par les politiques et les lobbys depuis 1950 (Héran, 2015a). Mouna Boulahbal (2000) a développé un modèle numérique qui simule les schémas de déplacement quotidiens des individus et explore l'impact de la structure spatiale, en montrant comment celle-ci influence la distance de déplacement, le choix modal et la complexité des déplacements. Jacquin (2021) est parvenu à des conclusions similaires dans ses recherches. Liu (2021) conclut en outre que la structure urbaine de la destination joue un

rôle plus important que la structure urbaine du lieu d'origine. Toutefois, l'interaction entre ces éléments d'infrastructure et l'expérience cycliste globale reste floue (Liu et al., 2019).

Plusieurs études (Larsen, 2017 ; Spotswood et al., 2015 ; Watson, 2013) montrent comment la concurrence pour l'espace et les infrastructures engendre des conflits entre les différentes pratiques de mobilité. L'expansion et l'amélioration des réseaux de transport pour un mode donné augmentent les avantages pour ses utilisateurs tout en désavantageant les modes alternatifs qui utilisent d'autres réseaux, créant ainsi une dépendance accrue à ce mode. Par exemple, l'extension du réseau automobile a redéfini les territoires pour favoriser l'accès en voiture, entrainant une croissance urbaine orientée vers l'automobile et détériorant l'accessibilité à ces territoires pour les non-motorisés, ce qui intensifie la dépendance à la voiture (Dupuy, 1985 ; Kaufmann, 2000). Cette analyse permet de conclure que la disponibilité insuffisante et incohérente des ressources pour le vélo est la principale explication de sa faible prévalence persistante dans de nombreux espaces urbains (Buck & Nurse ; 2021).

De l'analyse des infrastructures à l'interaction des différents réseaux de transport entre eux et avec l'environnement bâti, il y a un consensus dans la littérature sur l'impact des facteurs territoriaux dans le choix modal. Plusieurs grilles d'analyse de la cyclabilité, axée sur les déterminants territoriaux, ont émergé en fonction des données à disposition et de la méthodologie choisie pour identifier les éléments à intégrer (Castañon et Ribeiro, 2021 ; Cervero et al., 2009 ; Robitaille, 2017 ; Winters et al., 2013 ; Zhao et al., 2020). Ces grilles visent toutes à fournir un outil d'évaluation de la cyclabilité des territoires, en identifiant les domaines performants ou lacunaires sur le réseau, afin de définir des stratégies ciblées pour l'amélioration du réseau. Cependant, limiter l'analyse à ces caractéristiques physiques semble être réducteur, car d'autres facteurs sociaux influencent également l'évolution de la part modale cycliste.

1.1.2. Facteurs sociaux : l'usager, les normes, la société

La mobilité est une demande dérivée : les individus ne se déplacent pas pour le plaisir de se déplacer, mais pour accomplir d'autres objectifs, tels que se rendre au travail, faire des courses ou rendre visite à des proches (Kent, 2022). Le choix d'un mode de transport s'inscrit donc dans un système d'activités quotidiennes et de pratiques plus larges. Ainsi, l'usage du vélo ne peut être analysé indépendamment des contraintes et des aspirations des individus dans leur quotidien (Watson, 2012). Scheurebrand (2020) montre que se déplacer à vélo est subordonné à des pratiques considérées comme prioritaires, ce qui

signifie que cela ne peut se généraliser sans une compatibilité avec l'organisation des rythmes et des temporalités urbaines.

La motilité (Kaufmann, 2008), soit la capacité des individus à se déplacer, intègre des facteurs tels que la possession d'un véhicule, la connaissance du Code de la route, les compétences en matière de cyclisme… (Morier, 2016). L'usage du vélo requiert des capacités physiques et une certaine agilité, ce qui influence les distances parcourues, la vitesse et l'autonomie. L'assistance électrique réduit ces contraintes en augmentant le confort et la vitesse moyenne. Klein et Smart (2017) ont démontré une corrélation positive entre l'utilisation régulière du vélo, des attitudes favorables et des compétences accrues en cyclisme. De plus, les expériences de mobilité antérieures jouent un rôle crucial dans l'acquisition des compétences cyclistes actuelles (Shliselberg et al., 2020).

Les préférences des usagers influencent considérablement la sensibilité aux facteurs composant la cyclabilité (La Paix Puello et al., 2020). Les perceptions de sécurité et de maitrise restent cruciales pour le choix des modes de transport actifs (Shliselberg et al., 2020). Les perceptions négatives, telles que le danger et la peur, sont souvent liées à l'absence de ressources cyclables appropriées dans des environnements dominés par le trafic motorisé (Buck et Nurse, 2021). Plusieurs autrices et auteurs préconisent d'intégrer les préférences et les comportements des cyclistes dans la planification des infrastructures cyclables afin de promouvoir efficacement la pratique du vélo (Broach et al., 2012 ; Daniels et al., 2009 ; de la Bruhèze et Oldenziel, 2011 ; Jensen, 2008 ; Madsen et Lahrmann, 2016 ; Møller et Hels, 2008 ; Pucher et al., 2010).

Les recherches montrent que les schémas de déplacement diffèrent selon le genre. Les femmes adoptent des trajets plus complexes. Elles sont souvent contraintes par des responsabilités supplémentaires (courses, garde d'enfants) et utilisent moins fréquemment le vélo dans ces contextes (Damant-Sirois et El-Geneidy 2015 ; Emond et al., 2009 ; Gossen et Purvis 2004 ; Raibaud, 2020 ; Van de Maele, 2018). En matière d'infrastructure, les femmes privilégient des itinéraires surs, quitte à faire des détours pour éviter les interactions avec les véhicules motorisés. À l'inverse, les hommes ont tendance à opter pour des itinéraires directs, même s'ils comportent plus de risques (Akar et Clifton, 2009 ; Dill et Gliebe 2008 ; Pucher et al., 2011 ; Raibaud, 2020 ; Vielle, 2015). Goel et al. (2021) mettent en évidence une corrélation positive entre la part du vélo et la proportion de femmes parmi les cyclistes. Dans les régions où la part du vélo atteint 7 % des déplacements, les femmes participent aux déplacements à vélo au même rythme que les

hommes, voire les dépassent. Ces régions affichent également une représentation équitable dans les différents groupes d'âge (Shaw et al., 2020).

Le statut socioéconomique et le rôle professionnel des individus influencent significativement l'organisation des déplacements, les choix modaux, le comportement en matière de circulation et les besoins en infrastructures (Kitamura et Susilo, 2005 ; Liu, 2012 ; McGuckin et Murakami, 1999 ; Susilo et Kitamura, 2008 ; Vielle, 2015). Les transitions au cours de la vie, telles que les déménagements, les changements professionnels ou le fait de devenir parent, ont un impact important sur les comportements de mobilité (Christiansen et al., 2014 ; Oakil et al., 2014 ; Thigpen, 2019). L'analyse de ces "évènements clés" permet non seulement de comprendre les changements dans le choix du mode de transport, mais aussi d'identifier les moments propices à l'adoption de nouveaux comportements (Cailly et al., 2020 ; Lanzendorf, 2010 ; Chatterjee et al., 2012, 2013 ; Müggenburg et al., 2015 ; Marincek et Rérat, 2020).

À l'échelle collective, les représentations sociales et les normes influencent considérablement les comportements de mobilité. Dans des pays où le vélo est fortement valorisé, comme les Pays-Bas ou le Danemark, ce mode de transport est perçu comme efficace et légitime. En revanche, dans des contextes où ces normes sont émergentes, comme en Wallonie, les obstacles à la pratique cyclable sont perçus comme plus nombreux et la culture de la voiture reste dominante (Cox, 2015). Bamberg et al. (2020) soulignent le rôle clé des normes injonctives – ce que les individus pensent devoir faire ou ce qui est considéré comme socialement acceptable – dans la formation des comportements de déplacement. Cependant, leur impact est conditionné par la présence de normes descriptives – la perception de ce que font réellement les autres – et d'infrastructures facilitantes. Autrement dit, ce que les individus pensent devoir faire en matière de mobilité dépend autant des cadres politiques et matériels que des comportements observés dans leur entourage (Chen et al., 2022).

Le choix modal, notamment celui du vélo, est fortement influencé par l'environnement social de l'individu (Baslington, 2007). Chez les jeunes en particulier, les pratiques cyclistes des parents, le niveau d'éducation, ainsi que des facteurs contextuels tels que le lieu de résidence et l'école, jouent un rôle déterminant dans l'adoption du vélo comme mode de transport (Nelson et al., 2022 ; Schmassmann et al., 2023). Dans ce contexte, la transition vers une mobilité plus durable ne repose pas uniquement sur des décisions individuelles, mais sur des transformations structurelles permettant l'émergence et la consolidation de nouvelles pratiques. Purling et

McMeekin (2015) analysent le transfert modal comme un processus progressif nécessitant un accompagnement politique à chaque étape : abandon d'un mode de transport dominant, expérimentation d'un mode alternatif et intégration de ce dernier dans la routine quotidienne. Cela rejoint les travaux de Heisserer et Rau (2017), qui soulignent qu'une pratique ne devient réellement viable à grande échelle que lorsqu'elle est perçue comme une option légitime par un groupe social partageant des réalités matérielles similaires et disposant des compétences et capacités nécessaires à son adoption.

Ainsi, les comportements de mobilité ne se résument pas à un simple choix rationnel entre différents modes de transport, mais résultent d'un ensemble de facteurs complexes mêlant dimensions sociales, culturelles, structurelles et matériels. Dans cette perspective, la mobilité ne peut être analysée uniquement sous l'angle des infrastructures ou des incitations économiques, mais doit être envisagée comme une pratique sociale ancrée dans des routines et des normes collectives (Shove, 2010 ; Cass & Faulconbridge, 2016).

1.2. Grilles d'analyse pour évaluer la cyclabilité

Évaluer la cyclabilité d'un territoire nécessite une approche multifactorielle qui combine à la fois des dimensions techniques, comportementales et territoriales. Cela permet de comprendre les dynamiques complexes du vélo en croisant ces différentes perspectives pour identifier les leviers d'action les plus pertinents.

Ainsi, un ensemble d'indicateurs est nécessaire pour mesurer le potentiel cyclable d'un territoire et expliquer la pratique du vélo. Héran (2001) s'intègre dans cette vision en proposant une approche systémique de la mobilité cyclable, le « système-vélo », qui inclut des composantes spatiales, sociales et territoriales. Il identifie quatre facteurs essentiels pour évaluer un mode de transport : (i) l'efficacité, le confort et la sécurité, (ii) la formation des usagers (motilité), (iii) la qualité du réseau parcouru (maillage, continuité) et (iv) le cadre environnemental. Cette approche permet de comprendre l'attractivité du vélo dans un territoire et d'expliquer les comportements de mobilité observés (Héran, 2014, 2018a). Elle a depuis été enrichie par d'autres chercheurs, qui ont intégré les caractéristiques sociodémographiques des usagers et leur subjectivité vis-à-vis du territoire (Spinney, 2009 ; Koglin et Rye, 2014 ; Vielle, 2015 ; Héran, 2018b).

Dans une approche complémentaire, Rérat et al. (2019) ainsi que Baehler et Rérat (2020) introduisent le concept de « vélomobilité », une grille d'analyse de la cyclabilité reposant sur trois composantes clés : (i) le potentiel

de mobilité des individus (ou motilité : capacité physique, matérielle, intellectuelle et envie), (ii) le potentiel d'accueil du territoire (réseau, infrastructures, structure spatiale, règles et normes sociales) et (iii) les usages du vélo (les comportements observés). L'analyse du vélo à assistance électrique dans ce cadre analytique permet de mieux comprendre l'adéquation entre le potentiel cycliste individuel et les conditions territoriales (Rérat, 2021). Des études de cas, comme celle de Schmassman (2021) à Yverdon-les-Bains, révèlent des variations importantes dans les pratiques cyclistes en fonction du contexte spatial et social.

Certaines approches s'intéressent au potentiel pour surtout analyser les conséquences positives de scénario de transfert modal. Ainsi, Leroutier et Quirion (2023) proposent une approche systémique et multifactorielle pour réduire les émissions des véhicules dans les zones urbaines. Leur méthodologie s'articule autour de trois leviers complémentaires : le transfert modal, la réduction de la demande et l'amélioration technologique. En croisant des données techniques, comportementales et politiques, cette approche présente une caractéristique systémique. Cependant, leur étude demeure principalement analytique, en estimant l'impact des scénarios sans identifier la population susceptible de changer de mode de transport. Dans un autre registre, le Propensity to Cycle Tool (PCT), développé pour l'Angleterre et le Pays de Galles, a pour objectif de transformer la planification stratégique du cyclisme (Woodcock et al., 2021). Ce modèle calcule la propension à faire du vélo selon des facteurs comme la distance, le dénivelé, l'âge, le genre, l'origine ethnique, la possession d'une voiture et le niveau de privation de la zone. Il permet d'évaluer les bénéfices pour la santé et la réduction des émissions de carbone, tout en proposant des scénarios prospectifs pour simuler l'adoption du vélo. Bien qu'utile pour identifier les zones à fort potentiel cyclable et orienter les investissements, le PCT se concentre essentiellement sur des aspects structurels et individuels, sans prendre en compte les dimensions sociales et culturelles.

Pour étudier le potentiel cyclable, les facteurs personnels influençant le choix du vélo méritent également d'être explorés plus en détail. En effet, les recherches sur les choix de mobilité s'accordent sur l'importance de l'influence territoriale, en particulier la présence d'infrastructures adaptées. Toutefois, des études récentes intègrent également des dimensions plus qualitatives, telles que la qualité des infrastructures, le sentiment de sécurité, l'ambiance urbaine ou l'organisation des espaces. Ces éléments apportent une compréhension plus précise de l'impact du cadre territorial sur l'adoption du vélo. En outre, des déterminants sociaux et culturels jouent un rôle crucial sur

le choix d'un mode de transport, qui ne repose pas uniquement sur des critères objectifs, mais résulte également d'un processus souvent inconscient, influencé par les normes sociales, les habitudes et les préférences individuelles (Baslington, 2007 ; Shove, 2010 ; Cass & Faulconbridge, 2016 ; Nelson et al., 2022 ; Schmassmann et al., 2023).

Les grilles d'analyse multifactorielle telle que la « vélomobilité » permettent de lier ces différentes dimensions en combinant les réalités vécues par les usagers (individuellement et collectivement) et l'analyse du territoire pour mieux comprendre la cyclabilité et les dynamiques du choix modal. Cependant, les études actuelles restent principalement analytiques. Une analyse prospective fondée sur l'approche multicritère de la vélomobilité pourrait offrir de nouvelles perspectives en identifiant les transformations nécessaires dans l'espace urbain et les dynamiques sociales pour favoriser une adoption plus large du vélo.

Cette thèse s'inscrit dans cette approche prospective en mobilisant le concept de vélomobilité pour articuler les dimensions territoriales avec les réalités vécues par les usagers. À partir d'enquêtes récentes et d'une analyse des politiques cyclables en Wallonie, ce travail vise à identifier les leviers et les obstacles à une transition vers une mobilité plus active et durable.

1.3. Objectifs

Cette recherche doctorale s'interroge sur la déclinaison spatiale à l'échelle locale ou communale de ces objectifs de transfert modal de la voiture vers le vélo, fixés à l'échelle de la Wallonie. Le territoire wallon regroupe une diversité de situations : densité d'habitat, relief, situations socioéconomiques, etc. De plus, la mobilité est une compétence régionalisée aux provinces et communes, ajoutant une variabilité spatiale dans l'offre en transports en commun et dans la quantité d'infrastructures cyclables et piétonnes. Une répartition différenciée des objectifs de la vision FAST2030 requiert la caractérisation du potentiel de chaque mode en fonction de critères socioterritoriaux. La territorialisation du potentiel du vélo comme moyen de transport repose sur le postulat que les comportements de mobilité (en ce compris, le choix du mode de transport pour un déplacement donné) sont influencés par la structure spatiale ainsi que par des facteurs sociaux. En effet, se déplacer à vélo n'est pas envisageable pour toute la population, pour des raisons d'incapacité physique, de normes sociales, de réalités spatiales ou temporelles, etc.

L'objectif général de la thèse est de concevoir et valider une méthode d'analyse prospective sur la base de facteurs territoriaux et comportementaux

permettant d'évaluer le potentiel du vélo comme moyen de transport individuel pour les différentes structures spatiales existantes d'un territoire. La méthode tente, ainsi, d'identifier et de comprendre les tendances émergentes pour décliner dans l'espace les objectifs politiques régionaux de transfert modal vers les mobilités actives (particulièrement le vélo) sur la base des réalités territoriales et comportementales observées.

Il convient de préciser que le changement de comportement des personnes et l'impact de ces politiques sur les changements de comportements ne seront pas abordés dans ce travail, qui se veut avant tout être une analyse territoriale multifactorielle et non une analyse sociologique de l'impact de politiques sur les comportements observés.

La recherche se concentre uniquement sur le report modal potentiel de la voiture vers le vélo pour les déplacements actuels. En effet, la Wallonie concentre ses objectifs sur la diminution de l'usage de la voiture au profit d'autres modes de transport. De plus, les trajets intermodaux ne font pas partie de cette recherche méthodologique, notamment parce que les recensements de mobilité ne retiennent le plus souvent que le mode couvrant la plus longue distance, même si le trajet inclut plusieurs modes.

La démarche se décline autour de quatre questions de recherche qui articuleront cette thèse :

1) Comment concevoir et valider une grille d'analyse permettant d'évaluer le potentiel du vélo en intégrant des facteurs territoriaux et comportementaux ?
2) Comment évaluer l'utilisation des infrastructures cyclables par les cyclistes à travers l'analyse des choix d'itinéraires dans le cadre de déplacements domicile-travail dans le but de caractériser l'accessibilité cycliste vécue ?
3) Comment les données d'enquête pour les déplacements domicile-travail obligatoirement réalisées par les entreprises permettent-elles d'évaluer le potentiel du vélo comme moyen de transport pour les trajets domicile-travail et de guider les stratégies des entreprises vers une mobilité plus décarbonée ?
4) Dans quelle mesure le potentiel du vélo comme moyen de transport peut-il être estimé à l'échelle communale en Wallonie et comment ces estimations peuvent-elles permettre de fixer des objectifs communaux de parts modales cyclables futures ?

La figure 1.1 schématise la méthodologie générale de cette thèse en détaillant chacune des 4 questions de recherche définies, qui forment les chapitres de ce document. Les résultats de cette thèse pourraient permettre d'évaluer la

faisabilité des objectifs politiques de parts modales tout en fournissant un outil d'aide à la décision aux politiques concernant les types d'actions et les territoires où leurs interventions auraient le plus d'impact.

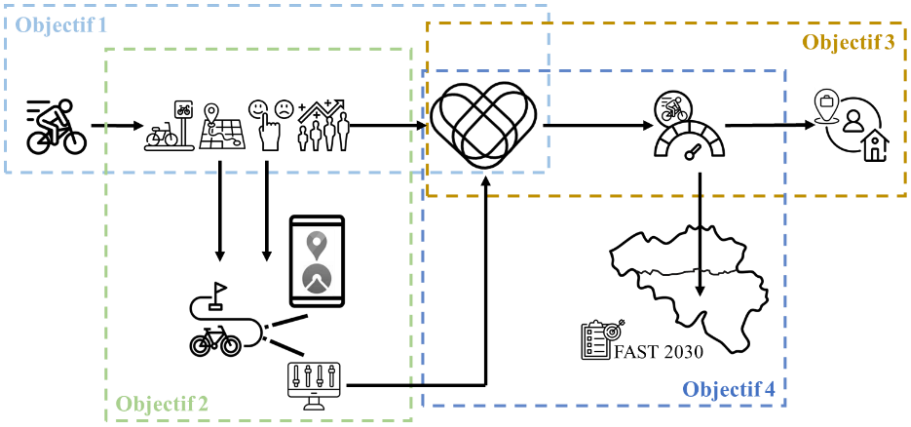

Figure 1.1 Méthodologie générale

1.4. Zone d'étude

La zone d'étude de cette thèse concerne la Wallonie, une région majoritairement francophone[1] du sud de la Belgique. Cette région est étendue sur 55 % du territoire belge et compte 3,6 millions d'habitant·e·s répartis sur 5 provinces et 262 communes. Les zones les plus densément peuplées se situent sur le sillon industriel, héritage d'un passé économique prospère. Les principales agglomérations wallonnes sont Mons, Charleroi, La Louvière, Namur et Liège. Cependant, d'autres pôles d'importance existent, comme dans la province du Brabant wallon, en partie en raison de sa proximité avec la capitale, Bruxelles et la présence de villes comme Tubize, Nivelles, Braine-l'Alleud, Ottignies et Wavre.

La Belgique est un petit pays fortement urbanisé situé aux frontières de la France, de l'Allemagne, des Pays-Bas et du Luxembourg. Le pays est un état fédéral caractérisé par une régionalisation de certaines compétences, notamment en matière de mobilité, qui relève des Régions flamande, Bruxelles-Capitale et wallonne. Cette régionalisation de compétences se poursuit à des échelons de pouvoir inférieur, tels que les provinces et les communes, résultant ainsi à trois niveaux de gouvernance pour la mobilité : régional, provincial et municipal.

[1] La Wallonie regroupe deux des quatre régions linguistiques du pays : francophone (253 communes) et germanophone (9 communes), située au nord-est de la Wallonie.

En 2017, la Wallonie a adopté la Vision FAST2030, un plan stratégique ambitieux visant à multiplier par cinq l'utilisation du vélo d'ici 2030 en atteignant 5 % des parts modales. L'acronyme FAST résume les axes prioritaires pour la mobilité en Wallonie : Fluidité, Accessibilité, Sécurité et Transfert modal. Ainsi, cette vision vise à réduire de façon drastique les embouteillages, garantir une accessibilité à toutes et tous sur tout le territoire, réduire le nombre d'accidents et induire un transfert modal de la voiture vers d'autres modes, tels que le vélo. Pour y parvenir, le plan repose sur trois axes d'intervention : la gouvernance, les investissements et l'évolution des comportements. La gouvernance vise à structurer et coordonner notamment les politiques cyclables à différents niveaux, les investissements concernant entre autres les infrastructures et les incitants financiers, tandis que l'évolution des comportements repose sur des campagnes de sensibilisation et des mesures favorisant l'usage du vélo. Ces trois leviers intègrent pleinement les dimensions multifactorielle et territoriale du choix modal, développées précédemment dans cette introduction.

Pour atteindre cet objectif, la Stratégie Régionale de Mobilité (publiée en 2019) a pour ambition de prioriser les actions à mettre en œuvre pour changer durablement les comportements de mobilité en Wallonie. En plus de la Stratégie Régionale de Mobilité, divers plans et aides financières, telles que le Plan d'investissement Wallonie cyclable (PIWACY) et le Plan d'Investissement Mobilité Active Communal et Intermodalité (PIMACY), ont été mis en place pour soutenir les autorités provinciales et communales. En 2022, un nouveau décret sur la politique cyclable a été adopté, annonçant la mise en place d'un réseau cyclable structurant. Ce décret vise à hiérarchiser les infrastructures cyclables, avec d'un côté des cyclostrades, qui formeront les axes principaux entre les grands pôles, et de l'autre, un réseau dense de voies cyclables locales assurant une desserte fine du territoire (SPW, 2022). Aujourd'hui, il convient de s'interroger sur la faisabilité de ces objectifs et sur les actions et territoires à prioriser pour amorcer un transfert modal vers le vélo.

Au-delà des ambitions du plan FAST2030, un défi majeur réside dans le suivi de l'évolution des parts modales afin d'évaluer l'atteinte des objectifs fixés. Pour cela, la Wallonie a mis en place en 2024 le Tableau de Bord de la Mobilité (TBM), une enquête bisannuelle menée en avril et novembre auprès d'un échantillon représentatif de la population. Réalisée par l'administration Mobilité et Infrastructures du Service Public de Wallonie (SPWMI), elle interroge un panel de 2 000 adultes et 1 000 parents afin de suivre, année après année, l'évolution des pratiques de mobilité. Les premiers résultats montrent

que 4,1 % des trajets sont réalisés à vélo ou en trottinette. Toutefois, ces chiffres ne peuvent être directement comparés aux objectifs de la Vision FAST2030 de 2017, car la méthodologie employée à l'époque n'a pas été documentée.

Par ailleurs, l'enquête BeMob 2024, réalisée auprès de 3 482 répondant·e·s entre avril et novembre 2024, met en évidence une utilisation encore limitée du vélo en Belgique (Enquête BeMOB : les modes de déplacements utilisés par les Belges en 2024, 2025). Selon les résultats, 72 % des répondant·e·s déclarent ne jamais utiliser le vélo, tandis que 8 % l'emploient pour se déplacer et 20 % exclusivement pour des loisirs (Figure 1.2). Cette répartition varie fortement selon les régions, la Wallonie affichant un taux particulièrement bas d'usages utilitaires du vélo, alors que la Flandre présente une adoption plus élevée. Malgré cela, la voiture reste largement dominante, en particulier en Wallonie. L'enquête BeMob montre que 69 % des déplacements en Belgique se font en voiture, avec des disparités régionales marquées : 43 % à Bruxelles, 71 % en Flandre et 73 % en Wallonie.

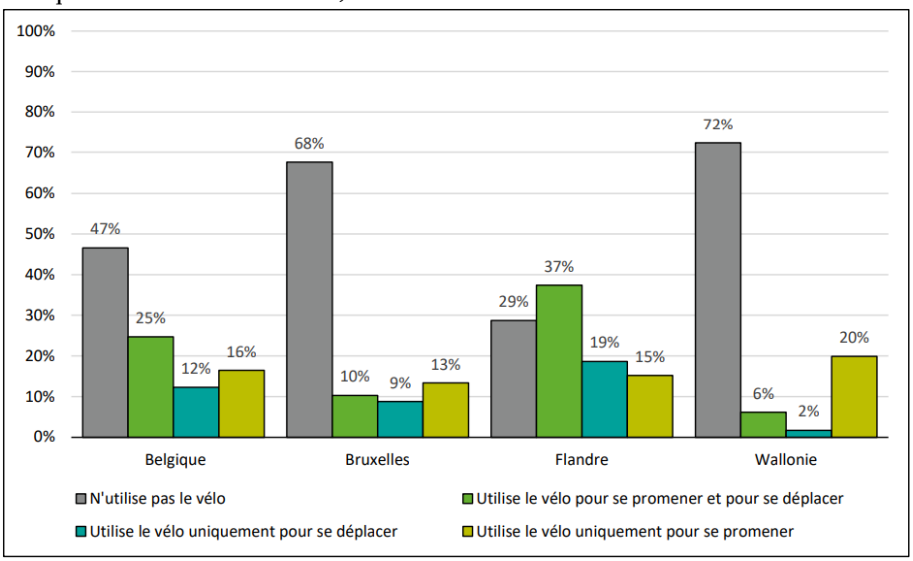

Figure 1.2 Motifs d'utilisation du vélo par région du domicile en 2024 © enquête BeMob

Ces tendances sont partiellement confirmées par les résultats de l'enquête MONITOR, une étude réalisée en 2017 auprès de 10 632 Belges de 6 ans et plus, visant à analyser les habitudes de déplacement au quotidien (figure 1.3). La méthodologie de l'enquête MONITOR repose sur un « carnet de déplacements », où chaque répondant·e doit renseigner l'ensemble de ses trajets sur une journée donnée, détaillant les modes de transport utilisés et leurs motifs. Ce type de données permet d'obtenir une répartition précise des

parts modales et d'évaluer les différences selon les régions. L'utilisation du vélo en Belgique est marquée par une répartition géographique très typée : la part modale du vélo en Région flamande est près de 10 fois supérieure à celle de la Wallonie (figure 1.3). Cette disparité s'explique par des facteurs culturels et historiques, la Flandre ayant bénéficié d'une proximité géographique et linguistique avec les Pays-Bas, ce qui a favorisé l'adoption d'une norme sociale favorisant le vélo, de politiques en faveur de la mobilité vélo ainsi que le développement d'infrastructures cyclables dès les années 1970. En Wallonie, la topographie plus vallonnée et la moindre densité urbaine constituent des freins supplémentaires à l'adoption du vélo, dont l'usage reste majoritairement récréatif, même si l'apparition de l'assistance électrique modifie significativement les perspectives.

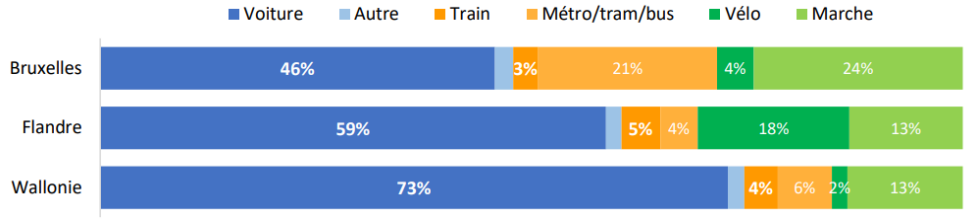

Figure 1.3 Parts modales par Région du domicile en nombre de déplacements (Base : 25.168 déplacements) © enquête MONITOR

L'enquête MONITOR indique que la distance moyenne des trajets domicile-travail en Belgique est de 21 km, avec une durée moyenne de 29 minutes. Ces chiffres élevés permettent d'avoir une idée des défis liés à la mobilité quotidienne en Belgique qui, en raison de sa taille et de la densité d'infrastructures, permet de se déplacer au quotidien plutôt que de devoir nécessairement déménager pour se rapprocher du lieu de travail. Enfin, d'autres études, comme les enquêtes Plan de Déplacement d'Entreprises (PDE, qui analysent les déplacements des employé·e·s dans des entreprises de plus de 100 salarié·e·s), offrent des données plus détaillées sur la mobilité professionnelle. Cependant, ces résultats ne sont pas entièrement représentatifs de l'ensemble des travailleur·euse·s belges, car ils excluent les petites entreprises et les indépendants.

1.5. Plan de thèse

La suite de cette thèse est organisée en 5 chapitres axés autour des 4 questions de recherches identifiées à la section 1.3 (voir figure 1.1).

Le chapitre 2 développe une grille d'analyse prospective du potentiel du vélo comme moyen de transport. Cette grille d'analyse prospective est validée via des données secondaires issues d'une enquête à propos des déplacements domicile-travail de travailleur·euse·s universitaires en 2021.

Le chapitre 3 développe une simulation de l'accessibilité telle que vécue par les cyclistes à partir d'entretiens semi-dirigés de cyclistes utilitaires dans le but de mettre en évidence l'importance de considérer la subjectivité des personnes dans la conception et la localisation des infrastructures.

Ce modèle et la grille d'analyse prospective ont ensuite été appliqués à l'échelle de la Wallonie d'abord pour les déplacements domicile-travail en mobilisant des données secondaires issues d'enquêtes domicile-travail obligatoirement remplies par les grandes entreprises de la région (chapitre 4), ensuite pour l'ensemble des besoins en mobilité de la population wallonne (chapitre 5). Ces deux chapitres visent respectivement à identifier les entreprises et territoires communaux pour lesquels le potentiel du vélo comme moyen de transport est élevé, afin de proposer des politiques adaptées là où elles sont les plus pertinentes.

Enfin, le chapitre 6 présente les conclusions et perspectives de la thèse.

Chapitre 2

Évaluation du potentiel du vélo comme moyen de transport à l'aide d'une grille d'analyse prospective de la cyclabilité

Ce chapitre est basé sur l'article suivant :

Stinglhamber, B., Hanin, Y. & Defourny, P. (2024) Assessing Cycling Potential using a Prospective Bikeability Analytical Framework. Submitted in *International Journal of Sustainable Transportation*.[2]

[2] Contribution des auteurs·ices : Barbra Stinglhamber (BS) a conçu l'idée originale de l'article, développé la méthodologie et rédigé le manuscrit sous la supervision de Pierre Defourny (PDY) et Yves Hanin (YH). PDY et YH ont apporté des contributions importantes en réalisant des relectures critiques et en proposant des suggestions méthodologiques.

2.1. Résumé

Dans un contexte d'évolution rapide des pratiques cyclistes, fortement influencées par l'environnement bâti et les préférences des usagers, cette recherche aborde une lacune de la littérature actuelle : le manque d'analyses prospectives qui intègrent à la fois des facteurs territoriaux et comportementaux pour évaluer le potentiel du vélo comme moyen de transport. À cette fin, elle introduit une grille d'analyse prospective pour la caractérisation du potentiel du vélo comme moyen de transport à travers quatre composantes clés : l'accessibilité vélo, le domaine vital, la motilité et la perception du vélo. Cette approche prospective vise à hiérarchiser les politiques et les investissements futurs en ciblant le potentiel du vélo d'une zone donnée, quantifié par des mesures telles que le potentiel du vélo comme moyen de transport, le potentiel du vélo déjà réalisé, le transfert modal possible – le nombre d'individus pour qui le vélo est une alternative réaliste – et le potentiel inexistant – les personnes pour lesquelles les composantes manquantes ne peuvent pas devenir compatibles avec le vélo au travers d'interventions politiques à court terme –.

Une validation empirique de la grille proposée est effectuée par le biais d'une enquête menée auprès de 1 871 membres du personnel universitaire, portant sur leurs déplacements quotidiens vers la ville de Louvain-la-Neuve. Les résultats révèlent qu'il suffit de satisfaire à trois des quatre composantes pour expliquer la pratique quotidienne du vélo. Notamment, le transfert modal possible concerne 20,5 % des employé·e·s. Cette grille d'analyse prospective se distingue par l'intégration de la subjectivité des personnes, son adaptabilité aux analyses spatiales et modales et sa capacité à fournir des informations spatialement explicites sur le potentiel du vélo.

En offrant une évaluation de la cyclabilité sensible au contexte, cette grille pourrait aiguiller les décisions politiques d'un nouvel outil pour concevoir des stratégies de mobilité efficaces et fixer des objectifs de part modale différenciés en fonction des caractéristiques territoriales et locales de la population.

Mots clés : Mobilité vélo, Potentiel de transfert modal, Subjectivité des usagers, Analyse prospective de la cyclabilité.

2.2. Introduction

Les études portant sur le vélo en tant que mode de transport ont développé plusieurs approches pour combiner les différents facteurs influençant le choix modal.

Hsu et al. (2023) ont proposé un cadre analytique à quatre composantes, à savoir (i) la sécurité environnementale, (ii) l'exhaustivité des installations, (iii) l'accessibilité, (iv) la promotion institutionnelle et l'éducation. Leur grille compare la performance de chaque composante à une valeur idéale déterminée par une méthode de décision multicritère. Carter et al (2007) ont introduit le modèle PBIS (Perceived Bicycling Intersection Safety) pour évaluer les perceptions de sécurité des cyclistes aux intersections afin d'aider les praticiens à hiérarchiser les endroits qui nécessitent des améliorations de sécurité. Les perceptions subjectives d'éléments tels que la beauté du paysage et l'environnement varient, ce qui rend difficile leur inclusion dans un indice de cyclabilité (Winters et al., 2013). La Paix Puello et al. (2020) ont examiné comment la qualité perçue de l'infrastructure cyclable influe sur l'utilisation du vélo comme mode de rabattement vers les gares ferroviaires néerlandaises. Les résultats indiquent que les préférences des utilisateurs déterminent la sensibilité aux différentes forces et faiblesses des paramètres objectifs du potentiel cyclable.

Certain·e·s auteur·ice·s proposent une méthodologie prospective pour évaluer la cyclabilité. Philips et al. (2018) ont conçu un modèle pour évaluer les capacités cyclistes des individus. Ils ont pris en compte des facteurs spécifiques à l'utilisateur, notamment l'activité physique, l'âge, le genre, le poids et les troubles cognitifs légers. Des variables territoriales comme la mixité sociale du quartier et la vitesse du vent ont été utilisées pour estimer l'effort physique nécessaire pour faire du vélo. Cependant, l'étude n'a pas examiné comment les variations spatiales et les modèles urbains affectent cette capacité ou son impact sur les comportements de mobilité. Broach et al. (2012) ont proposé une analyse prospective de la marchabilité, examinant l'impact potentiel des lignes directrices en matière de conception sur les comportements de marche.

Shareck et al. (2023) estiment qu'un outil unique ne convient pas à tous les contextes et à toutes les populations prioritaires et préconisent plutôt des outils adaptables. Les mesures permettant d'évaluer ou de prédire la part du vélo doivent tenir compte des caractéristiques spatiales, des comportements de mobilité, mais aussi des représentations culturelles et de leurs interactions, un concept défini par Urry (2004) comme des « *systèmes de mobilité* » et appliqué spécifiquement au vélo en tant que vélomobilité par divers

auteur·ice·s (Koglin et Rye, 2014 ; Spinney, 2009). Il semble impératif d'établir une grille d'analyse combinant les modes de transport et leur corrélation avec l'aménagement du territoire. En outre, un système métrique est nécessaire pour fournir les données analytiques permettant d'aligner les politiques territoriales et de transport sur les objectifs de transfert modal. Rérat (2021) a conceptualisé la (e-)vélomobilité comme une grille d'analyse basée sur trois composantes : (1) le potentiel cycliste individuel, (2) le potentiel d'accueil des territoires et (3) les usages. Une telle approche permet notamment d'identifier les composantes manquantes qui peuvent expliquer l'absence d'adoption du vélo par la population, mais ne permet pas d'estimer le potentiel cyclable de la population.

Dans l'ensemble, l'analyse de la littérature souligne la complexité et la nature contextuelle de l'utilisation du vélo et du choix modal. Le succès de la mobilité vélo dépend de plusieurs facteurs, notamment territoriaux et comportementaux. En raison de la part relativement faible du vélo dans l'ensemble des déplacements, il est difficile de détecter les variations de son utilisation si la collecte de données porte sur l'ensemble des déplacements. En outre, l'infrastructure urbaine, les politiques publiques, l'environnement bâti englobant l'infrastructure, la qualité des modes de transport alternatifs et les perceptions des personnes ont une influence sur la pratique du vélo. Pour soutenir le vélo, les politiques efficaces doivent mettre en œuvre des interventions intégrées, telles que l'amélioration des infrastructures, les programmes en faveur du vélo et les restrictions à l'utilisation de la voiture.

Ce chapitre propose une grille d'analyse prospective de la cyclabilité (définie selon Hsu et al., 2023) pour évaluer le potentiel du vélo comme moyen de transport tout en supposant que les changements dans les comportements de mobilité dépendent de facteurs objectifs et subjectifs. Cette grille d'analyse prospective a le potentiel de combler une lacune dans la recherche, car la majorité des grilles d'analyses prospectives existantes de la cyclabilité visent à prédire la capacité à faire du vélo sans tenir compte des besoins de mobilité des populations étudiées. Cette étude examine également la capacité des sources de données existantes à évaluer les pratiques de mobilité réelles par rapport au potentiel de pratique du vélo.

Tout d'abord, une grille d'analyse prospective du potentiel du vélo comme moyen de transport est développée. Ensuite, une série de mesures associées à cette grille sont conçues pour soutenir le ciblage et le suivi des politiques. Les résultats commencent par la validation de la grille à partir d'une enquête exhaustive sur la mobilité. Les sections suivantes traitent respectivement des mesures de la grille et des perspectives de recherche.

2.3. Grille d'analyse prospective de la cyclabilité

La littérature révèle que les paramètres influençant le choix modal peuvent être classés en deux catégories principales : les facteurs comportementaux et les facteurs territoriaux. La grille d'analyse proposée décompose ces facteurs selon deux niveaux : individuel et collectif, ce qui donne une grille à quatre composantes (figure 2.1a) : l'accessibilité cycliste (capacité territoriale collective), le domaine vital (capacité territoriale individuelle), la perception de la cyclabilité (capacité comportementale collective) et la motilité cycliste (capacité comportementale individuelle). Le centre de la grille indique où toutes les composantes sont considérées comme compatibles avec le vélo et ont donc un potentiel vélo élevé. Cette grille, illustrée par un diagramme de Venn (figure 2.1b), facilite la visualisation des interrelations et des intersections entre les composantes.

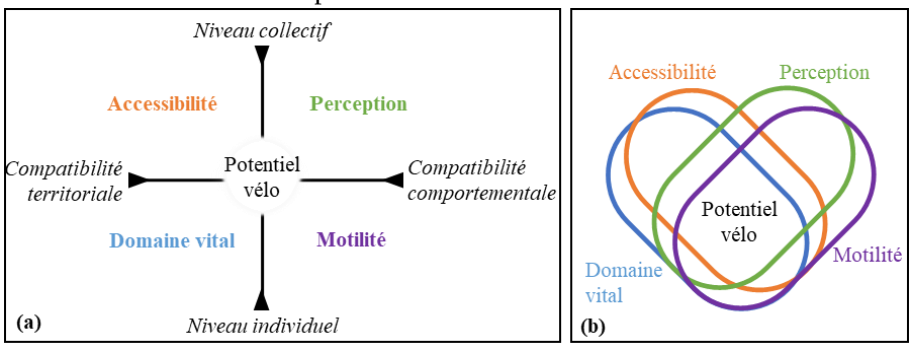

Figure 2.1 La grille d'analyse proposée comprend quatre composantes (a) : l'accessibilité (capacité territoriale collective), le domaine vital (capacité territoriale individuelle), la perception de la cyclabilité (capacité comportementale collective) et la motilité (capacité comportementale individuelle). La représentation de ces quatre composantes sous la forme d'un diagramme de Venn (b) avec quatre sphères permet de visualiser clairement les interrelations et les intersections entre les composantes.

2.3.1. Accessibilité vélo

Cette composante définie par la compatibilité territoriale pour les populations évalue la zone urbaine et de services accessible aux vélos. Des facteurs tels que la vitesse de déplacement, les infrastructures existantes, la distribution et la densité des services influencent l'accessibilité vélo. Les installations de stationnement jouent un rôle crucial dans le maintien de l'avantage du vélo par rapport à la voiture en milieu urbain, car la distance entre le stationnement et la destination peut renforcer l'avantage comparatif du vélo par rapport à d'autres modes de transport.

2.3.2. Domaine vital

Un domaine vital, tel qu'inspiré de Mouna Boulahbal (2004) et Dury (2004), est défini par les besoins en mobilité d'un individu. L'observation de chaque

mouvement enregistré sur une base quotidienne ou hebdomadaire révèle l'itinérance d'une personne donnée dans son quotidien. L'analyse des domaines vitaux d'un large éventail de personnes fait apparaitre des schémas distincts qui mettent en évidence la capacité des gens à considérer le vélo comme une alternative modale réaliste :

- domaine compact : les individus ont des besoins en mobilité situés majoritairement à proximité de leur lieu de résidence principal, c'est-à-dire là où ils passent le plus de temps. Le score de domaine vital y est élevé, car la majorité des activités quotidiennes et des destinations pourraient être atteintes à vélo.
- domaine linéaire long : les individus ont deux lieux de résidence principaux, mais ces lieux ne sont pas situés à l'intérieur d'une même zone d'accessibilité cyclable. Par conséquent, le potentiel pour le vélo est faible. Cependant, le potentiel augmente lorsque l'on examine chaque lieu séparément. Ces profils démontrent un potentiel intermodal important.
- domaine étendu : les individus passent plus de 50 % de leur temps en dehors de la zone d'accessibilité cyclable de leur lieu de résidence principal. Dans ce cas, le domaine vital est peu compatible avec le vélo, car une majorité des activités et des destinations quotidiennes sont hors de portée des cyclistes.

Les populations dont les domaines vitaux correspondent à l'aire de chalandise désignée par l'accessibilité vélo bénéficient d'un potentiel territorial, ce qui signifie que le vélo pourrait répondre efficacement à leurs besoins de déplacement, étant donné que les destinations et commodités essentielles sont accessibles. En identifiant les zones à fort potentiel territorial pour le vélo, les décideurs politiques pourraient cibler spatialement le développement des infrastructures et les initiatives visant à encourager le vélo comme moyen de transport durable. En outre, la reconnaissance du potentiel intermodal pour les profils de domaines linéaires longs peut guider les efforts visant à améliorer la connectivité entre les différentes zones, favorisant ainsi un réseau de transport efficace.

Dans l'ensemble, l'analyse des domaines vitaux et de l'accessibilité vélo fournit des informations précieuses sur les aspects territoriaux de la mobilité vélo, qui ont un impact sur les comportements de mobilité, comme le montre la littérature.

2.3.3. Motilité

Cette composante représente la capacité des individus à se déplacer et prend en compte les facteurs limitant les alternatives modales. Dans cette analyse, la composante inclut divers éléments tels que la possession d'un véhicule ou l'accès à celui-ci, l'aisance dans la circulation, une condition physique suffisante, la disponibilité d'espaces de stationnement sécurisés à l'origine et à la destination… (Morier, 2016). La littérature montre que le genre, l'âge et le statut socioéconomique sont les principaux critères de motilité. Cependant, il existe une corrélation entre la quantité et la qualité des infrastructures et la représentation des groupes de genre et d'âge parmi les cyclistes. Étant donné que la grille d'analyse proposée inclut la composante d'accessibilité vélo, qui englobe la quantité et la qualité des infrastructures, il est important d'éviter toute redondance dans les critères de sélection. La composante de la mobilité de la grille d'analyse peut être résumée par la question « Sais-je faire du vélo ? ».

2.3.4. Perception

Outre la motilité, la représentation sociale du vélo joue un rôle important dans le poids des incitations et des freins au choix du vélo comme mode de transport, ce qui influence la décision de faire du vélo. Dans cette thèse, la perception fait référence à cette représentation qui est influencée par les normes sociales héritées de l'entourage social (Baslington, 2007) et de l'éducation notamment (Nelson et al., 2022 ; Schmassmann et al., 2023), les habitudes comportementales (Gutiérrez et al., 2020) et les politiques de mobilité en place (Pucher et al., 2011 ; Thomas, 2021). En d'autres termes, ce concept peut être résumé par la question suivante : « Le vélo est-il une alternative désirable ? ».

2.3.5. Potentiel du vélo comme moyen de transport

La combinaison des quatre composantes susmentionnées détermine la propension théorique au potentiel du vélo dans une population et une région données ; lorsque ce potentiel n'est pas encore réalisé, on parle de transfert modal possible. L'hypothèse émise dans ce chapitre est que, si les quatre composantes sont compatibles avec le vélo, il existe un potentiel très élevé pour les déplacements à vélo.

La grille d'analyse proposée met l'accent sur les relations interdépendantes entre les quatre composantes pour évaluer le potentiel du vélo comme moyen de transport. L'environnement bâti influence les comportements individuels qui, à leur tour, s'adaptent aux structures territoriales. En outre, le collectif (la société et les infrastructures) influence les choix individuels et les individus

contribuent à façonner les composantes collectives. Ces interactions dynamiques créent des boucles de rétroaction où chaque composante peut agir comme moteur d'un cercle vertueux ou vicieux. Par exemple, les décideurs politiques peuvent hésiter à investir dans des infrastructures cyclables en l'absence d'une masse critique d'utilisateurs·trices (accessibilité). Inversement, ce manque d'infrastructures peut entrainer un sentiment d'insécurité lorsque l'on circule à vélo, ce qui renforce la réticence à adopter le vélo comme mode de transport (perception). En outre, la grille d'analyse met en évidence des situations spécifiques où une seule composante fait défaut, ce qui aide les politiques à établir des priorités.

En tenant compte des pratiques de mobilité, de l'environnement bâti, de la volonté et de la capacité de la population à circuler à vélo, cette grille d'analyse prospective permet de formuler des politiques de mobilité adaptées au potentiel du vélo de la région. Ceci est en accord avec la littérature, qui rapporte que le choix modal n'est pas seulement une question de capacité de déplacement d'un individu, mais est aussi influencé par sa perception des modes de transport et par la capacité du territoire à permettre la mobilité.

2.3.6. Métriques de transfert modal

Les métriques dérivées de la grille d'analyse sont destinées à identifier la population qui pourrait de manière réaliste adopter le vélo comme principal mode de transport, dans le but de réduire la dépendance à l'égard de la voiture. Les piétons et les usagers des transports publics sont donc exclus de l'analyse et considérés comme « hors d'analyse ». Les métriques associées à cette grille d'analyse comprennent le potentiel du vélo, le potentiel du vélo réalisé, le transfert modal possible et le potentiel du vélo inexistant.

Le potentiel du vélo correspond au nombre de personnes pour lesquelles le vélo est une alternative viable. Le potentiel du vélo réalisé représente la proportion d'individus concernés par le potentiel du vélo qui utilisent déjà le vélo comme mode de transport principal. En revanche, le transfert modal possible concerne les personnes qui ne pratiquent pas actuellement le vélo, ou seulement occasionnellement, bien qu'elles aient été identifiées comme ayant un potentiel élevé pour le vélo. Le transfert modal possible ne prend en compte que les automobilistes (la marche et les transports publics étant considérés comme hors d'analyse).

Le transfert modal inexistant se réfère aux individus qui ne sont pas sujets au potentiel du vélo et pour lesquels rendre compatibles les composantes lacunaires semble irréaliste à l'échelle d'un mandat politique, quelle que soit la politique cycliste. Par exemple, le domaine vital - qui concerne les besoins de mobilité personnelle - nécessiterait que les individus déménagent ou

modifient fondamentalement leurs besoins de mobilité. De même, la perception est profondément façonnée par la socialisation pendant l'enfance et l'adolescence, les cercles sociaux immédiats et la culture sociétale au sens large, comme l'indique la littérature. Les individus adoptent une pratique parce qu'ils croient que leur entourage s'attend à ce qu'ils le fassent et parce que cette pratique est perçue comme socialement acceptable (Bamberg et al., 2020). Shove (2010) suggère de considérer le changement social comme un système émergent caractérisé par des processus de rétroaction, d'interdépendance et de constitution mutuelle. Il s'agit donc de mettre en place des actions qui visent à changer les normes sociales plutôt que comme les facteurs influençant le comportement individuel. Induire un changement, au travers de politiques de sensibilisation, s'inscrit donc dans un processus à moyen et long terme de transformation des normes de la société.

2.4. Cas d'étude

La grille d'analyse proposée est appliquée à des données secondaires provenant d'une enquête réalisée par l'Université catholique de Louvain (UCLouvain) sur son campus de Louvain-la-Neuve situé en Wallonie (Belgique). Le questionnaire détaillé rempli par le personnel de l'université permet de vérifier si la grille d'analyse décrit adéquatement la population étudiée et évalue correctement le potentiel du vélo. Louvain-la-Neuve est une petite ville piétonne d'environ 10 000 habitants comprenant une gare ferroviaire, une gare routière d'autobus et qui est entourée d'un périphérique directement relié aux voies rapides et autoroutes. La ville de Louvain-la-Neuve accueillait quotidiennement en 2021 plus de 6 000 employé·e·s et 21 000 étudiant·e·s dont une partie significative loge sur place pendant la semaine. L'application de la grille d'analyse se concentre uniquement sur les déplacements domicile-travail des employé·e·s. En effet, le taux de réponse des étudiant·e·s était de 23 % en 2021, contre 41 % pour les employé·e·s, augmentant les marges d'erreur pour le public étudiant. De plus, les déplacements des étudiant·e·s tels que rapportés par l'enquête concernent autant les déplacements entre le domicile et le logement étudiant (kot) que les déplacements entre le kot et l'université. Les résultats analysés ont montré que les réponses ne permettaient pas de distinguer les deux types de déplacements, probablement à cause d'une mécompréhension dans la formulation des questions relatives aux trajets domicile-Louvain-la-Neuve et résidence-université, le premier étant relatif au trajet vers le kot et le second faisant référence au trajet vers les amphithéâtres depuis le kot.

2.4.1. Données d'enquête

L'enquête Plan de Déplacement d'Entreprise (PDE) de l'UCLouvain est menée tous les trois ans, conformément aux exigences légales, afin d'établir des statistiques sur les habitudes de déplacement des employé·e·s comme pour toutes les grandes entreprises tout en respectant le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD). Le RGPD est une règlementation instaurée à l'initiative de l'Union européenne qui établit des directives strictes pour la collecte, le traitement et le stockage des données personnelles afin de protéger la vie privée des individus et de renforcer la sécurité des données. Dans le cadre du PDE, cela signifie que les informations permettant d'identifier les répondant·e·s de l'enquête doivent être traitées de manière à garantir l'anonymisation des réponses. Cette anonymisation doit être réalisée de façon à ce qu'il soit impossible d'attribuer les réponses à une personne spécifique, que ce soit par le responsable du traitement ou par des tiers, avec un effort proportionné. Les techniques d'anonymisation peuvent inclure la suppression des identifiants directs, la généralisation des données, l'agrégation ou la perturbation des données, tout en préservant la valeur statistique des informations recueillies. La législation relative aux enquêtes PDE impose un questionnaire type minimal, permettant à l'entreprise de décider d'enrichir le questionnaire minimal si elle est désireuse d'obtenir plus d'informations sur les habitudes de mobilité de son personnel.

L'UCLouvain a décidé en 2021 d'enrichir le questionnaire PDE dans le but de mieux comprendre les leviers d'actions pour diminuer l'empreinte carbone liée aux déplacements de ces employé·e·s et étudiant·e·s. Le questionnaire a été établi avec pour objectif de représenter la diversité des comportements de mobilité sans induire de biais de consultation, en invitant notamment l'entièreté des employé·e·s et étudiant·e·s à y répondre. Ainsi, la mobilisation de ces données doit permettre de déterminer les compatibilités territoriales et comportementales de la population en matière de mobilité vélo et d'identifier le potentiel du vélo. En outre, la grille d'analyse devrait fournir des indications précieuses sur sa pertinence pour évaluer la part modale du vélo et le transfert modal possible.

Les données de l'enquête sont structurées en plusieurs catégories thématiques (les mesures issues de l'enquête sont disponibles en annexe A et les statistiques descriptives des résultats de l'enquête sont disponibles en annexe B). Tout d'abord, les informations sociodémographiques utilisées dans cette analyse comprennent le genre, l'âge et le lieu de résidence des répondant·e·s. En conformité avec le RGPD, l'enquête a fourni les origines des employé·e·s au niveau du code postal. Pour spatialiser ces origines, le

centre géographique de chaque code postal belge a été utilisé. En ce qui concerne les habitudes de déplacement, les répondant·e·s ont indiqué le principal mode de transport utilisé pour se rendre au travail (appelé mode principal), ainsi que les autres modes utilisés au moins 10 fois par an (appelés modes occasionnels). Ainsi, les cyclistes principaux sont les répondant·e·s qui ont déclaré que le vélo était leur mode de transport principal. En revanche, les cyclistes occasionnels sont les personnes interrogées qui ont déclaré utiliser un vélo pour des déplacements occasionnels vers leur lieu de travail. Des questions ont été posées sur les arrêts intermédiaires effectués au cours du trajet, l'ensemble de ces arrêts constitue une chaine de déplacement domicile-travail. L'enquête a également interrogé les répondant·e·s sur la distance et la durée de leur trajet habituel, ainsi que sur les raisons pour lesquelles ils et elles ont choisi leur mode de transport principal (par exemple, la vitesse, la commodité, la fiabilité, le cout ou d'autres raisons). Enfin, une section du questionnaire était consacrée aux politiques de mobilité. Les répondant·e·s étaient invité·e·s à exprimer leur degré d'accord (sur une échelle de 1 à 7) concernant diverses politiques. Les politiques proposées concernaient la mobilité cycliste (par exemple, par la mise en place de parkings sécurisés, de mesures de modération du trafic, la création de pistes cyclables), les transports publics (par exemple, l'amélioration de la fréquence, la tarification) et le covoiturage.

Parmi les membres du personnel de l'université travaillant à Louvain-la-Neuve, le taux de réponse à l'enquête 2021 a été de 41 %, avec 2 532 répondant·e·s. La représentativité de l'échantillon a été vérifiée par le service statistique de l'université en charge de l'enquête PDE en comparant le profil des répondant·e·s à l'enquête à la population contactée. Les résultats montrent une surreprésentation des femmes et du personnel technique ainsi que des différences au niveau des classes d'âges représentées. Cependant, seulement 1 871 personnes, 74 % de l'ensemble des répondant·e·s de l'enquête, ont rempli l'entièreté du questionnaire, y compris la section facultative utilisée pour cette analyse. L'analyse est donc limitée à 1 871 personnes réparties dans différentes provinces de Belgique (figure 2a).

La marge d'erreur associée à la population sélectionnée pour l'application de la grille d'analyse est de 1,7 % et a été calculée sur la base de la formule 1.1, avec n la taille de l'échantillon, N la taille de la population, p la proportion obtenue dans l'enquête et z le quantile d'une normale N(0,1) pour un alpha de 0,05. Il s'agit des marges d'erreur à un taux de 95% de confiance pour un résultat de 50% avec une correction pour population finie.

$$m = z_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{1-\frac{n}{N}}\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (1.1)$$

Les parts modales pour les trajets domicile-travail des personnes interrogées indiquent une prédominance des modes de transport motorisés avec 52,9 % en voiture et 25,9 % en transports publics (bus, train). Les modes actifs représentent 20,6 % des parts modales totales, avec 11,7 % de piétons et 8,9 % de cyclistes (figure 2b). La répartition modale de l'échantillon retenu pour cette analyse correspond aux tendances de l'ensemble des 2 532 répondant·e·s de l'enquête, avec un écart inférieur à 1,7 %, qui est la marge d'erreur pour l'échantillon. Ces données d'enquête issue d'un questionnaire riche pourront permettre d'évaluer la capacité de la grille d'analyse proposée à estimer le potentiel du vélo comme moyen de transport pour une population présentant une diversité de comportements de mobilité, bien que la population employée de l'université ne soit pas représentative de la population belge en termes d'âge, d'éducation, de revenus ou de distance domicile-travail à parcourir. Les résultats des analyses ne pourront donc fournir une approximation du potentiel du vélo comme moyen de transport pour la commune d'Ottignies – Louvain-la-Neuve ou pour la Wallonie. L'analyse des données se poursuit avec les caractéristiques de chaque personne interrogée afin d'évaluer les quatre composantes de la grille d'analyse proposée : l'accessibilité, le domaine vital, la motilité et la perception.

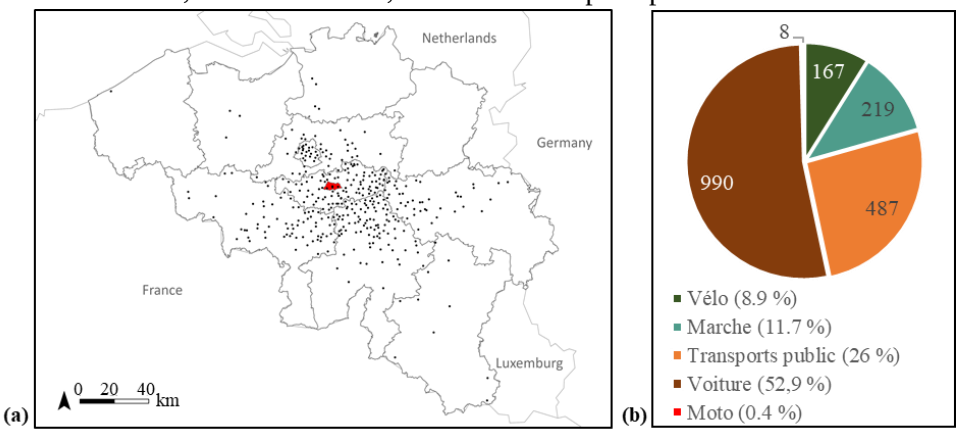

Figure 2.2 Principaux résultats de l'enquête de l'UCLouvain. (a) Origine des répondant·e·s à l'enquête UCLouvain (Ottignies Louvain-la-Neuve en rouge). (b) Parts modales des répondant·e·s vers Louvain-la-Neuve (mode principal).

2.4.2. Accessibilité vélo

L'accessibilité évalue l'aire territoriale accessible à vélo. L'objectif premier est d'identifier les communes d'origine à partir d'où le vélo s'avère être un

mode de transport efficace et permettant de gagner du temps, notamment par rapport à la voiture. En d'autres termes, l'accent est mis sur l'identification des zones où l'accessibilité vélo offre un avantage concurrentiel par rapport à la voiture en termes de temps de déplacement. En effet, la durée des déplacements exerce une influence négative sur la satisfaction des usagers (Higgins et al., 2018 ; Morris et Guerra, 2015 ; Zhu et Fan, 2018). Par ailleurs, les personnes ayant des trajets domicile-travail longs sont souvent dissuadées d'utiliser des modes actifs comme le vélo sans le combiner à un autre mode de transport (intermodalité) en raison du temps de trajet supplémentaire par rapport à la voiture (Bauer et Kisielewski, 2021). Pour le vélo, les durées courtes dominent parmi les trajets des usagers fréquents : 73,4 % des déplacements à vélo réalisés quotidiennement ne dépassent pas 30 minutes (De Vos et al., 2022). Ainsi, un trajet à vélo est ici considéré comme avantageux si sa durée ne dépasse pas de plus de 15 minutes celle du trajet en voiture pendant les heures de pointe du mardi matin.

Les résultats de l'enquête PDE fournissent la durée des trajets domicile-travail selon le mode de déplacement principal, ces données ne fournissent que des intervalles grossiers de temps de parcours et tous les modes de transport ne sont pas rapportés pour toutes les communes d'origine.

Grâce à des outils numériques d'analyse réseau de système d'information géographique (SIG) topologiquement correcte pour tout le territoire concerné, l'étude a simulé les durées de trajet vers Louvain-la-Neuve à partir de 613 lieux autour de Louvain-la-Neuve en utilisant des vélos à assistance électrique (VAE), qui sont plus largement utilisés pour l'ensemble du trajet que les vélos non électriques (Service public fédéral Mobilité et Transports, 2023). Les trajets en voiture ont été estimés à l'aide de Google Maps, pour tenir compte des conditions d'embouteillage moyen pour arriver à Louvain-la-Neuve à 9 heures du matin un mardi ordinaire. Les différences de temps entre le vélo et la voiture ont été classées en quatre catégories (figure 2.3) : (i) lorsque le trajet à vélo est plus rapide ou dure le même temps que le trajet en voiture, (ii) lorsque le trajet à vélo dure jusqu'à 15 minutes de plus, (iii) lorsque le trajet à vélo dure de 15 à 30 minutes de plus et (iv) lorsque la différence dépasse 30 minutes. Les points appartenant à chaque catégorie ont été regroupés en polygones isochrones (polygones qui englobent tous les points appartenant à la même catégorie de temps). Les communes dont le centroïde se situe à l'intérieur d'un polygone isochrone où le trajet à vélo ne prend pas plus de 15 minutes de plus que le trajet en voiture sont considérées comme ayant une accessibilité compatible avec le vélo.

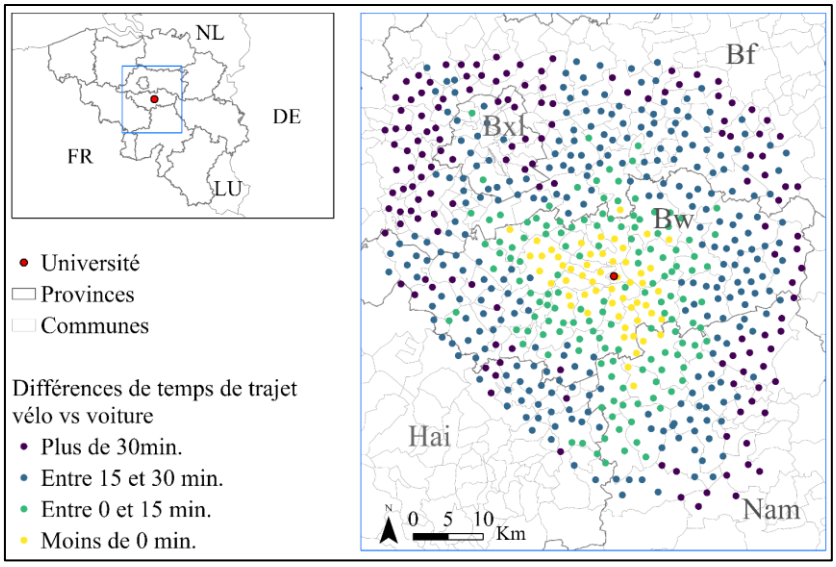

Figure 2.3 Comparaison de la durée du trajet à vélo et de la durée du trajet en voiture à l'heure de pointe du matin. Abréviations des noms de provinces : Bxl = Bruxelles, Bf = Brabant flamand, Bw = Brabant wallon, Nam = Namur, Hai = Hainaut.

2.4.3. Domaine vital

L'enquête portant exclusivement sur les trajets domicile-travail et les arrêts intermédiaires, le domaine vital a été limité aux chaines de déplacement entre le domicile et le lieu de travail des individus. Les personnes dont les chaines de déplacement sont simples, c'est-à-dire sans arrêt intermédiaire, sont considérées comme ayant un domaine vital compatible avec le vélo. En effet, la nécessité d'étapes intermédiaires sur un trajet (comme des courses ou déposer une tierce personne) constitue un frein majeur à l'usage du vélo (Pro vélo, 2020).

Un ensemble de 1 200 répondants n'a pas signalé d'arrêts intermédiaires sur le chemin du travail. Parmi elles et eux, 120 étaient des cyclistes occasionnels et 97 des cyclistes principaux, soit 41 % de tous les cyclistes occasionnels et 58 % de tous les cyclistes principaux. La proportion de cyclistes occasionnels diminue, tandis que celle des cyclistes principaux augmente, lorsque le domaine vital est compatible avec les vélos. L'adéquation du domaine vital n'est pas constante tout au long de l'année. Une hypothèse explicative serait, par exemple, lorsque les parents ne sont pas tenus d'emmener leur(s) enfant(s) à l'école, comme c'est le cas en période de vacances scolaires ; certaines personnes considèrent que le vélo est une option plus pratique, ce qui entraine un changement temporaire dans leur comportement de déplacement. Cette hypothèse sur la nature dynamique des modes de déplacement met en évidence la façon dont des facteurs tels que la

situation personnelle et les changements saisonniers influencent le choix de faire du vélo, ce qui correspond à la variabilité temporelle observée et peut expliquer la part de vélo occasionnel.

2.4.4. Motilité

La motilité englobe des caractéristiques telles que la possession d'un vélo ou l'accès à un vélo, la condition physique, la capacité intellectuelle à faire du vélo et la connaissance du Code de la route. La littérature montre que le statut socioéconomique, l'âge et le genre sont les principaux critères de motilité.

L'enquête comprend une majorité de diplômé·e·s universitaires. Étant donné qu'une proportion importante des cyclistes belges se compose de diplômés universitaires (Service public fédéral Mobilité et Transports, 2023), il est supposé que les capacités intellectuelles et matérielles pour la pratique du vélo sont compatibles pour l'ensemble de la population enquêtée. Castañon et Ribeir (2021) appellent cette hypothèse, qui suppose que les capacités matérielles et cognitives à la pratique du vélo sont uniformément acquises au sein d'une population, le *bikeability trust*. Cette hypothèse est confortée par le fait que le pourcentage de répondant·e·s qui se déplacent à vélo pour se rendre à l'université (7 % en 2017 et 9 % en 2021) est supérieur à la moyenne wallonne qui est de 1,8 % en 2017, telle que rapportée par l'enquête MONITOR (2019).

Le questionnaire PDE renseigne la classe d'âge des répondant·e·s. Conformément aux données du Service public fédéral Mobilité et Transports (2023), l'usage du vélo en Belgique commence à diminuer significativement à partir de 60 ans. Cet âge a donc été retenu comme seuil de motilité dans le cadre de cette analyse.

Le genre n'est pas pris en compte pour caractériser la motilité. Comme le souligne la littérature, l'analyse des différences entre les genres dans le comportement de mobilité révèle trois aspects essentiels. Premièrement, les femmes ont tendance à avoir des chaines de déplacement plus complexes, ce qui relève de la composante « domaine vital » abordée précédemment. Deuxièmement, les femmes sont plus susceptibles de choisir des itinéraires qui maximisent leur sentiment de sécurité, même si cela implique d'augmenter la distance de déplacement, ce qui relève de la composante « accessibilité », également abordée précédemment. Enfin, s'il existe une différence de capacité physique entre les genres, celle-ci est déjà prise en compte par le critère de l'âge dans la composante « motilité ». Cette hypothèse est renforcée par la répartition des genres parmi les répondant·e·s à l'enquête : les femmes représentent 42 % des cyclistes quotidiens (les femmes représentant 54 % des répondant·e·s de l'enquête). Ces observations suggèrent que l'impact qu'a le

genre sur les pratiques cyclistes pour les déplacements domicile-travail des employé·e·s de l'université est le résultat d'autres inclus aux dimensions « domaine vital » et « accessibilité ».

2.4.5. Perception

La perception fait référence à la représentation mentale du vélo, laquelle est influencée par les normes sociales, les habitudes et les politiques de mobilité en place. L'enquête PDE comprend des questions sur les opinions des personnes concernant les politiques de mobilité. Dans le contexte de cette étude, l'accord avec les politiques en faveur du vélo est considéré comme une perception de la cyclabilité compatible avec le vélo, tandis que les opinions neutres et opposées sont classées comme défavorables.

2.4.6. Potentiel du vélo comme moyen de transport et métriques de transfert modal

Pour chaque répondant·e, la compatibilité des quatre composantes est déterminée, ce qui permet de les situer dans la grille d'analyse (figure 2.1b). Cette localisation permet de calculer les métriques proposées : potentiel du vélo, potentiel du vélo réalisé, transfert modal possible et transfert modal inexistant. Ainsi, les personnes interrogées sont classées comme ayant soit un potentiel vélo réalisé, soit un transfert modal possible, soit un transfert modal inexistant, soit comme étant hors d'analyse si elles se déplacent à pied ou par les transports publics. Les résultats du potentiel du vélo sont exprimés par rapport au nombre total de répondant·e·s (1871), tout comme le transfert modal possible et le transfert modal inexistant. Le potentiel réalisé est exprimé par rapport au nombre de personnes identifiées comme ayant un potentiel vélo.

2.5. Résultats

La section des résultats est divisée en deux parties. Tout d'abord, la grille d'analyse est validée en examinant si les répondant·e·s sujets·tes au potentiel du vélo constituent effectivement la principale fraction des cyclistes. Deuxièmement, l'analyse prospective évalue le potentiel du vélo parmi les employé·e·s de l'université en utilisant les métriques liées au transfert modal possible vers le vélo.

2.5.1. Validation

Pour valider la pertinence de la grille d'analyse, le nombre de cyclistes principaux et le nombre total de répondant·e·s sont calculés pour chaque composante compatible avec le vélo. La figure 2.4 présente ces résultats de manière cumulative. En d'autres termes, « 3 intersections » sur l'axe des x correspond aux répondant·e·s pour lesquel·le·s 3 composantes sur 4 ou plus

sont compatibles avec le vélo. L'intersection des quatre composantes compatibles avec le vélo représente 32 % des cyclistes principaux, soit 8 % de l'ensemble des répondant·e·s, cette intersection affiche la part modale la plus élevée parmi les cyclistes principaux (36 %). Il est intéressant de noter qu'en considérant un seuil d'au moins 3 composantes compatibles avec le vélo sur 4, ce critère englobe 47 % des répondant·e·s et 76 % des cyclistes principaux, avec une part modale du vélo de 14 %. En revanche, si l'on réduit le seuil à un minimum de 2 ou même 1 composante(s) compatible(s) avec le vélo, on obtient une part modale qui ne dépasse pas de manière significative la part globale des cyclistes (9 %). Cela suggère que trois des quatre composantes compatibles avec le vélo sont suffisantes pour expliquer le comportement quotidien des cyclistes, soulignant la nature multifactorielle du choix modal.

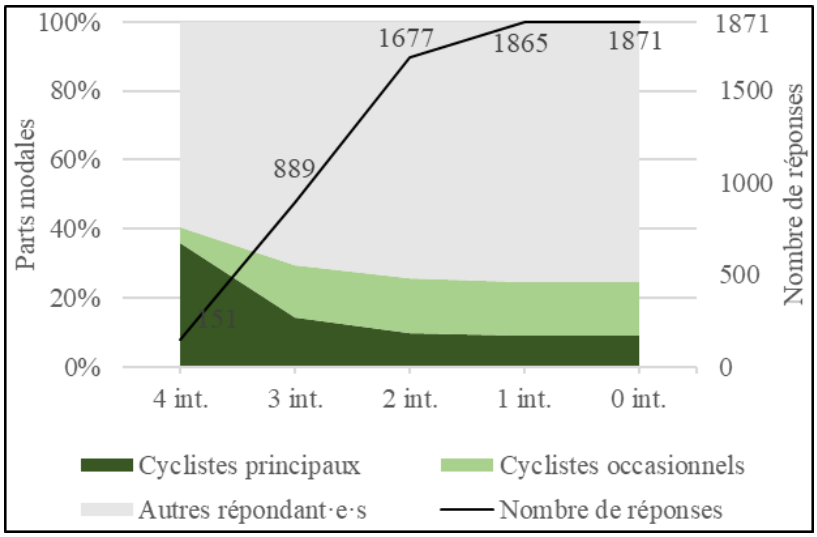

Figure 2.4 Évolution cumulée des cyclistes principaux et occasionnels en fonction du nombre de composantes compatibles avec le vélo. Quatre composantes compatibles avec le vélo capturent la part modale la plus élevée des cyclistes principaux (36 %). 32 % des cyclistes principaux et 8 % de l'ensemble des répondant·e·s se situent à l'intersection de toutes les composantes de la grille d'analyse. La prise en compte d'au moins 3 des 4 composantes compatibles avec le vélo permet de capturer 47 % des répondant·e·s et 76 % des cyclistes principaux, ce qui indique que ce seuil est optimal pour identifier les cyclistes quotidiens. En abaissant le seuil à 2 ou 1 composante(s) compatible(s) avec le vélo, on obtient une part modale qui n'est pas significativement plus élevée que la part modale globale des cyclistes principaux (9 %).

Cette hypothèse selon laquelle le nombre d'intersections influence la probabilité d'utiliser le vélo comme moyen de transport a été vérifiée par un test Khi² (équation 2.1). La p-valeur, inférieure à 0,001, confirme que la

relation est significative. Ainsi, la grille d'analyse proposée est pertinente pour différencier les cyclistes des non-cyclistes.

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.1)$$

avec O_i l'effectif observé et E_i l'effectif attendu.

La répartition des cyclistes principaux et occasionnels en fonction des composantes considérées comme compatibles avec le vélo (figure 2.5) souligne que l'accessibilité est une composante cruciale pour expliquer la pratique quotidienne du vélo. En effet, les intersections regroupant le plus grand nombre de cyclistes principaux incluent toutes l'accessibilité compatible avec le vélo. La part modale des modes de transport actifs (pour les déplacements quotidiens) est la plus élevée quand toutes les composantes sont compatibles avec le vélo. En outre, la part modale des modes actifs augmente de manière significative lorsqu'au moins 3 des 4 composantes sont compatibles avec le vélo. Cela suggère que le seuil de 3 composantes sur 4 explique correctement l'utilisation du vélo et que l'utilisation occasionnelle versus quotidienne est déterminée par l'accessibilité, comme le montre l'intersection p+m+v (figure 2.5). En effet, cette configuration, p+m+v, n'inclut pas l'accessibilité et présente une proportion de cyclistes occasionnels nettement supérieure à celle des cyclistes réguliers (46 occasionnels contre 3 principaux). En revanche, les autres intersections de trois composantes incluant l'accessibilité affichent des proportions inverses, avec une prédominance de cyclistes réguliers (27 contre 35 et 37 contre 47). Ces résultats indiquent que la grille identifie efficacement les individus ayant un potentiel élevé pour la pratique du vélo.

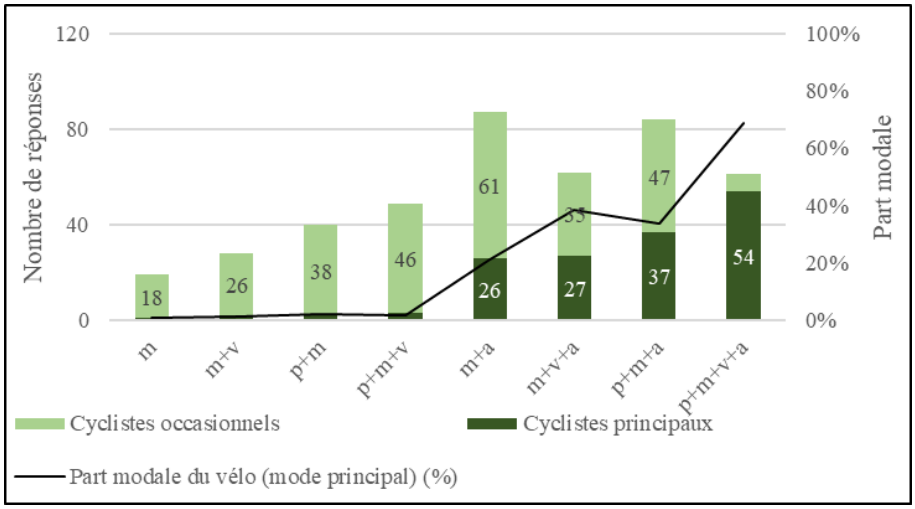

Figure 2.5 Classement des intersections entre les composantes de la grille, m = motilité, v = domaine vital, p = perception, a = accessibilité. Les colonnes indiquent le nombre de cyclistes principaux ou de cyclistes occasionnels, tandis que les lignes indiquent la part modale du vélo (mode principal) de l'intersection. Les intersections qui rencontrent moins de 50 individus ne sont pas représentées dans la figure. L'accessibilité a un impact majeur sur la décision de se rendre au travail à vélo : les quatre intersections où le nombre de cyclistes principaux est le plus élevé comprennent une accessibilité compatible avec le vélo. La part modale du mode actif (en tant que mode de transport principal) augmente de manière significative lorsqu'au moins 3 des 4 composantes sont compatibles avec le vélo. L'intersection p+m+v indique que 3 des 4 composantes compatibles avec le vélo sans l'accessibilité conduisent à une utilisation occasionnelle du vélo, ce qui conduit à une faible part modale du mode actif pour cette intersection.

Un test z a été réalisé afin de valider l'hypothèse selon laquelle un seuil de trois dimensions compatibles avec le vélo sur quatre serait suffisant pour expliquer la pratique du vélo (équation 2.2). La p-valeur obtenue, inférieure à 0,001, confirme fortement cette hypothèse. En revanche, pour les répondant·e·s se trouvant dans des intersections avec moins de trois dimensions compatibles (soit les intersections 2, 1 ou 0), la p-valeur du test z s'élève à 0,99, ce qui indique qu'aucune différence significative n'existe au niveau des proportions de cyclistes dans ces intersections par rapport à la population générale. Cette absence de différence indique que moins de trois intersections ne suffisent pas à expliquer la pratique du vélo de manière significative.

$$z = \frac{p_{obs} - p_{th}}{\sqrt{\frac{p_{th}(1-p_{th})}{n}}} \tag{2.2}$$

où p_{obs} est la proportion de cyclistes observée, p_{th} est la proportion hypothétique de cyclistes dans la population (ici 0,09 soit la part modale du vélo au sein des répondant·e·s de l'enquête) et n est la taille de l'échantillon.

2.5.2. Analyse prospective de la grille d'analyse

La figure 2.6 représente chaque intersection avec la part modale des répondant·e·s à l'enquête associée, ainsi que le nombre de réponses concernées. Les intersections comptant moins de 100 réponses ne sont pas prises en compte dans l'analyse parce que cette taille de population correspond à une marge d'erreur trop élevée, soit 9,8 % (taux de confiance de 95 % et pour une proportion obtenue de 50%). Les données détaillées et complètes se trouvent en annexe C.

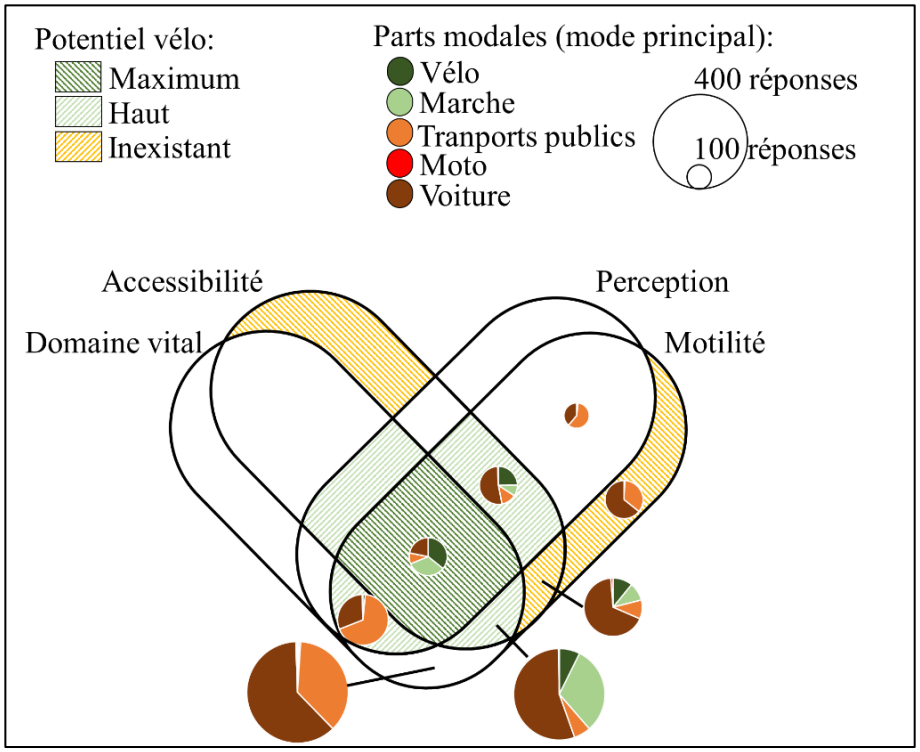

Figure 2.6 Diagramme de Venn illustrant le potentiel du vélo pour les déplacements vers l'UCLouvain (site de Louvain-la-Neuve). Chaque camembert représente la part modale des principaux modes de transport pour les répondant·e·s à une intersection spécifique de composantes compatibles avec le vélo, la taille du camembert correspond au nombre de répondants dans chaque intersection. Les intersections ayant reçu moins de 50 réponses sont exclues de l'analyse. Le potentiel vélo maximum se réfère aux répondant·e·s se trouvant à l'intersection des quatre composantes compatibles avec le vélo, tandis que le potentiel vélo haut, conformément aux résultats de la validation, se réfère aux répondant·e·s se trouvant à l'intersection d'au moins 3 des 4 composantes compatibles avec le vélo. Le potentiel inexistant fait référence aux personnes pour lesquelles aucune mesure politique n'améliorerait de manière significative le potentiel vélo.

Comme indiqué précédemment, le nombre le plus élevé de cyclistes principaux se situe à l'intersection des quatre composantes de la grille et correspond à la plus grande part (32 %) des cyclistes principaux. À cette

intersection des quatre composantes, la part modale des modes de transport motorisés diminue, passant de 79 % pour l'ensemble des personnes interrogées à 31 %, ce qui montre que ces navetteur·euse·s sont concerné·e·s par le potentiel vélo et soumis à un transfert modal probable possible. En d'autres termes, l'intersection des quatre composantes permet aux personnes interrogées de devenir déjà des cyclistes, soit principaux (54 cyclistes) soit occasionnels (7 cyclistes), tandis que le transfert modal possible atteint 31 %. La marche à pied est significativement pratiquée, car Louvain-la-Neuve est une ville où les modes actifs sont prioritaires, la circulation automobile étant relayée à une circulation périphérique et souterraine.

Le potentiel vélo maximum réalisé correspond à la proportion de cyclistes principaux dans l'intersection des 4 composantes compatibles avec le vélo. De même, le potentiel vélo haut réalisé correspond à la proportion de cyclistes principaux à l'intersection de 3 composantes compatibles avec le vélo. Si l'on considère que la marche et les transports publics ne sont pas visés par le transfert modal vers le vélo, les potentiels vélo maximum et haut réalisés pour les déplacements domicile-travail à Louvain-la-Neuve parmi les employé·e·s de l'université sont respectivement de 33,8 % et 9,9 %. Le transfert modal possible est de 20,5 % (figure 2.7).

La grille d'analyse permet également d'identifier les personnes qui n'entrent pas dans le champ d'application du potentiel vélo et pour lesquelles aucune mesure politique n'améliorerait de manière significative le potentiel vélo (potentiel inexistant). Pour l'université (figure 2.7), 21,7 % des personnes interrogées (406) présentent un potentiel du vélo inexistant. Parmi ces personnes, 28 font du vélo (1,5 % des personnes interrogées), ce qui reflète des profils dont les incitations à faire du vélo sont hors de portée de la grille d'analyse.

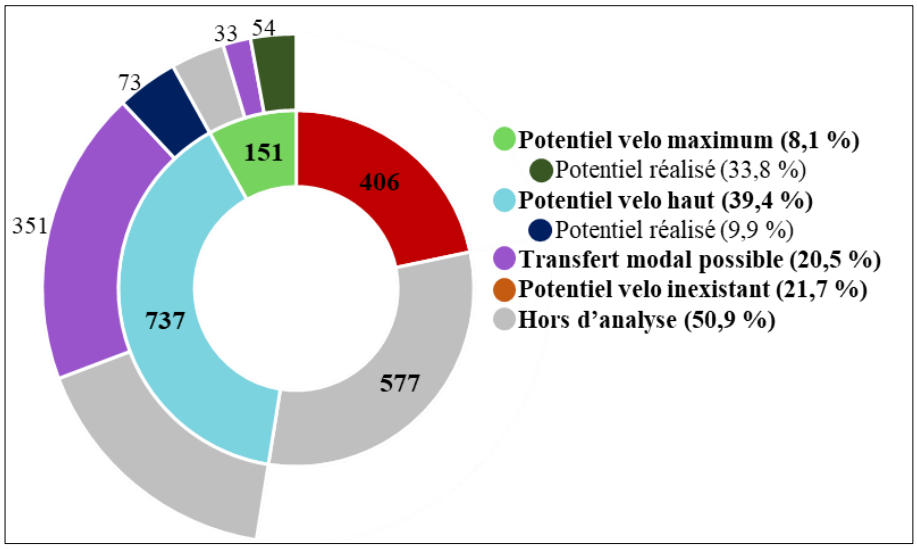

Figure 2.7 Analyse prospective du potentiel cyclable des employé·e·s de l'université travaillant à Louvain-la-Neuve. Le potentiel maximum regroupe les répondant·e·s ayant 4 composantes compatibles, et le potentiel haut ceux avec 3. Le potentiel réalisé désigne les cyclistes principaux actuels, tandis que le transfert modal possible correspond aux automobilistes principaux. Les usagers des transports publics et les piéton·ne·s sont exclus de l'analyse.

L'interprétation prospective de la grille d'analyse peut conduire à prioriser les zones où des investissements doivent être développés (renforcement ou création d'un potentiel) et permet d'en estimer l'impact. Elle peut également être utilisée pour quantifier la proportion de la population concernée par un éventuel transfert modal vers le vélo et offre une nouvelle vision du transfert modal qui prend en compte la subjectivité des personnes qui se déplacent en plus des facteurs territoriaux. L'analyse permet de mieux comprendre l'interaction complexe entre l'environnement bâti, le comportement individuel et les éléments sociotechniques qui influencent la pratique du vélo. Les changements de mode de vie ou les actions politiques peuvent avoir un impact sur la compatibilité des composantes avec le vélo. Dans le cas spécifique de l'UCLouvain, il est recommandé de concentrer les efforts sur l'amélioration des composantes liées à la perception et à l'accessibilité. En effet, l'intersection des composantes « domaine vital » et « motilité » regroupe le plus grand nombre de répondant·e·s (400 réponses), tout en affichant une proportion très faible de cyclistes (moins de 1 %). Cette population représente donc une cible prioritaire pour les actions visant à encourager l'usage du vélo.

2.6. Discussions

La pertinence de la grille d'analyse est démontrée pour les chaines de déplacements domicile-travail du personnel de l'UCLouvain à Louvain-la-Neuve. Son application révèle que les intersections impliquant les quatre composantes compatibles ont le plus grand nombre de cyclistes principaux et que l'accessibilité détermine l'utilisation quotidienne ou occasionnelle du vélo parmi les employé·e·s de l'université. En outre, il est intéressant de noter que trois des quatre composantes compatibles avec le vélo sont adéquates pour expliquer l'utilisation quotidienne du vélo, ce qui souligne la nature multidimensionnelle du choix modal. Ces résultats concordent avec le concept de (e-)vélomobilité (Rérat et al., 2019 ; Baehler et Rérat, 2020) et les définitions de cyclabilité (Hsu et al., 2023) ou de culture de mobilité (Haustein et al., 2019) qui expliquent l'usage du vélo comme un processus multifactoriel technique et social (Baslington, 2007 ; Nelson et al., 2022 ; Schmassmann et al., 2023).

La grille d'analyse et sa validation présentent certaines limites. L'analyse de l'accessibilité vélo prend comme point de départ les centroïdes des codes postaux d'origine des répondant·e·s. Cette approche peut introduire une certaine incertitude spatiale lors de la détermination des aires de chalandise, car le temps de trajet n'est pas le même en tous points des communes. L'enquête PDE utilisée pour la validation se concentre uniquement sur les

chaines de déplacement domicile-travail, fournissant ainsi des informations incomplètes sur le domaine vital des personnes interrogées. En outre, l'hypothèse sur la motilité, qui ne tient compte que de la capacité physique comme facteur limitant (approximée par l'âge des répondant·e·s), a pu être simplifiée en raison de la population universitaire. Cette simplification a permis de négliger d'autres critères nécessaires qui sont cruciaux pour le transport à vélo, par exemple la possession d'un véhicule. L'étude examine les VAE pour évaluer l'accessibilité, en supposant que toutes les personnes interrogées possèdent ce type de vélo. Ces limitations peuvent introduire des imprécisions dans les résultats obtenus, entrainant potentiellement des surestimations ou des sous-estimations du transfert modal potentiel pour les trajets domicile-travail du personnel de l'université. Néanmoins, cette étude met en lumière la cyclabilité et permet de cibler les actions à entreprendre par l'université pour changer les comportements de mobilité.

Les résultats de cette étude ont des implications pratiques pour les politiques de mobilité. En comprenant les interdépendances complexes entre l'accessibilité, le domaine vital, la mobilité et la perception, les autorités peuvent adapter leurs interventions pour encourager la pratique du vélo dans des régions spécifiques et parmi des groupes ciblés. Qu'il s'agisse d'améliorer l'infrastructure cyclable et l'accessibilité ou de s'attaquer aux obstacles liés à la perception et à la motilité, des approches ciblées et spécifiques au contexte peuvent maximiser la réalisation du potentiel du vélo comme moyen de transport. D'autres études pourraient explorer spécifiquement les incitations les plus efficaces pour convaincre l'automobiliste soumis·e au potentiel du vélo. Par ailleurs, les pouvoirs publics pourraient augmenter la proportion de personnes ayant un potentiel vélo haut en améliorant les infrastructures et les politiques de logement.

2.7. Conclusions

Dans un contexte où la mobilité vélo est un levier important de la transition énergétique et écologique décarbonée (Fukushige et Handy, 2022 ; Chen et al., 2022), il est nécessaire de suivre l'évolution du potentiel vélo dans les territoires et de cibler des politiques de mobilité adaptées. La nécessité de contextualiser les pratiques cyclistes découle de la revue de littérature. Le succès de la mobilité cycliste dépend de plusieurs facteurs et les mesures évaluant la pratique du vélo devraient prendre en compte les interactions entre les caractéristiques spatiales et les comportements de mobilité afin d'aider à hiérarchiser les actions à mener pour promouvoir la pratique du vélo.

Ce chapitre propose et teste avec succès une grille d'analyse prospective de la cyclabilité pour évaluer le potentiel du vélo comme moyen de transport, intégrant quatre composantes : le domaine vital, l'accessibilité, la motilité et la perception de la population. Les résultats révèlent que la pratique du vélo comme moyen de transport, qu'elle soit quotidienne ou occasionnelle, s'explique principalement par la présence d'au moins trois des quatre composantes de la grille d'analyse. 47,5 % des employé·e·s de l'université se rendant à Louvain-la-Neuve ont un potentiel élevé ou maximum du vélo, 14,3 % d'entre elles et eux pratiquant déjà ce mode de transport. Le transfert modal possible parmi les employé·e·s de l'université est de 20,5 %. Les études futures devraient valider les éléments de la grille avec une population plus diversifiée en utilisant des données en libre accès ou des enquêtes sur les données mobiles pour estimer le domaine vital et la motilité, par exemple. En effet, la forte densité de Louvain-la-Neuve, sa conception favorable aux piétons et la population universitaire sont particulièrement propices aux déplacements actifs, ce qui renforce le potentiel du vélo.

La grille d'analyse présentée fournit une approche complète et innovante pour évaluer le potentiel du vélo comme moyen de transport pour un territoire donné. En tenant compte des caractéristiques spécifiques du comportement et de l'environnement bâti, cette grille d'analyse donne des indications précieuses sur l'interaction des facteurs qui influencent le choix du vélo comme moyen de transport. La nature prospective de la grille d'analyse facilite l'établissement de mesures et la prise de décisions fondées sur des données probantes pour les politiques de mobilité, contribuant ainsi à la promotion ciblée d'options de transport durable et actif.

Chapitre 3

Impact des infrastructures cyclables sur la circulation des vélos, le choix des itinéraires et l'accessibilité des territoires : Étude de cas pour Louvain-la-Neuve, Belgique

Ce chapitre est basé sur l'article suivant :

Stinglhamber, B., Decoene, T., Hanin, Y. & Defourny, P. Impact des infrastructures cyclables sur la circulation des vélos, le choix des itinéraires et l'accessibilité des territoires : Étude de cas pour Louvain-la-Neuve, Belgique. Soumis dans *Recherche Transports Sécurité (RTS)*.[3]

[3]Contribution des auteurs·ices : BS a conçu l'idée originale de l'article, développé la méthodologie et rédigé le manuscrit sous la supervision de PDY et YH. Thibault Decoene (TD) a fourni le réseau de circulation vélo topologiquement correct couvrant l'ensemble du territoire belge, utilisé comme matériel pour les analyses, réalisé sous la supervision de PDY. PDY et YH ont apporté des contributions importantes en réalisant des relectures critiques et en proposant des suggestions méthodologiques.

3.1. Résumé

Simuler l'accessibilité cyclable des territoires est essentiel pour estimer correctement le potentiel de transfert modal vers ce mode de transport. Caractériser la qualité des infrastructures cyclables selon la perception des cyclistes permet d'identifier les infrastructures privilégiées ou évitées. Au-delà de leur présence, il est essentiel d'en évaluer l'usage effectif sur la base de l'expérience vécue.

Jusqu'ici, bien que les préférences des cyclistes concernant les types d'infrastructures aient été identifiées par diverses études, les générateurs d'itinéraires ne les intègrent pas à leurs algorithmes. Cette simplification induit une surestimation de l'accessibilité cyclable par rapport à celle vécue par les cyclistes. En outre, ces outils ne tiennent pas compte de la perception des individus concernant la distance, le temps et l'accès aux transports (Guimarães et al., 2019).

Cette étude propose une méthode de modélisation de l'accessibilité pour les vélos à assistance électrique (VAE), prenant en compte les préférences subjectives des cyclistes utilitaires. Un modèle de simulation intégrant ces préférences (modèle cycliste) est créé et calibré à partir des trajets domicile-travail de 52 employé·e·s d'une université. La validation repose sur 28 trajets de référence fournis par des cyclistes utilitaires et également générés par Google Maps et Komoot. Enfin, les modèles cycliste et cyclable sont utilisés pour comparer les aires de chalandise d'accessibilité vélo vécue et réelle vers Louvain-la-Neuve (Belgique).

Les résultats montrent que le modèle cycliste est plus performant que Google Maps et Komoot pour générer des aires de chalandise reflétant la réalité vécue. L'accessibilité apparaît réduite lorsque les préférences et perceptions des cyclistes sont intégrées. Ainsi, pour un trajet de 18 km vers Louvain-la-Neuve, l'aire de chalandise vécue est restreinte de 13 % par rapport à l'aire cyclable, soit 93 km² où résident 43 408 personnes, représentant une surestimation de 14 % de la population incluse.

Mots clés : Préférences des cyclistes, accessibilité vélo, cyclabilité

3.2. Introduction

Les comportements de mobilité représentent un levier essentiel pour la transition écologique, la lutte contre l'étalement urbain et les problèmes de santé publique liés au manque d'activité physique (Vandenbulcke et al., 2011 ; Kellstedt et al., 2021 ; Goel et al., 2021 ; Ahmed et al., 2024). En 2022, le secteur des transports était le principal contributeur aux émissions de gaz à effet de serre en Belgique, représentant 22,4 % des émissions totales. Cette contribution est majoritairement due aux transports routiers, qui comptent pour 96 % des émissions de ce secteur. Bien que les trajets domestiques ne représentent que 1,7 % du total de ces émissions, les tendances montrent que les Belges se déplacent davantage et plus souvent seuls dans leur voiture (Service Changements climatiques, s. d.). La distance moyenne d'un trajet (tous motifs confondus) en Belgique est de 16 km et 18 % de tous les trajets en voiture couvrent une distance inférieure à 5 km (enquête MONITOR, 2019). Ces chiffres suggèrent qu'une partie des trajets pourraient donc être réalisé à vélo, qui apparait comme une alternative écologique et active à la voiture individuelle. Ces dernières années, un regain de la pratique du vélo est observé dans plusieurs villes européennes (Paris, Londres, Bruxelles), renforcé par des politiques favorisant la mobilité vélo aux échelles régionales (vision FAST 2030 pour la Wallonie et plan BeMob pour la Région Bruxelles-Capitale), nationales (plan BE CYCLIST en Belgique) et européenne (déclaration européenne sur le vélo). Dans les pays d'Europe du Nord, les parts modales du vélo dans certaines villes peuvent atteindre 40 % des trajets effectués. Pucher et al. (2010) soulignent que cette mobilisation politique est nécessaire pour promouvoir le cyclisme, à condition que les interventions soient intégrées, diverses et complémentaires, incluant l'aménagement des territoires, la mise en place d'infrastructures et les restrictions à l'utilisation de la voiture individuelle.

Le potentiel de transfert modal décrit la susceptibilité qu'a un individu de changer de moyen de transport pour un ou plusieurs trajets habituels. Ce choix, conscient ou non, dépend de facteurs territoriaux et comportementaux objectifs et subjectifs (De Witte et al., 2013 ; Rérat et al, 2019 ; Courel et Deguitre, 2020). Par exemple, l'urbanisation impacte la distance moyenne des déplacements, les temps de trajet, le cout des transports (Vodot, 2004 ; Nello-Deakin et Harms, 2019 ; Jacquemin et Lesay, 2022), la demande de mobilité (Camagni et al., 2002) et, *de facto*, le choix de mode du transport pour un trajet donné (Zhao et al., 2020). L'enjeu aujourd'hui est donc de rendre les espaces attractifs pour les modes actifs, afin qu'ils deviennent une alternative envisageable pour une plus grande part de la population. On parle alors

d'augmenter la cyclabilité des territoires. En l'absence de définition admise de la cyclabilité (Kellstedt et al., 2021), nous adopterons ici la définition de Hsu et al. (2023) : la cyclabilité désigne le degré d'adéquation de l'environnement global aux besoins des usagers du vélo. Elle est souvent représentée par des aires de chalandise, c'est-à-dire des zones géographiques entourant des points de destination, caractérisées par un certain niveau de cyclabilité. Par exemple, ces zones peuvent refléter le confort perçu sur les itinéraires possibles vers des destinations d'intérêt, pour un temps de parcours défini (Arellana et al., 2020 ; Wysling et Purves, 2022).

Selon La Paix Puello et al. (2020), avoir une image positive du vélo permet de faciliter le choix du vélo pour un même trajet. En revanche, Teixeira et al. (2020) montrent que le stress engendré par la pratique peut décourager les cyclistes actuels et potentiels. L'influence du stress vécu est particulièrement forte pour les cyclistes et piétons, directement exposés à l'environnement (Barrero et Rodriguez-Valencia, 2021). Plusieurs études soulignent l'importance de considérer les préférences et perceptions des cyclistes dans la planification et l'évaluation des infrastructures cyclables (Oldenziel et De La Bruhèze, 2011 ; Broach et al., 2012 ; Madsen et Lahrmann, 2017 ; Zhao et al., 2018). Le type de déplacement (de loisir ou utilitaire) impacte également les préférences. Par exemple, les cyclistes utilitaires privilégient les parkings vélos sécurisés plus fréquemment que les cyclistes de loisirs. Quel que soit le type de cycliste, la gratuité, la sécurité et la proximité des parkings sont des facteurs privilégiés, bien que les cyclistes de loisirs soient plus enclins à payer pour un parking sécurisé (La Paix Puello et al., 2020 ; Fournier et al., 2023).

Caractériser la perception des cyclistes de leur environnement permet d'analyser le potentiel du vélo comme moyen de transport (Arellana et al., 2020 ; Wysling et Purves, 2022). Le Perceived Bicycling Intersection Safety (PBIS) est un indice sur le sentiment de sécurité des cyclistes aux croisements routiers (Lin et Wei, 2018) ; the Bikeway Quality Index (BQI) caractérise la qualité des infrastructures (Sully, 2000) ; the Bicycle Level of Service (BLoS) est un indice à propos de la satisfaction des cyclistes (Jensen, 2007 ; Kang and Lee, 2012 ; Parkin et al., 2007). Les perceptions diffèrent selon le type de trajet effectué, mais aussi selon la fréquence d'utilisation du vélo (Sully, 2000 ; Winters et al., 2013 ; Rossetti et al., 2019 ; Fukushige et Handy, 2022). De plus, le genre, l'âge et la forme physique influencent la place accordée aux perceptions (Bernhoft et Cartensen, 2008 ; Mitra et Nash, 2018 ; Nikiforiadis et Basbas, 2019). Cette règle est d'autant plus vraie que le développement du cyclisme est faible : les différences de pratiques selon le genre et l'âge sont négligeables là où le cyclisme est

développé (Shaw et al., 2020). Hardinghaus et Papantoniou (2020) mettent en lumière des différences dans les stratégies des cyclistes selon le degré de développement du cyclisme des pays. Un faible développement du cyclisme entraine un comportement qui privilégie la sécurité tandis que, dans des pays où le cyclisme est développé, c'est la longueur du trajet qui devient le critère déterminant.

Alors que les préférences des cyclistes concernant les types d'infrastructures cyclables ont été identifiées par de nombreuses études, les générateurs d'itinéraires ne les intègrent pas à leurs algorithmes, surestimant ainsi l'accessibilité cyclable des territoires (Guimarães et al., 2019). La variété des facteurs influençant le choix de mode de déplacement explique sans doute l'absence d'outil unique d'évaluation de la cyclabilité valable dans tous les contextes et pour tous les profils (cyclistes utilitaires actuels ou potentiels). Les outils doivent pouvoir s'adapter aux contextes spécifiques et à la population (Bach, 2006 ; Shareck et al., 2023).

Ainsi, installer des infrastructures cyclables n'est pas suffisant pour augmenter la pratique du vélo (Héran, 2018a). La cyclabilité résulte de la combinaison de facteurs objectifs et subjectifs. Plusieurs autrices et auteurs ont analysé ces facteurs au travers d'enquêtes, du suivi de données GPS ou de simulations via des systèmes d'information géographiques (SIG), aboutissant à une liste non exhaustive des préférences des cyclistes influençant la cyclabilité. De manière générale, un cycliste a tendance à allonger son itinéraire si cela lui permet de minimiser la pente du trajet ou de maximiser son sentiment de sécurité, son confort ou l'agréabilité du trajet (Krizek et al., 2007 ; Sener et al., 2009, Hood et al., 2011 ; Larsen et El-Geneidy 2011 ; Broach et al., 2012 ; Chen et al., 2017 ; Nawrath et al., 2019). Toutefois, la tolérance au détour dépend du type de trajet et de la longueur de l'infrastructure. Plus cette dernière est perçue comme de bonne qualité, plus les cyclistes sont enclins à rallonger leur parcours pour l'emprunter (Larsen et El-Geneidy, 2011). Krizek et al. (2007) montrent ainsi que certains cyclistes n'hésitent pas à parcourir jusqu'à 67 % de distance supplémentaire pour inclure certaines pistes cyclables dans leur itinéraire. Bien que cette étude ait été menée dans une ville des États-Unis, elle met en évidence l'influence déterminante de la qualité des infrastructures sur le choix des itinéraires à vélo.

Gehrke et al. (2020) ont développé un outil d'aide à la décision pour planifier l'expansion du réseau cyclable à l'échelle d'une ville aux États-Unis, en tenant compte des préférences de divers profils de cyclistes. Cet algorithme évalue les avantages des nouveaux aménagements cyclables en fonction des préférences des cyclistes, en se basant sur les itinéraires possibles. L'itinéraire

idéal est conçu comme un compromis entre la réduction du temps de trajet et la diminution du stress lié au trafic automobile. Wysling et Purves (2022) et Arellana et al. (2020) ont produit des modèles similaires respectivement pour la ville de Paris pour identifier les zones à faible cyclabilité et pour les régions de l'hémisphère Sud, fournissant un outil d'aide à la décision pour prioriser les investissements en infrastructures cyclables. La méthodologie de Wysling et Purves (2022) s'établit en deux étapes. D'abord, un indice d'aptitude à la circulation des vélos est attribué à chaque route du réseau. Cet indice se base sur le type d'infrastructure présente, la pente et la vitesse maximale autorisée du trafic motorisé et est multiplié par la longueur des tronçons de route correspondants pour donner la longueur perçue des tronçons. Ainsi, l'absence d'infrastructure le long d'axes où les voitures roulent rapidement allonge la longueur perçue par les cyclistes, indiquant qu'ils éviteront de rouler sur de tels tronçons. Ensuite, un modèle de circulation des vélos calcule l'itinéraire minimisant la distance perçue vers des points d'intérêts définis. Cette méthodologie a l'avantage d'être facilement reproductible sur d'autres zones d'étude et requiert peu de données. Cependant, cette méthodologie ne tient pas compte des préférences subjectives des cyclistes pour certains types d'infrastructures ni de la qualité de ces infrastructures. Ce travail n'intègre pas non plus la question du parking vélo, dont les caractéristiques et la localisation par rapport à la destination jouent un rôle important dans le choix du vélo pour ses déplacements (Heinen et Buehler, 2019 ; Kang et al., 2019 ; Egan et al., 2022).

Les préférences et perceptions des cyclistes, ainsi que les facteurs influençant leurs choix de trajets ou l'adoption du vélo, sont documentées dans la littérature. Pourtant, les outils de modélisation disponibles se contentent de caractériser une cyclabilité théorique d'un trajet et n'intègrent que très peu ces facteurs plus subjectifs définissant la cyclabilité effective. L'objectif de cette recherche est de développer une méthodologie de simulation numérique pour caractériser l'accessibilité des territoires pour les VAE, en intégrant les facteurs déterminant la cyclabilité. L'ambition est de fournir une évaluation plus précise et exhaustive de l'accessibilité vécue par les cyclistes utilitaires grâce à un modèle de simulation (modèle cycliste) capable de reproduire des aires de chalandise reflétant les itinéraires effectivement choisis par les cyclistes utilitaires. Cette méthodologie est appliquée pour déterminer l'accessibilité vécue des trajets vers la ville de Louvain-la-Neuve (Belgique).

3.3. Matériel et méthode

Ce chapitre propose une méthode permettant de caractériser la différence d'accessibilité des territoires pour les VAE lorsque les préférences subjectives des cyclistes utilitaires sont intégrées ou non aux modèles de simulation. La méthodologie repose sur la création de deux modèles de simulation de la circulation des cyclistes utilitaires. Le premier, nommé « modèle cycliste », est un modèle de circulation des VAE qui intègre les préférences subjectives des cyclistes. Le second modèle, nommé « modèle cyclable », est un modèle de circulation des VAE qui se base sur les infrastructures disponibles et n'intègre pas les préférences des usagers.

Dans une étude visant à comparer les préférences déclarées de cyclistes dans des pays où l'utilisation du vélo varie, Hardinghaus et Papantoniou (2020) ont montré que le niveau de pratique du vélo du pays influence la hiérarchisation des préférences déclarées. Étant donné que la ville de Louvain-la-Neuve a été choisie comme zone d'étude, les préférences intégrées au modèle cycliste et leur priorisation pour l'élaboration d'un itinéraire sont déterminées par une approche qualitative, à savoir des entretiens semi-dirigés avec des cyclistes utilitaires concernant leur itinéraire domicile-travail. Les cyclistes utilitaires participant à cette étude sont des employé·e·s de l'UCLouvain, ayant donné leur consentement éclairé pour participer à des recherches sur les déplacements, suite à leur participation à l'enquête PDE menée en 2021. Les modèles développés dans cette étude sont focalisés sur le site de Louvain-la-Neuve, où travaille la majorité des participant·e·s recruté·e·s. Bien que certaines personnes interviewées soient employées sur le site de Woluwe, situé en Région Bruxelles-Capitale, ce dernier ne fait pas partie de la zone d'étude définie dans cette thèse, centrée sur la Wallonie.

Le tableau 3.1 reprend les différentes données mobilisées et leur utilisation.

Tableau 3.1 Sources de données mobilisées pour la simulation d'itinéraires vélo

Donnée	**Source**	**Utilisation**
Réseau de circulation vélo	Open Street Map (OSM)	Réseau du modèle
Altitude	Modèle numérique de terrain (MNT)	Pentes le long des arêtes du réseau
Localisation des parkings vélos	OSM	Modèle (destinations intermédiaires)
Localisation des bâtiments et parkings universitaires	OSM	Modèle (destinations finales une fois le vélo garé)
Trajets de calibration	Entretiens semi-dirigés (52)	Identification des préférences des cyclistes utilitaires pour le modèle cycliste
Trajets de référence	Itinéraires de cyclistes (28)	Analyse de convergence

3.3.1. Réseau de circulation vélo

Le modèle de simulation repose sur un réseau de circulation de VAE qui a été construit à partir des données OpenStreetMap (OSM) sur l'ensemble du territoire belge (figure 3.1). OSM est un projet de cartographie collaborative modifiable par les utilisateur·ice·s. Chaque élément du réseau est décrit par une série d'attributs, apportant des informations spécifiques comme la longueur, la nature du revêtement, la vitesse maximale autorisée, etc. Les premières études concernant l'évaluation de la qualité des données OSM révèlent que la complétude des données n'est pas uniforme. En effet, les zones urbaines tendent à être mieux cartographiées que les zones rurales au sein d'un même pays, ce qui est généralement corrélé à la densité de population (Girres et Touya, 2010 ; Haklay, 2010). Toutefois, il est important de noter que les données OSM sont relativement précises et globalement complètes (Haklay, 2010 ; Barrington-Leigh et Millard-Ball, 2017). Louvain-la-Neuve, située dans une province urbanisée proche de Bruxelles, bénéficie de cette dynamique, permettant de considérer les données OSM comme fiables et complètes pour cette région. La localisation et les caractéristiques des emplacements de parking vélos ainsi que la localisation des bâtiments universitaires (et leurs portes d'accès) ont été extraites de la base de données OSM. Les attributs disponibles dans OSM concernant les parkings incluent le type d'emplacement (barre en U, pince-roue, local fermé, autre), la protection

contre les intempéries (couvert ou non) et la sécurité (parking avec contrôle d'accès ou non).

Les simulations sont effectuées à l'aide du programme ArcGIS Pro 2.7.0 dont l'extension Network Analyst permet de déterminer le chemin qui minimise une impédance prédéfinie (Chen, 2003). Dans cette étude, l'impédance est définie comme la distance de déplacement et l'algorithme de minimisation de l'impédance cumulée entre deux points renvoie le chemin le plus court en termes de distance.

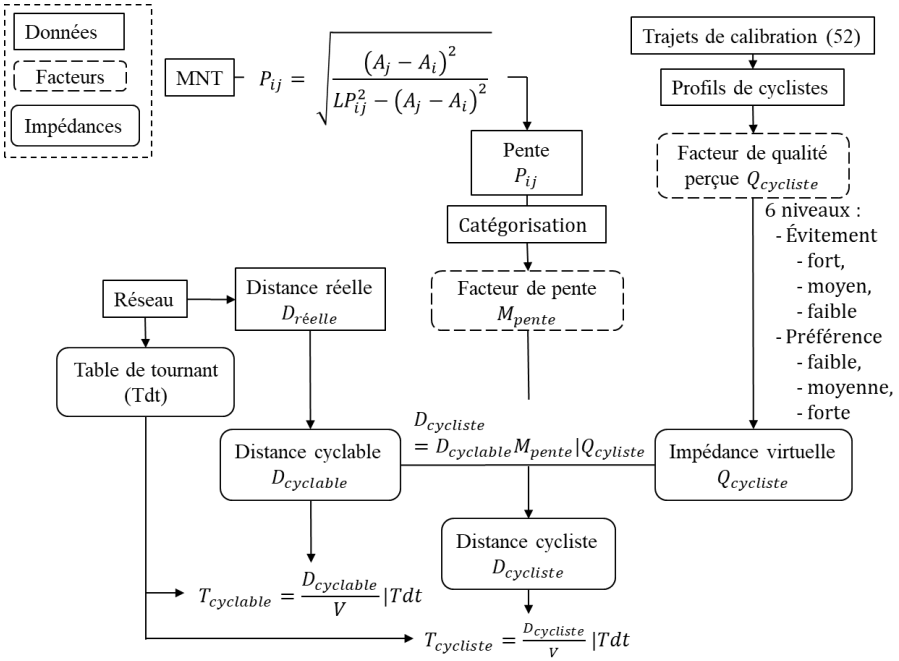

Figure 3.1 Schématisation de la méthodologie de construction des modèles cycliste et cyclable.

L'impédance du modèle cyclable est définie par la distance cyclable selon l'équation 3.1.

$$D_{cyclable} = D_{réelle} \quad (3.1)$$

où $D_{cyclable}$ représente la distance cyclable (m), $D_{réelle}$ est la longueur de l'axe (m).

L'impédance du modèle cycliste reflète la distance telle que vécue par les cyclistes (qui intègre donc les potentiels détours pour s'ajuster aux préférences des usagers). Cette distance vécue est calculée comme la distance cyclable parcourue le long d'une arête, conditionnée par un facteur de qualité perçue et de pente associé à cette arête, telle que définie par l'équation 3.2.

$$D_{cycliste} = D_{cyclable} M_{pente} | Q_{cyliste} \quad (3.2)$$

où $D_{cycliste}$ désigne la distance vécue par les cyclistes (m), $D_{cyclable}$ est la

distance cyclable (équation 1), M_{pente} est le facteur de pente (défini au tableau 3.3) et $Q_{cycliste}$ est le facteur de qualité perçue.

Le facteur de pente (M_{pente}) ajoute une pénalité pour les côtes du réseau, ces dernières étaient souvent évitées par les cyclistes (Wysling et Purves, 2022). Le facteur de pente est déterminé à partir de précédents travaux qui classent le confort du cycliste selon la pente et la longueur de pente en 5 catégories (Wallonie & Chemins du Rail, 2006). Ces catégories permettent de mieux représenter l'impact des pentes sur l'effort des cyclistes dans les simulations de trajet, ajoutant plus de nuances à la méthodologie de Wysling et Purves (2022), qui ne considèrent que trois classes de pentes. Un MNT a été employé pour caractériser la pente des axes du réseau. La différence d'altitude entre les extrémités de chaque arête ainsi que la longueur de l'arête (correspondant à la longueur de pente) ont permis de déterminer la pente via l'équation 3.3, dont la catégorisation (tableau 3.3) détermine le facteur de pente. Cette méthodologie amène l'hypothèse que la pente est constante et uniformément répartie le long de chaque arête du réseau. Le sens de la pente est déterminé par la différence d'altitude entre les extrémités de chaque axe selon le sens de parcours de l'arête.

$$P_{ij} = \sqrt{\frac{(A_j - A_i)^2}{LP_{ij}^2 - (A_j - A_i)^2}} \tag{3.3}$$

où P_{ij} représente la pente de l'arête (%), A_j est l'altitude en fin d'arête (m), A_i est l'altitude en début d'arête (m) et LP_{ij} est la longueur de pente de l'arête sur laquelle la pente est calculée (m).

Le facteur de qualité perçue $Q_{cycliste}$ est déterminé par les trajets de calibration et les résultats des entretiens semi-dirigés. Il est intégré au modèle de simulation au moyen du dispositif suivant : des évaluateurs de réseau. Ces évaluateurs de réseau, paramètres personnalisables de l'extension Network Analyse, permettent d'ajouter une appréciation sur chaque arête du réseau en fonction d'attributs spécifiques (en l'occurrence, les préférences issues des entretiens semi-dirigés). L'évaluation attribuée peut prendre une valeur positive, indiquant une préférence, ou négative, indiquant un évitement. Ces évaluations se déclinent en trois niveaux, aboutissant à six évaluateurs de réseau possibles : préférence forte, moyenne et faible et évitement fort, moyen et faible (figure 3.1). La détermination du chemin qui minimise l'impédance (ici, la distance $D_{cyclable}$) s'effectue par l'algorithme en prenant en compte les évaluateurs de réseau reflétant les préférences et les évitements des cyclistes. Ces évaluateurs de réseau agissent comme une impédance additionnelle à

minimiser. Les trajets de calibration et les entretiens semi-dirigés permettent de déterminer la nature des évaluateurs de réseau (largeur de piste cyclable, revêtement, etc.), ainsi que leur niveau de préférence ou d'évitement (tableau 3.4).

Les distances cyclables et cyclistes permettent de définir des temps de trajet cyclable (et donc réel, $T_{cyclable}$) et cycliste (et donc vécu, $T_{cycliste}$) selon les équations 3.4 et 3.5.

$$T_{cyclable} = \frac{D_{cyclable}}{V} |Table\ de\ tournant \quad (3.4)$$

$$T_{cycliste} = \frac{D_{cycliste}}{V} |Table\ de\ tournant \quad (3.5)$$

avec $D_{cyclable}$ la distance cyclable, $D_{cycliste}$ la distance cycliste, V la vitesse moyenne et $Table\ de\ tournant$ qui représente la contrainte de temps associée aux tournants lors de croisements de routes. La vitesse moyenne des VAE sur les axes du réseau a été fixée à 22 km/h, avec des ajustements locaux intégrant des pénalités liées aux virages, conformément à la littérature qui l'a estimée entre 17 et 25 km/h (Lin et Wei, 2018 ; Jensen et al., 2010 ; Schleinitz et al., 2017). Les pénalités varient selon le type de route et la direction du virage, les virages à gauche entrainant un temps de pénalité deux fois supérieur à celui des virages à droite. Aucune erreur de topologie n'a été détectée par le logiciel ArcGIS concernant le réseau développé.

La seconde partie du trajet domicile-travail des cyclistes se concentre sur le segment effectué à pied entre le parking vélo et le bureau. Ce segment, également appelé « last mile », joue aussi un rôle crucial dans le choix du mode de transport. Cette influence a été démontrée dans les trajets en transports en commun, où la longueur du « last mile » a plus d'impact sur le choix du mode de transport que la durée ou la distance totale du trajet (Zhao et al., 2019 ; Liu et al., 2022). Le Service Public de Wallonie (SPW) recommande que les parkings vélos soient situés au plus près des entrées des bâtiments (SPW, 2018), tandis que l'Union Wallonne des Entreprises (UWE) fixe une distance maximale tolérée de 50 mètres (Froment, 2024). Il est donc pertinent de considérer la distance à pied entre le parking vélo et l'entrée du bâtiment comme un facteur influençant l'expérience des cyclistes.

3.3.2. Entretiens semi-dirigés et itinéraires cyclistes

Les participant·e·s ont été recruté·e·s par mail suite à leur participation à l'enquête « Plan de Déplacements en Entreprise (PDE) » de l'UCLouvain en 2021. Un mail de contact de contact a été envoyé à l'ensemble des répondants de l'enquête PDE 2021 ayant accepté d'être recontactés afin de répondre à d'autres questions lors d'un entretien qualitatif ou d'une deuxième enquête

portant sur certains aspects spécifiques de la mobilité à l'UCLouvain (le mail de contact envoyé se trouve en annexe D.1). Sur les 229 personnes contactées, 80 ont répondu, partageant leur itinéraire principal à vélo, dont 52 ont accepté un entretien semi-dirigé.

Cinquante-deux cyclistes travaillant sur les sites de Louvain-la-Neuve et Woluwe (Belgique) ont été interrogé·e·s lors d'entretiens semi-dirigés en face à face ou par visioconférence. Les questions portaient sur l'itinéraire le plus fréquemment suivi pour le trajet domicile-travail, incluant le type de vélo utilisé, la fréquence d'utilisation du vélo pour ce trajet et les raisons de la préférence pour cet itinéraire. Lorsque d'autres itinéraires étaient également empruntés pour le même déplacement, les raisons de cette alternance ont été détaillées. Le focus sur le trajet domicile-travail assure que les préférences exprimées portent sur une situation vécue et non une situation idéale. En plus de ces questions, les cyclistes ont décrit les étapes de leur itinéraire en évoquant leur ressenti, les changements de direction, les passages les plus appréciés et les moins appréciés, ainsi que les raisons de ces préférences (la liste des questions est reprise en annexe D). Une question sur le lieu de stationnement utilisé et le lieu souhaité était également posée si le cycliste n'abordait pas ce point spontanément. Ces entretiens incluent des participants de tous les profils d'âges d'employé·e·s de l'université, de genres différents et utilisant divers types de vélos. Les trajets abordés ont une longueur allant de 1,5 km à 31 km, la longueur moyenne est de 8 km. Ces entretiens servent à la calibration du modèle cycliste et les trajets s'y rapportant sont appelés trajets de calibration.

Les entretiens ont été enregistrés et analysés via le programme NVivo, un logiciel d'analyse de données qualitatives (Lumivero, 2023). NVivo permet de classer, trier, d'identifier les relations et les tendances éventuelles au sein du jeu de données. Différentes méthodes d'analyses sont intégrées au sein du logiciel, tel que l'analyse réseau des discours, permettant de mettre en évidence certaines tendances dans le langage utilisé et la fréquence de certains mots. Cette analyse a permis de formaliser les préférences et évitements rapportés par les cyclistes.

En outre, vingt-huit employé·e·s supplémentaires, également recruté·e·s lors de l'enquête PDE, ont partagé leur itinéraire le plus fréquent pour les trajets domicile-travail (direction Louvain-la-Neuve ou Woluwe), avec une longueur variant de 4 à 32 km (moyenne de 8,4 km). N'étant pas disponibles pour un entretien semi-dirigé par manque de temps ou conflits d'agenda, aucune donnée démographique (âge, genre, type de vélo) n'a été collectée. Ces

trajets sont mobilisés pour l'analyse de convergence et sont appelés trajets de référence.

3.3.3. Analyse de convergence

L'analyse de convergence des modèles cycliste et cyclable a été effectuée en comparant leurs résultats avec 28 trajets de référence fournis par ces cyclistes quotidiens, ainsi qu'avec ceux générés par Google Maps et Komoot. Cette analyse vise à assurer que les modèles développés ne présentent pas d'erreurs ou anomalies compromettant les résultats des simulations. Google Maps est un service mondial de cartographie en ligne lancé en 2005 permettant, entre autres, de générer des itinéraires en transports en commun, en voiture, à pied ou à vélo (À Propos de Google Maps, s. d.). Komoot, lancé en 2010, est une application adressée particulièrement aux cyclistes et aux randonneurs. Le système, basé sur OSM, permet de générer des itinéraires en s'adaptant au niveau sportif et au type de vélo utilisé (À Propos de Komoot | L'app N°1 des Activités de Plein Air., s. d.). Les itinéraires de Google et Komoot ont été exportés en format GPX, convertis en shapefiles, puis importés dans ArcGIS pour analyse. Lorsque plusieurs options d'itinéraires étaient proposées (par Google ou par le modèle cycliste), le trajet le plus proche de l'itinéraire de référence a été sélectionné.

Les métriques de cohérence utilisées incluent : (i) la longueur du trajet, calculée dans ArcGIS ; (ii) la similitude de l'itinéraire, calculée par la proportion du trajet qui présente une intersection entre le trajet simulé et celui de référence (équation 3.6). Si l'intersection est fragmentée, le nombre de bifurcations et le facteur de bifurcation sont déterminés (équation 3.7). Une bifurcation signifie que l'itinéraire simulé a dévié de l'itinéraire de référence après un tronçon commun. Ainsi, une bifurcation ne peut subvenir que si le tronçon simulé précédant la bifurcation était identique à la référence pour cette portion (figure 3.2) ; (iii) la Racine de l'Erreur Quadratique Moyenne (RMSE) calculée selon l'équation 3.8, ainsi que l'erreur moyenne (ME) calculée comme la moyenne des détours des trajets simulés (équation 3.9). Ces métriques permettent d'évaluer l'exactitude et la continuité des trajets simulés par rapport aux itinéraires réellement suivis.

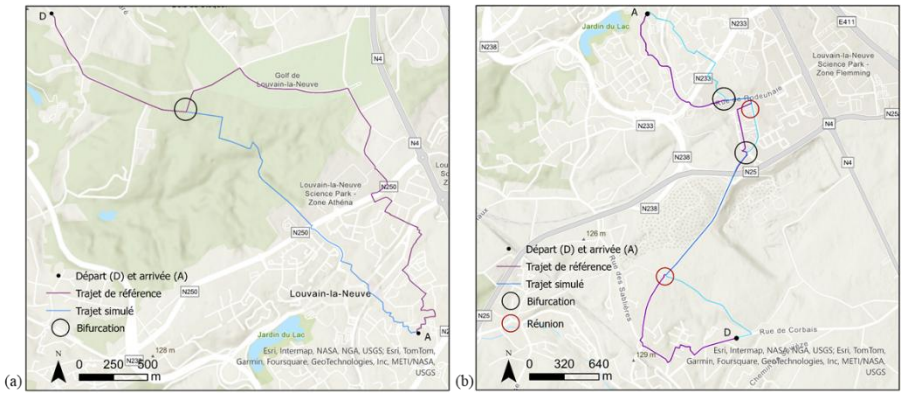

Figure 3.2 Exemples de bifurcation entre un trajet de référence et un trajet simulé. La bifurcation est entourée en noir (a). Une bifurcation signifie que l'itinéraire simulé a dévié de l'itinéraire de référence après un tronçon commun. Ainsi, une bifurcation ne peut subvenir que si le tronçon simulé précédant la bifurcation était identique à la référence pour cette portion. Certains trajets présentent plusieurs bifurcations (cercles noirs), ce qui implique que les deux trajets se rejoignent après une bifurcation antérieure (cercles rouges) (b).

La durée des trajets n'a pas été incluse dans l'analyse en raison des différences de types de vélos simulés (vélos musculaires pour Google et Komoot, vélos à assistance électrique pour les modèles cycliste et cyclable). De plus, la vitesse des modèles cycliste et cyclable a été estimée sur la base de travaux antérieurs (Lin et Wei, 2018 ; Jensen et al., 2010 ; Schleinitz et al., 2017) et aucune information sur le type de vélo ou les temps réels des trajets de référence n'était disponible, rendant la comparaison imprécise.
Les équations utilisées pour les calculs sont détaillées ci-dessous :

$$L^{j}_{Similitude}(i) = \frac{\left(\sum L^{j}_{i}\right)}{L_{ref}} \tag{3.6}$$

avec $L^{j}_{similitude}$ représentant le score de similitude pour le trajet $_{i}$ simulé par le générateur j (modèle cycliste, cyclable, Google ou Komoot). $\sum L^{j}_{i}$ est la somme des longueurs des intersections entre le trajet simulé et le trajet de référence et L_{ref} correspond à la longueur totale du trajet de référence i (en mètres). Concernant $\sum L^{j}_{i}$, une tolérance de 3 m a été appliquée pour considérer une intersection. En effet, certains axes présentent des infrastructures cyclables de chaque côté de la voirie et dans le cas où la référence et le trajet simulé parcourent le même axe, mais sur une piste cyclable différente, nous considérons que les deux trajets sont identiques sur cette portion.

$$F^j(i) = \frac{N^j_{bifurcations}}{L_{ref}} \quad (3.7)$$

où F^j est le facteur de bifurcation du trajet i généré par le générateur d'itinéraire j, $N^j_{bifurcations}$ est le nombre de fois où le trajet simulé i s'écarte du trajet de référence et L_{ref} correspond à la longueur du trajet de référence i (m).

$$RMSE^j = \sqrt{\frac{\sum\left(L_j - \sum L_i^j\right)^2}{N_i}} \quad (3.8)$$

où $RMSE^j$ est la valeur du RMSE pour le générateur d'itinéraire j, $\sum\left(L_j - \sum L_i^j\right)^2$ correspond à la somme des détours du trajet simulé i élevé au carré. Avec L_j la longueur du trajet simulé (m) et $\sum L_i^j$ est la somme des longueurs des intersects entre le trajet simulé par le générateur d'itinéraire j et le trajet de référence $_i$ (m). N_i est le nombre de trajets de référence considérés dans le calcul du RMSE.

$$ME^j = \frac{\sum\left(L_j - \sum L_i^j\right)}{N_i} \quad (3.9)$$

avec ME^j l'erreur moyenne pour le générateur d'itinéraire j, $\sum\left(L_j - \sum L_i^j\right)$ correspond à la somme des détours du trajet simulé i et N_i est le nombre de trajets de référence considéré dans le calcul de la ME.

3.4. Résultats issus des entretiens pour paramétriser le modèle

Cette section présente les résultats d'analyses des entretiens demi-dirigés de cyclistes utilitaires et leur mobilisation pour paramétriser le modèle. Dans un premier temps, les résultats de l'analyse sémantique des entretiens sont présentés. Ces résultats sont ensuite mobilisés pour définir l'impédance du modèle cycliste.

3.4.1. Préférences des cyclistes utilitaires

L'analyse sémantique des entretiens à l'aide de NVivo a révélé trois profils distincts de cyclistes utilitaires ayant des stratégies différentes en termes de circulation et de stationnement dénommé comme suit : « prudent », « minimisant le temps » et « optimisant » (tableau 3.2). Les trois profils identifiés par les entretiens semi-dirigés sont intégrés au modèle cycliste. Ainsi, le modèle cycliste fournit trois itinéraires pour chaque simulation conformément aux stratégies du tableau 3.2. Le profil « prudent » (57,7 % des trajets de calibration) privilégie les tronçons dédiés aux cyclistes, évitant les sources d'insécurité telles que les voitures et les piétons, ainsi que certains

revêtements jugés inconfortables comme les pavés (risque de chute) et les chemins de terre (glissants en cas de pluie), tout en minimisant les pentes à monter. Le profil « minimisant le temps » (19,2 % des trajets de calibration) cherche à emprunter le trajet le plus court vers la destination, en maximisant le passage par des pistes cyclables et en évitant les revêtements inconfortables qui ralentissent la vitesse moyenne. Enfin, le profil « optimisant » (23,1 % des trajets de calibration) vise un compromis entre la pente la plus faible possible, le chemin le plus court et la maximisation du sentiment de sécurité, en passant par des pistes cyclables et en évitant les flux de voitures rapides et les mauvais revêtements.

Concernant les stratégies de stationnement, les trois profils de cyclistes étudiés préfèrent la proximité au bâtiment de destination et un sentiment de sécurité. Un critère minimal commun à tous les répondants est que le stationnement soit abrité. Cependant, les parkings avec contrôle d'accès, gérés par l'université, sont souvent perçus comme difficilement accessibles en raison de portes lourdes. En ce qui concerne les autres critères, aucune tendance claire ne se dégage selon les profils des répondants. Des tendances similaires sont observables pour Egan et al. (2022), qui montrent que les cyclistes utilitaires partagent des préférences similaires : ils privilégient des emplacements proches de leur destination, offrant un sentiment de sécurité, mais sans nécessairement exiger des parkings avec contrôle d'accès.

Tableau 3.2 Synthèse des stratégies de circulation des trois profils de cyclistes tels qu'identifiés par les entretiens

	Profil « prudent » (n = 12)	Profil « minimisant le temps » (n = 10)	Profil « optimisant » (n = 30)
Stratégie	Privilégier la sécurité	Réduire la durée du trajet	Trouver le compromis idéal
Critère principal	Sentiment de sécurité	Rapidité, temps de trajet, distance du trajet	Difficulté à établir un classement, mention systématique du « compromis » entre critères
Émotions et normes liées au vélo	Le vélo est une activité écologique. Sentiment d'insécurité face aux automobilistes et aux piétons. Besoin d'itinéraires en site propre, éloigné des flux automobiles.	Le vélo est une activité sportive. Sentiment d'injustice face aux automobilistes (espace dédié et vitesse). Besoin de rapidité et d'efficacité.	Le vélo est une activité écologique et militante. Sentiment d'insécurité et d'injustice face aux automobilistes (espace dédié et vitesse). Besoin de déconnexion (le trajet comme sas de décompression entre le domicile et le travail).
Priorités	- Éviter les autres usagers - Éviter les revêtements inconfortables - Minimiser la pente	- Minimiser la distance parcourue - Minimiser la pente - Éviter les revêtements inconfortables, qui réduisent la vitesse moyenne	- Optimisation entre la pente, la distance et le sentiment de sécurité

3.4.2. Définition des impédances pour les modèles cycliste et cyclable

L'impédance du modèle cyclable est définie par la distance cyclable selon l'équation 3.1. Le facteur pente est déterminé à partir des données classifiées en cinq catégories selon la littérature locale (tableau 3.3).

Tableau 3.3 Catégorisation des pentes du réseau (Wallonie & Chemins du rail, 2006)

Pente P_{ij}	Longueur de l'arête	Inconfort perçu	Facteur de pente $\boldsymbol{M_{pente}}$
< 0 %	Toutes	Confortable	0,3
0 – 3 %	Toutes	Neutre	0,6
3 – 5 %	0 – 18 m	Neutre	0,6
3 – 5 %	18 – 55 m	Inconfort modéré	0,9
5 – 8 %	0 – 18 m	Inconfort modéré	0,9
8 – 10 %	0 – 12 m	Inconfort modéré	0,9
10 – 12 %	0 – 8 m	Inconfort modéré	0,9
3 – 5 %	55 – 120 m	Inconfortable	1,3
5 – 8 %	18 – 45 m	Inconfortable	1,3
8 – 10 %	12 – 27 m	Inconfortable	1,3
10 – 12 %	8 – 18 m	Inconfortable	1,3
3 – 5 %	> 120 m	Fortement inconfortable	1,5
5 – 8 %	> 45 m	Fortement inconfortable	1,5
8 – 10 %	> 27 m	Fortement inconfortable	1,5
10 – 12 %	> 18 m	Fortement inconfortable	1,5
> 12 %	Toutes	Fortement inconfortable	1,5

L'impédance du modèle cycliste est calculée selon l'équation 3.2. Les valeurs des évaluateurs de réseau pour chaque profil sont présentées dans le tableau 3.4.

Tableau 3.4 Paramétrisation des évaluateurs des axes du réseau pour chaque profil de cyclistes identifiés par les entretiens

Profil de cycliste	Stratégie	Attributs OSM correspondants	Évaluateurs de réseau ($\boldsymbol{Q_{cycliste}}$)
Prudent	Séparation de la circulation vélo des autres flux (piéton et motorisé)	CYCLEWAY == "yes"	Préférence forte
	Vitesse maximale autorisée pour le trafic motorisé > 70 km/h	TH_SPEED >= "70"	Évitement fort
	Axes à fort volume de trafic motorisé (routes principales)	HIGHWAY == "primary"	Évitement fort
	Revêtement de l'arête (graviers, terre, pavés)	SURFACE == "sett" or "dirt" or "ground" or "paved"	Évitement moyen
	Voies avec bon revêtement et vitesse motorisée faible	HIGHWAY == "tertiary" and SURFACE == "asphalt" HIGHWAY == "path" and SURFACE == "asphalt" HIGHWAY == "residential"	Préférence moyenne
Minimisant le temps	Infrastructures dédiées aux vélos	CYCLEWAY == "yes "	Faible préférence
	Revêtement de l'arête (graviers, terre, pavés)	SURFACE == "sett" or "dirt" or "ground" or "paved"	Évitement faible
Optimisant	Infrastructures dédiées aux vélos	CYCLEWAY == "yes"	Faible préférence
	Vitesse maximale autorisée pour le trafic motorisé > 70 km/h	TH_SPEED >= "70"	Évitement moyen
	Revêtement de l'arête (graviers, terre, pavés)	SURFACE == "sett" or "dirt" or "ground" or "paved"	Évitement faible

3.5. Résultats des modèles cyclistes et cyclable

Afin de caractériser les différences d'accessibilité territoriale entre la situation théorique et l'expérience vécue par les cyclistes se rendant quotidiennement à Louvain-la-Neuve, l'évaluation de l'accessibilité s'articule en deux étapes. Premièrement, le trajet à vélo jusqu'aux parkings est modélisé à l'aide des

modèles cycliste et cyclable. Deuxièmement, le trajet à pied entre les différents parkings et les bâtiments universitaires est analysé, mettant en lumière l'impact du « last mile » sur l'accessibilité vécue par les cyclistes.

3.5.1. Accessibilités cycliste et cyclable de Louvain-la-Neuve

Vandenbulcke et al. (2011) attestent que 10 km est la distance maximale tolérée pour des trajets domicile-travail à vélo. Cette distance s'étend jusqu'à 20 km dans le cas des vélos à assistance électrique (Service public fédéral Mobilité et Transports, 2019). Les aires de chalandise des modèles cycliste et cyclable sont générées avec des impédances cycliste et cyclable maximum de 18 km respectivement vécus et mesurés. Cela correspond à la distance moyenne parcourue par les Belges, tous motifs confondus (Enquête MONITOR, 2019). En d'autres termes, les modèles cycliste et cyclable identifient l'ensemble des points du territoire permettant d'atteindre Louvain-la-Neuve suivant un trajet en VAE de respectivement maximum 18 km vécus et mesurés. Les points d'arrivée des simulations sont les parkings abrités de Louvain-la-Neuve accessibles aux employés de l'université.

Les aires de chalandise sont ensuite converties en données matricielles pour obtenir, en chaque point au sein de l'aire de chalandise, une information à propos de la longueur et durée du trajet vers Louvain-la-Neuve. Le modèle cycliste produit 3 aires de chalandise, une pour chaque profil identifié. Cette section se concentre uniquement sur les résultats du profil optimisant, qui correspond au profil majoritaire (57,7 % des trajets de calibration) parmi les personnes interviewées. La comparaison des temps de trajet estimés par les modèles cyclistes et cyclable permet de mettre en évidence le prolongement vécu des itinéraires (figure 3.3). Autrement dit, les zones au départ desquelles le modèle cycliste simule un trajet plus long que le modèle cyclable. L'aire de chalandise simulée par le modèle cyclable couvre une superficie plus étendue que celle générée par le modèle cycliste, ce qui entraine une surestimation de l'accessibilité effective pour le cycliste vers Louvain-la-Neuve (figure 3.3). Cette différence représente une surface additionnelle de 93 km², englobant 43 408 habitants, soit une surestimation de 14 % de la population incluse dans l'aire de chalandise cyclable. Cependant, cette surestimation n'est pas isotrope à travers le territoire. Les écarts entre les deux modèles sont particulièrement réduits sur les axes reliant Louvain-la-Neuve à Genappe (sud-ouest), Gembloux (sud), Grez-Doiceau (nord-est) et Wavre (nord), qui font partie du réseau de cyclostrades wallonnes, des infrastructures spécialement dédiées aux cyclistes et offrant un haut niveau de service pour la connexion entre pôles d'activités (Service public de Wallonie, s.d.). Ces résultats suggèrent

également que la présence d'infrastructures de qualité permet une accessibilité cyclable plus équitable et inclusive des différents profils d'usagers, en accord avec les conclusions de Wysling et Purves (2022) et Von Stülpnagel et Rintelen (2024). Les cyclostrades wallonnes répondent à des normes de qualité rencontrant les attentes des usagers, notamment une largeur minimale de 4 mètres et une séparation préférentielle du trafic motorisé (Service public de Wallonie, s.d.).

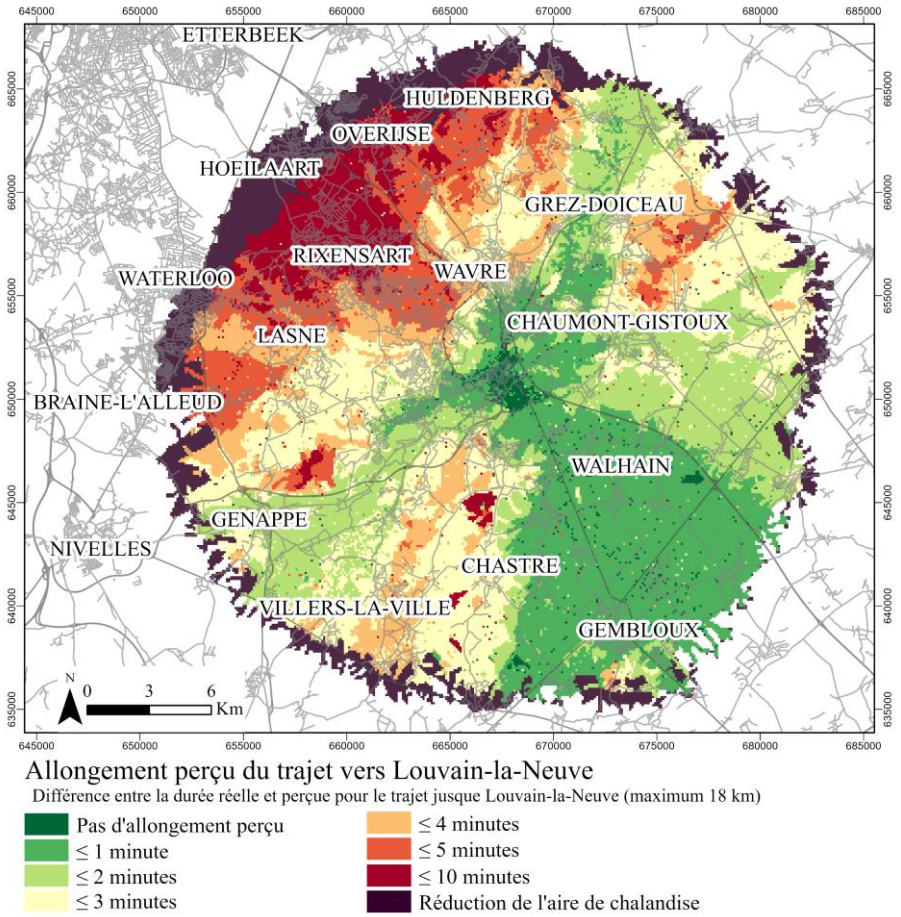

Figure 3.3 Surestimation de l'aire de chalandise cyclable par rapport à l'aire cycliste (profil optimisant, 57,7 % des trajets de calibration). Pour chaque pixel de l'aire cyclable (maximum 18 km), l'écart de temps de trajet vers Louvain-la-Neuve entre les modèles cyclable et cycliste est calculé. Les pixels « Réduction de l'aire de chalandise » sont hors de l'aire cycliste mais inclus dans l'aire cyclable, définissent la surestimation touchant plus de 43 000 personnes. Aucune différence de durée n'est calculée pour ces pixels, situés au-delà de 18 km perçus. Les pixels « pas d'allongement perçu » indiquent des itinéraires et durées identiques.

3.5.2. Parkings vélos

Les deux modèles génèrent des aires de chalandise jusqu'aux parkings accessibles au personnel de l'université. La seconde partie du trajet domicile-travail des cyclistes se concentre sur le segment effectué à pied entre le parking vélo et le bureau. Ce segment, également appelé « last mile », joue aussi un rôle crucial dans le choix du mode de transport. Cette influence a été démontrée dans les trajets en transports en commun, où la longueur du « last mile » a plus d'impact sur le choix du mode de transport que la durée ou la distance totale du trajet (Zhao et al., 2019 ; Liu et al., 2022). Les préférences des cyclistes utilitaires identifiés par les entretiens révèlent que le choix des parkings repose principalement sur deux critères : la proximité du bâtiment et la protection contre les intempéries. Une analyse a été réalisée pour évaluer le temps de marche vers les entrées des bâtiments universitaires, avec une aire de chalandise maximale de 4 minutes de marche, présentée à la figure 3.4. Seuls les parkings abrités, accessibles aux employé·e·s de l'université et répondant aux critères des cyclistes utilitaires, ont été pris en compte pour cette analyse, incluant les parkings publics et ceux gérés par l'université.

Actuellement, sur les 1 108 emplacements disponibles, 448 sont compatibles avec les besoins identifiés des cyclistes et situés à moins de 4 minutes à pied d'un bâtiment universitaire, soit 40 % des emplacements accessibles aux employés de l'Université. En appliquant les recommandations de l'UWE, soit 1 minute de marche, le nombre de places disponibles pour l'ensemble des bâtiments universitaires est de 262, soit 23,6 % des emplacements accessibles aux employés. De plus, il existe des disparités dans l'accessibilité aux emplacements de parking vélo perçus comme qualitatifs. Les bâtiments de la faculté des sciences de la motricité (FSM) ne disposent pas de parking vélo à proximité à Louvain-la-Neuve en 2024, tandis que les facultés de droit et sciences économiques, sociales, politiques et de communication (DRT, ESPO), de philosophie, des sciences (SC) et arts et lettres et de psychologie et des sciences de l'éducation (FIAL, TECO, PSP) sont les mieux desservies. Les résultats détaillés du nombre d'emplacements à proximité de chaque bâtiment facultaire sont disponibles à l'annexe E.

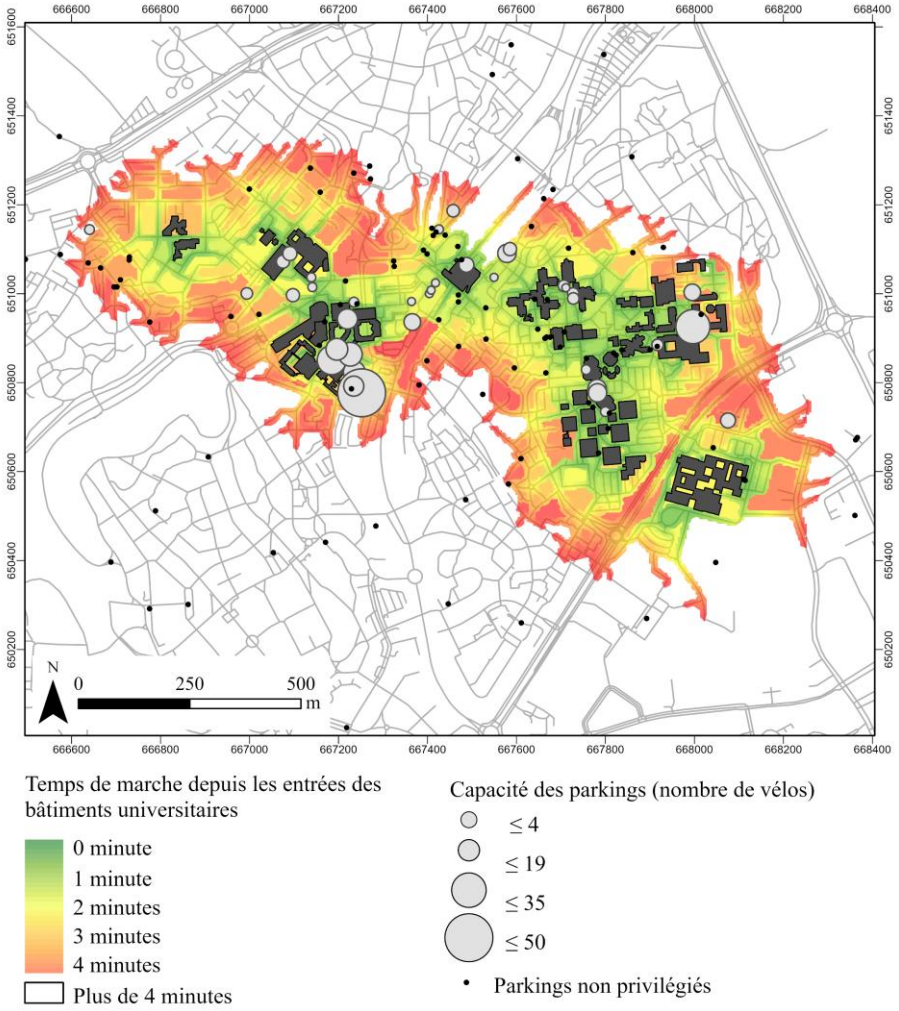

Figure 3.4 Temps de marche depuis les entrées des bâtiments universitaires à Louvain-la-Neuve. Seuls les parkings vélos correspondant aux critères des cyclistes utilitaires sont considérés. Les parkings vélos non privilégiés représentent des parkings vélos existants qui ne correspondant pas aux critères des cyclistes utilitaires. La figure montre des inégalités d'accès aux parkings vélos pour les différents bâtiments universitaires à Louvain-la-Neuve.

3.6. Analyse de convergence

L'analyse de convergence des modèles cycliste et cyclable a été effectuée en comparant leurs résultats avec 28 trajets de référence fournis par ces cyclistes quotidiens, ainsi qu'avec ceux générés par Google Maps et Komoot. Cette analyse vise à assurer que les modèles développés ne présentent pas d'erreurs ou anomalies compromettant les résultats des simulations. Les métriques analysées concernent la longueur des trajets simulés, l'exactitude des trajets simulés et l'erreur quadratique moyenne et l'erreur moyenne des détours issus des simulations.

3.6.1. Longueurs des trajets simulés

L'analyse des longueurs de trajets simulés par les différents générateurs d'itinéraires (modèle cycliste, modèle cyclable, Komoot et Google Map) révèle une cohérence globale avec les trajets de référence, avec une tendance à la sous-estimation (figure 3.5). Les valeurs des coefficients de détermination R^2 pour chaque générateur d'itinéraire par rapport à la longueur des trajets de référence sont respectivement de 0.983, 0.991, 0.994 et 0.979. Pour les trajets de moins de 10 km, les écarts entre les longueurs simulées et celles de référence sont modérés. Par exemple, pour un trajet de référence de 5 695 m, les longueurs simulées varient de 4 152 m (modèle cycliste) à 6 069 m (Komoot). Pour les trajets plus longs, une tendance à la surestimation ou à la sous-estimation est observée. Par exemple, pour un trajet suivi de 32 613 m, les longueurs simulées varient de 30 338 m (modèle cyclable) à 34 717 m (modèle cycliste), indiquant une plus grande variabilité des résultats. Google montre une tendance marquée à la surestimation des distances pour les trajets les plus longs, avec une différence notable de 4 225 m pour un trajet de référence de 22 280 m. Tandis que le modèle cyclable montre une tendance à générer des trajets plus courts que la référence. Ces observations suggèrent que le modèle de Google Maps cherche une optimisation différente de la minimisation de la distance uniquement.

Si les modèles offrent une exactitude raisonnable pour les trajets de moins de 10 km, la divergence entre les modèles et la référence augmente avec la longueur du trajet. Les données complètes relatives aux longueurs des trajets simulés et de référence sont disponibles dans le tableau en annexe F.1.

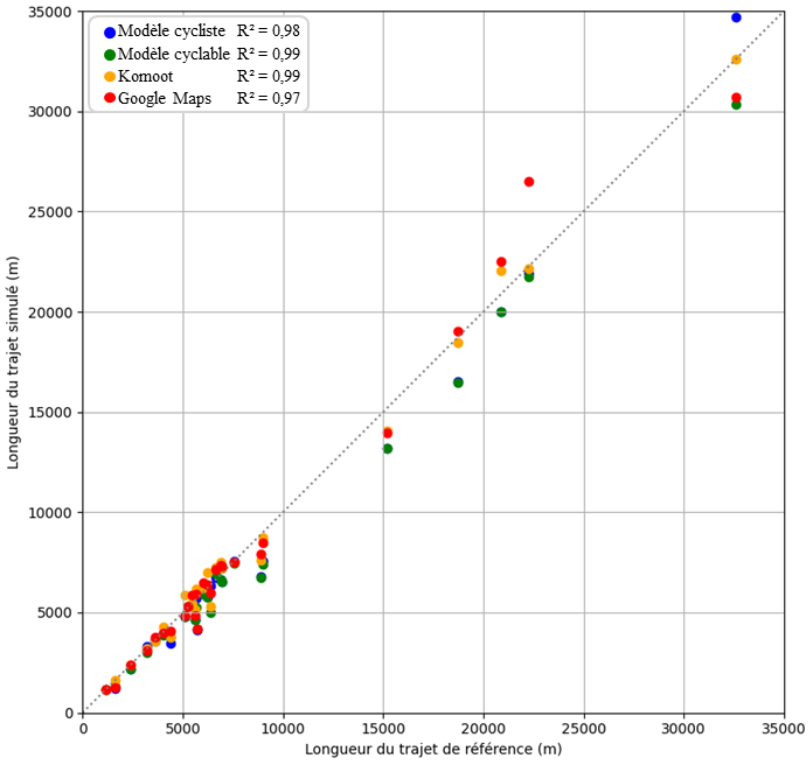

Figure 3.5 Comparaison des longueurs des trajets simulés par rapport à la longueur des trajets de référence (n=28). Les valeurs de R² ont été déterminées en imposant le passage par l'origine des axes.

3.6.2. Trajets correctement simulés

Pour analyser plus précisément la capacité des générateurs d'itinéraires à reproduire les trajets de référence, l'intersection entre les trajets simulés et de référence a été quantifiée pour calculer la part du trajet correctement simulée (figure 3.6). Le modèle cycliste s'avère être le plus performant, avec 9 trajets simulés correspondant à au moins 70 % de l'itinéraire suivi, vient ensuite le modèle cyclable avec 8 trajets, tandis que Google et Komoot en comptent respectivement 7 et 5. Pour les trajets avec une correspondance inférieure à 30 %, le modèle cycliste reste le plus précis, ne comptabilisant que 7 trajets, suivi du modèle cyclable (10 trajets), de Google (14 trajets) et enfin de Komoot, avec 12 trajets. Cela souligne le défi et l'intérêt que représente l'intégration des préférences subjectives des usagers dans les simulations d'itinéraires pour caractériser l'accessibilité vécue.

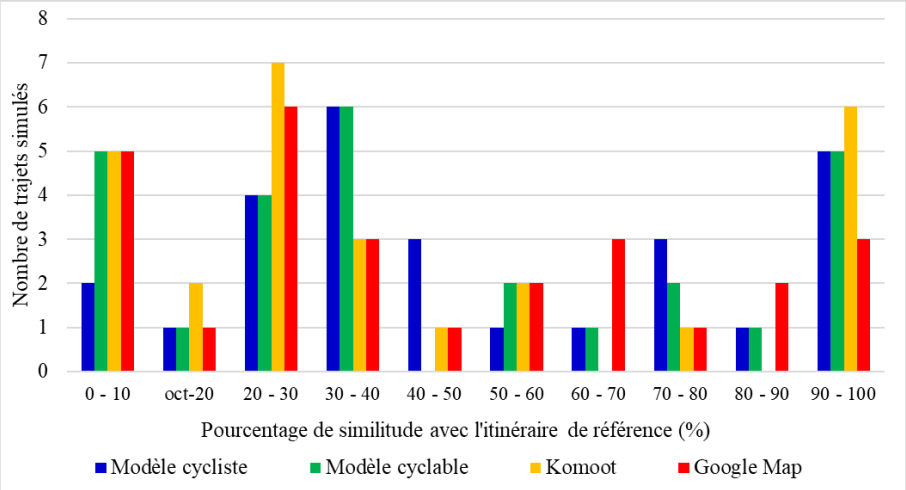

Figure 3.6 Part des simulés correspondant à l'itinéraire de référence (n = 28). Correspond à la part du trajet simulé qui emprunte le même itinéraire que le trajet de référence.

Ces observations indiquent qu'un générateur d'itinéraire proposant plusieurs profils ayant des préférences différentes permet de mieux reproduire les trajets de référence. Pour tester cela, la figure 3.7 reprend la part de trajet correctement simulée par l'ensemble des générateurs d'itinéraires. Dans cette configuration, 13 trajets ont un pourcentage de similitude de plus de 70 % avec la référence et la moitié des trajets simulés présentent un pourcentage de similitude de plus de 60 % avec la référence. Au moins un des trois itinéraires cyclables (Komoot, Google et le modèle cyclable) ou des 3 itinéraires cyclistes (profil minimisant la distance, prudent ou optimisant) simule correctement plus de 90 % de 25 itinéraires sur 28. Ainsi, les données montrent que les différents générateurs d'itinéraires sont plus performants regroupés. Ce qui renforce l'hypothèse qu'il existe différents profils de cyclistes, ayant des logiques de construction d'itinéraires différentes et que les générateurs d'itinéraires Google Maps et Komoot présentent des impédances différentes. Les données complètes relatives aux similitudes des trajets simulés aux trajets de référence sont disponibles dans le tableau en annexe F.2.

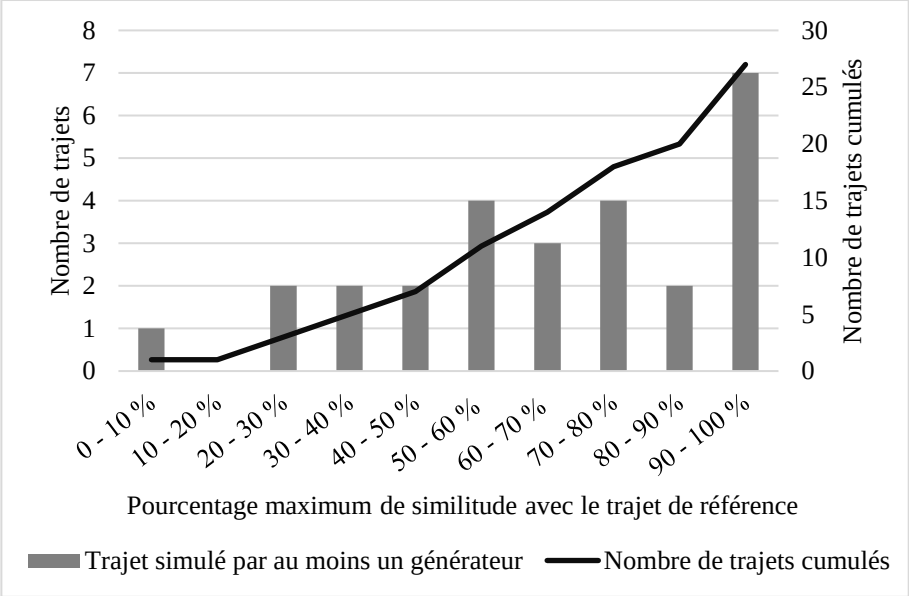

Figure 3.7 Nombre de trajets simulés par un ou plusieurs générateurs correspondant à l'itinéraire de référence (n = 28). Le pourcentage maximum de similitude correspond à la part de l'itinéraire du générateur le plus proche de la référence qui emprunte le même itinéraire que le trajet de référence. Mises en lien avec la Figure 3.6, les données montrent que les différents générateurs d'itinéraires sont plus performants regroupés dans un ensemble correspondant à différents profils de cyclistes, ayant des logiques de construction d'itinéraires différentes.

Pour évaluer la correspondance entre les trajets simulés et ceux réellement suivis, le nombre de bifurcations par rapport à l'itinéraire de référence a été calculé en fonction de la part du trajet correctement simulée. Cette métrique permet de mesurer les détours introduits par les générateurs d'itinéraires. Le faible nombre de trajets présentant plus de 3 bifurcations rend difficile l'interprétation de la moyenne des parts de trajets correctement simulées. Ces classes ont été regroupées en une classe « plus de 3 bifurcations ». Les résultats (Tableau 3.5) montrent que les différents générateurs présentent des performances similaires en termes de performance. Les données complètes relatives aux bifurcations des trajets simulés sont disponibles en annexe G.

Tableau 3.5 Analyse de la part de trajet correctement simulée selon le nombre de segments communs. Les différents générateurs présentent des performances similaires en termes de performance.

Nombre de bifurcations	Moyenne des parts de trajets correctement simulés (%)			
	Modèle cycliste	Modèle cyclable	Komoot	Google
0	100 % (3 trajets)	100 % (2 trajets)	100 % (4 trajets)	100 % (2 trajets)
1	46 % (6 trajets)	44 % (10 trajets)	45 % (4 trajets)	31 % (7 trajets)
2	52 % (8 trajets)	30 % (7 trajets)	20 % (9 trajets)	49 % (8 trajets)
3+	49 % (10 trajets)	51 % (8 trajets)	40 % (10 trajets)	36 % (10 trajets)

3.6.3. RMSE et erreur moyenne

Les modèles cycliste, cyclable et Google Maps affichent des RMSE élevées, avoisinant le kilomètre, alors que la longueur moyenne des trajets de référence est de 8 km (avec une médiane de 6 km) (tableau 3.6). Ces valeurs traduisent le poids de quelques écarts plus élevés (figure 3.5). Toutefois, les valeurs de ME confirment que ces erreurs sont isolées. Les valeurs négatives de ME de Google et Komoot révèlent que ces générateurs ont une tendance générale à produire des trajets plus longs que la référence. En revanche, ce biais est faible par rapport à la longueur moyenne des trajets de référence de 8 km. La tendance est inverse pour les modèles cycliste et cyclable, qui montrent une ME positive, traduisant une tendance à produire des itinéraires légèrement plus courts que la référence (figure 3.5).

Tableau 3.6 Métriques de performance des générateurs d'itinéraires. Les calculs de RMSE et de ME sont effectués sur la longueur totale des itinéraires.

	RMSE	ME
Modèle cycliste	973,73 m	454,50 m
Modèle cyclable	1030,74 m	698,88 m
Komoot	564,16 m	-7,36 m
Google Map	1078,31 m	-17,54 m

3.7. Discussions

L'analyse de convergence révèle des performances homogènes entre les différents générateurs d'itinéraires, avec des résultats cohérents sur les différentes métriques considérées. Komoot se distingue par une meilleure correspondance aux trajets de référence, notamment en termes de distance, de ME et de RMSE. Néanmoins, le modèle cycliste, mis au point sur la base des entretiens semi-dirigés, se montre particulièrement performant concernant les métriques de similitude, en particulier pour les trajets inférieurs à 10 km, bien que présentant des erreurs ponctuelles plus importantes. Une interprétation possible est que Komoot correspondrait à un quatrième profil cycliste enclin à parcourir de longues distances. Ces résultats soulignent l'importance d'adapter les générateurs d'itinéraires aux profils spécifiques des cyclistes utilitaires afin d'améliorer la précision des simulations dans ce contexte, comme l'ont suggéré Bach (2006) et Shareck et al. (2023). L'intégration de différents profils d'usagers dans les simulations apparait ainsi comme une méthode prometteuse pour affiner les résultats et mieux répondre aux exigences pratiques des utilisateur·ice·s. Plusieurs travaux signalent d'ailleurs la présence de différents types de cyclistes en termes de préférences et d'usages des infrastructures cyclables (La Paix Puello et al., 2020 ; Fournier et al., 2023).

Par ailleurs, l'analyse souligne la difficulté d'intégrer les préférences subjectives des usagers dans les modèles de simulation, même lorsqu'ils intègrent plusieurs profils de préférences. Le modèle cycliste surpasse le modèle cyclable en termes de création d'itinéraires cohérents avec ceux de référence, avec des valeurs de RMSE et de ME plus faibles, ainsi qu'un meilleur score de similitude. Ces résultats montrent que les modèles cycliste et cyclable restent cohérents pour la simulation des itinéraires vélo, conformément aux objectifs de l'étude. Plus précisément, le modèle cycliste, en intégrant les préférences subjectives des usagers, reflète mieux les itinéraires réels, tandis que le modèle cyclable, qui ne prend pas en compte ces préférences, montre des performances plus limitées à cet égard. Contrairement aux modèles Komoot et Google Maps, la maitrise complète des modèles cycliste et cyclable permet de simuler l'impact de projets d'aménagements cyclables qui ne sont pas présents dans les cartes utilisées par Komoot et Google Maps.

Cependant, les modèles créés (cycliste et cyclable) présentent des limitations à prendre en compte afin d'interpréter les résultats obtenus. Le jeu de données réseau est basé sur les données OSM, une plateforme de crowdsourcing open source. La qualité ainsi que l'exhaustivité des données

sont donc variables (Girres et Touya, 2010 ; Haklay, 2010). Au sein de la zone d'étude, les attributs issus d'OSM erronés, incomplets et parfois manquants concernent le plus souvent : le type de revêtement, la ségrégation des flux, l'information sur les doubles sens cyclables ainsi que les pistes bidirectionnelles et les caractéristiques de parkings vélos. Ces attributs ont un impact direct sur l'itinéraire généré puisqu'ils permettent de rendre compte des préférences des cyclistes. Ces enjeux expliquent sans doute les valeurs de RMSE pour les modèles cycliste et cyclable. La validation des attributs issus d'OSM ainsi que l'évaluer l'ampleur des erreurs liées à ces attributs nécessiterait une vérification sur le terrain, ce qui n'a pas été réalisé dans le cadre de cette thèse.

Le modèle cycliste a été créé à partir des préférences de 52 employé·e·s de l'université qui ne sont pas représentatifs de la population wallonne en termes d'âge, de genre ou de profil. Les entretiens semi-dirigés ont révélé plusieurs critères non pris en compte dans le modèle développé, tels que la minimisation du passage par des rigoles, bordures, rails de tram, feux de circulation, priorités de droite et voies à fort trafic automobile. Ces critères n'ont pas été inclus en raison de la faible densité de rails de tram et de feux de circulation autour de la ville de Louvain-la-Neuve. Quant à la présence de bordures, rigoles, priorités de droite et à la densité de trafic, le manque de données disponibles depuis OSM sur leur présence et localisation explique leur non-prise en compte. De futurs travaux pourraient explorer l'utilisation de modèles numériques de surface à haute résolution établis par LIDAR aéroporté pour détecter les bordures, rigoles et autres irrégularités de surface des infrastructures cyclables. Ces simplifications peuvent engendrer une sous-estimation de l'évitement de certains axes et, ainsi, sous-estimer la distance cycliste (et donc vécue) pour un trajet donné. Il serait dès lors pertinent d'augmenter le nombre de trajets de calibration et de référence (pour la validation) en intégrant des cyclistes affichant des profils professionnels diversifiés.

En outre, les entretiens ont montré que le sentiment de sécurité est également influencé par la présence d'éclairage le long des voies empruntées, un facteur non pris en compte dans la simulation puisque ce critère est surtout mentionné pour les périodes hivernales, durant lesquelles la nuit tombe rapidement. La qualité paysagère, souvent maximisée par les cyclistes, n'a pas été intégrée aux paramètres de la simulation, car il ne s'agit pas du critère principal dans le cadre des trajets utilitaires, bien que Chen et al. (2017) identifient la diversité de paysage, la présence d'arbres et d'éclairage public comme des facteurs favorisés par les cyclistes. Il est également important de

noter que le temps de marche depuis les parkings vélos n'inclut pas le temps requis pour attacher son vélo et ouvrir les portes d'accès aux parkings, souvent qualifiées de lourdes dans le cas des parkings sécurisés de Louvain-la-Neuve. La Paix Puello et al. (2020) ont identifié que la distance entre le parking vélo et la destination finale était le facteur le plus critique dans le choix de circuler à vélo. Certaines personnes font d'ailleurs le choix de monter leur vélo dans leur bureau plutôt que de le déposer dans un parking dédié. Toutefois, le modèle utilisé ne prévoit pas de définir le bureau comme point d'arrivée, ce qui peut induire des différences entre l'itinéraire simulé et suivi. Ce choix est justifié par la politique de l'université qui ne souhaite pas encourager cette pratique, pourtant régulièrement observée.

L'analyse de convergence révèle des performances globalement satisfaisantes, mais avec une dégradation progressive de la qualité des simulations à mesure que la longueur des trajets augmente. Cette tendance est observée dans la variabilité accrue des erreurs, en particulier pour les trajets dépassant 10 km. Cependant, ce modèle vise à simuler l'accessibilité des cyclistes utilitaires, où les trajets courts et moyens sont les plus nombreux : en Belgique, la distance moyenne à vélo est de 6 km et leur fréquence chute fortement au-delà de 10 km.

3.8. Conclusions

Un modèle de simulation a été créé afin de générer les itinéraires cyclables tels que réellement suivis par les cyclistes. Globalement, de meilleurs résultats sont obtenus lorsque le modèle intègre plusieurs types de profil de cycliste. Sur la base des données utilisées, trois profils se dégagent : prudent, minimisant la distance et optimisé. Les trois profils partagent les mêmes préférences en termes de stationnement. Sur l'entièreté des emplacements accessibles aux employé.e.s de l'université (1 108 places), seules 454 places correspondent aux préférences identifiées. La répartition de ces emplacements est inéquitable entre les facultés. Les résultats des simulations montrent que tenir compte des préférences des cyclistes dans les simulations d'accessibilité cyclable permet une caractérisation plus représentative de l'aire de chalandise telle que vécue par les cyclistes. Ainsi, pour un trajet de maximum 18 km vers Louvain-la-Neuve, l'aire de chalandise vécue par les cyclistes est restreinte de 13 % par rapport à l'aire de chalandise cyclable : 93 km² où résident 43 408 personnes, soit une surestimation de 14 % de la population incluse dans l'aire de chalandise cyclable. Les différences entre situations vécue et théorique ne sont pas uniformes sur le territoire. Ceci suggère que des infrastructures de qualité assurent une accessibilité équitable des territoires pour différents

profils d'usagers. Les perspectives de cette étude incluent l'intégration de nouvelles sources de données, telles que la qualité du revêtement et l'état des infrastructures cyclables. D'autres comportements, comme la minimisation des passages par des priorités à droite et des feux de signalisation, pourraient également être pertinents. De plus, la prise en compte de la qualité paysagère et de l'éclairage, ainsi que l'intégration des préférences d'autres types de cyclistes (étudiants, enfants) et de différents types de contextes territoriaux permettraient de compléter cette démarche pionnière.

Chapitre 4

Bike to work? Potentiel de report modal vers le vélo pour les déplacements domicile-travail en Wallonie, Belgique

Ce chapitre est basé sur l'article en préparation :

Stinglhamber, B., Defourny, P. & Hanin, Y. Bike to work? Potentiel de report modal vers le vélo pour les déplacements domicile-travail en Wallonie, Belgique. En préparation.[4]

[4] Contribution des auteurs·ices : BS a conçu l'idée originale de l'article, développé la méthodologie et rédigé le manuscrit sous la supervision de PDY et YH. PDY et YH ont apporté des contributions importantes en réalisant des relectures critiques et en proposant des suggestions méthodologiques.

4.1. Résumé

Ce chapitre examine le potentiel du vélo comme mode de transport domicile-travail en Wallonie, en s'appuyant sur des données issues des enquêtes Plan de Déplacement d'Entreprise (PDE) et une méthodologie validée au chapitre 2. L'analyse identifie les anciennes communes et entreprises présentant un fort potentiel de transfert modal vers le vélo, en intégrant des composantes telles que l'accessibilité, le domaine vital, la motilité et la perception. Les résultats révèlent que 15,6 % des sites d'entreprises n'ont qu'une seule composante déficiente et 5,9 % aucune, avec une répartition spatiale marquée le long du sillon Sambre-Meuse et en périphérie de Liège suggérant un potentiel d'augmentation de l'usage du vélo via des actions ciblées. Les zones à fort potentiel sont caractérisées par des distances domicile-travail réduites et des infrastructures favorables à la pratique du vélo.

Une analyse de corrélation entre l'accessibilité perçue et estimée par l'entreprise et le potentiel vélo confirme la validité de la méthodologie et permet d'identifier des leviers d'action tels que le développement d'infrastructures cyclables et des politiques de sensibilisation. Cependant, des limitations méthodologiques liées à l'agrégation des données et l'absence d'analyse des chaines de déplacements sont relevées. Malgré ces limites, cette étude constitue une base solide afin de renforcer l'usage du vélo (infrastructures et sensibilisation) et ainsi améliorer les taux de réalisation du potentiel vélo dans le cadre des objectifs de mobilité durable en Wallonie.

Mots clés : potentiel du vélo, vélotaf, trajets domicile-travail, transfert modal

4.2. Introduction

Le choix du mode de transport pour un trajet donné est influencé par des facteurs territoriaux et comportementaux. Il apparait nécessaire de considérer ces deux classes de facteurs afin de proposer des politiques de mobilité adaptées, maximisant l'impact de ces dernières.

L'analyse de la cyclabilité se concentre majoritairement sur les déplacements domicile-travail ou domicile-école. En effet, ces trajets, souvent réguliers, représentent encore une part importante du budget mobilité des personnes, même si cette part est en décroissance. En 2024, les trajets domicile-travail représentent 25 % des trajets des personnes (Tableau de bord de la mobilité, 2024). Pourtant, des travaux attestent que le choix du mode de transport vers le lieu de travail est peu impacté par l'offre de transport et la densité de service à proximité du lieu de résidence, contrairement aux déplacements secondaires, qui le sont fortement (Vandenbulcke et al., 2011). Au-delà de ces facteurs physiques, des déterminants sociaux jouent également un rôle majeur dans les comportements de mobilité. Le choix d'un mode de transport ne repose pas uniquement sur des considérations objectives, mais découle d'un processus souvent inconscient, influencé par les habitudes, les normes sociales et les préférences individuelles (Baslington, 2007 ; Nelson et al., 2022 ; Schmassmann et al., 2023). Ainsi, le trajet domicile-travail étant régulier et constant, le mode de transport choisi est fortement ancré dans les habitudes, ce qui rendrait ce trajet moins sujet au transfert modal. Il apparait important d'identifier les facteurs freinant l'usage du vélo pour ces trajets afin de proposer d'aiguiller les politiques pour favoriser les changements de comportements de mobilité avec des actions ciblées et adaptées.

La Wallonie a mis en œuvre diverses initiatives pour encourager un transfert modal vers le vélo, en particulier pour les trajets domicile-travail. Parmi ces mesures, les entreprises de plus de 100 employé·e·s sont tenues de développer un Plan de Déplacement d'Entreprise (PDE). Ce plan permet aux entreprises d'identifier les pratiques de mobilité de leurs employé·e·s, de mettre en œuvre des actions incitatives (primes, infrastructures, campagnes de sensibilisation) et de suivre l'évolution de ces pratiques. Les résultats sont collectés tous les trois ans via l'enquête PDE, conformément aux obligations légales, afin de fournir des statistiques sur les habitudes de déplacement des employé·e·s. Dans le cas d'une entreprise multisite, l'enquête doit être réalisée pour chaque site où travaillent au moins 30 personnes. En 2021, 2 616 sites d'entreprises ont ainsi participé à l'enquête PDE en Wallonie. Ces entreprises employaient 349 643 personnes (soit 26 % des actifs·ves de Wallonie), offrant

une base de données précieuse pour analyser le potentiel du vélo dans les trajets domicile-travail en Wallonie.

En Belgique, la distance des déplacements domicile-travail s'élève en moyenne à 21 km et 53 % des travailleurs·euses habitent à maximum 15 km de leur lieu de travail (Service public fédéral Mobilité et Transports, 2019). En Wallonie, la distance domicile-travail moyenne des travailleur·euse·s de grandes entreprises (plus de 100 employé·e·s) est de 20,4 km, en Flandre et à Bruxelles, cette distance moyenne vaut respectivement 18,4 km et 31,1 km (Enquête fédérale sur les déplacements domicile-travail 2021-2022, 2023). Vandenbulcke et al. (2011) attestent que 10 km est la distance maximale tolérée pour des trajets domicile-travail à vélo conventionnel. Cette distance s'étend jusqu'à 20 km dans le cas des VAE (Service public fédéral Mobilité et Transports, 2019). L'utilisation du VAE semble compatible avec les trajets domicile-travail belges. Pourtant, les parts modales du vélo restent marginales : 2 % des parts modales pour les déplacements domicile-travail en Wallonie (enquête MONITOR, 2019). Ce chapitre pose l'hypothèse que des facteurs supplémentaires à la distance domicile-travail sont requis pour expliquer les comportements de mobilité et amorcer une plus grande adoption du vélo au quotidien. Ces facteurs sont regroupés en quatre composantes, définissant une grille d'analyse prospective du potentiel du vélo comme moyen de transport. Cette grille, définie au chapitre 2, est appliquée dans le contexte des déplacements domicile-travail des employé·e·s travaillant dans des entreprises soumises à l'enquête PDE en Wallonie.

Ce chapitre a pour objectif d'estimer la proportion d'employé·e·s susceptibles d'adopter le vélo dans le cadre d'un transfert modal au sein des entreprises wallonnes. Le potentiel du vélo réalisé sera également calculé afin de mieux évaluer la marge de progression d'un report modal vers le vélo pour les trajets domicile-travail en Wallonie.

4.3. Données

La base de données utilisée dans cette étude est issue des résultats des enquêtes PDE de 2021 pour les entreprises wallonnes, agrégés au niveau de chaque site d'entreprise (les données individuelles des répondant·e·s ne sont pas disponibles). Toute entreprise ou entité disposant de plusieurs implantations fournit ainsi un résultat séparé d'enquête PDE pour chaque site. Les entreprises peuvent collecter les données de trois manières. La première méthode est une enquête fournie par le SPF Mobilité et Transport (la méthode inclut la consultation des employé·e·s). La deuxième méthode repose les bases de données des ressources humaines (RH) de l'entreprise, qui fournit des

chiffres complets sur les modes de transport, lieux de résidence... La troisième méthode implique une consultation des travailleurs·euses via une enquête propre à l'entreprise. Les approches via des enquêtes permettent de mieux cerner les besoins, mais les résultats communiqués au SPF Mobilité nécessitent une extrapolation, en fonction du taux de réponse, pour représenter l'ensemble du personnel. Pour ces dernières, les parts modales des employé·e·s ayant répondu à l'enquête sont extrapolées au nombre total de travailleur·euse·s. Le SPF estime qu'en 2021, 30 % des sites d'entreprises situés en Wallonie ont réalisé une enquête pour recueillir les avis de leurs employé·e·s. Cette différence de méthodologie introduit une part d'incertitude puisque la fiabilité des résultats repose sur l'intérêt ou la bonne volonté des entreprises (SPF Mobilité et Transport, communication personnelle, 10 février 2025). Toutefois, les préoccupations environnementales de l'entreprise, et plus particulièrement sa politique de mobilité, sont perçues comme des enjeux stratégiques pour le recrutement des jeunes talents (*Mobility Manager* d'Odoo, communication personnelle, 29 janvier 2025).

La base de données comprend :

- des informations sur les caractéristiques de chaque entreprise, telles que la localisation, le nombre de travailleur·euse·s et le régime de temps de travail ;
- des données sur les comportements de mobilité des employé·e·s via une matrice origine-destination, indiquant le code postal d'origine et le mode de transport utilisé. Cette matrice reprend également le type d'environnement bâti traversé par les employé·e·s : trajets intraville, entre deux villes ou hors ville. La définition de ville est basée sur la classification GEOSTAT2011, laquelle classe les entités selon le degré d'urbanisation par maille de 1 km² à l'échelle de l'Union européenne ;
- les mesures mises en place par l'entreprise pour favoriser la mobilité, telles que les primes kilométriques pour les trajets effectués à vélo, le leasing de vélos, le nombre de parkings à vélos couverts et sécurisés, la présence de douches, vestiaires, casiers, ainsi que l'organisation de journées de sensibilisation à la mobilité ;
- une autoévaluation de l'entreprise concernant son accessibilité pour les cyclistes, ainsi que la qualité et la quantité des infrastructures cyclables environnantes. Une autoévaluation de la pente, du confort et des distances à vélo pour accéder à l'entreprise est également incluse dans les données.

Afin d'assurer la cohérence et la pertinence des données analysées, un contrôle de qualité des données par sites d'entreprises a été effectué. Conformément à la législation, l'obligation de réaliser une enquête PDE concerne les entreprises de plus de 100 travailleur·euse·s, et uniquement pour leurs sites comptant au moins 30 employé·e·s. Par conséquent, les formulaires renseignant un effectif inférieur à ce seuil ont été considérés comme non recevables. Sur les 2 616 sites ayant répondu à l'édition 2021 de l'enquête PDE, 105 ont été exclus de l'analyse en raison d'un effectif déclaré inférieur à 30 employé·e·s. L'échantillon final retenu pour l'étude comprend donc 2 511 sites d'entreprises.

Le modèle de simulation des trajets cyclistes développé au chapitre 3 de cette thèse est mobilisé pour estimer le temps de parcours à vélo, en complément de l'API Routes de Google Maps. Cette API permet d'estimer la durée et la distance des trajets en voiture pour une date et une heure précises. Elle a été utilisée pour calculer les temps de trajet en voiture vers les sites d'entreprises pendant les heures de pointe du mardi matin, fournissant ainsi une base de comparaison pour l'analyse des alternatives modales, en particulier pour le vélo.

4.4. Méthodologie

L'analyse se concentre sur l'échantillon de 2 511 sites d'entreprises réparties dans 353 codes postaux (62 % des codes postaux wallons). Le code postal est une unité administrative et géographique intermédiaire entre le l'échelle communale (262 communes en Wallonie) et l'échelle sous-communale (1 314 sous-communes en Wallonie) qui représentent le niveau spatial le plus précis concernant le lieu de domicile des employé·e·s tout en garantissant le respect du RGPD. L'analyse concerne donc 345 280 employé·e·s, correspondant à 28 % des actifs·ves travaillant en Wallonie.

Le potentiel du vélo pour les trajets domicile-travail est analysé selon les quatre composantes de la grille d'analyse développée au chapitre 2.

4.4.1. Accessibilité

La composante accessibilité est quantifiée par le nombre d'employé·e·s résidant dans d'anciennes communes pour lesquelles le trajet à vélo tel que perçu par l'usager est avantageux par rapport à celui en voiture. En effet, la durée des déplacements exerce une influence négative sur la satisfaction des usagers (Higgins et al., 2018 ; Morris et Guerra, 2015 ; Zhu et Fan, 2018). Par ailleurs, les personnes ayant des trajets domicile-travail longs sont souvent dissuadées d'utiliser des modes actifs comme le vélo sans le combiner à un

autre mode de transport (intermodalité) en raison du temps de trajet supplémentaire par rapport à la voiture (Bauer et Kisielewski, 2021). Pour le vélo, les durées courtes dominent parmi les trajets des usagers fréquents : 73,4 % des déplacements à vélo réalisés quotidiennement ne dépassent pas 30 minutes (De Vos et al., 2022). Dans cette étude, un trajet à vélo est ici considéré comme avantageux si sa durée perçue (voir chapitre 3) ne dépasse pas de plus de 15 minutes celle du trajet en voiture pendant les heures de pointe du mardi matin.

4.4.2. Domaine vital

L'enquête portant exclusivement sur les trajets domicile-travail, le domaine vital a été défini en se limitant aux déplacements directs entre le domicile et le lieu de travail. Contrairement à l'enquête PDE de l'UCLouvain mobilisée au chapitre 2, enrichie à l'initiative de l'université, les données d'enquête PDE utilisées ici ne renseignent pas la part des employé·e·s effectuant des chaines de déplacement simples (c'est-à-dire sans arrêt intermédiaire). Le domaine vital repose donc uniquement sur la distance domicile-travail et inclut les employé·e·s résidant dans d'anciennes communes situées à une distance raisonnable pour un trajet à vélo.

Une distance maximale de 20 km a été retenue dans ce travail pour identifier les codes postaux d'origine au départ desquels le trajet à vélo est envisageable, conformément à la longueur moyenne des trajets domicile-travail en Wallonie et à la distance tolérée en VAE pour un trajet (20 km, Service public fédéral Mobilité et Transports, 2019). La distance domicile-travail a été calculée à partir des centroïdes des anciennes communes jusqu'aux sites d'entreprise, puis moyennée par code postal lorsque les codes postaux englobent plusieurs anciennes communes.

Cette approche ne prend pas en compte les portions de trajets intermodaux – combinant plusieurs modes de transport sur un même itinéraire – impliquant éventuellement le vélo. Intégrer ces segments nécessiterait de connaitre la distance entre le domicile et la gare (ferroviaire ou routière) permettant d'accéder au lieu de travail. Cependant, les données de domicile des employé·e·s étant agrégées à l'échelle du code postal pour respecter le RGPD, il est impossible de modéliser ces trajets courts avec précision.

4.4.3. Perception

La perception fait référence à la représentation mentale du vélo comme mode de transport, laquelle est influencée par les normes sociales, les habitudes et les politiques de mobilité en place. Pour cette étude à l'échelle des entreprises, l'évaluation de la perception se base sur les initiatives propres à l'entreprise

visant à encourager une image positive du vélo. Elle est représentée par un indice normalisé entre 0 et 1 qui considère la mise en place d'indemnités kilométriques pour les trajets effectués à vélo, l'organisation de journées de sensibilisation à la mobilité, ainsi que l'autoévaluation de l'entreprise concernant la qualité et la quantité des infrastructures locales, le sentiment de sécurité et les caractéristiques de distance et de relief des trajets pour se rendre sur le site de l'entreprise.

4.4.4. Motilité

La motilité englobe des caractéristiques des personnes telles que la possession d'un vélo ou l'accès à un vélo, la condition physique, la capacité intellectuelle à faire du vélo et la connaissance du Code de la route.

Dans le chapitre 2, la motilité des employé·e·s de l'UCLouvain a été approximée à partir de leur âge. Toutefois, cette information n'étant pas disponible dans la base de données PDE, qui est agrégée par site d'entreprise, une autre approche a été adoptée. Dans cette étude, la motilité des employé·e·s est estimée à travers les politiques mises en place par l'employeur pour favoriser l'usage du vélo dans les trajets domicile-travail. Elle est ainsi définie par les aménagements et ressources mis à disposition pour encourager cette pratique. La motilité est quantifiée par un indice normalisé entre 0 et 1 prenant en compte l'existence de parkings vélos sécurisés et abrités sur le lieu de travail, de douches et de vestiaires (ou leur planification), de services d'assistance et de réparation pour vélos, ainsi que la possibilité d'accéder à un vélo par leasing via l'entreprise.

4.4.5. Potentiel du vélo comme moyen de transport

L'analyse de la matrice origine-destination par site d'entreprise permet d'identifier la proportion d'employé·e·s pour lesquels l'accessibilité et le domaine vital sont compatibles avec l'usage du vélo, ainsi que la part d'employé·e·s pour lesquels une seule de ces composantes est compatible. Toutefois, les indices de perception et de motilité, construits à partir des données PDE, ne peuvent être directement rattachés à un nombre précis d'employé·e·s, car ils sont définis à l'échelle du site d'entreprise. Ainsi, le potentiel du vélo comme moyen de transport est calculé en considérant la part des employé·e·s dont l'accessibilité et le domaine vital sont compatibles, pondérée par les scores de perception et de motilité de l'entreprise (équation 4.1).

$$P_{vélo} = Pop_{Access \cap DV} * S_{percep} * S_{Moti} \quad (4.1)$$

où $P_{vélo}$ est le potentiel du vélo comme moyen de transport, $Pop_{Access \cap DV}$ désigne la part des employé·e·s de l'entreprise pour qui l'accessibilité et le

domaine vital sont compatibles avec l'usage du vélo, S_{percep} désigne le score de perception de l'entreprise et S_{Moti} le score de motilité de l'entreprise.

Le taux de réalisation de ces potentiels se rapporte à la part de personnes concernées par le potentiel qui se déplacent déjà à vélo pour leurs trajets domicile-travail.

4.4.6. Qualification de la méthode de calcul du potentiel du vélo comme moyen de transport

La validation de la grille d'analyse prospective développée au chapitre 2 permet de considérer que les informations des enquêtes PDE à propos des membres du personnel suffisent pour estimer le potentiel du vélo pour un site d'entreprise donné. Dans ce chapitre, une analyse de convergence des données a été réalisée afin d'examiner la cohérence des enquêtes PDE agrégées à l'échelle des sites d'entreprises pour l'évaluation du potentiel du vélo comme moyen de transport domicile-travail.

Concernant l'estimation des distances domicile-travail, la méthodologie adoptée permet d'estimer un temps de trajet moyen à l'échelle du code postal, mais risque d'induire des erreurs d'estimation de temps de trajet, les centroïdes des anciennes communes n'étant pas forcements localisés là où les zones d'habitats le sont. Pour vérifier la validité de cette approximation, nous avons comparé les temps de trajets moyennés depuis les centroïdes des anciennes communes aux temps de trajets estimés depuis les centroïdes des noyaux d'habitat tels qu'identifiés par la Wallonie (Géron, 2008). Ces noyaux n'étant pas disponibles pour la Région flamande ou Bruxelloise, cette méthodologie n'a pas été retenue pour l'estimation de temps de trajets, puisque ça impliquerait de ne pas prendre en compte d'autres origines que les noyaux d'habitats wallons.

Les enquêtes PDE invitent les entreprises à évaluer l'accessibilité vélo de leur site sur une échelle allant de 0 (très mauvaise accessibilité) à 5 (excellente accessibilité). Cette évaluation, appelée accessibilité perçue, est entièrement subjective, car la méthodologie des enquêtes PDE ne spécifie aucun critère précis pour établir ce score. Par conséquent, l'accessibilité perçue dépend fortement de la perception individuelle du *mobility manager* ou de l'ensemble des employé·e·s participant à l'évaluation au sein de chaque entreprise. De plus, 70 % des sites d'entreprises ont complété les données d'enquête sur base de données RH interne, sans enquête, ce qui limite la représentativité de ce score (SPF Mobilité et Transport, communication personnelle, 10 février 2025). En parallèle, un score d'accessibilité estimée est attribué pour chaque site d'entreprise. Ce score, calculé sur une échelle de 1 (mauvais) à 3 (excellent), repose sur une évaluation objective prenant en compte la distance

entre les lieux de résidence des employé·e·s et leur lieu de travail. Cependant, les critères d'évaluation de ce score ou la méthodologie suivie pour l'estimer ne sont pas communiqués dans la base de données fournie, ce qui en limite la portée.

Une matrice de corrélation a été établie entre les scores d'accessibilité perçue, d'accessibilité estimée et le score de potentiel vélo issu de la grille d'analyse. Cette corrélation vise à démontrer que les scores d'accessibilité perçue et estimée reflètent effectivement le potentiel du vélo comme mode de transport pour chaque entreprise. Les résultats de la grille d'analyse fournissent des informations précises pour expliquer les valeurs de potentiel et identifier les composantes manquantes ou nécessitant une amélioration pour les différents sites d'entreprises étudiés. Cette approche permet une évaluation critique et ciblée des conditions favorables ou défavorables au développement du vélo comme moyen de transport dans le cadre professionnel.

4.5. Résultats

4.5.1. Qualification de la méthode de calcul du potentiel du vélo comme moyen de transport

Méthodologie adoptée par les entreprises pour compléter les données PDE

La diversité des méthodes de collecte de données pour les PDE mérite une analyse approfondie. Les entreprises peuvent opter pour l'utilisation de données internes, l'enquête du SPF Mobilité, ou une enquête interne spécifique. L'identification précise de la méthode adoptée par chaque entité et les biais potentiels associés à ces différentes approches restent problématiques. En effet, la fiabilité des données est intrinsèquement liée à la source primaire, à savoir les employés eux-mêmes, tandis que les extrapolations basées sur des enquêtes ou des données des ressources humaines sont dépendantes de la représentativité des données collectées.

Pour évaluer la validité de ces méthodes, une étude comparative a été menée pour l'entité l'UCLouvain, confrontant les données des ressources humaines relatives aux demandes de remboursement kilométrique pour les déplacements à vélo avec les parts modales issues de l'enquête PDE 2024. Les résultats démontrent une convergence remarquable : 15 % des employés ont sollicité un remboursement kilométrique, tandis que l'enquête PDE révèle une part modale du vélo de 13 % (±1,8 %). Une tendance similaire est observée pour les remboursements d'abonnements SNCB, avec 18 % de demandes enregistrées par les RH, contre une part modale du train de 20 % (±1,8 %) selon l'enquête. Cette concordance entre les données administratives et les

résultats d'enquête suggèrent une équivalence entre les méthodes de collecte de données. Néanmoins, il convient de noter que ces résultats encourageants ne peuvent être généralisés sans précaution à l'ensemble des entreprises, compte tenu de la spécificité de l'UCLouvain en termes de culture organisationnelle et de politiques de mobilité.

Simulation des trajets domicile-travail

Dans le cadre de l'analyse de cohérence, une évaluation approfondie des biais liés au calcul du temps de trajet domicile-entreprise a été réalisée (figure 4.3). Cette analyse compare les différences de longueur de trajets calculées à partir des centroïdes des anciennes communes et des centroïdes des noyaux d'habitat wallons. En moyenne, la différence de longueur de trajet s'élève à 259 m, soit 5,7 % de la longueur moyenne des trajets, tandis que la médiane de 590 m indique une tendance à la surestimation de 7,1 % lorsque le centroïde de l'ancienne commune est utilisé comme point de départ. Les résultats révèlent dans certains cas des écarts significatifs, avec une erreur maximale de 15 km observée pour l'ancienne commune d'Eupen, la plus étendue de Wallonie.

L'analyse de compatibilité des trajets avec le domaine vital révèle que l'utilisation des centroïdes des anciennes communes comme origines des trajets domicile-entreprise est légèrement restrictive. En effet, moins de 2 % des trajets considérés comme incompatibles avec cette méthode sont jugés compatibles en utilisant les centroïdes des noyaux d'habitat. Inversement, le taux de faux positifs est négligeable, avec moins de 1 % des trajets simulés. La droite de tendance, dont la pente est légèrement inférieure à 1, indique que la sous-estimation est plus prononcée pour les longues distances au départ des centroïdes des anciennes communes. Néanmoins, le coefficient de détermination (R^2) élevé de 0,94 démontre une très forte corrélation entre les deux méthodes. Ce résultat, couplé à l'absence d'impact significatif sur le traduit de réalisation par entreprise, suggère que l'hypothèse simplificatrice d'utiliser les centroïdes des anciennes communes reste valide dans ce contexte d'application, malgré les légers biais observés.

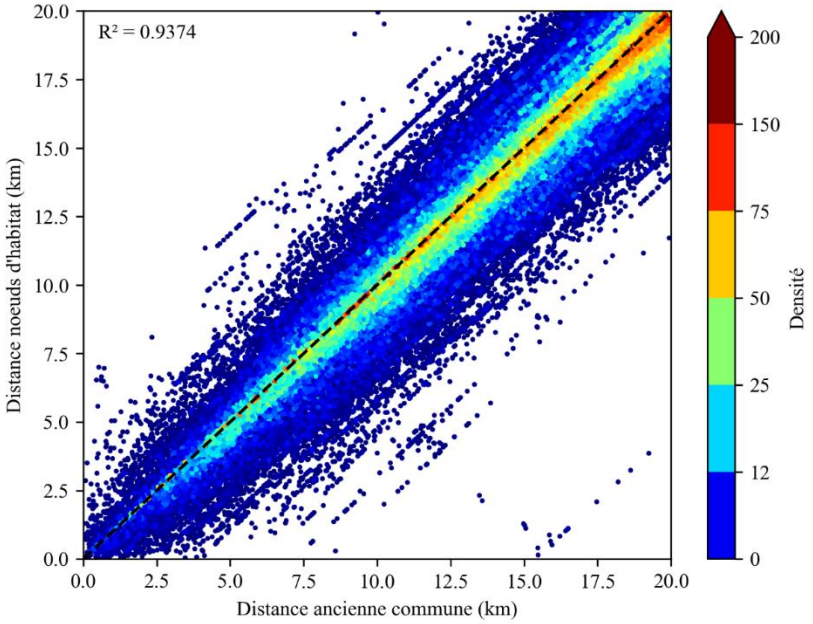

Figure 4.3 Comparaison des longueurs des trajets simulés au départ des centroïdes des anciennes communes par rapport à la longueur des trajets simulés au départ des centroïdes des noyaux d'habitat wallons (n=189 137). Les valeurs de R² ont été déterminées en imposant le passage par l'origine des axes.

Convergence des estimations du potentiel du vélo comme moyen de transport

La matrice de corrélation (Tableau 4.1) affiche une corrélation élevée (0,82) entre l'accessibilité perçue et le potentiel du vélo. Ceci suggère que la grille d'analyse prospective traduit correctement l'accessibilité perçue bien que l'estimation de l'accessibilité perçue soit laissée libre aux entreprises, confère une certaine subjectivité à cet indice. Le potentiel du vélo est également fortement corrélé au score d'accessibilité estimée (0,72), bien que ce score soit uniquement basé sur un critère de distance. Ceci suggère que le potentiel du vélo estimé dans ce chapitre capture la réalité vécue des entreprises concernant les composantes territoriales.

Tableau 4.1 Matrice de corrélation entre le score d'accessibilité perçue, le score d'accessibilité estimée, le potentiel du vélo comme moyen de transport pour les entreprises wallonnes.

	Accessibilité perçue	Accessibilité estimée	Potentiel du vélo
Accessibilité perçue	1		
Accessibilité estimée	0,86	1	
Potentiel du vélo	0,82	0,72	1

4.5.2. Analyse des parts modales actuelles

Les parts modales du vélo pour les déplacements domicile-travail de toutes entreprises analysées s'élèvent en moyenne à 2,4 %, ce qui est plus élevé que les résultats de l'enquête MONITOR (2019) concernant tous les motifs de déplacements en Wallonie (1,8 %). Lorsque l'analyse exclut les entreprises dans lesquelles aucun·e employé·e n'utilise le vélo (52,4 % des cas), la part modale moyenne du vélo atteint 4,6 %. Quatre entreprises enregistrent une part modale vélo supérieure à 30 %. Parmi celles-ci, trois se trouvent dans le centre-ville de Liège, avec des distances domicile-travail inférieures à 5 km, tandis que la quatrième est située dans la ville moyenne de Thuin.

La voiture demeure le mode de transport dominant pour les déplacements domicile-travail, avec une part modale moyenne de 84,7 %. Toutefois, deux sites d'entreprises affichent une part modale voiture de 0 %, où la majorité des employé·e·s (plus de 88 %) privilégient les transports publics ou le covoiturage. Il s'agit d'une entité du SPF finance et d'un spa, situées respectivement à Dinant et La Hulpe. Dans les deux cas, les chiffres sont issus des bases de données RH internes.

L'analyse des trajets intraville révèle une part modale vélo de 4,2 %, pour une distance moyenne de 7,1 km, illustrant l'influence de la distance et de la densité d'urbanisation sur le choix du mode de transport, conformément à ce qu'indique la littérature. En revanche, pour les trajets entre deux villes (et donc à priori hors ville), la distance moyenne est de 51,8 km et la part modale vélo chute à 0,9 %. Les autres configurations de déplacements — domicile en ville et travail hors ville, domicile hors ville et travail en ville et trajets entièrement hors ville — présentent des distances moyennes de 35,5 km, 34,2 km et 22,9 km, respectivement, avec des parts modales vélo de 0,9 %, 1,2 % et 1,4 %. Pour de telles distances, le vélo pourrait être envisagé au sein d'un trajet intermodal, qui combine plusieurs modes de transport sur un même trajet. Ces résultats suggèrent également que les environnements urbains sont propices à l'usage du vélo, grâce à une densité d'urbanisation qui réduit les distances à parcourir, ce qui favorise le choix de ce mode de transport (Vandenbulcke et al., 2011).

4.5.3. Transfert modal possible vers le vélo par entreprise

Parmi les sites d'entreprises analysés, 420 (16 %) affichent un potentiel maximum du vélo correspondant aux objectifs FAST 2030. C'est-à-dire qu'au moins 5 % du personnel de ces entreprises est concerné par le potentiel du vélo comme moyen de transport (figure 4.1). La région liégeoise se démarque

avec un potentiel vélo élevé pour un grand nombre d'employé·e·s, 4 des 5 entreprises affichant les scores les plus élevés de potentiel du vélo se situent dans la région liégeoise. Le sillon Sambre-et-Meuse affiche des scores plus élevés bien que le nombre d'employé·e·s soit plus limité. En revanche, pour 1 825 entreprises des 2 616 analysées (67 %), aucun·e employé·e n'est concerné·e par le potentiel du vélo. Les parts modales vélo de ces entreprises sont, d'ailleurs, à 0 % et ces entreprises emploient 18 % des actifs·ves de Wallonie.

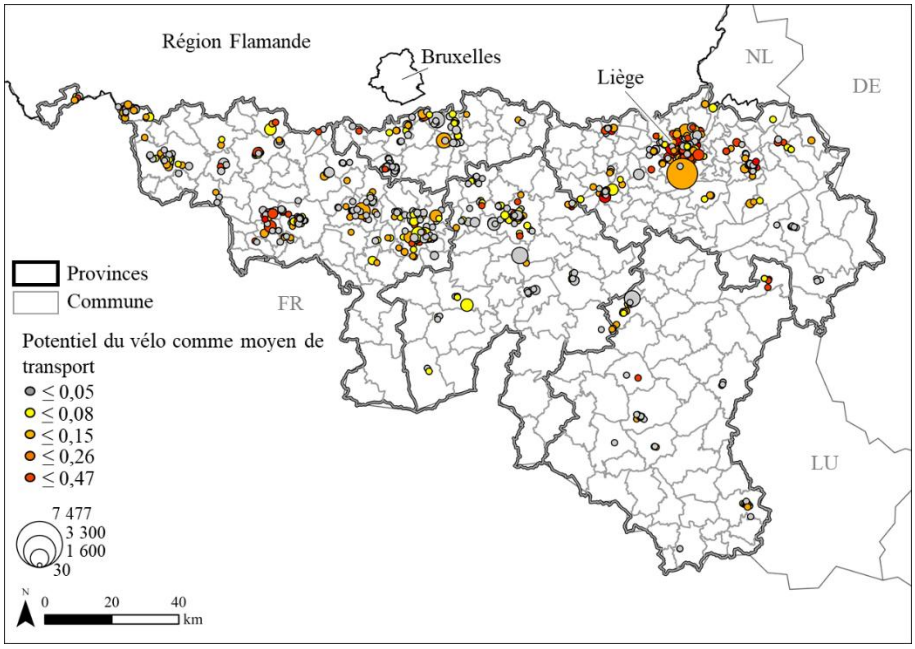

Figure 4.1 Score du potentiel du vélo comme moyen de transport pour les sites d'entreprises en Wallonie. Les entreprises affichant un score nul (n = 1 825) ne sont pas affichées sur la carte. Les entreprises situées dans la Province de Liège (nord-est de la Wallonie) se distinguent avec un nombre d'employé·e·s élevé et une grande part des membres du personnel concerné·e par le potentiel du vélo. En effet, ces entreprises sont situées en milieu urbain avec une grande part des employé·e·s résidant à moins de 10 km de leur emploi, ce qui encourage le choix du vélo.

Une meilleure réalisation du potentiel vélo est observée dans les sites d'entreprises employant un nombre plus restreint de personnes (figure 4.2). En effet, parmi les sites présentant un taux de réalisation non nul, le nombre médian d'employé·e·s est de 68, tandis que la moyenne s'élève à 133. Une hypothèse explicative repose sur le fait que ces entreprises de plus petite taille recrutent une population plus locale, favorisant ainsi l'usage du vélo pour les trajets domicile-travail. Les taux de réalisation les plus élevés sont observés dans les communes de Florennes et Marche-en-Famenne, au sein d'entreprises

du secteur de la construction et d'une caserne de la Défense, respectivement. Par ailleurs, la ville de Liège regroupe un nombre important de sites d'entreprises avec un taux de réalisation du potentiel vélo non nul (57 sites), concentrant 46 % des employé·e·s travaillant dans des entreprises où le taux de réalisation du potentiel vélo est non nul.

Le potentiel du vélo réalisé est nul pour 2 465 sites (soit 94 % des sites analysés). Cette absence de réalisation témoigne d'un écart significatif entre le potentiel du vélo et son usage effectif pour les trajets domicile-travail qui peut être le résultat de comportements ancrés dans les habitudes. Ceci suggère qu'il serait pertinent de prioriser ces zones pour la mise en place de politiques en faveur du transfert modal vers le vélo (formation, sensibilisation, incitants financiers). De plus, les voitures de société sont répandues en Belgique, ce qui renforce la normalisation de l'usage de l'automobile pour les déplacements domicile-travail. Une voiture de société est mise à la disposition d'un travailleur par sa société ou son employeur et peut être utilisée pour des besoins privés. Ces voitures sont considérées comme un avantage en nature pour le travailleur. En 2024, 15 % des salarié·e·s bénéficient d'une voiture de société contre 7,4 % en 2007 (Voitures De Société | Mobility, n.d.). Les zones rurales et périurbaines, où les distances domicile-travail sont plus longues, montrent des taux de réalisation particulièrement faibles, ce qui est cohérent avec les conclusions de la littérature soulignant l'impact négatif des longues distances sur l'usage du vélo.

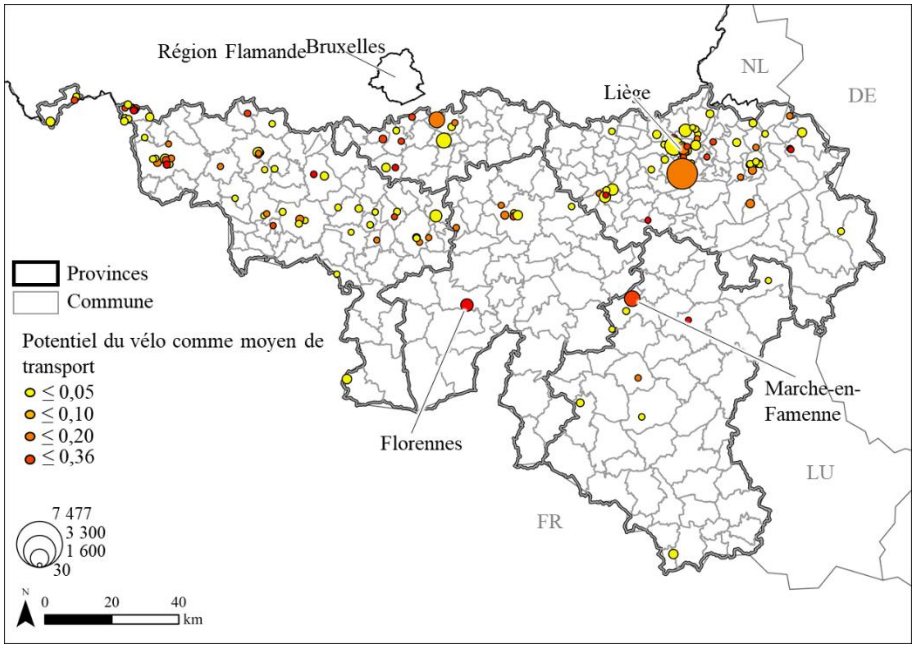

Figure 4.2 Taux de réalisation du potentiel vélo pour les déplacements domicile-travail pour les sites d'entreprise participant à l'enquête PDE. Les couleurs (du jaune au rouge) indiquent les taux de réalisation du potentiel vélo pour chaque entreprise. La taille des cercles est proportionnelle au nombre d'employé·e·s travaillant sur le site de l'entreprise. Les entreprises pour lesquelles le taux de réalisation du potentiel est inférieur à 0 ne sont pas affichées sur la carte (n = 2 465).

4.6. Priorisation des politiques sur la base des résultats de la grille d'analyse

L'analyse du potentiel du vélo comme moyen de transport pour les entreprises wallonnes employant plus de 100 personnes offre une base pour élaborer une stratégie politique visant le transfert modal. Toutefois, le format des données, agrégées à l'échelle de l'entreprise, limite la possibilité d'identifier précisément le transfert modal possible, une métrique introduite au chapitre 2 qui aurait permis de fixer des objectifs spécifiques de parts modales vélo par entreprise pour les trajets domicile-travail. Malgré ces limites, un ciblage territorial des actions politiques reste envisageable grâce à la spatialisation du potentiel du vélo. De plus, la grille d'analyse en quatre composantes permet de définir des interventions adaptées au type de défi identifié.

Ainsi, ce sont 409 sites (15,6 %) pour lesquels seule une composante est lacunaire et 155 (5,9 %) pour lesquelles les quatre composantes sont compatibles avec le vélo. Nous considérons une composante lacunaire si son score est inférieur à 0,5 dans le cas des composantes de motilité et de perception, et inférieur à la moyenne wallonne dans le cas des composantes

territoriales. La liste des entreprises affichant un potentiel non réalisé et les priorités d'action à mener pour augmenter le potentiel du vélo comme moyen de transport est disponible en annexe H.

Cibler les entreprises pour lesquelles l'accessibilité ou la motilité sont actuellement incompatibles avec le vélo (respectivement 1 856 et 1 188 sites pour lesquels ces composantes sont lacunaires) permet d'identifier les territoires où les infrastructures doivent être améliorées et où des politiques de formation doivent être mises en place. Par contre, améliorer le domaine vital (1 851 sites pour lesquels le domaine vital est lacunaire) implique le déménagement des employé·e·s ou la relocalisation du lieu de travail et la perception (1 574 sites concernés) est issue des habitudes et de la sociabilisation des individus. Bien que ces transformations soient complexes, elles sont essentielles, car l'usage régulier du vélo repose sur la compatibilité d'au moins trois des quatre dimensions étudiées. Pour favoriser cette transition, des initiatives telles que des journées de sensibilisation ou un système de parrainage mobilité – où un·e employé·e expérimenté·e accompagne ses collègues lors de leurs premiers trajets à vélo – peuvent contribuer à faire évoluer les habitudes et la perception du vélo. Par ailleurs, la mise en place d'un budget mobilité, permettant aux employé·e·s de bénéficier d'une réduction sur leurs frais de logement lorsqu'ils résident à proximité de leur lieu de travail, constitue un levier efficace pour améliorer le domaine vital (A quoi pouvez-vous consacrer votre budget mobilité ?, Budgetmobilité, n.d.).

4.7. Discussions

Ce chapitre présente le potentiel de transfert modal vers le vélo pour les employé·e·s travaillant en Wallonie. Les résultats montrent que les hauts scores potentiels du vélo réalisés se situent dans les entreprises où le nombre d'employé·e·s est plus faible et dans la Province de Liège, probablement en raison des distances domicile-travail réduites (Vandenbulcke et al., 2011).

Les résultats sont cependant à considérer au regard des limitations posées par les hypothèses et données mobilisées lors de l'analyse.

D'abord, contrairement à l'analyse détaillée de Louvain-la-Neuve présentée au chapitre 2, les résultats ici sont agrégés par entreprise, car les réponses individuelles des employé·e·s à l'enquête PDE ne sont pas accessibles. Cela implique de considérer que les scores de motilité et de perception sont identiques pour l'entièreté des employés de l'entreprise. Il n'est donc pas possible d'estimer la part des employés soumis à une motilité ou une perception compatible avec l'usage du vélo ni d'estimer les parts

modales pour ces employés spécifiquement. Par ailleurs, en l'absence de données individuelles sur la motilité des employé·e·s (comme l'âge, mobilisé au chapitre 2 de cette thèse), le score de motilité utilisé ici traduit les initiatives mises en place par l'employeur pour encourager l'usage du vélo : parkings sécurisés, douches, vestiaires, services d'entretien, etc. Il reflète donc la motilité de l'entreprise, et non celle des employé·e·s, occultant ainsi les facteurs personnels de la motilité qui sont pourtant essentiels pour caractériser le potentiel du vélo comme mode de transport (Kaufmann, 2008 ; Rérat et al., 2019). L'intégration d'indicateurs supplémentaires, tels que la possession d'un vélo ou l'aptitude physique et cognitive des employé·e·s à se déplacer à vélo, permettrait d'affiner cette estimation.

Les matrices origine-destination pour chaque entreprise permettent d'identifier les parts modales des personnes concernées par la compatibilité de ces composantes avec l'usage du vélo. Cependant, les simulations spatiales considèrent les centroïdes des anciennes communes comme origine des trajets vers les sites des entreprises, dont l'adresse précise est connue. Cette méthodologie implique de considérer le temps de parcours en tous points de l'ancienne commune comme identique au temps de parcours depuis le centroïde de cette ancienne commune et considère que les employés habitant au sein de la même ancienne commune suivent tous le même trajet pour se rendre sur leur lieu de travail. L'analyse de cohérence réalisée suggère que cette approximation n'a pas d'impact significatif sur l'estimation de la part d'employé·e·s pour ces composantes.

Le domaine vital tel qu'approximé dans ce chapitre ne considère pas les chaines de déplacements entre le domicile et le travail, posant l'hypothèse qu'aucun arrêt intermédiaire n'est réalisé lors de ce trajet. Or le trajet domicile-travail coïncide avec les horaires d'écoles, qui constituent un arrêt intermédiaire récurrent pour certains parents. Cette simplification tend probablement à surestimer légèrement le transfert modal possible.

La littérature a montré que le choix du mode de transport était également influencé par des facteurs non constants, comme les conditions météorologiques ou les activités prévues dans la journée (Heinen et al., 2011), qui ne sont pas intégrées à la grille d'analyse mobilisée dans ce chapitre.

Enfin, la méthodologie adoptée se concentre exclusivement sur les trajets domicile-travail des entreprises employant plus de 100 personnes. L'analyse n'intègre donc pas la complexité des chaines de déplacements et ne considère pas 75 % des actifs·ves de Wallonie, travaillant pour des organismes non soumis à la législation relative aux PDE ni d'autres publics, notamment les scolaires. Toutefois, cette analyse permet d'estimer le potentiel du vélo pour

les trajets domicile-travail au sein des grandes entreprises wallonnes, qui concentrent d'importants flux de mobilité en raison de leur rôle de grands pôles d'emploi. De plus, ces entreprises disposent souvent de politiques de mobilité et de budgets conséquents pour mettre en place des mesures incitatives visant à favoriser l'usage du vélo pour les déplacements domicile-travail.

4.8. Conclusions et perspectives

Ce chapitre a exploré le potentiel du vélo comme mode de transport domicile-travail en Wallonie, en s'appuyant sur des données agrégées provenant des enquêtes PDE et sur une grille d'analyse prospective développée au chapitre 2. Les résultats permettent de dégager plusieurs constats significatifs concernant les opportunités et les limitations du vélo pour les trajets domicile-travail.

D'abord, la cartographie du potentiel du vélo met en évidence des disparités spatiales. Les communes présentant les plus fortes concentrations d'entreprises où le vélo a un fort potentiel ainsi qu'un haut taux de réalisation se situent principalement dans le sillon Sambre-Meuse et en périphérie de Liège. Ce constat souligne l'importance des structures spatiales et des distances domicile-travail, qui favorisent les trajets à vélo dans des zones où les distances moyennes sont courtes et les infrastructures urbaines facilitent cette pratique (Vandenbulcke et al., 2011). Ces résultats confirment que la part modale du vélo augmente pour les trajets de courte distance et que la structure spatiale joue un rôle déterminant en influençant les distances à parcourir. Il ressort également des analyses que les distances domicile-travail peuvent être trop longues que pour être envisagées à vélo ; les trajets entre deux villes affichent une distance moyenne de 51,8 km et une part modale vélo de 0,9 %. Le vélo ne semble pas être envisageable pour ces distances sauf s'il fait partie d'un trajet intermodal, qui combine plusieurs modes de transport pour un même trajet. Toutefois, certaines communes non urbanisées du sud de la Wallonie affichent également un potentiel élevé, suggérant que des facteurs tels que la motilité et la perception des infrastructures jouent un rôle déterminant (Baslington, 2007 ; Nelson et al., 2022 ; Schmassmann et al., 2023).

Ensuite, les résultats confirment que les entreprises où le potentiel vélo est le plus élevé partagent des caractéristiques communes, notamment des distances domicile-travail courtes, un environnement favorable à la pratique cycliste et une politique interne qui renforce la motilité, comme des parkings sécurisés et des vestiaires. Cependant, l'agrégation des données pose certaines limitations : les scores de perception et de motilité sont homogénéisés à

l'échelle de l'entreprise, ce qui empêche d'analyser les sous-populations d'employé·e·s de manière fine.

Enfin, la corrélation entre l'accessibilité perçue, l'accessibilité estimée et le potentiel du vélo confirme la validité de la grille d'analyse utilisée. Cette analyse de cohérence renforce la pertinence des scores pour évaluer et comparer les entreprises en termes de potentiel vélo. Elle permet également d'identifier des leviers d'action concrets pour améliorer le taux de réalisation du potentiel vélo, comme le développement d'infrastructures cyclables, des campagnes de sensibilisation ciblées, ou encore des incitations financières à l'utilisation du vélo.

L'analyse réalisée met en évidence la pertinence des données d'enquête PDE pour l'estimation du potentiel du vélo comme moyen de transport pour les composantes territoriales : l'accessibilité et le domaine vital. Concernant les composantes de motilité et de perception, l'agrégation des données limite la portée des analyses. Les questionnaires gagneraient à être enrichis, notamment à propos de la motilité des employé·e·s (tranche d'âge, possession d'un vélo, agilité). Fournir sur la part d'employé·e·s bénéficiant d'une voiture de société ou d'une intervention financière pour les déplacements permettrait de mieux approximer la politique des établissements à propos de la mobilité et donc la culture vélo de l'entreprise. Il semble également pertinent de préciser la méthodologie pour assurer l'interprétation des résultats concernant l'accessibilité perçue et l'utilisation de bases de données RH internes.

Malgré les biais inhérents à l'agrégation des données et aux hypothèses de travail, ce chapitre fournit une base solide pour prioriser les efforts politiques et infrastructurels en faveur du vélo. Ces résultats, inscrits dans le cadre de la vision FAST 2030, offrent une vue d'ensemble des zones à fort potentiel et permettent d'orienter les politiques de mobilité durable. Une analyse plus fine, à l'échelle des anciennes communes, voire se concentrant sur la zone de recrutement des sites d'entreprises, permettrait de mieux considérer le contexte dans lequel se situe le site d'entreprise. De futurs travaux pourraient analyser le potentiel du vélo comme mode de transport pour des trajets intermodaux. Le vélo, associé aux transports en commun comme le train ou le bus, pourrait apporter une réponse pour les personnes ayant des distances à parcourir telles que le vélo seul n'est pas envisageable du point de vue de la motilité ou du domaine vital. Enfin, intégrer les chaines de déplacements, d'autres motifs de trajets ainsi que d'autres publics, pourrait compléter ce travail et offrir une vue encore plus complète des besoins et opportunités cyclistes en Wallonie.

Chapitre 5

Potentiel du vélo comme moyen de transport, analyse à l'échelle des communes de Wallonie, Belgique

Ce chapitre est basé sur l'article en préparation :

Stinglhamber, B., Defourny, P. & Hanin, Y. Potentiel du vélo comme moyen de transport, analyse à l'échelle des communes de Wallonie, Belgique. En préparation.[5]

[5] Contribution des auteurs·ices : BS a conçu l'idée originale de l'article, développé la méthodologie et rédigé le manuscrit sous la supervision de PDY et YH. PDY et YH ont apporté des contributions importantes en réalisant des relectures critiques et en proposant des suggestions méthodologiques.

5.1. Résumé

Cette étude vise à évaluer le potentiel du vélo comme mode de transport en Wallonie, en tenant compte des spécificités territoriales et comportementales sur la base d'une grille d'analyse comprenant quatre composantes : accessibilité, domaine vital, motilité et perception du vélo. Des données open source diversifiées, présentant des échelles spatiales et temporelles variées, ont été normalisées pour estimer le potentiel du vélo dans chaque commune wallonne et pour projeter des parts modales basées sur ce potentiel. Les résultats ont été validés par convergence d'évidence, confortant ainsi la pertinence de cette approche.

La méthodologie développée est reproductible à d'autres échelles spatiales, telles que les villes, les regroupements de communes ou les provinces et dans d'autres régions. Les résultats indiquent que le potentiel du vélo est plus haut dans les grandes villes, le nord et l'ouest de la Wallonie et que les composantes d'accessibilité et de perception expliquent la différenciation spatiale du potentiel. Les résultats indiquent, en outre, que sous un scénario maximaliste, les parts modales du vélo à l'échelle de la Wallonie peuvent atteindre 6,52 %. Ainsi, les objectifs de la vision FAST 2030 établis par la Wallonie, bien qu'ambitieux, sont réalisables, sous réserve que l'ensemble des personnes concernées par le potentiel cyclable adoptent le vélo pour les trajets appropriés. Quatre types de données secondaires ont été mobilisées pour cette étude : (1) des données issues d'enquêtes, (2) des données statistiques, (3) des données de téléphonie mobile et (4) des données géographiques. L'amélioration des résultats requiert d'identifier et de mobiliser des données plus spécifiques permettant une estimation plus précise du potentiel du vélo. Néanmoins, cette étude fournit déjà un aperçu du potentiel du vélo qui peut éclairer les politiques publiques en matière de développement des infrastructures cyclables et de promotion du vélo en tant que mode de transport durable en Wallonie.

Mots clés : Potentiel cyclable. Mobilité durable. Wallonie. Analyse territoriale. Politique de mobilité..

5.2. Introduction

La mobilité joue un rôle crucial dans de nombreux aspects de la vie quotidienne, influençant non seulement la santé physique et mentale des citoyens, mais également l'étalement urbain, les nuisances sonores, la pollution de l'air et les embouteillages. La promotion du cyclisme en tant que mode de transport durable a gagné en importance mondiale, notamment en raison de la pandémie de COVID-19 qui a accéléré les efforts pour augmenter le nombre de cyclistes grâce à des politiques de mobilité durable (Wysling et Purves, 2022). Par exemple, Paris et Bruxelles ont mis en place des aménagements temporaires dédiés aux cyclistes, permettant d'évaluer leur pertinence pour les rendre permanents par la suite.

Tous modes confondus, la distance moyenne des trajets en Belgique est de 16 km, tandis que 18 % des trajets réalisés dans le pays font moins de 5 km. Le vélo est généralement utilisé pour des distances allant jusqu'à 10 km, voire 20 km dans le cas des VAE (Service public fédéral Mobilité et Transports, 2019). En Belgique, ce sont 63 % des trajets qui font moins de 10 km et 79 % font moins de 20 km (Enquête MONITOR sur la mobilité des Belges, 2019). Dans ce contexte, le vélo apparait comme une solution potentielle particulièrement adaptée pour certains types de déplacements.

Les pratiques de mobilité sont le fruit d'un processus souvent inconscient influencé par les habitudes (Gärling et al., 2002) et aptitudes individuelles (Kaufmann, 2008), les normes sociales (Kang et al., 2019 ; Stolze et al., 2025) et les caractéristiques du territoire dans lequel on se déplace (Rérat et al., 2019 ; Wysling et Purves, 2022). La décision de faire du vélo est basée sur la commodité perçue du vélo, notamment le confort et la sécurité perçue (Clark et al., 2019) et est renforcée par des facteurs pro-vélo tels que l'économie, l'écologie, la santé et le plaisir (Philips et al., 2018). Ces paramètres varient selon les types de cyclistes. En effet, les cyclistes non utilitaires et les non-cyclistes ont des exigences plus élevées que les cyclistes utilitaires. Un environnement favorable au vélo est perçu comme essentiel par les cyclistes, influençant à la fois l'initiation et l'adoption à long terme du cyclisme (Kang et al., 2019). Les évènements promotionnels et les initiatives de santé publique peuvent également augmenter la confiance et l'enthousiasme des cyclistes (Pucher et al., 1999). Une culture vélo positive, où les cyclistes sont perçus comme dynamiques et en bonne santé, renforce l'adoption du cyclisme au sein de la communauté (Kang et al., 2019). Vandenbulcke et al. (2009) le montrent aussi : le niveau d'utilisation du vélo d'une commune est positivement corrélé avec le niveau d'utilisation du vélo des communes avoisinantes.

L'identification des zones où l'amélioration des infrastructures cyclables aurait le plus d'impact nécessite une planification minutieuse et un processus politique continu (Buehler, 2020). Les choix d'itinéraires cyclables (analysés dans le chapitre 2 de cette thèse) sont influencés par divers facteurs tels que la distance, le temps de trajet, la pente, le volume de trafic, la limite de vitesse, le type d'intersection et la présence d'infrastructures cyclables (Broach et al., 2012 ; Menghini et al., 2010 ; Hood et al., 2011). La topographie, la densité urbaine et les politiques locales jouent un rôle majeur dans l'adoption du vélo comme mode de transport (Vandenbulcke et al., 2011). Hamidi (2021) montre des différences d'accessibilité entre des villes de Suède (Malmö et Göteborg), soulignant la nécessité d'analyser les facteurs territoriaux à une échelle adaptée pour en capter les nuances. Une analyse au niveau de la planification de la mobilité est cruciale pour comprendre les facteurs influençant la cyclabilité dans différents contextes urbains.

Plusieurs études analysent l'accessibilité sous le prisme d'un type de déplacement spécifique : déplacements domicile-travail ou déplacement domicile-école (Vandenbulcke et al., 2009 ; Vanoutrive et al., 2010 ; Vandenbulcke et al., 2011 ; Maldague et al., 2012 ; Thigpen, 2019 ; Kellstedt et al., 2020), ou en considérant les motifs de déplacement en fonction de la destination (Delafontaine et al., 2012 ; Wysling et Purves, 2022) ou en considérant les motifs de déplacements utilitaires ou de loisirs (Clark et al., 2019 ; Arellana et al., 2020 ; Goel et al., 2021) ou. À notre connaissance, il n'existe pas d'étude intégrant l'ensemble des besoins de mobilité de la population. Les études qui se basent sur des données de localisation GPS (notamment Broach et al., 2012 et Chen et al., 2017) identifient l'influence des infrastructures cyclables sur le choix d'itinéraire sans chercher à caractériser l'accessibilité du territoire liée à ces choix d'itinéraires. Pourtant, Vandenbulcke et al. (2011) concluent que le choix de mode de transport pour les trajets domicile-travail est moins influencé par les caractéristiques spatiales du lieu de vie que les autres trajets qui seraient moins routiniers.

L'amélioration des infrastructures cyclables et la promotion du cyclisme requièrent une approche intégrée, où la compréhension approfondie des préférences des personnes, de leurs perceptions, ainsi que des facteurs socioéconomiques et démographiques est cruciale pour développer des politiques et des infrastructures qui favorisent l'utilisation du vélo. Les mesures d'accessibilité objective tendent à surévaluer l'effet des emplacements spatiaux tout en sous-estimant les perceptions individuelles du temps de trajet, de la distance et de l'accès (Guimarães et al., 2019). De plus, les disparités observées entre les communes et la nécessité de stratégies de

planification différenciées, mises en évidence par la littérature, soulignent l'importance d'une analyse contextuelle et d'une collaboration intercommunale pour promouvoir le cyclisme de manière efficace et durable. Les chapitres précédents de cette thèse démontrent qu'il faut prendre en compte 4 composantes pour estimer l'ensemble des facteurs du potentiel du vélo comme moyen de transport et proposer des recommandations adaptées en fonction des contextes urbains locaux et des mobilités locales.

Ce chapitre a pour objectif de redéfinir les objectifs de parts modales pour le vélo en Wallonie (Belgique) à travers une analyse du potentiel du vélo à l'échelle communale qui représentent le niveau spatial le plus local ayant un pouvoir politique de planification de la mobilité. L'objectif principal est de déterminer le potentiel du vélo en tant que moyen de transport selon la grille d'analyse développée au chapitre 2. Cette démarche pourrait permettre d'ajuster les objectifs de parts modales pour mieux refléter les réalités locales observées dans chaque commune de Wallonie. L'approche intégrée proposée met l'accent sur l'importance de comprendre les perceptions des utilisateur·ice·s, leur motilité, ainsi que les aspects territoriaux locaux. Ce travail pourrait apporter une contribution innovante aux politiques de mobilité à une échelle régionale, provinciale et communale pour la priorisation des politiques à mettre en place.

Plus spécifiquement, cette étude évalue la faisabilité théorique de l'objectif de part modale vélo fixé par la Wallonie en 2017 dans la Vision FAST 2030, à savoir 5 % de part modale vélo en 2030. La Wallonie compte plus de 3,6 millions d'habitants répartis sur cinq provinces (Namur, Hainaut, Luxembourg, Liège et Brabant wallon), comprenant un total de 262 communes. Pour atteindre les objectifs du plan FAST 2030, divers plans et aides financières ont été mis en place à destination des autorités provinciales et communales, tels que le Plan d'investissement Wallonie cyclable 2020-2021 (PIWACY) et le Plan d'Investissement Mobilité Active Communal et Intermodalité 2022-2024 (PIMACY).

5.3. Données et méthode

5.3.1. Données

Quatre types de données ont été mobilisées pour cette étude : (1) des données issues d'enquêtes, (2) des données statistiques, (3) des données de téléphonie mobile et (4) des données géographiques.

Données d'enquêtes

Trois enquêtes ont été mobilisées. L'enquête MONITOR, dont les résultats ont été publiés en 2019, est une enquête nationale sur la mobilité visant à fournir des données fiables et précises sur les habitudes de déplacement de la population belge. En 2017, 10 632 répondant·e·s représentatifs·ves de la population belge ont détaillé l'ensemble de leurs déplacements effectués au cours d'une journée entière (Enquête MONITOR sur la mobilité des Belges, 2019). La deuxième enquête, axée sur la micromobilité, a été réalisée en ligne par le bureau d'études iVOX pour le compte du Service public fédéral Mobilité et Transports en 2019, avec des résultats publiés en 2023. Elle a été menée auprès d'un échantillon représentatif de 2 000 Belges, stratifié selon la région, le genre, l'âge et le niveau d'éducation (Service public federal Mobilité et Transport, 2023). Cette enquête offre des informations spécifiques sur l'utilisation des vélos, en distinguant notamment le vélo traditionnel du vélo à assistance électrique, cette distinction n'a pas été réalisée pour l'ensemble des résultats liés à l'utilisation du vélo lors de l'enquête MONITOR, notamment pour les distances moyennes parcourues ainsi que les parts modales selon le motif de déplacement ou selon les distances de déplacements. Enfin, la troisième enquête provient de l'institut Sciensano, à propos de la santé subjective des Belges. Étant donné que le vélo est un mode de transport actif nécessitant un effort physique, les individus souffrant de problèmes de santé sont moins enclins à l'utiliser, malgré la réduction de l'effort requis par l'assistance électrique (Hamidi, 2021). Cette enquête évalue la perception individuelle de l'état de santé, en tenant compte des dimensions physique, psychique et sociale. Les résultats, agrégés à l'échelle provinciale, sont accessibles en ligne pour plusieurs années, la plus récente datant de 2018 (Enquête de santé, 2018).

Données statistiques

Les données statistiques relevées par l'office belge de statistique (StatBel) et l'Institut Wallon de l'Évaluation, de la Prospective et de la Statistique (IWEPS) sont disponibles en open source. Elles incluent la densité de population à maille variable, qui a été exploitée dans cette étude pour estimer les populations de chaque commune ainsi que leurs caractéristiques sociodémographiques, telles que les populations par classes d'âge et de genre. D'autres données open source ont également été mobilisées, notamment la liste des communes ayant soumis un dossier pour le financement PIWACY en 2020 et celles retenues en 2021 pour bénéficier d'un subside régional destiné à financer intégralement des infrastructures en faveur des cyclistes. Ces

communes ont été sélectionnées en fonction de leur potentiel et de leur stratégie en matière de mobilité vélo. L'objectif de ce financement est d'encourager l'élaboration d'une stratégie de développement de l'usage quotidien du vélo à travers un réseau structurant reliant différents pôles d'attractivité (par exemple les gares, commerces et zones d'activité) (Les communes Wallonie cyclable, Mobilité.wallonie.be).

La liste des communes ayant adopté un Plan Communal de Mobilité (PCM) a également été prise en compte. Le PCM est un outil stratégique permettant de planifier la mobilité à l'échelle communale. Il vise à améliorer l'accessibilité et la mobilité, à renforcer la sécurité routière et à optimiser le cadre de vie. Plus particulièrement, il encourage la marche, l'usage du vélo et des transports collectifs, ainsi que l'intermodalité. Le PCM se décline en trois phases : l'établissement d'un diagnostic de la situation existante, la définition d'objectifs et la proposition de mesures concrètes pour améliorer la mobilité. Il permet ainsi de doter la commune d'une vision à court et moyen terme, tout en favorisant la sensibilisation, la concertation et la coordination entre les acteurs locaux (Plans communaux et intercommunaux de mobilité, Mobilité.wallonie.be).

Enfin, la liste des communes dans lesquelles une antenne locale du Groupe de Recherche et d'Action des Cyclistes Quotidiens (GRACQ) est implantée témoigne de l'engagement des cyclistes sur ces territoires. Créé en 1975, le GRACQ est une association apolitique et sans but lucratif qui vise à représenter les intérêts des cyclistes francophones en Belgique. Son travail de lobbying auprès des pouvoirs publics a permis d'obtenir de nombreuses avancées pour les cyclistes, notamment l'instauration des contresens cyclables, l'exonération fiscale de l'indemnité vélo, la mise en place de points vélo dans les gares, le développement du RAVeL, le transport gratuit des vélos dans les trams et métros bruxellois, ainsi que le cédez-le-passage cycliste au feu rouge (Qui sommes-nous ? GRACQ). Le GRACQ étant composé majoritairement de bénévoles, la présence d'une antenne locale sur un territoire communal traduit l'engagement actif de cyclistes souhaitant améliorer la pratique du vélo dans leur région. De plus, la présence du GRACQ contribue à une plus grande visibilité des cyclistes, l'association organisant régulièrement des évènements et des campagnes de sensibilisation.

Données de téléphonie mobile

Des données de flux Origine-Destination de personnes via la téléphonie mobile ont été utilisées pour approximer les besoins en mobilité de la population wallonne. Ces données proviennent du réseau Proximus, qui

détient environ 40 % de parts de marché et ont été collectées quotidiennement du 7 mars 2022 au 7 juin 2022, en excluant les périodes de congés scolaires et les jours fériés. Elles indiquent l'antenne relai à laquelle chaque carte SIM a été connectée au cours de la journée et sont agrégées à l'échelle des anciennes communes de Wallonie. Pour représenter l'ensemble de la population, les données de flux et de présences ont été ajustées à l'aide d'un algorithme basé sur les statistiques de population et le lieu de résidence le plus probable. Selon la méthode de collecte de Proximus, un déplacement est défini par la connexion successive d'une carte SIM à au moins deux relais différents, avec un début et une fin de déplacement marqués par une connexion d'au moins une heure sur le même relai. Si la carte SIM reste connectée à une antenne pendant moins d'une heure, aucun déplacement n'est enregistré. De plus, pour des raisons liées au RGPD, les flux comptant moins de 10 personnes par jour avant redressement ne sont pas communiqués (Proximus, 2022).

Données géographiques

La localisation et les caractéristiques des infrastructures dédiées à la circulation des vélos ont été extraites de la base de données OpenStreetMap (OSM). OSM est un projet de cartographie collaborative. Chaque élément de ce réseau est décrit par une série d'attributs, apportant des informations spécifiques comme la longueur, la nature du revêtement, la vitesse maximale autorisée, etc. Les premières études concernant l'évaluation de la qualité des données OSM révèlent que la complétude des données n'est pas uniforme. En effet, les zones urbaines tendent à être mieux cartographiées que les zones rurales au sein d'un même pays, ce qui est généralement corrélé à la densité de population (Girres et Touya, 2010 ; Haklay, 2010). Toutefois, il est important de noter que les données OSM sont relativement précises et globalement complètes (Haklay, 2010 ; Barrington-Leigh et Millard-Ball, 2017). Les attributs concernant les infrastructures de circulation regroupent le type d'infrastructure, le revêtement, la séparation avec le flux motorisé et la vitesse du trafic motorisé le cas échéant.

5.3.2. Traitement des données

L'harmonisation spatiale et temporelle des données mobilisées est nécessaire pour assurer la cohérence des analyses. Les données fournies à l'échelle nationale ou provinciale ont été rééchantillonnées à l'échelle communale pour les composantes comportementales et à l'échelle de l'ancienne commune pour les composantes territoriales. Une formule de projection de l'évolution des pratiques de mobilité au cours du temps a été appliquée aux données antérieures à 2024. Cette approche permet d'assurer une homogénéité spatiale

et temporelle à l'analyse des comportements de mobilité et suppose que les tendances qui ressortent des enquêtes utilisées sont restées constantes jusqu'en 2024 et se répartissent de manière homogène sur le territoire considéré. La figure 5.1 présente un schéma du processus méthodologique suivi pour chaque source de données.

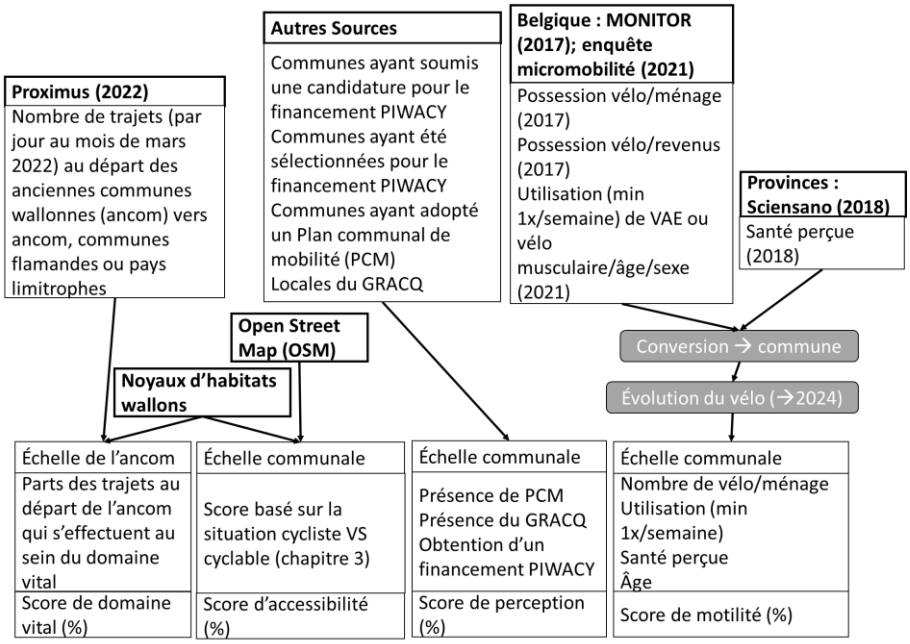

Figure 5.1 Schéma récapitulatif du processus méthodologique, incluant le traitement des données Proximus, l'ajustement pour les communes frontalières et l'harmonisation des données pour une analyse cohérente à l'échelle communale et pour l'année 2024.

5.3.3. Grille d'analyse du potentiel du vélo comme moyen de transport

Le potentiel du vélo en tant que moyen de transport est estimé à l'aide d'une grille d'analyse prospective du potentiel du vélo comme moyen de transport (voir chapitre 2). Cette grille d'analyse comprend quatre composantes, qui ensemble évaluent le potentiel du vélo en fonction de paramètres territoriaux (tels que l'accessibilité et le domaine vital) et comportementaux (la perception et la motilité).

Domaine vital

Le domaine vital compatible avec la pratique du vélo correspond à l'ensemble des trajets dont la distance permet une utilisation réaliste du vélo comme mode de transport (voir définition du domaine vital, chapitre 2, section 2.2.2). Cette analyse vise ainsi à identifier, pour chaque ancienne commune wallonne, les autres anciennes communes situées à une distance jugée praticable à vélo. Conformément à la méthodologie adoptée au chapitre 4 (section 4.3.2), la

distance maximale retenue est de 20 km, correspondant à la distance moyenne parcourue par les Belges tous motifs confondus (Enquête MONITOR, 2019).

Les calculs de distance sont effectués à partir des noyaux d'habitat, définis par la Région wallonne (Geron et al., 2008). Une ancienne commune est considérée comme compatibles avec le domaine vital de la commune d'origine si au moins un de ses noyaux d'habitat se situe à moins de 20 km à vol d'oiseau du noyau d'habitat de la commune d'origine. Pour chaque ancienne commune i, le score de compatibilité avec le vélo pour le domaine vital (DV) a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\mathrm{DV}(i) = \left(\frac{N_{DV}(i)}{N_{tot}(i)}\right) \quad (5.1)$$

où $DV(i)$ représente le score du domaine vital compatible avec le vélo pour la commune i, $N_{DV}(i)$ est le nombre de trajets au départ de l'ancienne commune i dont l'arrivée se situe dans le domaine vital (c'est-à-dire si un noyau d'habitat de l'ancienne commune j est situé à maximum 20 km des noyaux d'habitat de l'ancienne commune i) et $N_{tot}(i)$ est le nombre total de trajets au départ de l'ancienne commune i. Le nombre de trajets est déterminé à partir de la base de données Proximus (2022).

Pour les anciennes communes situées à la frontière avec la France, les Pays-Bas, l'Allemagne ou le Luxembourg, une adaptation de cette formule a été nécessaire puisque les données de localisation agrègent ces trajets transfrontaliers à l'échelle du pays de destination. Dans ce cas, il n'est donc pas possible de distinguer les trajets courts, compatibles avec le vélo, des autres. Afin de ne pas tenir compte des trajets transfrontaliers dans N_{tot}, la formule suivante a été appliquée :

$$\mathrm{DV}(i,j) = \left(\frac{N_{DV}(i)-N_j}{N_{tot}(i)-N_j}\right) \quad (5.2)$$

où N_j représente le nombre de trajets à destination du pays limitrophe j au départ de l'ancienne commune i limitrophe du pays j. Cette méthode a été appliquée à 99 anciennes communes frontalières, représentant moins de 10 % des anciennes communes de Wallonie. En revanche, pour les communes limitrophes de la Région flamande, les trajets vers les communes flamandes adjacentes ont été inclus dans $N_{DV}(i)$.

Afin d'obtenir un score représentatif à l'échelle communale actuelle, la moyenne des scores des anciennes communes relevant d'une même commune a été calculée. Cette agrégation permet de tenir compte des disparités internes aux communes tout en offrant une vision globale du potentiel cyclable à cette échelle.

Accessibilité

L'accessibilité désigne l'offre de mobilité sur un territoire, soit sa capacité à permettre une circulation fluide pour les cyclistes vers des destinations d'intérêt (voir définition du domaine vital, chapitre 2, section 2.2.1). L'importance de cette accessibilité vélo pour une commune est estimée par la part de la surface de la commune où l'expérience cycliste équivaut à l'accessibilité cyclable. Afin d'attribuer un score d'accessibilité vélo à chaque commune, les modèles cyclistes et cyclables développés au chapitre 3 sont dès lors mobilisés. À partir des noyaux d'habitat situés dans chaque commune, des aires de chalandise cyclistes et cyclables sont générées à l'aide de l'outil de simulation numérique (Analyse réseau d'ArcGIS) et du réseau complet au niveau belge. La différence de temps de trajet entre les deux modèles est calculée pour chaque maille du territoire communal, en utilisant des mailles de 50 cm de côté. Le score d'accessibilité est ensuite déterminé à l'aide de l'équation 5.3.

$$A(i) = \frac{Pix_{cyclistes}}{Pix_{tot}} \tag{5.3}$$

où $A(i)$ est l'accessibilité, $Pix_{cyclistes}$ est le nombre de mailles pour lesquels la situation cycliste est équivalente à la situation cyclable et Pix_{tot} correspond au nombre total de mailles du territoire communal. Ainsi, cette mesure exprime la proportion de mailles où le temps de trajet cycliste (perçu) est équivalent au temps de trajet cyclable (réel), reflétant le niveau d'accessibilité cyclable du territoire analysé.

Perception de la cyclabilité

La perception, ou représentation sociale du vélo, joue un rôle déterminant dans la formation des incitants et des freins à l'utilisation du vélo comme mode de transport. La représentation sociale du vélo est influencée par les normes sociales, les habitudes et les politiques de mobilité en place.

Dans ce chapitre, le score de perception par commune est établi sur la base de la présence de politiques favorisant la mobilité cyclable telles que l'existence d'un PCM ou la candidature au financement PIWACY (un PCM récent (adopté après 2020) augmente le score de perception, en raison de l'intégration plus systématique des modes actifs dans les PCM récents), ainsi que de l'implication d'acteurs militants, tels que le GRACQ. Ce score, attribué selon une échelle de 0 à 5, est déterminé sur base qualitative à l'aide de la clé dichotomique présentée à la figure 5.2.

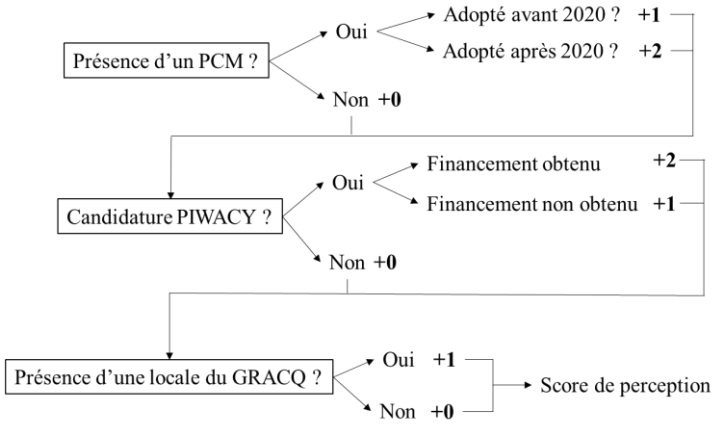

Figure 5.2 Schématisation de la clé dichotomique pour le score de perception. Ce score est calculé pour chaque commune en fonction de trois critères : l'existence d'un Plan Communal de Mobilité (PCM), la candidature au financement dans le cadre du Plan d'Investissement Wallonie Cyclable (PIWACY), et la présence d'une locale du Groupe de Recherche et d'Action des Cyclistes Quotidiens (GRACQ). Un PCM récent (adopté après 2020) augmente le score de perception, en raison de l'intégration plus systématique des modes actifs dans les PCM récents.

Motilité

La motilité se réfère aux capacités nécessaires pour se déplacer à vélo, incluant notamment savoir rouler à vélo, l'accès à un vélo et la condition physique nécessaire, comme relevé dans la littérature. Cette composante est estimée à l'aide de la formule suivante :

$$M(i) = (P_{bike} * Pop_a) + 0.5 * (P_{bike} * Pop_{na}) - 0.07 * Pop_{BH} \quad (5.4)$$

$M(i)$ désigne le score de motilité de la commune i.

P_{bike} représente la proportion de ménages possédant au moins un vélo. La littérature établit un lien clair entre la possession d'un vélo et son usage effectif (Xing et al., 2010 ; Castillo-Manzano et al., 2015 ; Acheampong et Siiba, 2018). Faute de données plus précises, il est ici supposé que la proportion de ménages disposant d'un vélo est équivalente à celle des individus en possédant un. Cette hypothèse repose sur l'idée que, dans un même foyer, l'accès au vélo est généralement partagé entre les membres, rendant cette approximation acceptable à l'échelle de l'analyse.

Pop_a correspond à la proportion de la population en âge de travailler (18-65 ans), tandis que Pop_{na} désigne les personnes de moins de 18 ans ou de plus de 65 ans. Afin d'apporter plus de nuance à l'approche adoptée au chapitre 2 (section 2.3.4), la motilité n'est pas ici restreinte aux seules personnes actives. Un facteur de pondération de 0,5 est appliqué aux personnes de moins de 18 ans et de plus de 65 ans, considérant que leur capacité à circuler à vélo pourrait

être réduite en raison d'un manque d'expérience pour les plus jeunes et d'un affaiblissement physique pour les plus âgé·e·s.

Pop_{BH} représente la proportion de la population s'estimant en mauvaise santé (%). Selon Vandenbulcke et al. (2011), une diminution de 1 % de la population en mauvaise santé entraine une augmentation de 0,07 % de la part modale du vélo. Cette conclusion est également soutenue par Hamidi (2021).

Potentiel du vélo comme moyen de transport

La population considérée comme ayant un potentiel du vélo haut est celle pour qui au moins 3 composantes sur quatre sont compatibles avec le vélo (comme détaillé au chapitre 2 de cette thèse). Néanmoins, étant donné la nature des données mobilisées pour l'estimation de la compatibilité vélo des composantes de la grille d'analyse, il n'est pas possible de déterminer la population concernée par l'intersection de plusieurs composantes ni d'assurer l'interdépendance des données. En effet, les données proviennent de sources variées avec une variabilité temporelle, induisant l'hypothèse que les populations se recoupent entièrement à l'intersection des quatre composantes (conformément à l'équation 5.5). Autrement dit, l'hétérogénéité intradimensionnelle est ignorée.

$$P_{velo}(i) = DV(i) * A(i) * P(i) * M(i) \quad (5.5)$$

où $P_{velo}(i)$ désigne le potentiel du vélo comme moyen de transport pour la commune i. $DV(i)$, $A(i)$, $P(i)$ et $M(i)$ désignent respectivement les scores du domaine vital, de l'accessibilité, de la perception et de la motilité de la commune i.

5.3.4. Objectifs de parts modales pour les communes de Wallonie

Sur la base des scores de potentiel, deux scénarios sont développés pour estimer des parts modales pour chaque commune et en déduire la part modale moyenne projetée pour la Wallonie.

Le scénario A (dit Wallo-cyclable) suppose que la commune présentant le score de potentiel le plus élevé correspond aux parts modales fixées par le plan FAST 2030, soit 5 %. Un classement des communes est ensuite établi, distribuant les parts modales projetées du vélo de la commune ayant le potentiel le plus élevé jusqu'à la commune au score le plus bas, où les parts modales projetées sont alignées sur les parts actuelles, soit 1,8 %.

Le scénario B (dit Boule de neige) repose sur l'hypothèse que la commune présentant le score de potentiel le plus élevé correspond aux parts modales observées pour le vélo dans la Ville de Paris intramuros en 2023, soit 11,2 % (Paris.fr). Un classement des communes est ensuite établi, distribuant les parts modales projetées du vélo de la commune ayant le potentiel le plus élevé

jusqu'à la commune au score le plus bas (via une répartition linéaire), où les parts modales projetées sont alignées sur les parts actuelles, soit 1,8 % (Enquête Monitor sur la mobilité des Belges, 2019). Le choix de s'appuyer sur la part modale parisienne vise à établir un objectif ambitieux, mais réaliste, en cohérence avec les dynamiques actuelles de mobilité en Wallonie. En France, l'objectif national est d'atteindre une part modale vélo de 15 % d'ici 2030. Actuellement, Bordeaux affiche un taux de 10 %, tandis que les grandes métropoles françaises se situent entre 6 % et 15 % (Djossou, 2024). En Allemagne, la part modale nationale est de 11,8 %, atteignant 12 % à Berlin (Santrot, 2022). Ces deux pays, frontaliers de la Belgique, ont également favorisé l'usage de la voiture à la suite des chocs pétroliers des années 1970, contrairement aux Pays-Bas et au Danemark, qui ont amorcé dès cette période une transition vers une mobilité plus cyclable (Djossou, 2024). Ces derniers figurent aujourd'hui parmi les pays les plus avancés en Europe, avec des parts modales vélo de 27 % à l'échelle des Pays-Bas (de 38 % à Amsterdam) (Héran, 2015b) et 15 % pour le Danemark (31 % pour Copenhague) (Danish Cycling Statistics - Cycling Embassy of Denmark, 2022). Toutefois, transposer directement ces niveaux en Wallonie ne serait pas cohérent avec l'horizon des objectifs FAST fixés pour 2030. En effet, la transition cyclable dans ces pays nordiques résulte de plus de cinq décennies d'investissements politiques et d'une forte adhésion. Ainsi, aligner la spatialisation des parts modales projetées en Wallonie sur les niveaux observés en France et en Allemagne, qui partagent un contexte historique et des ambitions similaires, apparait comme une trajectoire plus réaliste et atteignable pour l'horizon donné.

Pour chaque scénario, deux variantes ont été calculées : une version maximaliste et une version pragmatique. La version maximaliste suppose que les parts modales projetées sont atteintes à 100 %, impliquant que l'ensemble de la population disposant d'un potentiel cyclable adopte effectivement le vélo pour les trajets correspondant à son domaine vital. À l'inverse, la version pragmatique ajuste cette hypothèse en considérant qu'environ 25 % des individus ayant un potentiel cyclable ne l'exploiteront pas, même en présence de conditions favorables. Cette approche permet d'intégrer un facteur de latence entre la mise en place des politiques publiques et l'adoption effective de nouvelles habitudes de mobilité. Par ailleurs, l'enquête MONITOR (2019) indique que 22 % des hommes et 29 % des femmes n'ont pas de déplacements durant la durée de l'enquête (MONITOR, 2019), ce qui implique qu'elles et ils ne doivent pas être pris en compte dans le calcul des parts modales futures du vélo.

5.4. Résultats

Cette section présente les résultats d'analyse du potentiel du vélo comme moyen de transport pour les communes wallonnes. L'analyse de chaque composante seule est d'abord présentée, suivie de l'analyse du potentiel du vélo. Les résultats détaillés des scores de chaque commune pour les différentes composantes sont disponibles en annexe I.

5.4.1. Domaine vital

Des dynamiques intracommunales sont observées (figure 5.3). Les scores sont relativement élevés, avec 79 % des anciennes communes présentant un score supérieur à 80 %. Les anciennes communes de Mouscron et Herseaux affichent les scores maximums de domaine vital (respectivement 92 % et 90 %). L'analyse du domaine vital à l'échelle des anciennes communes permet de mettre en évidence des différences intracommunales en termes de déplacements. Un effet de frontière s'observe : les anciennes communes frontalières affichent un score de domaine vital plus faible. Une explication est la non-prise en compte des trajets vers l'étranger dans le score de domaine vital, alors qu'une part de ces trajets est potentiellement incluse dans les distances tolérables à vélo, ce qui sous-estime artificiellement le score de domaine vital.

Pour l'analyse du potentiel global, les scores des anciennes communes ont été agrégés à l'échelle communale en calculant la moyenne des scores de ces dernières. En agrégeant ces résultats à l'échelle communale, 251 des 262 communes obtiennent un score supérieur à 80 %, ce qui indique que plus de 8 trajets sur les 10 rapportés par les données Proximus (2022) au départ de ces communes présentent une distance compatible avec l'usage du vélo. La province de Liège affiche les scores de domaine vital les plus élevés : parmi les 10 communes ayant les meilleurs scores de domaine vitaux, 6 sont situées en périphérie de la commune de Liège, à moins de 18 km à vol d'oiseau. En considérant les 20 premières communes, ce sont 10 communes qui se situent dans la Province de Liège. Ce résultat suggère que les trajets au départ de la périphérie de Liège sont majoritairement à destination de Liège, plus que pour d'autres grandes villes de Wallonie : Namur, Charleroi, Mons et Tournai. De manière générale, les communes situées en périphéries des villes principales affichent un score plus élevé, qui traduit l'attractivité de ces pôles principaux et la densité des noyaux d'habitat. Les communes périphériques à Tournai ne suivent pas cette logique, une explication est la proximité avec la frontière française, ces trajets n'ayant pas été intégrés au calcul du score de domaine vital. L'effet de frontière est aussi observable à l'échelle communale, les

scores de domaine vitaux les plus faibles étant détenus par les communes limitrophes : Mont-de-L'enclus (0,65) située à la frontière linguistique, Rouvroy (0,69) à la frontière française et luxembourgeoise et Burg-Reuland (0,72) à la frontière allemande.

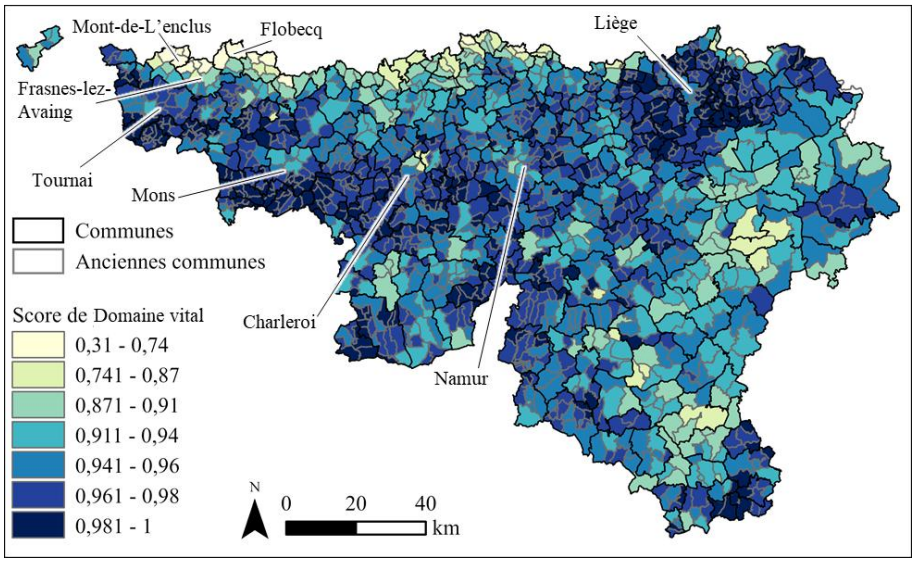

Figure 5.3 Score de la composante Domaine vital pour la Wallonie. Les résultats agrégés à l'échelle des anciennes communes mettent en évidence des dynamiques intracommunales contrastées. 79 % des anciennes communes ont un score supérieur à 0,8, indiquant que 8 trajets sur 10 au départ de ces communes ont une distance abordable à vélo. La province de Liège affiche les scores de domaine vital les plus élevés : parmi les 10 communes ayant les meilleurs scores de domaines vitaux, 8 sont situées en périphérie de la commune de Liège, à moins de 18 km à vol d'oiseau.

5.4.2. Accessibilité

Le score d'accessibilité correspond à la fraction du territoire communal (allant de 0 à 1) où la différence de temps de trajet cycliste et le temps de trajet cyclable est nulle, traduisant ainsi une bonne qualité d'itinéraire vélo pour rejoindre les noyaux d'habitat.

La figure 5.4 met en évidence des disparités marquées en termes d'accessibilité cyclable au niveau des communes wallonnes. Les provinces du Brabant wallon et du Hainaut affichent les scores les plus élevés, traduisant des infrastructures cyclables de meilleure qualité. À l'inverse, les communes de Baelen, Spa et Eupen enregistrent les scores les plus faibles (respectivement 0,14, 0,16 et 0,21), ce qui peut s'expliquer par une faible densité d'urbanisation et un réseau cyclable limité. Plus largement, le sud et l'est de la Wallonie, notamment la province de Luxembourg, présentent des valeurs plus basses, en raison d'un habitat plus dispersé et d'une couverture d'infrastructures cyclables moins développées. La méthodologie employée,

qui repose sur les données d'OSM, peut également influencer ces résultats, plusieurs études ont montré une moindre complétude des données OSM en milieu rural (Girres et Touya, 2010 ; Haklay, 2010). Par ailleurs, la topographie constitue un autre facteur explicatif, notamment dans les zones vallonnées de l'est de la province de Liège, où la topographie peut limiter le score d'accessibilité du vélo. Ces résultats confirment que la densité de population joue un rôle déterminant dans l'accessibilité cyclable, mais qu'elle ne suffit pas à expliquer à elle seule les disparités observées, qui sont également influencées par la qualité des infrastructures et la géographie locale. Néanmoins, les scores d'accessibilité en Wallonie sont élevés, avec 54 % des communes de la région (142) affichant un score supérieur à 80 %.

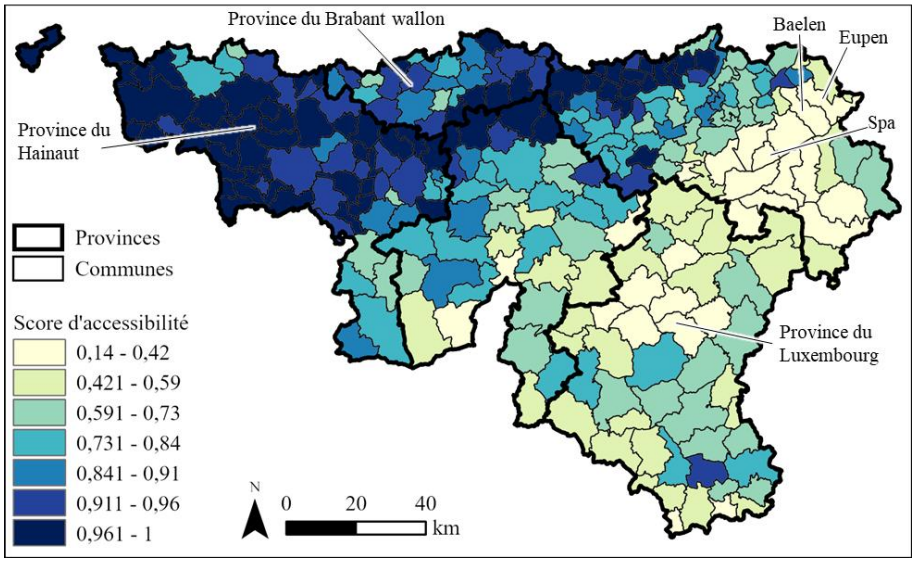

Figure 5.4 Score d'accessibilité cyclable des communes wallonnes. Les communes du nord-ouest de la Wallonie, notamment dans les provinces du Brabant wallon et du Hainaut, affichent les scores les plus élevés, tandis que les communes du sud et de l'est, en particulier Baelen, Spa et Eupen, présentent les valeurs les plus faibles. Ces disparités s'expliquent par la densité d'urbanisation, la couverture en infrastructures cyclables et la topographie locale.

5.4.3. Perception

Les scores les plus élevés pour la composante de perception (figure 5.5) se concentrent principalement dans la Province du Brabant wallon ainsi qu'à l'ouest de la Wallonie, tandis que le sud et l'est affichent des scores plus faibles. Toutefois, une forte variabilité est observable d'une commune à l'autre, y compris au sein des provinces globalement bien notées, indiquant que la perception des infrastructures cyclables n'est pas strictement liée à des facteurs géographiques. Vandenbulcke et al. (2011) ont montré que les parts

modales élevées dans les communes voisines influencent positivement la perception du vélo à l'échelle locale. Cette tendance semble se confirmer ici, les scores de perception formant majoritairement des clusters, avec peu d'exceptions. Seules quelques communes, comme Bastogne, Dison, Trooz, Anderlues, Jodoigne, Froidchapelle, Tintigny et Arlon, présentent des scores extrêmes isolés. Ces résultats suggèrent que la perception du vélo est non seulement liée aux politiques et à la représentation locales, mais aussi aux dynamiques cyclables supracommunales.

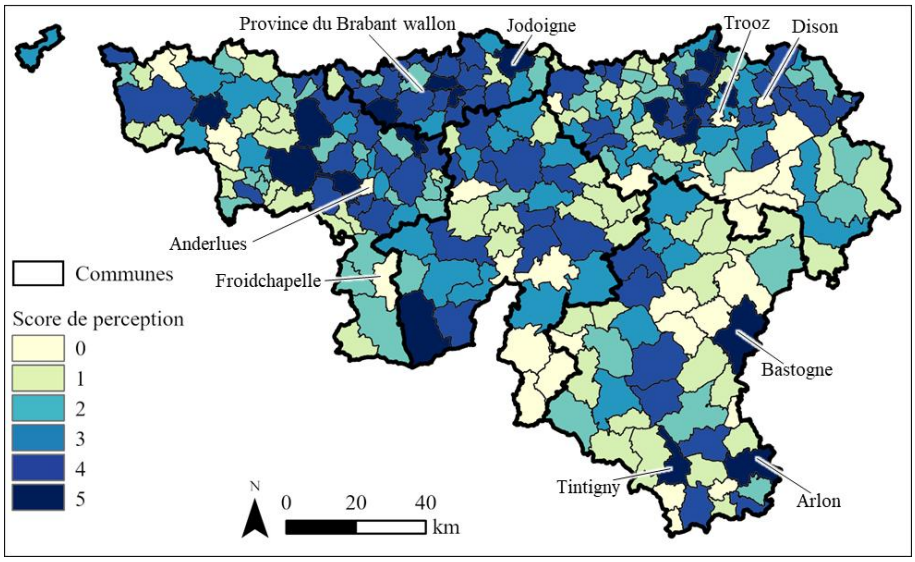

Figure 5.5 Score de perception pour les communes wallonnes. Les scores les plus élevés se concentrent principalement dans la Province du Brabant wallon et à l'ouest de la région, tandis que les scores les plus faibles sont observés dans le sud et l'est. Les scores de perception forment majoritairement des clusters, à l'exception de quelques communes, telles que Bastogne, Dison, Trooz, Anderlues, Jodoigne, Froidchapelle, Tintigny et Arlon, qui présentent des scores extrêmes isolés. Ces résultats suggèrent que la perception du vélo est non seulement liée aux politiques et à la représentation locales, mais aussi aux dynamiques cyclables supracommunales.

5.4.4. Motilité

L'amplitude des valeurs pour la motilité est particulièrement restreinte, oscillant seulement entre 0,62 et 0,66 (figure 5.6). Cette homogénéité des scores de motilité entre les communes, avec une faible variabilité spatiale, peut s'expliquer par les sources données, agrégées à l'échelle provinciale, qui gomme les différences locales. Finalement, la seule variable susceptible d'introduire une différenciation spatiale significative est la structure d'âge de la population.

Les résultats suggèrent que la composante motilité estimée est très uniforme sur l'ensemble de la Région, ce qui peut indiquer un manque de

données permettant d'estimer correctement la motilité de la population et diminue la pertinence de cette composante dans la territorialisation du potentiel du vélo comme moyen de transport. Ceci souligne le manque de données en libre accès permettant d'approximer la motilité. Par exemple, des statistiques désagrégées en matière de santé, des statistiques à propos des brevets vélo accordés dans les écoles, l'agilité des personnes ainsi que la possession de vélo, agrégés à l'échelle communale, pourraient constituer des indicateurs pertinents de la composante motilité.

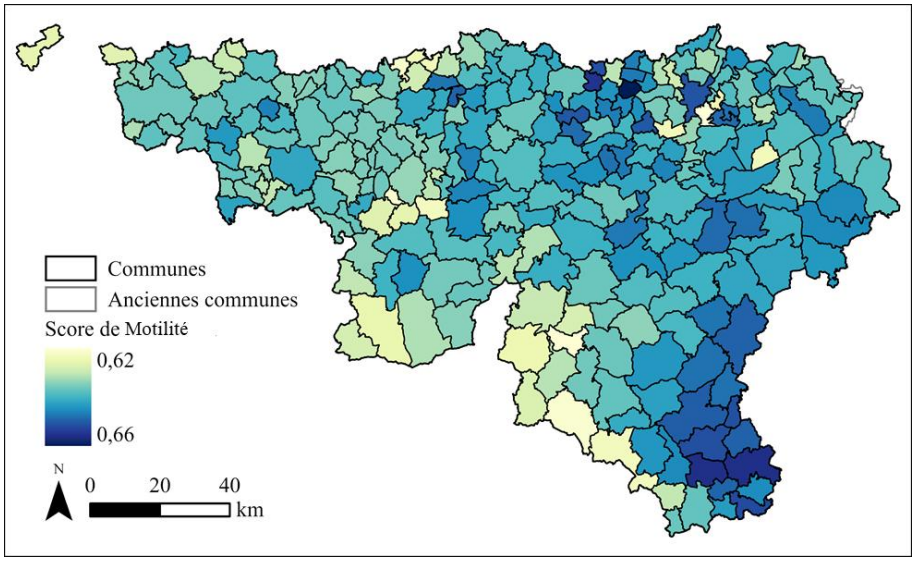

Figure 5.6 Score de motilité des communes de Wallonie. La plage de valeurs des scores de motilité varie entre 0,62 et 0,66, illustrant une homogénéité entre les communes et une faible variabilité spatiale. Cette uniformité est probablement due aux données disponibles agrégées à l'échelle provinciale, ce qui limite la sensibilité aux différences locales. La structure d'âge de la population constitue la seule variable susceptible d'introduire une différenciation spatiale notable.

5.4.5. Potentiel du vélo comme moyen de transport et objectifs de parts modales

La distribution spatiale des scores de potentiel du vélo comme mode de transport, classés par quantiles est présentée à la figure 5.7. Les communes appartenant au quantile supérieur (score de potentiel supérieur à 0,431) se concentrent majoritairement au niveau du sillon Sambre et Meuse et au nord de celui-ci, à l'exception des communes d'Arlon et de Tintigny. La répartition spatiale de ces scores est principalement déterminée par les composantes d'accessibilité et de perception, qui constituent les principales variables explicatives. Parmi les grandes agglomérations wallonnes, Namur ne figure pas dans le quantile supérieur, ce qui s'explique par un score d'accessibilité relativement faible à l'échelle communale. Pourtant, à Namur, les flux de

cyclistes ont augmenté de 113 % entre 2010 et 2021, avec une diversification accrue du public : les femmes représentent désormais un tiers des cyclistes, contre moins d'un cinquième en 2010, suggérant une dynamique cyclable en progression (Ville de Namur et Pro Vélo, 2021). Ceci traduit des tendances différenciées à l'échelle intracommunale entre la Ville de Namur et la commune de Namur. Un autre exemple de ce phénomène est la commune de Tournai, la plus vaste de Wallonie : des comptages sur les axes d'entrée de la ville montrent une hausse de 36 % du nombre de cyclistes entre 2022 et 2023, avec une quasi-parité du genre des usagers (57 % d'hommes) (Transitec et ICEDD, 2014). Toutefois, Tournai présente une diversité intracommunale marquée en termes de densité urbaine, de concentration des activités, des flux et des populations. Il est donc crucial de souligner que le potentiel cyclable n'est pas homogène sur un territoire communal et devrait être affiné à des échelles locales, telles que les anciennes communes ou les secteurs statistiques. La différenciation urbaine/rurale au sein de certaines communes, comme Tournai, est une complexité accrue depuis la fusion des communes.

Néanmoins, les quinze communes présentant le plus fort potentiel cyclable incluent à la fois des zones urbaines et rurales, comme Leuze-en-Hainaut, Soignies, Binche, Oupeye, Mons, Nivelles, Ottignies, Les Bons Villers, Jodoigne, Visé, Arlon, Flémalle, Soumagne, Lobbes et Berloz. Ce classement met en lumière des communes ayant déjà investi dans la mobilité vélo, sur lesquelles il conviendrait de miser pour développer les déplacements cyclables quotidiens. Toutes ces communes bénéficient du subside PIWACY.

Le potentiel du vélo comme moyen de transport (figure 5.7) doit être interprété comme une mesure relative entre les communes, plutôt qu'une valeur absolue, car il ne permet pas de déterminer un pourcentage précis de réalisation du potentiel cyclable. Cette limitation s'explique par la nature des données, comme mentionné dans la section 5.2. Par conséquent, les résultats présentés sont relatifs et permettent de situer chaque commune par rapport aux autres, offrant une vision comparative à l'échelle de toute la Wallonie.

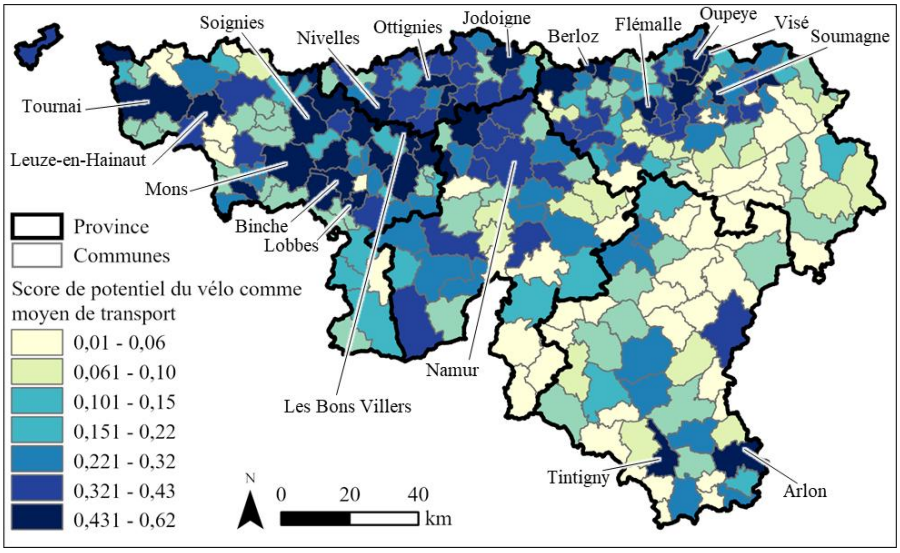

Figure 5.7 Potentiel du vélo comme moyen de transport pour les communes de Wallonie. Les scores les plus élevés se concentrent dans le nord de la Wallonie, à l'exception d'Arlon et Tintigny. Ces scores de potentiel cyclable ne constituent pas une mesure absolue ni une représentation actuelle de la pratique du vélo dans les communes ; ils servent de valeur indicative pour comparer le potentiel cyclable moyen entre les territoires communaux.

Le potentiel du vélo calculé dans cette étude permet aussi d'évaluer la faisabilité des objectifs de parts modales fixés par la vision FAST 2030. En raison des limites des sources de données disponibles, les scores de potentiel ne permettent pas de quantifier de manière absolue la part de la population directement concernée par ce potentiel, comme déjà mentionné. Pour pallier cette limite, deux scénarios ont été développés pour estimer, sur la base des scores de potentiel, des parts modales pour chaque commune et en déduire la part modale moyenne projetée pour la Wallonie (Table 5.1). Les résultats détaillés pour chaque commune de ces deux scénarios, calculés selon leur variante maximaliste et pragmatique, sont disponibles en annexe I.

Le scénario Wallo-cyclable montre que, bien que certaines communes puissent atteindre l'objectif de parts modales de 5 %, la moyenne wallonne resterait insuffisante pour atteindre l'objectif fixé par la vision FAST 2030. À l'inverse, le scénario Boule de neige, alignant le maximum wallon avec la part modale vélo observée à Paris, permettrait d'atteindre cet objectif à l'échelle régionale, mais seulement dans sa version maximaliste. La version pragmatique de ce scénario reste en deçà du seuil cible, suggérant que la réalisation de cet objectif de part modale FAST2030 nécessitera non seulement des investissements en infrastructures de qualité, mais aussi des politiques volontaristes de promotion du vélo (notamment pour améliorer la

perception et la motilité). De plus, l'analyse cartographique de ces projections mettent en lumière la nécessité d'une approche différenciée selon les territoires : les zones urbaines, où les parts modales initiales sont plus élevées, devront jouer un rôle moteur, tandis que des efforts ciblés pourront être menés pour améliorer l'accessibilité et l'attractivité du vélo dans les zones moins denses, suggérant le moindre impact des efforts réalisés en zones rurales.

Table 5.1 Projection des parts modales moyennes du vélo pour la Wallonie, selon deux scénarios déclinés en versions maximaliste et pragmatique. Le scénario Boule de neige présente des parts modales communales comprises entre 1,8 % et 11,2 % et dépasse l'objectif FAST 2030 dans sa version maximaliste, tandis que sa version pragmatique reste légèrement en dessous. Le scénario Wallo-cyclable, dont les parts modales communales varient entre 1,8 % et 5 %, ne permet pas d'atteindre l'objectif régional de 5 %, confirmant ainsi que certaines communes devront dépasser ce seuil pour y parvenir Ces résultats indiquent que, pour atteindre 5 % de parts modales vélo d'ici 2030, un taux de réalisation élevé du potentiel cyclable sera nécessaire.

Scénario	Boule de neige	Wallo-cyclable
Maximaliste	6,52 %	3,41 %
Pragmatique	4,89 %	2,56 %

5.4.6. Validation

La validation des résultats repose sur une convergence d'évidences. Compte tenu de la variabilité spatiale et temporelle des données utilisées et du fait que la grille d'analyse estime un potentiel théorique d'usage du vélo comme moyen de transport, une validation absolue des résultats semble difficile à réaliser. La validation vise donc à démontrer que les tendances observées, tant au niveau des différentes composantes que du potentiel global, sont cohérentes avec les constats de la littérature et convergent avec d'autres indicateurs pertinents.

Composantes de la grille d'analyse

Les données Proximus ont été validées et nettoyées en amont avant leur réception, rendant toute validation supplémentaire complexe dans le cadre de cette étude. Selon Čertický et al. (2015), les activités de la population sont à l'origine des besoins en mobilité, ce qui suggère que les données Proximus (2022) fournissent une estimation adéquate des besoins en mobilité au sein des communes wallonnes. Néanmoins, ces données ne comptabilisent les trajets que si un téléphone se connecte à deux antennes relais différentes, avec un début et une fin de déplacement marqués par une connexion d'au moins une heure sur le même relai. Si la carte SIM reste connectée à une antenne pendant moins d'une heure ou si le déplacement est d'une longueur telle que la carte SIM reste connectée à la même antenne-relai, aucun déplacement n'est enregistré. Ainsi, les trajets sur de courtes distances et les activités de moins

d'une heure ne sont pas pris en compte, alors que le vélo musculaire est principalement utilisé pour des distances de moins de 10 km (avec une moyenne de 6 km). Cet effet est particulièrement marqué dans les zones rurales, où le maillage des antennes relais est plus lâche, augmentant ainsi le risque de sous-estimation des déplacements courts, sans qu'il soit possible d'estimer précisément la part de trajets ignorés. Cependant, le Service Public de Wallonie Mobilité et Infrastructures (SPWMI) a validé la cohérence des données à l'échelon communal.

Concernant le score d'accessibilité cyclable, la littérature souligne que l'accessibilité est influencée par la densité de population, les zones plus denses permettant des distances plus courtes pour les déplacements non liés au travail (Vandenbulcke et al., 2009 ; Grandjean et al., 2014). La figure 5.8 montre la relation entre la densité de population des communes et le score d'accessibilité. L'ensemble des communes affichant une densité de population supérieure à 50 habitants/km² ont un score d'accessibilité de 0,50 ou plus. Toutefois, l'évaluation à l'échelle communale complexifie cette relation en raison de la fusion des anciennes communes en entités plus grandes, incorporant des zones d'urbanisation variées. En effet, la relation entre densité de population et score d'accessibilité ne suit pas la logique des conclusions de Vandenbulcke et al. (2009) pour les communes moins densément peuplées (moins de 50 habitants/km²) (figure 5.8). Pour affiner cette analyse, la part des pixels affichant une forte différence entre la situation cycliste et cyclable a été examinée à l'échelle des secteurs statistiques (figure 5.9). Cette analyse révèle que la part de pixels traduisant une très mauvaise accessibilité – définie par les pixels pour lesquels le temps de parcours cycliste est supérieur au temps cyclable de plus de 3 minutes (< +3 min) – augmente dans les secteurs statistiques peu denses (figure 5.9a). En revanche, la part de pixels traduisant une très bonne accessibilité – les pixels pour lesquels le temps de parcours cycliste est inférieur au temps cyclable de plus de 3 minutes (< - 3 min) – ne présente pas de tendance marquée avec la densité de population des secteurs statistiques (figure 5.9b). Ces observations suggèrent que, si la densité de population permet d'expliquer des scores d'accessibilité très faibles, elle n'est pas nécessairement corrélée aux scores élevés, qui résultent avant tout d'investissements en infrastructures cyclables. Ainsi, ces résultats mettent en évidence le rôle prépondérant des décisions politiques et des aménagements spécifiques dans l'amélioration de l'accessibilité cyclable, au-delà des seules caractéristiques démographiques des territoires. Toutefois, il est essentiel de rappeler que le score d'accessibilité repose sur la différence entre le temps de parcours réel et perçu par les cyclistes, selon la méthodologie développée au

chapitre 3. Cette différence est elle-même basée sur la présence et la caractérisation des infrastructures cyclables répertoriées dans OpenStreetMap (OSM). Or, plusieurs études ont montré que la complétude des données OSM est souvent plus faible dans les zones rurales et peu denses, ce qui pourrait en partie expliquer la moindre corrélation entre densité de population et accessibilité perçue. Autrement dit, dans certaines localités, le mauvais score d'accessibilité pourrait résulter d'une moindre complétude des données OSM, plutôt que d'une réelle lacune dans la qualité des infrastructures cyclables. Évaluer l'ampleur de cette erreur nécessiterait une vérification sur le terrain, ce qui n'a pas été réalisé dans le cadre de cette thèse. Il serait donc pertinent que les autorités communales investissent dans la collecte et la mise à jour des données OSM afin d'améliorer la précision des analyses d'accessibilité cyclable et de mieux orienter les politiques publiques en faveur du vélo.

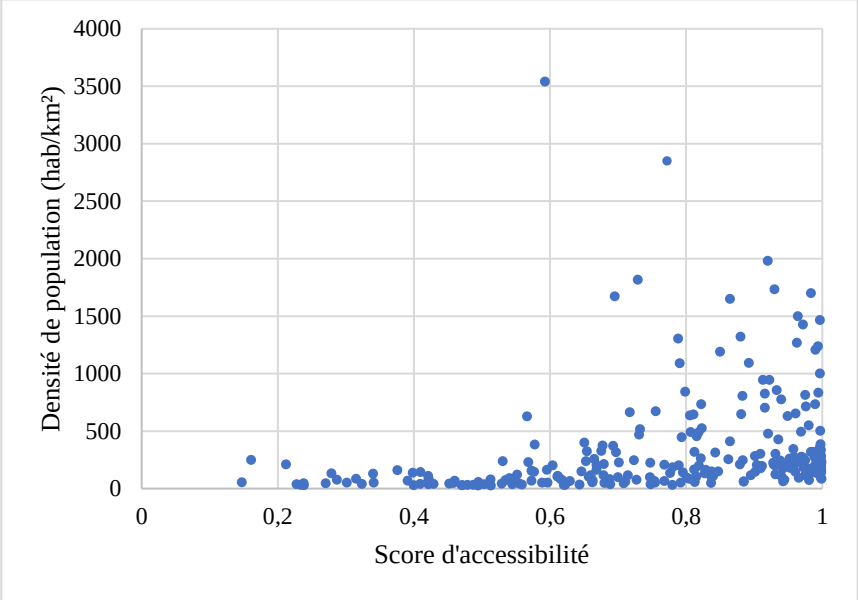

Figure 5.8 Relation entre la densité de population des communes et le score d'accessibilité cyclable. Les communes avec une densité de population supérieure à 50 habitants/km² tendent à afficher un score d'accessibilité de 0,50 ou plus, bien que cette relation soit atténuée par la variabilité intracommunale.

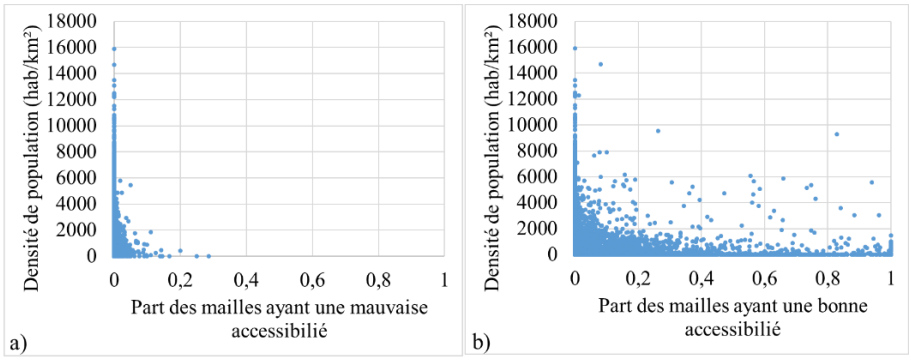

Figure 5.9 Influence de la densité de population des secteurs statistiques sur l'accessibilité cyclable. La figure 5.9a montre la part des mailles présentant une mauvaise accessibilité (< + 3 min de différence entre les temps de parcours cycliste et cyclable), qui tend à augmenter dans les secteurs peu denses. La figure 5.9b illustre la part des mailles présentant une très bonne accessibilité (< -3 min de différence), sans tendance marquée avec la densité de population, suggérant que l'accessibilité élevée dépend avant tout des investissements en infrastructures cyclables.

Enfin, les composantes de Perception et de Motilité ont été validées via les résultats du Baromètre cyclable 2023 du Groupe de Recherche et d'Action pour les Cyclistes Quotidiens (GRACQ). Cette enquête en ligne collecte les perceptions des cyclistes concernant la cyclabilité de leur commune. En 2023, le baromètre a attribué un score de cyclabilité à 84 communes, les répartissant en cinq catégories distinctes. De manière analogue, les scores des composantes Perception et Motilité ont été organisés en cinq catégories. Les analyses indiquent que 64,2 % des communes obtiennent des classements identiques entre le Baromètre et la composante Perception, tandis que 30 % des communes présentent une concordance pour la composante Motilité. La performance plus faible de la composante Motilité peut s'expliquer par le biais du baromètre, qui cible des cyclistes ayant une motilité cyclable souvent supérieure à celle de l'ensemble de la population communale. Ce résultat pourrait également être influencé par les limitations des données utilisées pour estimer la composante, qui ne permettent pas de traduire la diversité de la motilité de l'ensemble de la population.

Validation du potentiel

L'évaluation du potentiel du vélo comme mode de transport se révèle complexe à valider sans faire une enquête approfondie. En effet, ce potentiel est mesuré par un score qui reflète la proportion de la population pour laquelle le vélo pourrait raisonnablement constituer une alternative de transport, en tenant compte des besoins en mobilité, de la localisation géographique et des caractéristiques sociodémographiques de cette population. Cependant, ce score ne correspond pas nécessairement aux parts modales actuelles,

particulièrement lorsque le potentiel reste en grande partie inexploité (voir Chapitre 2 – section 2.4.2). À l'échelle du territoire wallon, les parts modales estimées en 2024 annoncent 4,1 % pour le vélo et la trottinette combinés (SPW Mobilité & infrastructures, 2024), indiquant un score de potentiel du vélo réalisé qui atteint 62,88 % du scénario Wallo-cyclable (et 83,84 % dans la version pragmatique). Ces résultats suggèrent que l'estimation du potentiel du vélo est cohérente à l'échelle de la région.

Les résultats de la validation des différentes composantes de la grille montrent toutefois que les scores sont pertinents, à condition de les interpréter comme des indicateurs relatifs plutôt que des valeurs absolues. L'étude de Vandenbulcke et al. (2011), fondée sur des données statistiques à l'échelle belge, vise à expliquer les variations spatiales de l'usage du vélo pour les trajets domicile-travail. Cette analyse identifie Liège, Charleroi, Tournai, Verviers, La Louvière, Mons, Arlon et Namur comme des territoires favorables à l'utilisation du vélo. Parmi ces localités, six figurent dans le quantile supérieur des scores de potentiel vélos obtenus dans cette étude, ce qui confirme la cohérence des tendances identifiées dans cette analyse.

5.5. Discussion et conclusions

Cette étude vise à définir les cibles de parts modales du vélo en Wallonie à l'échelle communale en prenant en compte des caractéristiques territoriales et comportementales spécifiques issues de données statistiques nationales ou régionales accessibles en libre accès. Elle innove par rapport à la littérature existante en intégrant l'ensemble des besoins en déplacements de la population. Là où les recherches antérieures analysent l'accessibilité sous le prisme des déplacements domicile-travail ou domicile-école (Vandenbulcke et al., 2009 ; Vanoutrive et al., 2010 ; Vandenbulcke et al., 2011 ; Maldague et al., 2012 ; Thigpen, 2019 ; Kellstedt et al., 2020), des déplacements utilitaires et de loisirs (Clark et al., 2019 ; Arellana et al., 2020 ; Goel et al., 2021), ou en considérant les motifs de déplacement en fonction de la destination (Delafontaine et al., 2012 ; Wysling et Purves, 2022), ce travail dresse une évaluation multifactorielle de la cyclabilité en Wallonie. Il prend en compte l'ensemble des déplacements des Wallons en intégrant des critères territoriaux et sociaux.

Les résultats indiquent que, pour atteindre les objectifs de parts modales établis par la Wallonie, l'ensemble des personnes concernées par le potentiel du vélo comme moyen de transport devra adopter le vélo pour les trajets appropriés, soulignant ainsi l'ampleur de l'ambition de la vision FAST2030.

Toutefois, ces conclusions doivent être interprétées à la lumière de plusieurs limitations méthodologiques.

Premièrement, l'hétérogénéité des données, tant sur le plan temporel que spatial, constitue une source de biais potentiel. Bien que des efforts d'harmonisation aient été réalisés, les différences dans les années de référence et les échelles spatiales utilisées peuvent compromettre la précision des estimations. Par exemple, l'agrégation des données de santé perçue à l'échelle provinciale pour l'évaluation de la motilité peut diluer les spécificités locales, réduisant ainsi la validité des conclusions pour certaines communes. Il serait pertinent de développer une statistique dédiée au suivi de la motilité cyclable de la population wallonne à l'échelle communale. Celle-ci pourrait inclure des indicateurs tels que la possession de vélos, des comptages cyclables par commune collectés sur les plateformes de statistiques nationales et locales, ainsi que l'accessibilité des infrastructures pour la circulation à vélo.

Deuxièmement, l'indicateur d'accessibilité utilisé dans cette étude mobilise des données issues d'OSM dont la complétude dans les zones à faible densité de population reste à vérifier et est susceptible d'affecter légèrement la fiabilité des résultats obtenus. La quantification des omissions et erreurs d'OSM requiert un travail de terrain, qui n'a pas été réalisé dans le cadre de cette thèse, mais qui peut être envisagé pour des évaluations du potentiel du vélo à une échelle plus locale, telle que la commune.

Troisièmement, concernant l'estimation du domaine vital, les données géolocalisent les personnes via la connexion de leur téléphone à une antenne relai, dont la précision est plus limitée sur les anciennes communes de superficie réduite puisque les antennes relais couvrent un territoire parfois plus étendu que l'ancienne commune. En effet, les données de géolocalisation sont calculées à partir de la connexion d'un téléphone à une antenne relai, dont l'aire de connexion chevauche parfois plusieurs anciennes communes. Lorsque c'est le cas, les données de présence et de flux sont réparties au prorata des surfaces d'anciennes communes couvertes par l'antenne relai. Cette méthode implique qu'il est possible d'avoir des affectations erronées et d'observation de déplacement important dans des zones qui n'ont pas lieu d'être (Proximus, 2022). De plus, pour des raisons liées au RGPD, les flux comptant moins de 10 personnes par jour avant redressement ne sont pas communiqués. Cette élimination des flux de faible intensité, combinée à l'exclusion des trajets courts et de moins d'une heure, entraine une sous-estimation du nombre total de trajets et du nombre de trajets appartenant au domaine vital compatible avec le vélo. Par conséquent, le score de domaine vital est impacté, sans qu'il soit possible d'estimer précisément la part de

trajets ignorés. Il serait intéressant de comparer les données Proximus avec celles d'autres fournisseurs de données de déplacement, tels qu'Orange (données existantes pour 2018) ou Motion Tag, une application de suivi des déplacements intégrant une estimation du mode de transport utilisé. Une telle comparaison permettrait d'évaluer l'ampleur de cette sous-estimation et d'affiner l'estimation du potentiel cyclable réel.

Quatrièmement, les sources différentes des données caractérisant les différentes composantes de l'analyse rendent difficile l'analyse des intersections des composantes du potentiel du vélo. Puisque les données ont été anonymisées et agrégées, il est impossible de garantir l'indépendance des données ni d'estimer la proportion de la population simultanément concernée par plusieurs composantes favorables à la mobilité à vélo (hypothèse d'homogénéité intracatégorielle). Cette limitation méthodologique renforce l'idée que les résultats de cette étude doivent être considérés comme des indicateurs prospectifs indicatifs, nécessitant des études intracommunales et des données spécifiques pour affiner les estimations.

Enfin, cette analyse réalisée à l'échelle communale, correspondant au pouvoir local compétent, lisse *de facto* la variabilité intracommunale. Cette variabilité est notamment expliquée par le processus de création des communes en Belgique, qui sont issues de la fusion d'anciennes communes initialement plus homogènes. Une telle échelle d'analyse intracommunale est nécessaire pour estimer les scores de potentiel des différentes réalités locales pour prioriser les stratégies intracommunales.

En conclusion, la grille d'analyse proposée dans ce travail fournit une première évaluation du potentiel du vélo comme moyen de transport à l'échelle communale et se positionne comme une analyse prospective basée sur des données open source collectées dans d'autres contextes. Cette démarche ne saurait se substituer à des études plus approfondies au niveau intracommunal et pourrait être renforcée par la collecte de données plus spécifiques. La méthodologie développée s'avère pertinente et reproductible à d'autres échelles spatiales (ville, regroupement de communes, province) et dans d'autres régions.

Les résultats indiquent que les objectifs de la vision FAST 2030 établis par la Wallonie sont ambitieux, mais atteignables, à condition que l'ensemble des personnes concernées par le potentiel cyclable adoptent le vélo pour les trajets appropriés. L'analyse cartographique de ce potentiel appelle une stratégie spatialement différenciée des efforts consentis par le gouvernement régional afin de maximiser leurs impacts sur le transfert modal vers le vélo. De plus, la nature multidimensionnelle de l'analyse permet d'orienter la nature des

actions politiques nécessaires pour renforcer le transfert modal dans les comportements de mobilité. Néanmoins, pour obtenir des résultats plus robustes, il sera essentiel de pouvoir mobiliser des données permettant une estimation plus précise du potentiel du vélo comme moyen de transport. En somme, cette étude offre un aperçu du potentiel du vélo qui pourrait informer les politiques publiques en matière de développement des infrastructures cyclables et de promotion du vélo comme mode de transport durable en Wallonie.

Remerciements

Les données Proximus (2022) utilisées dans cette étude ont été obtenues dans le cadre d'une collaboration avec le SPWMI, plus particulièrement avec la Direction de la Planification de la Mobilité, qui a acquis une licence pour leur utilisation. Les auteurs·ices tiennent à remercier chaleureusement le SPWMI pour avoir autorisé l'utilisation de ces données dans le cadre des analyses menées pour cette recherche. Leur soutien et leur collaboration ont été essentiels à la réalisation de ce travail.

Chapitre 6

Conclusions, perspectives et recommandations

6.1. Synthèse à propos de l'analyse du potentiel du vélo comme moyen de transport

Cette thèse explore les facteurs territoriaux et comportementaux qui déterminent la cyclabilité[6] des espaces dans le but de développer un outil de cartographie du potentiel du vélo comme moyen de transport. Cette approche contraste avec la littérature existante qui approche généralement les facteurs territoriaux et comportementaux individuellement ou, lorsque ces facteurs sont combinés, au travers d'analyses analytiques. L'hypothèse principale de cette étude est que ce choix, conscient ou non, est déterminé par l'interaction de facteurs spatiaux, sociodémographiques et culturels. Dès lors, pouvoir mieux cibler les politiques cyclables (sensibilisation, formation, mise en place d'infrastructures…) là où c'est réellement nécessaire et pertinent permet d'assurer un impact sur les comportements de mobilité active[7].

L'objectif principal est décomposé en quatre sous-objectifs qui composent les chapitres de cette thèse (figure 6.1). Ainsi, une grille d'analyse prospective du potentiel du vélo comme moyen de transport est développée et validée via les résultats de l'enquête PDE UCLouvain 2021 (chapitre 2). Une simulation

[6] Degré d'adéquation de l'environnement global aux besoins des usagers du vélo.
[7] Modes de déplacement nécessitant la force musculaire comme source motrice pour permettre à un individu de se déplacer.

de l'accessibilité telle que vécue par les cyclistes a été développée à partir d'entretiens semi-dirigés de cyclistes utilitaires dans le but de mettre en évidence l'importance de considérer la subjectivité des usagers dans la conception et la localisation des infrastructures (chapitre 3). Ce modèle et la grille d'analyse prospective ont ensuite été appliqués à l'échelle de la Wallonie d'abord pour les déplacements domicile-travail en mobilisant les données d'enquêtes PDE de la région (chapitre 4), ensuite pour l'ensemble des besoins en mobilité de la population wallonne (chapitre 5).

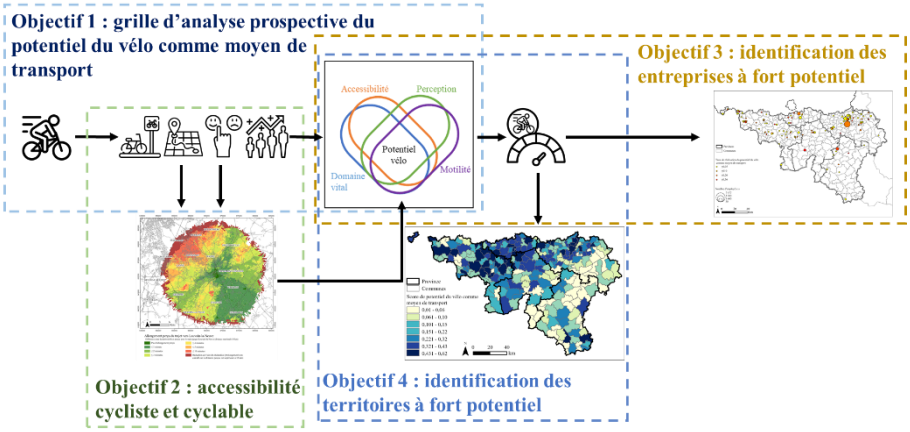

Figure 6.1 Complémentarité des objectifs poursuivis et articulation des résultats

La revue de la littérature met en lumière l'influence combinée des facteurs sociaux, culturels et structurels sur les comportements de mobilité. Loin d'être un simple choix individuel, le transfert modal vers le vélo repose sur une articulation entre normes injonctives (ce que les gens pensent devoir faire ou ce qui est considéré comme socialement acceptable) et descriptives (la perception de ce que font réellement les autres), infrastructures facilitantes et politiques publiques adaptées (Bamberg et al., 2020 ; Chen et al., 2022). La mobilité est une demande dérivée (Kent, 2022), inscrite dans un système d'activités quotidiennes où le vélo est subordonné à d'autres pratiques (Scheurebrand, 2020). Par ailleurs, la transition vers une mobilité plus cyclable exige un environnement permettant aux individus d'acquérir les compétences et capacités nécessaires à son adoption (Heisserer & Rau, 2017), ainsi qu'un accompagnement politique structuré à travers un processus progressif de recrutement de nouveaux usagers (Purling & McMeekin, 2015). Il apparait donc nécessaire d'adopter une approche multifactorielle pour caractériser le potentiel du vélo comme moyen de transport.

Le chapitre 2 a permis de concevoir et de valider une grille d'analyse prospective pour évaluer le potentiel du vélo en intégrant à la fois des facteurs

territoriaux – l'accessibilité cyclable, définie comme la capacité collective d'un territoire à permettre des déplacements à vélo dans des conditions temporelles raisonnables, et le domaine vital, entendu comme la capacité individuelle à disposer localement des ressources nécessaires à la vie quotidienne – et comportementaux – la motilité, c'est-à-dire la capacité individuelle à se déplacer selon ses compétences, ses opportunités et ses aspirations, et la perception – les normes sociales associées à l'usage du vélo pour se déplacer. Quatre métriques ont été développées à partir de la grille d'analyse prospective proposée : le potentiel du vélo comme moyen de transport, le potentiel du vélo réalisé – le nombre de personnes concernées par le potentiel et qui se déplacent déjà à vélo –, le transfert modal possible – désigne les personnes soumises au potentiel du vélo qui se déplacent actuellement en voiture – et le potentiel inexistant – les personnes pour lesquelles les composantes manquantes ne peuvent pas devenir compatibles avec le vélo au travers d'interventions politiques à court terme –. L'analyse empirique, menée auprès de 1 871 membres du personnel universitaire de Louvain-la-Neuve, a montré que la combinaison de trois dimensions compatibles sur les quatre proposées suffit à expliquer l'adoption du vélo au quotidien. La grille d'analyse prospective développée permet d'évaluer le report modal possible, en identifiant les individus pour qui le vélo est une alternative réaliste, ainsi que ceux pour qui un changement modal est irréaliste en raison des certaines composantes lacunaires. L'étude a révélé un potentiel de report modal de 20,5 % parmi les employé·e·s de l'université. La grille d'analyse prospective développée constitue un outil pour guider les politiques publiques et favoriser la transition vers une mobilité plus durable. En identifiant précisément les composantes manquantes, elle permet également de définir les interventions prioritaires à mettre en œuvre.

Le chapitre 3 met en évidence l'importance d'intégrer les préférences subjectives des cyclistes utilitaires dans les modèles de simulation d'itinéraires et d'accessibilité cyclable. Un modèle de simulation de la circulation des VAE intégrant les préférences des cyclistes utilitaires (modèle cycliste) est créé et calibré à partir de 52 trajets de calibration. La validation est réalisée sur la base de 28 trajets de référence, également générés par Google Maps et Komoot. L'analyse de cohérence des générateurs d'itinéraires révèle que Komoot produit les trajets les plus proches des références, tandis que le modèle cycliste, bien que ponctuellement sujet à des erreurs, offre une meilleure représentativité des itinéraires de référence pour les trajets de moins de 10 km. Les résultats montrent que les générateurs d'itinéraires classiques, tels que Google Maps et Komoot, ont tendance à surestimer l'accessibilité

cyclable en générant des trajets plus longs que les itinéraires réels. L'application des modèles à Louvain-la-Neuve met en évidence une réduction de 13 % de l'aire de chalandise[8] perçue (modèle cycliste) par rapport à celle estimée sans prise en compte des préférences des cyclistes (modèle cyclable), soulignant ainsi l'impact des perceptions individuelles sur l'accessibilité et la nécessité d'adapter les modèles aux réalités vécues par les usagers.

Le chapitre 4 identifie les entreprises de plus de 100 employé·e·s situées en Wallonie affichant un potentiel du vélo comme moyen de transport pour les déplacements domicile-travail, en s'appuyant sur une analyse des entreprises de plus de 100 employé·e·s. La méthodologie adoptée repose sur quatre composantes de la grille d'analyse développée au chapitre 2 : accessibilité, domaine vital, motilité et perception. L'analyse révèle que 15,6 % des sites d'entreprises n'ont qu'une seule composante déficiente et 5,9 % aucune, suggérant un potentiel d'augmentation de l'usage du vélo via des actions ciblées. Cette approche permet de cibler les grands pôles d'emploi, où les marges de progression sont les plus importantes.

Le chapitre 5 identifie les territoires communaux affichant un potentiel du vélo comme moyen de transport élevé, afin de proposer des politiques adaptées là où elles sont les plus pertinentes. Par exemple, des politiques de sensibilisation sont recommandées dans les communes où la perception du vélo est faible, tandis que des initiatives de formation peuvent être mises en place lorsque la motilité est un frein à l'adoption du vélo. De même, si l'accessibilité constitue le principal obstacle, l'amélioration des infrastructures cyclables apparait comme la solution la plus appropriée tandis que l'analyse des domaines vitaux permet de proposer des infrastructures là où c'est le plus pertinent. Les résultats montrent que les scores d'accessibilité et de perception sont plus élevés dans le Brabant wallon et l'ouest de la région, tandis que le sud et l'est affichent des scores plus faibles, en raison notamment d'une urbanisation moins dense et d'infrastructures cyclables perçues comme moins favorables. Les projections des parts modales selon deux scénarios différents montrent que, pour atteindre les objectifs FAST 2030, une augmentation significative du taux de réalisation du potentiel cyclable est nécessaire.

[8] Zone géographique caractérisée par les déplacements vers un point donné. Elle est définie par l'accessibilité et les habitudes de mobilité des populations, prenant en compte les moyens de transport, les infrastructures disponibles et les contraintes spécifiques du territoire.

Les métriques développées dans cette thèse permettent une analyse prospective pour examiner les opportunités du vélo comme moyen de transport à travers les composantes territoriales et comportementales. Les analyses au niveau communal concordent avec l'échelle de planification de la mobilité en Belgique, mais une analyse à l'échelle des anciennes communes permet de mettre en évidence l'hétérogénéité intracommunale, notamment concernant les composantes territoriales (l'accessibilité et le domaine vital).

6.2. Perspectives de la grille d'analyse du potentiel du vélo

Cette thèse a permis d'explorer les dynamiques de la mobilité cyclable à travers une approche intégrant plusieurs composantes. Toutefois, certaines limites méthodologiques et pistes d'approfondissement méritent d'être soulignées.

D'un point de vue analytique, l'interaction entre les composantes de la grille d'analyse développée au chapitre 2 pourrait être étudiée plus en détail. Si un seuil de trois composantes compatibles semble suffisant pour expliquer l'usage du vélo, la manière dont une composante déficiente peut inhiber l'effet des autres reste à explorer. Une modélisation plus fine, intégrant des interactions et effets multiplicateurs entre ces variables, pourrait permettre d'affiner cette compréhension.

Par ailleurs, cette thèse suppose que les quatre composantes ont un poids équivalent dans le choix modal. Il serait pertinent d'approfondir cette hypothèse en analysant si certaines dimensions ont un rôle plus déterminant que d'autres, en fonction du profil des usagers. Une autre piste de recherche concerne l'analyse des effets de la structure urbaine sur les seuils de la grille d'analyse prospective proposée pour différencier les dynamiques en fonction des territoires urbains, ou ruraux. Une segmentation basée sur les typologies des anciennes communes, par exemple, permettrait de vérifier que le seuil de trois composantes compatibles déterminé au chapitre 2 est valable quel que soit la densité de bâti sur le territoire analysé et de déterminer si des ajustements sont nécessaires.

L'étude des trajets intermodaux représente également une perspective importante. La complémentarité entre le vélo et d'autres modes de transport, notamment les transports en commun, constitue un levier clé pour l'augmentation de la part modale du vélo. Mieux comprendre les conditions favorisant ces pratiques nécessiterait une approche méthodologique adaptée, combinant des données issues des enquêtes de mobilité, des comptages, ainsi que des sources numériques comme les applications de suivi des déplacements. Une analyse plus poussée des infrastructures facilitant

l'intermodalité (stationnements vélos aux gares, services de vélos partagés connectés aux réseaux de transport en commun, intégration tarifaire, etc.) permettrait également d'identifier les leviers les plus efficaces pour encourager ces comportements de mobilité. De plus, une étude plus approfondie de l'origine du transfert modal vers le vélo serait bénéfique, en tenant compte du fait que les premiers adoptants sont souvent des usagers du bus et des piétons, plutôt que des automobilistes (Héran, 2024).

Enfin, du point de vue des données, la disponibilité et la précision des indicateurs utilisés constituent un enjeu majeur. L'amélioration des bases de données ouvertes, la combinaison de sources multiples (enquêtes, données mobiles, infrastructures collaboratives comme OpenStreetMap) et le recours à des méthodes de collecte plus dynamiques (capteurs, comptages automatisés, GPS) pourraient enrichir les analyses futures. Ces améliorations permettraient de mieux capter les dynamiques spatiotemporelles de la mobilité vélo et d'affiner les recommandations en matière de politiques cyclables.

Ainsi, cette thèse ouvre la voie à de nombreuses perspectives de recherche, tant en matière de conceptualisation des déterminants de la mobilité cyclable que d'optimisation des méthodes d'analyse et de suivi des pratiques. À cet égard, mettre en perspective la contribution du report modal vers le vélo par rapport à d'autres leviers de réduction des émissions tels que l'évitement des déplacements et l'amélioration des technologies pour réduire les émissions des véhicules (Leroutier et Quirion, 2023) serait intéressant.

6.3. Recommandations pour renforcer le transfert modal vers le vélo

Cette thèse développe une méthodologie de cartographie ainsi que quatre métriques à propos de la mobilité vélo : le potentiel du vélo comme moyen de transport, le potentiel du vélo réalisé, le transfert modal possible et le potentiel inexistant. Ces développements peuvent s'appliquer à d'autres contextes que celui de la Wallonie, notamment dans les environnements où la pratique du vélo est en augmentation dans le but d'accélérer le transfert modal via un ciblage des interventions à mener en identifiants les composantes à renforcer quand le potentiel n'est pas réalisé. La grille d'analyse développée dans cette thèse s'inscrit dans une démarche d'anticipation et d'accompagnement des changements de comportements de mobilité vers plus de mobilité active.

6.3.1. Des leviers d'action pour renforcer le potentiel du vélo comme moyen de transport

Dans une déclaration du 4 octobre 2023, la Commission européenne s'engage à standardiser le suivi de la mobilité vélo. La grille d'analyse présentée dans cette thèse pourrait remplir cette fonction. Son application s'adapte à différentes échelles spatiales et sources de données, comme les analyses de la ville de Louvain-la-Neuve au chapitre 2 et de l'ensemble de la Wallonie aux chapitres 4 et 5 le démontrent. De plus, le suivi de la mobilité vélo au travers de plusieurs composantes permet d'instaurer des objectifs concernant le score de chaque composante à l'échelle européenne, ce qui est également un engagement présent dans la déclaration du 4 octobre 2023.

Accessibilité

Des investissements dans des plateformes collaboratives comme OSM permettraient d'améliorer la précision et l'actualité des données, notamment dans les zones rurales et peu densément peuplées. Des guides reconnus, comme ceux du ministère des Transports des États-Unis ou de la Fédération européenne des cyclistes, offrent des outils pour évaluer la qualité des infrastructures cyclables. En Région flamande, les principes des *Groene Functionele Belevingstrajecten* (GFB-trajecten) démontrent l'intérêt de concevoir des itinéraires cyclables qui allient rapidité, agrément et durabilité, tout en renforçant les trames vertes et bleues du territoire. À l'international, des initiatives d'urbanisme temporaire, telles que les coronapistes françaises ou les aménagements temporaires bruxellois, illustrent comment tester et affiner des aménagements pour rendre les villes plus conviviales et accueillantes pour les cyclistes. En Wallonie, les cyclostrades et réseaux point-nœud constituent une base prometteuse pour un réseau continu et attractif, à condition que leur localisation tienne compte des flux de cyclistes, des contraintes spatiales et de la vitesse des flux automobiles.

Domaine vital

Identifier les déplacements permet de proposer des infrastructures aux endroits les plus pertinents. Les données sur la mobilité domicile-travail, fournies notamment par les enquêtes PDE (mobilisées au chapitre 4), pourraient être enrichies pour une meilleure compréhension des pratiques cyclables, à l'image du questionnaire relayé par l'université en 2021 qui permet d'identifier la présence de chaines de déplacement (données utilisées au chapitre 2). Des outils comme Motion Tag, qui génère des données détaillées sur les déplacements et les modes de transport utilisés, permettent également un suivi plus précis des besoins en mobilité (Motion Tag, 2024). L'exploitation de ces données, bien qu'elles soient parfois couteuses ou

limitées par des contraintes règlementaires comme le RGPD, peut offrir des perspectives nouvelles pour adapter les politiques publiques. Au-delà de l'enrichissement des sources de données, une analyse plus fine des comportements de mobilité nécessite de prendre en compte les trajets intermodaux, qui mobilisent plusieurs modes de transport sur le même trajet. Actuellement, dans les données mobilisées pour cette thèse, les trajets intermodaux sont majoritairement simplifiés : le mode de transport affilié au trajet est celui qui consomme le plus de kilomètres sur le parcours, invisibilisant forcément les modes de transport d'approche et de last mile, alors que ces petits trajets sont envisageables à vélo. Ainsi, les trajets compatibles pour le vélo sont sans doute sous-estimés en ne tenant pas compte des trajets intermodaux. Cette prise en compte pourrait révéler un potentiel cyclable plus important et offrir de nouvelles perspectives pour l'aménagement urbain et les politiques de mobilité durable, notamment à proximité des gares.

Perception

Promouvoir la pratique cyclable nécessite des actions de sensibilisation ciblées et continues. Les normes injonctives peuvent influencer les décisions de transport des individus : les individus adoptent une pratique parce qu'ils croient que leur entourage s'attend à ce qu'ils le fassent, avec des récompenses sociales s'ils s'y conforment et des sanctions s'ils ne le font pas (Bamberg et al., 2020). Des initiatives telles que la fietstelweek en Flandre et aux Pays-Bas combinent la collecte de données (via comptages fixes, mobiles ou manuels) et la visibilité de la mobilité cyclable, contribuant ainsi à modifier les perceptions du vélo. De plus, des évènements comme la Semaine de la mobilité européenne ou des rassemblements de masse critique ont un impact direct sur les normes injonctives, en mettant en avant l'accessibilité et les bienfaits du vélo. Par ailleurs, des comptages réguliers dans des villes comme Ottignies-Louvain-la-Neuve ou Liège, ainsi que des enquêtes locales, permettent de suivre l'évolution des parts modales et d'évaluer l'impact des politiques cyclables dans le temps.

Motilité

Favoriser l'accès au vélo passe par des dispositifs tels que les primes à l'achat de VAE ou des initiatives comme Pro Vélo mobile. Ce projet accompagne gratuitement les communes dans la promotion du vélo, avec des actions adaptées : formations pour enfants, adultes ou parents, bourses à vélos et tests de VAE. Ces initiatives permettent d'abaisser les barrières à l'acquisition ou à l'usage du vélo et contribuent à la mise en selle d'un plus grand nombre de personnes. Cependant, la composante de motilité reste

difficile à caractériser, notamment en raison du manque de données accessibles en libre accès. Elle est souvent réduite à des critères d'âge (chapitres 2 et 4) ou à la santé perçue (chapitre 5), ce qui limite une compréhension fine des capacités réelles de déplacement de la population. Pour pallier cette lacune, l'intégration d'indicateurs supplémentaires, tels que le taux de possession d'un vélo ou l'agilité des personnes à se déplacer à vélo, pourrait offrir une estimation plus précise de la motilité. Le baromètre cyclable – un sondage destiné aux citoyens·nes de Wallonie pour évaluer la convivialité des infrastructures cyclables dans leurs communes respectives – constitue une opportunité intéressante pour suivre cet aspect, à condition de viser un taux de réponse accru, incluant les non-cyclistes, afin de mieux évaluer les freins et les opportunités liés à l'usage du vélo.

6.3.2. Propositions de mise en œuvre du plan FAST 2030

La Wallonie a posé en 2017 des objectifs de parts modales à atteindre d'ici 2030. L'acronyme FAST (Fluidité, Accessibilité, Sécurité et Transfert modal) traduit l'omniprésence du critère territorial comme levier des comportements de mobilité, sans prise en compte explicite des besoins individuels et collectifs en mobilité. L'accessibilité y est systématiquement associée à la fluidité du trafic, notamment en milieu rural, tandis que la sécurité est réduite à la diminution des accidents. Or, cette thèse a montré que des infrastructures de qualité ne suffisent pas à encourager la pratique du vélo : des facteurs sociaux comme la motilité et la perception jouent un rôle essentiel dans l'adoption des alternatives modales. En invisibilisant ces dimensions, le cadre actuel perpétue une norme de mobilité centrée sur la voiture, reléguant le vélo et les transports actifs à un statut marginal dans l'imaginaire collectif.

Formulation des indicateurs du plan FAST 2030

Plusieurs recommandations peuvent être formulées pour améliorer l'efficacité et la pertinence du plan FAST 2030. Premièrement, la mise en place d'un système de suivi et d'évaluation régulier, basé sur des indicateurs clairs et mesurables, permettrait de mieux piloter les progrès vers les objectifs fixés. La mise en place du tableau de bord de la mobilité, dont l'ambition est de donner l'état des lieux des pratiques de mobilité en Wallonie chaque année est une première étape pour le suivi des objectifs. Deuxièmement, il est nécessaire d'intégrer explicitement les besoins individuels en mobilité, en allant au-delà des seuls critères d'accessibilité et de fluidité pour inclure des objectifs centrés sur l'expérience et la satisfaction des usagers. Dans cette optique, la Stratégie Régionale de Mobilité (SRM), adoptée en 2019, constitue un outil de pilotage pertinent, bien qu'elle privilégie encore une approche

essentiellement territoriale, focalisée sur l'augmentation du nombre de kilomètres de pistes cyclables (de 3 500 km en 2019 à 10 000 km en 2030). Or, les résultats du chapitre 3 de cette thèse montrent que la simple mesure de la longueur des pistes cyclables construites ne reflète pas l'accessibilité réelle du vélo. Pour répondre aux besoins réels des usagers, cet objectif quantitatif devrait être complété par des critères de qualité : assurer la continuité des itinéraires, garantir leur entretien et améliorer leur sécurité (Rérat, 2023) et les développer en priorité là où il existe un potentiel du vélo non réalisé. Ainsi, plutôt que de viser un simple allongement du réseau, l'objectif pourrait être reformulé de manière plus fonctionnelle, par exemple en visant le quintuplement du nombre d'itinéraires cyclables cohérents et sécurisés reliant des centralités.

La Stratégie Régionale de Mobilité 2024-2029, adoptée par le Gouvernement wallon, prévoit une amélioration des infrastructures cyclables, une concertation avec les acteurs locaux et une prise en compte des usagers dans l'élaboration des politiques. Cependant, l'absence de mesures de sensibilisation et d'éducation limite encore son impact. Pour véritablement transformer la Wallonie en un territoire favorable aux mobilités actives, il est essentiel d'accompagner ces changements infrastructurels d'une évolution culturelle, afin que le vélo ne soit plus une alternative marginale, mais une évidence pour les trajets compatibles. Chaque année, les Pays-Bas récompensent les meilleures initiatives locales via le prix fietsregio, tandis que Bruxelles a su capitaliser sur l'essor du vélo post-COVID pour pérenniser des infrastructures temporaires. Ces expériences démontrent que le passage d'une culture automobile dominante à une culture de la mobilité active repose sur des choix politiques clairs et volontaristes.

Données de suivi du potentiel réalisé

Les données actuellement collectées ne permettent pas de déterminer la perception ou la motilité de la population à l'échelle communale. Le même constat s'applique aux scores de motilité estimés pour chaque entreprise via les données PDE, ces dernières ne permettant pas d'estimer une motilité des employé·e·s directement. Pourtant ces informations sont essentielles pour identifier la population pour qui le vélo est une alternative envisageable (Shliselberg et al., 2020). Le questionnaire de l'enquête PDE UCLouvain a été enrichi pour l'édition 2021 dans le but de caractériser au mieux la perception des répondant·e·s, cette initiative s'est révélée pertinente pour l'approximation de ces composantes. Le questionnaire UCLouvain pourrait servir de modèle d'enquête aux entreprises sensibles aux comportements de

mobilité de leurs employé·e·s, ce qui permettrait d'améliorer les estimations des composantes de perception et de motilité des trajets domicile-travail en Wallonie (chapitre 4). Les résultats du chapitre 5 ont montré que, à l'échelle communale, les données en libre accès relatives à la motilité sont particulièrement lacunaires. Cette composante couvre une variété de mesures : le niveau de pratique du vélo, les aptitudes physiques et motrices, la possession du véhicule ainsi que l'accès à l'achat d'un vélo sont des exemples dont les données n'existent pas à une échelle communale sur l'ensemble de la Wallonie. La perception des cyclistes est documentée par le baromètre des villes cyclables, bien que cette enquête gagnerait en pertinence avec un meilleur taux de participation ainsi qu'en y intégrant des questions dédiées aux non-cyclistes. Ceci permettrait de comprendre et de suivre l'imaginaire collectif associé au vélo (et donc la composante de perception de la grille d'analyse prospective développée au chapitre 2 de cette thèse).

Les besoins en déplacement ont été identifiés de deux manières dans cette thèse. D'une part, les déplacements domicile-travail ont été identifiés par une enquête au chapitre 4. D'autre part, les données de géolocalisation ont permis d'identifier les besoins globaux en mobilité au chapitre 5. Toutefois, ces deux sources de données étant agrégées à l'échelle communale pour respecter le RGPD, elles ne prennent pas en compte les trajets de courte distance (intracommunaux) ainsi que les flux faibles (c'est-à-dire les flux impliquant peu de personnes) ou de courte durée, dans le cas des données de géolocalisation. Des méthodes complémentaires peuvent affiner notre compréhension des flux. Les bornes de comptage, par exemple, offrent une estimation localisée des flux et des besoins en infrastructures, malgré leur portée limitée dans le temps et l'espace. Des méthodes complémentaires aux données de géolocalisation peuvent affiner notre compréhension des flux. Les bornes de comptage, par exemple, offrent une estimation localisée des flux et des besoins en infrastructures, malgré leur portée limitée dans le temps et l'espace. Une approche combinant données de géolocalisation et relevés de bornes de comptage permettrait d'obtenir une appréciation plus complète et spatialisée des déplacements, facilitant ainsi une meilleure adaptation des infrastructures aux besoins réels en mobilité.

Il est important de noter que le suivi des parts modales peut se révéler moins pertinent que le suivi des trajets qui sont encore effectués en voiture, bien que potentiellement réalisables à vélo. Des indicateurs comme le nombre de trajets par personne, la distance parcourue à vélo, le pourcentage de remplacement de la voiture par le vélo, ainsi que le nombre de personnes concernées par le potentiel du vélo qui ne se déplacent pas à vélo (et donc la

part de la population susceptible d'opérer un transfert modal), offrent une meilleure estimation de l'adoption du vélo et de son potentiel de substitution aux trajets motorisés. Ces indicateurs, s'ils sont disponibles à une échelle spatiale locale, permettent de mieux saisir l'impact réel des politiques de mobilité et d'identifier les zones à fort potentiel pour encourager le passage à la mobilité active. De la même manière, une promotion accrue de l'intermodalité, notamment via le développement des « mobipôles »[9], permettrait de mieux connecter les différents modes de transport.

Politiques de sensibilisation

Favoriser le vélo ne se limite pas à une reconfiguration de l'espace urbain à la métrique du vélo. Les politiques publiques tendent à se concentrer sur l'incitation individuelle au changement, en négligeant les facteurs structurels qui façonnent les comportements (Shove, 2010). Repenser les réseaux de mobilité, leur accessibilité et leur mise en récit est essentiel pour positionner le vélo sur un pied d'égalité avec la voiture. Il s'agit d'une transformation systémique qui exige une approche combinant incitation et contrainte. Les politiques publiques doivent non seulement encourager les déplacements à vélo (par des politiques ciblées en fonction des composantes lacunaires du potentiel du vélo), mais aussi limiter l'attrait de la voiture (par des restrictions de stationnement ou des péages urbains) (Keizer et al., 2019). Cette combinaison s'avère plus efficace que les seules mesures incitatives pour modifier les comportements de déplacement (Xiao et al., 2022). L'évolution rapide des comportements, comme en témoignent les embouteillages cyclistes observés sur certains axes bruxellois, souligne l'importance d'anticiper ces dynamiques dans la planification et l'adaptation des infrastructures.

6.4. Vers un changement de paradigme pour la mobilité cyclable

Les résultats de cette thèse soulignent que toute stratégie doit s'appuyer sur une compréhension fine des contextes sociospatiaux locaux. La réussite des actions repose sur une mise en œuvre ciblée et ajustée aux réalités de terrain, en tenant compte des différences de degré d'urbanisation et de densité des territoires, afin de garantir une efficacité optimale et une adoption accrue des pratiques cyclables en Wallonie. Cette approche spatialement différenciée est d'autant plus importante que les contraintes (et donc le potentiel du vélo

[9] Lieux où convergent différentes offres de services (vélos partagés, voitures partagées, vélos cargo...) et infrastructures de mobilité (zones d'attente conviviales, parkings vélos, bornes de recharge...) et qui offrent une connexion directe avec le réseau de transport public structurant (train et bus express/principal).

comme moyen de transport) varient selon les caractéristiques locales. Il est essentiel de prendre en compte les bénéfices réels pour les usagers et la société, au-delà des simples considérations financières. En parallèle, bien que l'argent public reste un facteur déterminant, il est nécessaire d'évaluer les retours sur investissement, notamment dans le domaine de la santé publique, où les bénéfices d'une population plus active et moins dépendante des véhicules motorisés sont démontrés (Valenzuela, 2022). Le ciblage précis des actions et des investissements peut ainsi maximiser les résultats, tout en minimisant les couts à long terme, en s'adaptant aux spécificités de chaque contexte urbain ou rural.

Se déplacer à vélo comporte de nombreux avantages largement étudiés : le vélo demande peu d'espace, est silencieux, à un impact environnemental faible et permet une pratique sportive de faible intensité. D'un point de vue sociétal, investir dans le vélo permet d'obtenir un retour sur investissement équivalent à près de 3 fois la valeur investie (Valenzuela, 2022). De plus, ce mode de transport répond à 11 des 17 ODD (Castañon & Ribeiro, 2021). Son faible encombrement lui permet de circuler efficacement en milieu urbain, de franchir certains sens interdits ou feux rouges et de bénéficier d'une grande liberté de stationnement. Pourtant, cette souplesse est largement entravée par l'insécurité routière, les cyclistes restant exposés à un environnement dominé par l'automobile. Ce déséquilibre est source de tensions, comme en témoignent les nombreux cas de violences entre automobilistes et cyclistes. Pour y remédier, la réponse commune des sphères politiques et militantes est claire : séparer les flux. Cette stratégie implique une demande accrue en espace pour de nouvelles infrastructures et tend à accroitre les conflits aux points de croisement entre les différents usagers.

La promotion du cyclisme comme mode de transport durable a pris une ampleur mondiale, notamment sous l'effet de la pandémie de COVID-19, qui a accéléré les politiques de mobilité durable et a conduit à une augmentation significative du nombre de cyclistes (Wysling et Purves, 2022). Toutefois, pour être véritablement efficace, cette promotion doit s'inscrire dans une vision intégrée de la mobilité, favorisant la coexistence harmonieuse des différents modes de transport. De nombreuses villes ont déjà amorcé ce tournant politique en faveur du vélo, avec succès. C'est le cas d'Utrecht et de Nijmegen aux Pays-Bas, où des autoroutes ont été démantelées pour réintroduire des trames bleues et vertes et accorder la priorité aux modes actifs pour la circulation urbaine (Streetfilms®, 2019). Ces exemples soulignent l'existence de boucles de rétroaction entre les composantes de la grille d'analyse développée au chapitre 2, illustrant un effet d'emballement capable

d'engendrer des cercles vertueux. Concrètement, les politiques cyclables lancent un cercle vertueux où l'augmentation de la pratique du vélo justifie la mise en place de nouvelles initiatives, renforçant ainsi la dynamique et l'impact des politiques de mobilité durable.

La planification urbaine, notamment en Belgique, a souvent été orientée vers la voiture avec le développement de zoning urbain et la séparation de zones résidentielles et commerciales (Valenzuela, 2022). Cependant, cette norme automobile qui a structuré les villes au 20e siècle tend à changer depuis le début du 21e siècle (Castañon et Ribeiro, 2021) : les études dédiées aux mobilités alternatives, et notamment au vélo, se généralisent (Ahmed et al., 2024) tout comme les initiatives publiques ou privées pour amorcer des changements dans les comportements de mobilité. En 2024, la part modale du vélo (associée à la trottinette) atteint 4 % des distances parcourues (Tableau de bord de la mobilité, 2024). Bien que ces chiffres ne soient pas directement comparables à ceux de 2017 en raison d'une méthodologie différente, ils témoignent d'un changement progressif des pratiques. Google Maps propose par exemple une alternative modale en transports publics ou vélo pour les trajets voiture et informe sur le type de revêtement et d'infrastructure présente sur l'itinéraire vélo, afin de conscientiser sur le sentiment de sécurité des usagers. Cette dernière fonctionnalité était d'ailleurs déjà proposée par Komoot et GéoVélo, traduisant une considération croissante de la perception du cycliste. Afin d'accélérer cette dynamique, il est crucial de repositionner les alternatives modales au cœur des débats. La prédominance automobile génère deux effets : d'une part, les cyclistes restent une minorité contrainte de s'adapter aux règles de la circulation automobile ; d'autre part, toute action en faveur du vélo est perçue comme une remise en cause du système dominant, et donc comme une mesure contraignante plutôt qu'une amélioration collective. En ce sens, la dépendance automobile se renforce d'elle-même, alimentée par des critères de confort et de liberté perçus comme inégalables (Dupuy, 1985 ; Kaufmann, 2000). Tant que la voiture restera perçue comme le choix par défaut, toute politique favorable au vélo sera considérée comme une exception et non comme une norme.

Comprendre les choix de mobilité est un sujet vaste et actuel. Les avancées dans le sujet permettent de mieux comprendre les facteurs d'influence et cette thèse propose une méthodologie prospective qui lie des facteurs comportementaux et territoriaux. Cette approche multifactorielle et intégrée est applicable à diverses échelles spatiales, permettant ainsi une comparaison spatiale et un suivi temporel du potentiel du vélo comme moyen de transport, son taux de réalisation et l'identification des facteurs à améliorer.

Assurer une culture du vélo est crucial pour une cohabitation apaisée des différents modes de transport, surtout si le nombre de cyclistes est amené à augmenter. Les initiatives et actions pour promouvoir l'usage du vélo existent, l'enjeu stratégique est de cibler leur application pour en maximiser l'impact. Changer les comportements passe par la mise en place d'infrastructures de qualité, cohérentes et continues, mais promouvoir la motilité et faire évoluer la perception est essentiel afin que les politiques de mobilité soient acceptées par tous les usagers de la route et pour que plus de personnes adoptent le vélo comme alternative modale durable.

Bibliographie

Acheampong, R. A., & Siiba, A. (2018). Examining the determinants of utility bicycling using a socio-ecological framework : An exploratory study of the Tamale Metropolis in Northern Ghana. *Journal Of Transport Geography*, 69, 1 10. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.04.004

Ahmed, T., Pirdavani, A., Wets, G., & Janssens, D. (2024). Bicycle Infrastructure Design Principles in Urban Bikeability Indices : A Systematic Review. *Sustainability*, 16(6), 2545. https://doi.org/10.3390/su16062545

Akar, G., & Clifton, K. J. (2009). Influence of Individual Perceptions and Bicycle Infrastructure on Decision to Bike. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2140(1), 165172. Https://doi.org/10.3141/2140-18

Arellana, J., Saltarín, M., Larrañaga, A. M., González, V. I., & Henao, C. A. (2020). Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. *Transportation Research Part A Policy And Practice*, 139, 310 334. https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.07.010

Bach, H. (2006). Urban Design and Traffic: a Selection from Bach's Toolbox. CROW, Ede. ISBN, 978–990.

Baehler, D., & Rérat, P. (2020). Between ecological convictions and practical considerations – profiles and motivations of residents in car-free housing developments in Germany and Switzerland. *Geographica Helvetica*, 75(2), 169–181. https://doi.org/10.5194/gh-75-169-2020

Barrero, G. A., & Rodriguez-Valencia, A. (2021). Asking the user : a perceptional approach for bicycle infrastructure design. International Journal Of Sustainable *Transportation*, 16(3), 246 257. https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1871127

Barrington-Leigh, C., & Millard-Ball, A. (2017). The world's user-generated road map is more than 80% complete. *PloS one*, 12(8), e0180698.

Bauer, M., & Kisielewski, P. (2021). The influence of the duration of journey stages on transport mode choice: a case study in the city of Tarnow. *Sustainability*, *13*(11), 5922. https://doi.org/10.3390/su13115922

Bernhoft, I. M., & Carstensen, G. (2008). Preferences and behaviour of pedestrians and cyclists by age and gender. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 11(2), 83-95.

Breton, E. L. (2001). Michel Bonnet et Dominique Desjeux (sous la dir.), Les territoires de la mobilité, collection « Sciences sociales et sociétés », 2000. Les Annales De La Recherche Urbaine, 91(1), 159–161. https://www.persee.fr/doc/aru_0180-930x_2001_num_91_1_2446_t1_0159_0000_3Castañon, U. N., & Ribeiro, P. J. G. (2021). Bikeability and Emerging Phenomena in Cycling : Exploratory Analysis and Review. *Sustainability*, 13(4), 2394. https://doi.org/10.3390/su13042394

Broach, J., Dill, J., & Gliebe, J. (2012). Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(10), 1730–1740. Https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.07.005

Buck, M., & Nurse, A. (2021). Cycling in an 'ordinary city': A practice theory approach to supporting a modal shift. *International Journal of Sustainable Transportation*, 17(1), 65–76. Https ://doi.org/10.1080/15568318.2021.1983674

Buehler, R. & Dill, J. (2016). Bikeway networks: A review of effects on cycling. *Transport Reviews* 36 (1), 9-27

Buehler, R. (2020). The politics of cycling infrastructure. Spaces and (In)Equality. *European Planning Studies*, 29(1), 219 220. https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1845427

Cailly, L., Huyghe, M. & Oppenchaim, N. (2020). Les trajectoires mobilitaires : une notion clef pour penser et accompagner les changements de modes de déplacements ? *Flux*, 121(3), 52-66. https://doi.org/10.3917/flux1.121.0052.

Camagni, R. (2002). Compétitivité territoriale, milieux locaux et apprentissage collectif : une contre-réflexion critique. Revue d'économie régionale et urbaine, (4), 553-578.

Carter, D. L., Hunter, W. W., Zegeer, C. V., Stewart, J. R., & Huang, H. F. (2007). Bicyclist Intersection Safety Index. *Transportation Research Record*, 2031(1), 18–24. Https://doi.org/10.3141/2031-03

Castañon, U. N., & Ribeiro, P. J. G. (2021). Bikeability and Emerging Phenomena in Cycling: Exploratory Analysis and Review. *Sustainability*, 13(4), 2394. *Https://doi.org/10.3390/su13042394*

Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & López-Valpuesta, L. (2015). Analyzing the transition from a public bicycle system to bicycle ownership : A complex relationship. *Transportation Research Part D Transport And Environme*nt, 38, 15 26. https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.04.004

Certický, M., Jakob, M., Píbil, R., & Moler, Z. (2014). Agent-based Simulation Testbed for On-demand Mobility Services. *Procedia Computer Science*, 32, 808 815. https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.05.495

Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gómez, L., & Neiman, A. (2009). Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation*, 3(4), 203–226. Https://doi.org/10.1080/15568310802178314

Chen, J.-C. (2003). Dijkstra's shortest path algorithm. *Journal of formalized mathematics*, 15(9):237–247.

Chen, W., Carstensen, T. A., Wang, R., Derrible, S., Rueda, D. R., Nieuwenhuijsen, M. J., & Liu, G. (2022). Historical patterns and sustainability implications of worldwide bicycle ownership and use. Communications Earth & Environment, 3(1). https://doi.org/10.1038/s43247-022-00497-4

Chen, X., Fang, X., Ye, J., & Luttinen, T. (2017). Classification criteria and application of level of service for bicycle lanes in China. *Transportation research record*, 2662(1), 116-124.

Christiansen, L., Madsen, T., Schipperijn, J., Ersbøll, A. K., & Troelsen, J. (2014). Variations in active transport behavior among different neighborhoods and across adult life stages. *Journal of Transport and Health*, 1(4), 316–325. https://doi.org/10.1016/j.jth.2014.10.002

Clark, C., Mokhtarian, P., Circella, G., & Watkins, K. (2019). User Preferences for Bicycle Infrastructure in Communities with Emerging Cycling Cultures. *Transportation Research Record Journal Of The Transportation Research Board*, 2673(12), 89 102. https://doi.org/10.1177/0361198119854084

Courel J., Deguitre L., 2020, Les déterminants du choix modal. Synthèse des connaissances scientifiques, Paris, L'Institut Paris Région.

Damant-Sirois, G., & El-Geneidy, A. M. (2015). Who cycles more? Determining cycling frequency through a segmentation approach in Montreal, Canada. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 113125. Https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.03.028

Danish cycling statistics - Cycling Embassy of Denmark. (2022, June 9). Cycling Embassy of Denmark. https://cyclingsolutions.info/embassy/danish-cycling-statistics/

De Vos, J., Schwanen, T., Van Acker, V., & Witlox, F. (2013). Travel and Subjective Well-Being : A Focus on Findings, Methods and Future Research Needs. *Transport Reviews*, 33(4), 421-442. https://doi.org/10.1080/01441647.2013.815665

De Vos, J., Le, H. T., & Kroesen, M. (2022). Does commute duration attenuate the effect of travel mode choice on commute satisfaction? Travel Behaviour and Society, 28, 13–21. https://doi.org/10.1016/j.tbs.2022.02.004

De Witte A., Hollevoet J., Dobruszkes F., Hubert M., Macharis C., 2013, « Linking modal choice to motility : A comprehensive review », *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, vol. 49, p. 329-341.

Delafontaine, M., Neutens, T., & Van de Weghe, N. (2012). A GIS toolkit for measuring and mapping space–time accessibility from a place-based perspective. *International Journal Of Geographical Information Science*, 26(6), 1131 1154. https://doi.org/10.1080/13658816.2011.635593

Department for Transport (2014). Cycling Delivery Plan. Department for Transport. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/364791/141015_Cycling_Delivery_Plan.pdf.

Department for Transport. (2015). National Propensity to Cycle Tool Project: Summary Report. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a75a338e5274a4368298ce4/national-propensity-to-cycle-full-report.pdf

Dill, J., & Gliebe, J. (2008). Understanding and Measuring Bicycling Behavior: A Focus on Travel Time and Route Choice. *OTREC*. Https://nacto.org/wp-content/uploads/2012/02/Dill-and-Gliebe-2008.pdf

Djossou, G. (2024, avril). L'objectif de 15 % de part modale du vélo en 2030 est ambitieux, mais on peut faire bien mieux. opera-enerie.com. https://opera-energie.com/media/objectif-15-pourcent-part-modale-velo-2030-est-ambitieux-mais-peut-faire-bien-mieux/

Douay, N., & Prévot, M. (2016). Circulation d'un modèle urbain « alternatif » ? EchoGéo, 36. https://doi.org/10.4000/echogeo.14617

Drevon, G., Ravalet, E., & Kaufmann, V. (2019). Quel imaginaire de la voiture chez les adolescents européens ? Espace populations sociétés. Space populations societies, (2019/1). https://doi.org/10.4000/eps.8774

Dupuy, G. (1987). Vers une théorie territoriale des réseaux : une application au transport urbain. Annales De Géographie, 96(538), 658–679. https://doi.org/10.3406/geo.1987.20639

Dury, E. (2004). Les échelles de l'habiter. Les Échelles De l'Habiter (Coord. J. LEVY) Remis Au PUCA Par Le Groupe Scalab (Représenté Par J. LEVY), Mars 2004, 15–95.

Egan, R., Dowling, C. M., & Caulfield, B. (2022). Planning for Diverse Cycling Practices: A Cycle-Parking Type Preference Typology. Case Studies. *Transport Policy*, 10(3), 1930 1944. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.08.007

Emond, C. R., Tang, W., & Handy, S. L. (2009). Explaining Gender Difference in Bicycling Behavior. Transportation *Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2125(1), 1625. Https://doi.org/10.3141/2125-03

Fistola, R., Gallo, M., La Rocca, R. A., & Russo, F. (2020). The Effectiveness of Urban Cycle Lanes: From Dyscrasias to Potential Solutions. *Sustainability*, 12(6), 2321. https://doi.org/10.3390/su12062321

Fournier, J., Van Liefferinge, M., Ravensbergen, L., DeWeese, J., & El-Geneidy, A. (2023). Evaluating the need for secured bicycle parking across cyclist typologies. *International Journal Of Sustainable Transportation*, 17(12), 1278 1286. https://doi.org/10.1080/15568318.2023.2166438

Froment, C. (2024, 19 mars). Un parking vélo sécurisé et confortable - Tous Vélo-Actifs ! Tous Vélo-Actifs ! https://veloactif.be/mesures-et-incitants/un-parking-velo-securise-et-confortable/

Fukushige, T., & Handy, S. (2022). Who are the potential bicyclists? Evidence from the California Millennials Dataset 2015. *International journal of sustainable transportation*, 16(12), 1110-1120.

Fyhri, A., & Hjorthol, R. (2009). Children's independent mobility to school, friends and leisure activities. *Journal of Transport Geography*, 17(5), 377- 384. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.10.010

Gabriel José Cabral Dias & Paulo Jorge Gomes Ribeiro (2021) Cycle Highways: a new concept of infrastructure, *European Planning Studies*, 29:6, 1003-1020, DOI: 10.1080/09654313.2020.1752154

Gärling, T., Eek, D., Loukopoulos, P., Fujii, S., Johansson-Stenman, O., Kitamura, R., … Vilhelmson, B. (2002). A conceptual analysis of the impact of travel demand management on private car use. Transport Policy, 9(1), 59–70.

Gehrke, S. R., Akhavan, A., Furth, P. G., Wang, Q., & Reardon, T. G. (2020). A cycling-focused accessibility tool to support regional bike network connectivity. *Transportation Research. Part D, Transport And Environment*, 85, 102388. https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102388

Geron, G., Ministère de la Région wallonne, Direction générale de l'Aménagement du territoire, du Logement et du Patrimoine, Division de l'Observatoire de l'habitat, Delforge, Y., Ministère de la Région wallonne, Direction générale de l'Aménagement du territoire, du Logement et du Patrimoine, & Division de l'Observatoire de l'habitat. (2008). Les Cahiers de l'Urbanisme N° 67. In Les Cahiers De L'Urbanisme. https://docum1.wallonie.be/documents/cahiers/cu67/CDU67_C1A3_Geron.pdf

Girres, J. F., & Touya, G. (2010). Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset. *Transactions in GIS*, 14(4), 435-459.

Goel, R., Goodman, A., Aldred, R., Nakamura, R., Tatah, L., Garcia, L. M. T., Zapata-Diomedi, B., De Sa, T. H., Tiwari, G., De Nazelle, A., Tainio, M., Buehler, R., Götschi, T., & Woodcock, J. (2021). Cycling behaviour in 17 countries across 6 continents : levels of cycling, who cycles, for what purpose, and how far ? *Transport Reviews*, 42(1), 58 81. https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1915898

Gossen, R., & Purvis, C., (2004). Research on Women's Issues in Transportation (report of a conference). Transportation research board conference proceedings, 2(35), 2129. Https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/conf/CP35v2.pdf

Grandjean, M., Hollaert, & Leclercq. (2014). Structure territoriale et mobilité articuler mixité, densité et accessibilité. Dans Conférence Permanente du Développement Territorial (Note de Recherche CPDT). CPDT. Consulté le 15 août 2024, à l'adresse https://old.cpdt.be/publications/note-de-recherche/note-de-recherche-45

Guimarães, T., Lucas, K., & Timms, P. (2019). Understanding how low-income communities gain access to healthcare services: A qualitative study in São Paulo, Brazil. *Journal Of Transport & Health*, 15, 100658. https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100658

Gutiérrez, M., Hurtubia, R., & De Dios Ortúzar, J. (2020). The role of habit and the built environment in the willingness to commute by bicycle. Travel Behaviour and Society, 20, 62–73. https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.02.007

Haklay, M. (2010). How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and planning B: Planning and design*, 37(4), 682-703.

Hamidi, Z. (2021). Decomposing cycling potentials employing the motility framework. *Journal Of Transport Geography*, 91, 102984. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.102984

Hardinghaus, M., & Papantoniou, P. (2020). Evaluating cyclists' route preferences with respect to infrastructure. *Sustainability*, 12(8), 3375.

Harms, L., Bertolini, L., & Brömmelstroet, M. T. (2014). Spatial and social variations in cycling patterns in a mature cycling country exploring differences and trends. *Journal of Transport and Health*, 1(4), 232–242. https://doi.org/10.1016/j.jth.2014.09.012

Hatfield, J., Boufous, S. (2016). The effect of non-recreational transport cycling on use of other transport modes: A cross-sectional on-lin survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, 220-231

Heinen E. & Buehler R. (2019) Bicycle parking: a systematic review of scientific literature on parking behavior, parking preferences, and their influence on cycling and travel behavior. *Transport Reviews*, 39(5), 630-656. DOI: 10.1080/01441647.2019.1590477

Heinen, E., Maat, K., & Van Wee, B. (2011). Day-to-Day Choice to Commute or Not by Bicycle. *Transportation Research Record Journal Of The Transportation Research Board*, 2230(1), 9 18. https://doi.org/10.3141/2230-02

Héran F. (2001), « Le système vélo », communication à la 3e journée d'étude Pour un usage généralisé du vélo, organisée par la FUBicy (Fédération française des usagers de la bicyclette), Lyon, 6 avril, 4 p.

Héran F. (2014) Le retour de la bicyclette : une histoire des déplacements urbains en Europe, de 1817 à 2050, Paris : La Découverte.

Héran, F., (2015a). Le retour de la bicyclette : Une histoire des déplacements urbains en Europe, de 1817 à 2050.

Héran, F. (2015b). Pourquoi tant de cyclistes aux Pays-Bas ? *Transports urbains*, 126(1), 10-15. https://doi.org/10.3917/turb.126.0010.

Héran F. (2018a) « Le système vélo », Forum Vies Mobiles, http://fr.forumviesmobiles.org/reperes/systeme-velo-12437

Héran, F. (2018b). Migrations et sociétés, Paris, Fayard, Collège de France, coll. « Leçons inaugurales », 74 p., ISBN : 9782213711737

Héran, F. (14 octobre 2024) interviewé par Thuilliez, M. (Présentateur). La voiture n'a pas d'avenir (No 125) [Épisode de Podcast] Green Letter Club. https://open.spotify.com/episode/5pAVxda1CI93zxuzMhYMFD?si=f60f0f64bca8447e

Higgins, C. D., Sweet, M. N., & Kanaroglou, P. S. (2017). All minutes are not equal: travel time and the effects of congestion on commute satisfaction in Canadian cities. *Transportation*, 45(5), 1249–1268. https://doi.org/10.1007/s11116-017-9766-2

Hood, J., Sall, E., & Charlton, B. (2011). A GPS-based bicycle route choice model for San Francisco, California. *Transportation Letters*, 3(1), 63 75. https://doi.org/10.3328/tl.2011.03.01.63-75

Hsu, C., Kuo, Y., & Liou, J. J. H. (2023). A hybrid model for evaluating the bikeability of urban bicycle systems. *Axioms*, 12(2), 155. Https ://doi.org/10.3390/axioms12020155

Inddigo, Vertigolab, Direction Générale des Entreprises, ADEME, DGITM, & FFC. (2020, avril). Impact économique et potentiel de développement des usages du vélo en http en 2020. La librairie ADEME. Https ://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/332-impact-economique-et-potentiel-de-developpement-des-usages-du-velo-en-france-en-2020.html

Jacquemin, H. & Lesay, T. (2022). Comment proposer des alternatives crédibles à l'usage de la voiture individuelle ? Le cas du sud-Aveyron. *Transports urbains*, 141, 35-38. https://doi.org/10.3917/turb.141.0035

Jacquin, O. (2021, 28 janvier). Mobilités dans les espaces peu denses en 2040 : un défi à relever dès aujourd'hui. Sénat. Accessed the 19/10/2021 on http://www.senat.fr/rap/r20-313/r20-313_mono.html

Jensen, S. U. (2007). Pedestrian and bicyclist level of service on roadway segments. *Transportation research record*, 2031(1), 43-51.

Jensen, S. (2008). Bicycle Tracks and Lanes: a Before-After Study.

Jensen, P., Rouquier, J., Ovtracht, N., & Robardet, C. (2010). Characterizing the speed and paths of shared bicycle use in Lyon. *Transportation Research Part D Transport and Environment, 15*(8), 522–524. https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.07.002

Kang, H., Kim, D. H. & Yoo, S. (2019). Attribute of Perceived Bikeability in a Compact Urban Neighborhood Based on Qualitative Multi-Methods. International Journal of Environmental *Research and Public Health*, 16. DOI: 10.3390/ijerph16193738

Kang, K., & Lee, K. (2012). Development of a bicycle level of service model from the user's perspective. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 16, 1032-1039.

Kaufmann, V. (2000). Gabriel Dupuy, La dépendance automobile : symptômes, analyse, diagnostic, traitements, Collection Villes, 1999. Les Annales de la Recherche Urbaine, 86(1), 162-163. https://www.persee.fr/doc/aru_0180-930x_2000_num_86_1_2325_t1_0162_0000_2

Kaufman, V., & Jemelin, C. (2004). La motilité, une forme de capital permettant d'éviter les irréversibilités socio-spatiales ? Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Https ://philippepierre.com/website/wp-content/uploads/2019/03/Kauffman-Motilit%C3%A9-comme-capital.pdf

Kaufmann, V. (2008). Les paradoxes de la mobilité : bouger, s'enraciner. Collection Savoir suisse.

Kaufmann, V. (2021, 19 avril). Confinement. Forum Vies Mobiles – Préparer la transition mobilitaire. Accessed the 19/10/2021 on https://fr.forumviesmobiles.org/reperes/confinement-13661

Kaufmann, V., Dubois, Y., & Ravalet, E. (2017). Measuring and typifying mobility using motility. *Applied Mobilities*, 3(2), 198-213. https://doi.org/10.1080/23800127.2017.1364540

Kellstedt D., Spengler J., Foster M., Lee, C & Maddock, J. (2021). A Scoping Review of Bikeability Assessment Methods. *Journal of Community Health*, 46, 211-224.

Kellstedt, D. K., Spengler, J. O., Foster, M., Lee, C., & Maddock, J. E. (2020). A Scoping Review of Bikeability Assessment Methods. *Journal Of Community Health*, 46(1), 211 224. https://doi.org/10.1007/s10900-020-00846-4

Kenyon, S., & Lyons, G. (2002). The value of integrated multimodal traveller information and its potential contribution to modal change. *Transportation Research Part F Traffic Psychology and Behaviour*, 6(1), 1–21. https://doi.org/10.1016/s1369-8478(02)00035-9

Kitamura, R., & Susilo, Y. O. (2005). Is travel demand insatiable? A study of changes in structural relationships underlying travel. *Transportmetrica*, 1(1), 2345. Https://doi.org/10.1080/18128600508685640

Klein, N. J., & Smart, M. J. (2016). Millennials and car ownership: Less money, fewer cars. *Transport Policy*, 53, 20–29. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.08.010

Koglin, T., & Rye, T., (2014). The Marginalisation of Bicycling in Modernist Urban Transport Planning. *Journal of Transport & Health*, 1(4), p. 214-222

Krizek, K. J., El-Geneidy, A., & Thompson, K. (2007). A detailed analysis of how an urban trail system affects cyclists' travel. *Transportation*, 34, 611-624. https://doi.org/10.1007/s11116-007-9130-z

La Paix Puello, L. C., Cherchi, E., & Geurs, K. (2020). Role of perception of bicycle infrastructure on the choice of the bicycle as a train feeder mode. *International Journal of Sustainable Transportation*, 15(6), 486–499. Https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1765223

Larsen, J., & El-Geneidy, A. (2011). A travel behavior analysis of urban cycling facilities in Montréal, Canada. *Transportation research part D: transport and environment*, 16(2), 172-177.

Lee, K., & Sener, I. N. (2020). Emerging data for pedestrian and bicycle monitoring: Sources and applications. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 4, 100095. Https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100095

Lévy (2008) « Ville pédestre, ville rapide », Urbanisme, vol. 359, p. 58.

Lin, J., & Wei, Y. (2018). Assessing area-wide bikeability: A grey analytic network process. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113, 381–396. https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.04.022

Liu, C. (2012). Exploring the influence of urban form on travel and energy consumption, using structural equation modeling https://www.proquest.com/dissertations-theses/exploring-influence-urban-form-on-travel-energy/docview/1033500924/se-2

Liu, L., Kong, H., Liu, T., & Ma, X. (2022). Mode Choice between Bus and Bike-Sharing for the Last-Mile Connection to Urban Rail Transit. *Journal Of*

Transportation Engineering Part A Systems, 148(5). https://doi.org/10.1061/jtepbs.0000663

Liu, Y. W., Brömmelstroet, M. T., Krishnamurthy, S., & Van Wesemael, P. (2019). Practitioners' perspective on user experience and design of cycle highways. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 1, 100010. Https ://doi.org/10.1016/j.trip.2019.100010

Luciano, F. (2017, septembre). Décarboner la mobilité dans les zones de moyenne densité. Https ://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2017/09/2017-09-14_RAPPORT-D%C3%a9carboner-la-mobilit%C3%A9-dans-les-zones-de-moyenne-densit%C3%A9_TSP_WEB-V2.pdf

Lumivero. (2023, 11 octobre). NVivo Product Tour - Discover the Power of NVivo - Lumivero. https://lumivero.com/products/nvivo/nvivo-product-tour/?v=d3dcf429c679

Madsen, T. K. O., & Lahrmann, H. (2017). Comparison of five bicycle facility designs in signalized intersections using traffic conflict studies. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 46, 438-450.

Maldague, H., Teller, J., & Cools, M. (2015). Modeling accessibility to schools : the case of Wallonia, Belgium. https://orbi.uliege.be/handle/2268/182615

Mcandrews, C., Okuyama, K., & Litt, J. S. (2017). The Reach of Bicycling in Rural, Small, and Low-Density Places. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2662(1), 134142. Https://doi.org/10.3141/2662-15

Mcguckin, N., & Murakami, E. (1999). Examining Trip-Chaining Behavior: Comparison of Travel by Men and Women. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1693(1), 7985. Https://doi.org/10.3141/1693-12

Menghini, G., Carrasco, N., Schüssler, N., & Axhausen, K. W. (2010). Route choice of cyclists in Zurich. *Transportation Research Part A Policy And Practice*, 44(9), 754 765. https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.07.008

Ministre de la Transition écologique et solidaire (2018). Plan Vélo & Mobilités Actives. Le Gouvernement République Française. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Dossier%20de%20presse%20-%20Plan%20v%C3%A9lo%20-%20vendredi%2014%20septembre%202018.pdf.

Mitra, R., & Nash, S. (2019). Can the built environment explain gender gap in cycling? An exploration of university students' travel behavior in Toronto, Canada. *International journal of sustainable transportation*, 13(2), 138-147.

Morier, M. A. (2016). Vincent Kaufmann, Emmanuel Ravalet, Élodie Dupuit (dir.), Motilité et mobilité : mode d'emploi. Lectures. Https://doi.org/10.4000/lectures.20759

Morris, E. A., & Guerra, E. (2015). Are we there yet? Trip duration and mood during travel. *Transportation Research Part F Traffic Psychology and Behaviour*, 33, 38–47. https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.06.003

Mouna Boulahbal, J.-P., (2000). Les territoires de mobilité quotidienne définition du concept et caracterisation en fonction du contexte d'urbanisation et de caracteristiques individuelles. https ://www.theses.fr/2000ENPC0009

Nawrath, M., Kowarik, I., & Fischer, L. K. (2019). The influence of green streets on cycling behavior in European cities. *Landscape And Urban Planning*, 190, 103598. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103598

Nello-Deakin, S., & Harms, L. (2019). Assessing the relationship between neighbourhood characteristics and cycling : Findings from Amsterdam. *Transportation Research Procedia*, 41, 17 36. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.005

Nelson, T. A., Ferster, C., Roy, A., & Winters, M. (2022). Bicycle streetscapes: a data driven approach to mapping streets based on bicycle usage. *International Journal of Sustainable Transportation*, 17(8), 931–941. Https://doi.org/10.1080/15568318.2022.2121670

Nikiforiadis, A., & Basbas, S. (2019). Can pedestrians and cyclists share the same space? The case of a city with low cycling levels and experience. *Sustainable cities and society*, 46, 101453.

Oakil, A. T., Ettema, D., Arentze, T., & Timmermans, H. (2014). Bicycle commuting in the Netherlands: An analysis of modal shift and its dependence on life cycle and mobility events. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(4), 376–384. Https ://doi.org/10.1080/15568318.2014.905665

Oldenziel, R., & De La Bruhèze, A. (2011). Contested spaces. *Transfers*, 1(2), 29–49. Https://doi.org/10.3167/trans.2011.010203

Osama, A., Sayed, T., Bigazzi, A.Y. (2017). Models for estimating zone-level bike kilometers treveled using bike network, land use, and road facility variables. *Transportation Research Part A: Policy and Practices*, 96, 14-28

Parkin, J., Wardman, M., & Page, M. (2007). Models of perceived cycling risk and route acceptability. *Accident Analysis & Prevention*, 39(2), 364-371.

Philips, I., Watling, D., & Timms, P. (2018). Estimating individual physical capability (IPC) to make journeys by bicycle. *International Journal of Sustainable Transportation*, 12(5), 324–340. Https://doi.org/10.1080/15568318.2017.1368748

Proximus. (2022). Données Floating Mobile Data (FMD) Proximus [Base de données].

Pucher, J., Buehler, R., & Seinen, M. (2011). Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(6), 451475. Https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.03.001

Pucher, J., Dill, J., & Handy, S. (2010). Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. *Preventive Medicine*, 50, S106–S125. Https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.07.028

Pucher, J., Komanoff, C., & Schimek, P. (1999). Bicycling renaissance in North America ? *Transportation Research Part A Policy And Practice*, 33(7 8), 625 654. https://doi.org/10.1016/s0965-8564(99)00010-5

Raibaud, Y. (2020). Femmes et hommes sont-ils égaux à vélo ? Journal CNRS. Https ://lejournal.cnrs.fr/billets/femmes-et-hommes-sont-ils-egaux-a-velo

Reggiani, G., van Oijen, T., Hamedmoghadam, H. et al. (2022) Understanding bikeability: a methodology to assess urban networks. *Transportation* 49, 897–925. https://doi.org/10.1007/s11116-021-10198-0

Rérat, P. (2021) The rise of the e-bike: Towards an extension of the practice of cycling?, *Mobilities*, 16:3, 423-439, DOI: 10.1080/17450101.2021.1897236

Rérat, P. (2023). Quels critères pour des itinéraires cyclables de qualité ? Conférence Vélo Suisse - Info Bulletin, 2/23, 26-28. Récupéré de https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_C63DDF34B7F6.P001/REF.pdf

Rérat, P., Giacomel, G., & Martin, A. (2019). Au travail à vélo… La pratique utilitaire de la bicyclette en Suisse. Editions Alphil–Presses Universitaires Suisses.

Robitaille, É. (2017). Rendre l'environnement bâti favorable à la pratique du vélo en toute sécurité! TOPO, 13, 4–7. https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2229_environnement_bati_favorable_velo_securite.pdf

Rossetti, T., Saud, V., & Hurtubia, R. (2019). I want to ride it where I like: measuring design preferences in cycling infrastructure. *Transportation*, 46, 697-718.

Santrot, F. (2022, May 11). Les 10 pays d'Europe les plus surs pour faire du vélo. WE DEMAIN. https://www.wedemain.fr/respirer/les-10-pays-deurope-les-plus-surs-pour-faire-du-velo/

Schmassmann, A., Baehler, D., & Rérat, P. (2021). Le vélo chez les jeunes : pratiques, images et trajectoires cyclistes. Une étude de cas à Yverdon-les-Bains. *Materialien Langsamverkehr*, 151. https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_EAD1BC3B3DD7.P001/REF.pdf

Schleinitz, K., Petzoldt, T., Franke-Bartholdt, L., Krems, J.F., & Gehlert, T. (2017). The German Naturalistic Cycling Study – Comparing cycling speed of riders of different e-bikes and conventional bicycles. Safety Science, 92, 290-297. dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.07.027

Sener, I. N., Eluru, N., & Bhat, C. R. (2009). An analysis of bicycle route choice preferences in Texas, US. *Transportation*, 36, 511-539.

Shareck, M., Fuller, D., Sersli, S., Priebe, C. S., Alfosool, A. M. S., Lang, J. J., & Phillips, E. W. (2023). Measuring walkability and bikeability for health equity and intervention research: a scoping review. *Cities & Health*, 1–10. https://doi.org/10.1080/23748834.2023.2260133

Shaw, C., Russell, M., Keall, M., macbride-Stewart, S., Wild, K., Reeves, D., Bentley, R., & Woodward, A. (2020). Beyond the bicycle: Seeing the context of the gender gap in cycling. *Journal of Transport & Health*, 18, 100871. Https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100871

Shliselberg, R., Givoni, M., & Kaplan, S. (2020). A behavioral framework for measuring motility : Linking past mobility experiences, motility and eudemonic well-being. *Transportation Research Part A Policy And Practice*, 141, 69-85. https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.09.001

Shove, E, Walker, G. (2010). Governing transitions in the sustainability of everyday life. *Research Policy*, 39, 471–476.

Spinney, J. (2009). Cycling the City: Movement, Meaning and Method. *Geography Compass*, 3(2), 817–835. https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2008.00211.x

Sully, A., (2000). How Far Are 'Ordinary' Cyclists Happy to Cycle As Part ofan 'Ordinary' Journey? Paper presented at Velo Mondial, Amsterdam,Netherlands

Susilo, Y. O., & Kitamura, R. (2008). Structural changes in commuters' daily travel: The case of auto and transit commuters in the Osaka metropolitan area of Japan, 1980–2000. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(1), 95115. Https://doi.org/10.1016/j.tra.2007.06.009

Teixeira, I. P., Da Silva, A. N. R., Schwanen, T., Manzato, G. G., Dörrzapf, L., Zeile, P., Dekoninck, L., & Botteldooren, D. (2020). Does cycling infrastructure reduce stress biomarkers in commuting cyclists ? A comparison of five European cities. *Journal Of Transport Geography*, 88, 102830. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102830

Thigpen, C. (2019). Do bicycling experiences and exposure influence bicycling skills and attitudes ? Evidence from a bicycle-friendly university. *Transportation*

Research Part A Policy And Practice, 123, 68 79. https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.05.017

Thomas, A. N. (2021). Electric bicycles and cargo bikes—Tools for parents to keep on biking in auto-centric communities? Findings from a US metropolitan area. *International Journal of Sustainable Transportation*, 16(7), 637–646. Https ://doi.org/10.1080/15568318.2021.1914787

Valenzuela, A. L. E. M., Lopes, A. A. D. S., De Araujo, P. A. B., Della Justina, M. D., Arins, G. C. B., & Rech, C. R. (2022). Geospatial indicators of bikeability index as cyclefriendly city design : a systematic review. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, 27, 1-12. https://doi.org/10.12820/rbafs.27e0255

Van de Maele. (2018). Genre et cyclisme : un transport alternatif inaccessible pour certaines. Ville Région Monde. http ://www.vrm.ca/genreetcyclisme/

Vandenbulcke, G., Dujardin, C., Thomas, I., De Geus, B., Degraeuwe, B., Meeusen, R., & Panis, L. I. (2011). Cycle commuting in Belgium : Spatial determinants and 're-cycling' strategies. *Transportation Research Part A Policy And Practice*, 45(2), 118 137. https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.11.004

Vandenbulcke, G., Thomas, I., De Geus, B., Degraeuwe, B., Torfs, R., Meeusen, R., & Panis, L. I. (2009). Mapping bicycle use and the risk of accidents for commuters who cycle to work in Belgium. *Transport Policy*, 16(2), 77 87. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.03.004

Vanoutrive, T., Van Malderen, L., Jourquin, B., Thomas, I., Verhetsel, A., & Witlox, F. (2010). Mobility Management Measures by Employers : Overview and Exploratory Analysis for Belgium. *Deleted Journal*. https://doi.org/10.18757/ejtir.2010.10.2.2878

Vielle (2015). Représentations et pratiques de la ville à vélo : Le comportement des cyclistes utilitaires en milieu urbain Agglomération de Tours, Indre et Loire, *Urbanité Cycliste* (37). Http://www.applis.univ-tours.fr/scd/EPU_DA/2015PFE_Vielle_Aude.pdf

Villanueva, K., Giles-Corti, B., Bulsara, M., Timperio, A., McCormack, G., Beesley, B., Trapp, G., & Middleton, N. (2012). Where Do Children Travel to and What Local Opportunities Are Available ? The Relationship Between Neighborhood Destinations and Children's Independent Mobility. *Environment And Behavior*, 45(6), 679-705. https://doi.org/10.1177/0013916512440705

Vodoz, L. (2004). Les territoires de la mobilité: l'aire du temps. EPFL Press.

Von Stülpnagel, R., & Rintelen, H. (2024). A matter of space and perspective – Cyclists', car drivers', and pedestrians' assumptions about subjective safety in shared traffic situations. *Transportation Research Part A Policy And Practice*, 179, 103941. https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103941

Wiel, M. (1999). La transition urbaine ou le passage de la ville-pédestre à la ville motorisée. Editions Mardaga.

Wiel, M. (2002). Ville et automobile. Paris: Descarte et Cie.

Winters, M., Bräuer, M., Setton, E., & Teschke, K. (2013). Mapping bikeability: a spatial tool to support sustainable travel. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40(5), 865–883. https://doi.org/10.1068/b38185

Witter, E. (2012). Mobility patterns and Social Exclusion – The Case of Santiago de Chile. Public Urban Transport https://doi.org/10.5075/epfl-thesis-5243

Woodcock, J., Aldred, R., Lovelace, R., Strain, T., & Goodman, A. (2021). Health, environmental and distributional impacts of cycling uptake: The model underlying

the Propensity to Cycle tool for England and Wales. Journal of transport & health, 22, 101066. https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101066

Wysling, L., & Purves, R. S. (2022). Where to improve cycling infrastructure? Assessing bicycle suitability and bikeability with open data in the city of Paris. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 15, 100648. https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100648

Xing, Y., Handy, S. L., & Mokhtarian, P. L. (2010). Factors associated with proportions and miles of bicycling for transportation and recreation in six small US cities. *Transportation Research Part D Transport And Environment*, 15(2), 73 81. https://doi.org/10.1016/j.trd.2009.09.004

Zhao, C., Carstensen, T. A., Nielsen, T. a. S., & Olafsson, A. S. (2018). Bicycle-friendly infrastructure planning in Beijing and Copenhagen - between adapting design solutions and learning local planning cultures. *Journal of Transport Geography*, 68, 149–159. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.03.003

Zhao, N., Yang, N., Liang, N., Guo, N., Lu, N., Zhang, N., & Ren, N. (2019). Last-Mile Travel Mode Choice: Data-Mining Hybrid with Multiple Attribute Decision Making. *Sustainability*, 11(23), 6733. https://doi.org/10.3390/su11236733

Zhao, Y., Qi, L., Ke, S., & Yu, Y. (2020). Impact of land use on bicycle usage: A big data-based spatial approach to inform transport planning. *Journal of Transport and Land Use*, 13(1). https://doi.org/10.5198/jtlu.2020.1499

Zhu, J., & Fan, Y. (2018). Commute happiness in Xi'an, China: Effects of commute mode, duration, and frequency. *Travel Behaviour and Society*, 11, 43–51. https://doi.org/10.1016/j.tbs.2018.01.001

Sites internet consultés :

36 % de cyclistes en plus comptés aux entrées de Tournai. (2023, 26 mars). lavenir.net. Consulté le 31 octobre 2024, à l'adresse https://www.lavenir.net/regions/wallonie-picarde/2023/03/26/36-de-cyclistes-en-plus-comptes-aux-entrees-de-tournai-MAVPNF7LXZBI5JG355OV5XFYEI/

À propos de Google Maps. (s. d.). https://maps.google.be/intl/fr/maps/about/#!/

À propos de komoot | L'app n°1 des activités de plein air. (s. d.). Komoot. https://www.komoot.com/fr-fr/about

A quoi pouvez-vous consacrer votre budget mobilité? | Budgetmobilité. (n.d.). https://lebudgetmobilite.be/fr/5-quoi-pouvez-vous-consacrer-votre-budget-mobilite

Déclaration de politique régionale 2024 -2029. (2024). Dans mobilite.wallonie.be (No DPR2024-2029). Consulté le 12 février 2025, à l'adresse https://mobilite.wallonie.be/files/politiques-mobilite/DPR2024-2029.pdf#page=73

Enquête de santé. (2018). sciensano.be. https://www.sciensano.be/fr/projets/enquete-de-sante

Enquête fédérale sur les déplacements domicile-travail 2021-2022 | Mobility. (2023) https://mobilit.belgium.be/fr/publications/enquete-federale-sur-les-deplacements-domicile-travail-2021-2022

Enquête monitor sur la mobilité des Belges | mobility. (2019). Mobility. https://mobilit.belgium.be/fr/publications/enquete-monitor-sur-la-mobilite-des-belges

Enquête BeMOB : les modes de déplacements utilisés par les Belges en 2024 | Mobility. (2025). https://mobilit.belgium.be/fr/mobilite-durable/enquetes-et-resultats/enquetes-bemob/le-projet-bemob

European Commission. (2023). European Declaration on Cycling. Dans transport.ec.europa.eu/. European commission. Consulté le 15 août 2024, à l'adresse https://transport.ec.europa.eu/system/files/2023-11/European_Declaration_on_Cycling_en_0.pdf

L'histoire du vélo électrique. (S. d.). L'histoire du vélo électrique. Consulté le 10 janvier 2022, à l'adresse http://www.cycleslaurent.com/fr/blog/30_l-histoire-du-velo-electrique-.html

Les communes Wallonie cyclable. Mobilité.wallonie.be https://mobilite.wallonie.be/home/politiques-de-mobilite/wallonie-cyclable/les-communes-wallonie-cyclable.html

Motion Tag. (2024, August 2). About us - MOTIONTAG. MOTIONTAG. https://motion-tag.com/about-us/

Plans communaux et intercommunaux de mobilité (PCM et PICM). Mobilité.wallonie.be https://mobilite.wallonie.be/home/outils/plans-de-mobilite/plans-communaux-et-intercommunaux-de-mobilite-pcm-et-picm.html

Portail de la mobilité en Wallonie. (s. d.). Les Communes Pilotes Wallonie cyclable sont connues ! Mobilité. https://mobilite.wallonie.be/news/les-communes-pilotes-wallonie-cyclable-sont-connues

Pro Velo. (2020). ÊTRE FEMME & CYCLISTE DANS LES RUES DE BRUXELLES Résultats de l'enquête menée en 2019. *https://www.provelo.org/app/uploads/2022/08/RESUME-FemmesVelo-VERSION-FR.pdf*

Qui sommes-nous ? GRACQ. *https://www.gracq.org/qui-sommes-nous*

Service Changements climatiques. (s. d.). Émissions des gaz à effet de serre. Klimaat | Climat. https://climat.be/en-belgique/climat-et-emissions/emissions-des-gaz-a-effet-de-serre

Service public federal Mobilité et Transport. (2023). Enquête Micromobilité – Résultats par modes (D/2020/13.831/9). Service public fédéral Mobilité et Transports. Accessed the 03/09/2024 on https ://mobilit.belgium.be/fr/publications/enquete-micromobilite-resultats-par-modes

Service public fédéral Mobilité et Transports. (2019). Enquête MONITOR sur la mobilité des Belges (D/2019/13.831/10). Direction Mobilité - Service Études et Enquêtes. Consulté le 4 septembre 2024, à l'adresse https://mobilit.belgium.be/fr/mobilite-durable/enquetes-et-resultats/enquete-monitor-sur-la-mobilite-des-belges

SPW Mobilité & infrastructures. (2024). Tableau de bord de la mobilité 2024 (No 978-2-8056-0639-7). Consulté le 13 mars 2025, à l'adresse https://mobilite.wallonie.be/files/politiques-mobilite/TBM/tableau-de-bord-mobilite-2024.pdf

Spw. (2018). Cémathèque n°46 : Stationnement vélo et projet immobilier. Dans La Cémathèque. SPW. Consulté le 1 septembre 2024, à l'adresse https://mobilite.wallonie.be/files/cematheque/cematheque_0046.pdf

Spw. (2019). Stratégie régionale de Mobilité. Dans mobilité.wallonie.be (D/2019/11802/38).

https://mobilite.wallonie.be/files/eDocsMobilite/politiques%20de%20mobilit%c3%a9/SRM_PERSONNES_2019.pdf
Spw. (2022, November 24). 76787. Wallex. https://wallex.wallonie.be/eli/loi-decret/2022/11/24/2022207146
Spw. (s. d.). La cyclostrade. Sécurotheque. https://securotheque.wallonie.be/e-amenagements-usagers-et-vehicules/velos/amenagements-cyclables/la-cyclostrade#25de47b3-fba5-41f5-bb42-aa4067fbe5bf
Streetfilms®. (2019, June 27). Utrecht: Planning for people & bikes, not for cars [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=Boi0XEm9-4E
Tableau de bord de la mobilité. (2024). https://mobilite.wallonie.be/files/politiques-mobilite/TBM/tableau-de-bord-mobilite-2024.pdf
Tour de Force (2017). Bicycle Agenda 2017-2020. Tour de Force. https://www.nationaltransport.ie/bike-life-2019-dublin-metropolitan-area/.
Transitec & ICEDD. (2014). Actualisation du Plan Communal de Mobilité. Dans tournai.be. Consulté le 31 octobre 2024, à l'adresse https://www.tournai.be/plan-communal-de-mobilite-pcm
Verbeterd, N. &. (2024, 9 novembre). *Watch Together we cycle Online* | Vimeo On Demand [Vidéo]. Vimeo. https://vimeo.com/ondemand/togetherwecycle/395722338Ville de Namur & Pro Vélo. (2021, 5 mars). Développement du vélo à Namur [Diapositives]. Conférence de Presse, Namur, Namur, Belgique. namur.be. https://www.namur.be/fr/ma-ville/administration/services-communaux/communication/communiques-de-presse/210305-velo-observatoire-chiffre-et-reflexions.pdf
Voitures de société | mobility. (n.d.). Mobility. https://mobilit.belgium.be/fr/mobilite-durable/enquetes-et-resultats/autres-statistiques-de-mobilite/voitures-de-societe
Wallonie & Chemins du rail. (2006). Itinéraires pour usagers non motorisés pentes. Dans ravel.wallonie.be. Consulté le 24 juillet 2024, à l'adresse https://ravel.wallonie.be/files/pdf/Documentation/Infrastructures/pentes_vv.pdf

Annexes

A. Mesures issues de l'enquête PDE UCLouvain 2021

Le tableau suivant reprend les mesures issues de l'enquête PDE qui ont été mobilisées pour cette étude. D'autres questions ont été posées dans l'enquête d'origine, mais n'ont pas été utilisées dans ce travail, notamment un volet à propos de la mobilité internationale, les déplacements professionnels ainsi que sur le télétravail.

Question	Option de réponse et format	Réencodage effectué
Informations sociodémographiques		
Genre	Femme, Homme, Autre, Ne souhaite pas répondre	Fusion des catégories « autre » et « ne souhaite pas répondre »
Quel est votre âge ?	1. Moins de 21 ans 2. 21-25 ans 3. 26-30 ans 4. 31-40 ans 5. 41-50 ans 6. 51-60 ans 7. 61-65 ans 8. Plus de 65 ans	
Lieu de résidence	Code postal	Pour spatialiser ces origines, le centre géographique de chaque code postal belge a été utilisé
Résidez-vous avec un ou plusieurs enfant(s) de moins de 18 ans ?	Oui, Non	
Habitudes de déplacement		
Quel(s) mode(s) de transport utilisez-vous au moins 10 fois par an pour vous rendre de votre lieu de résidence à votre lieu de travail ? Veuillez prendre en compte tous les modes	1. Marche à pied 2. Vélo (y compris vélo électrique et speed pedelec) 3. Autres types de micro-mobilité: trottinette, rollers,	Réencodage par mode de transport avec information Mode principal (1), Mode secondaire (2) Réencodage des modes de transport

de transport que vous combinez sur un même trajet ou entre lesquels vous alternez pour ces trajets.	monowheel, hoverboard, skateboard, etc. 4. Bus (y compris « navettes Conforto » TEC) 5. Tram 6. Métro 7. Train 8. Voiture (y compris covoiturage et autostop) 9. Moto, scooter ou autre deux-roues motorisé 10. Autre – veuillez préciser :	Bus (y compris « navettes Conforto » TEC), Tram, Métro et Train en « Transports en commun »
Si plusieurs modes choisis, question subsidiaire : Vous avez mentionné utiliser plusieurs modes de transport pour vous rendre de votre lieu de résidence à votre lieu de travail. Lequel d'entre eux est votre mode de transport principal entre votre lieu de résidence et votre lieu de travail principal ?	1. Marche à pied 2. Vélo (y compris vélo électrique et speed pedelec) 3. Autres types de micro-mobilité: trottinette, rollers, monowheel, hoverboard, skateboard, etc. 4. Bus (y compris « navettes » Conforto TEC) 5. Tram 6. Métro 7. Train 8. Voiture (y compris	Réencodage par mode de transport avec information Mode principal (1), Mode secondaire (2) Réencodage des modes de transport Bus (y compris « navettes Conforto » TEC), Tram, Métro et Train en « Transports en commun »

	covoiturage et autostop) 9. Moto, scooter ou autre deux-roues motorisé	
Vous avez mentionné utiliser la voiture pour vous rendre de votre lieu de résidence à votre lieu de travail principal. De quel(s) type(s) de trajets en voiture s'agit-il principalement ?	1. Trajet effectué seul·e 2. Trajet effectué avec un ou plusieurs membre(s) de la famille 3. Trajet effectué en covoiturage 4. Trajet effectué en autostop	
Quelle est la distance entre votre lieu de résidence et votre lieu de travail principal ? Merci d'indiquer la distance estimée la plus courte, arrondie au kilomètre le plus proche.	1. Moins de 2 kilomètres 2. 2-5 kilomètres 3. 6-10 kilomètres 4. 11-15 kilomètres 5. 16-20 kilomètres 6. 21-30 kilomètres 7. 31-40 kilomètres 8. 41-50 kilomètres 9. 51-75 kilomètres 10. 76-100 kilomètres 11. Plus de 100 kilomètres	
Combien de temps mettez-vous pour effectuer le trajet entre votre lieu de résidence et votre lieu de travail principal ? Merci d'indiquer une durée	1. Moins de 15 minutes 2. 15-30 minutes 3. 31-45 minutes 4. 46-60 minutes 5. Entre 1h et 1h15 6. Entre 1h15 et 1h30	

estimée moyenne porte-à-porte.	7. Plus d'1h30	
Opinion à propos des politiques de mobilité Dans quelle mesure êtes-vous d'accord ou pas d'accord avec les affirmations suivantes ? Veuillez répondre sur une échelle allant de « 1 – Pas du tout d'accord » à « 7 – Tout à fait d'accord ».		
Les politiques de mobilité devraient donner la priorité à la marche et au vélo dans les zones urbaines.	Échelle de préférence allant de 1 (pas du tout d'accord) à 7 (tout à fait d'accord).	Score d'appréciation considéré comme une perception favorable : de 5 à 7. Score d'appréciation considéré comme une perception défavorable : de 1 à 4
Les infrastructures publiques liées au vélo devraient avoir la priorité sur les infrastructures liées à la voiture.	Échelle de préférence allant de 1 (pas du tout d'accord) à 7 (tout à fait d'accord).	Score d'appréciation considéré comme une perception favorable : de 5 à 7. Score d'appréciation considéré comme une perception défavorable : de 1 à 4
Nous ne devrions pas créer de nouvelles zones de circulation à 30 km/h dans les zones urbaines.	Échelle de préférence allant de 1 (pas du tout d'accord) à 7 (tout à fait d'accord).	Score d'appréciation considéré comme une perception favorable : de 1 à 3. Score d'appréciation considéré comme une perception défavorable : de 4 à 7
Nous devrions créer davantage d'autoroutes cyclables (pistes cyclables larges et rapides pouvant couvrir des distances de plusieurs kilomètres).	Échelle de préférence allant de 1 (pas du tout d'accord) à 7 (tout à fait d'accord).	Score d'appréciation considéré comme une perception favorable : de 5 à 7. Score d'appréciation considéré comme une perception défavorable : de 1 à 3

B. Statistiques descriptives des résultats de l'enquête PDE UCLouvain 2021

Question	Total	Cyclistes principaux	Cyclistes secondaires	Non cyclistes	Khi² observé (α=0,05)	p-valeur (Khi²)
Informations sociodémographiques						
Genre					22,73	<0,001
- Femmes	1016	70	136	810		
- Hommes	837	95	153	589		
- Autre	18	2	3	13		
Âge					18,51[c]	<0,001[10]
Toutes les classes (moyenne ± écart-type)	40,68 ans ± 12,09	40,76 ans ±12,01	42,11 ans ± 12,84	39,30 ans ± 12,01		
- < 21 ans	2	0	0	2		
- 21-25 ans	165	18	34	113		
- 26-30 ans	340	22	59	259		
- 31-40 ans	448	43	74	331		
- 41-50 ans	411	25	55	331		
- 51-60 ans	400	44	56	300		
- 61-65 ans	87	14	12	14		
- > 65 ans	18	1	2	15		
Résidez-vous avec un ou plusieurs enfant(s) de moins de 18 ans ?					3,641	0,162
- Oui	702	74	109	519		
- Non	1169	93	183	893		

Suite du tableau à la page suivante

[10] Les deux personnes appartenant à la catégorie « moins de 21 ans » ont été fusionnées avec la catégorie « 21-25 ans » pour l'analyse de la p-valeur et du Khi² observé

Habitudes de déplacement						
Mode(s) secondaire(s)					94,674	<0,001
- Voiture	318	84	70	164		
- Marche	356	42	97	217		
- Transports en commun	420	13	100	307		
- Moto	22	3	3	16		
- Micromobilité	0	0	0	0		
Covoiturage ?[11]					10,372	0,0056
- Non	694	0	72	622		
- Oui, avec un ou plusieurs membre(s) de la famille	260	0	47	213		
- Oui	36	0	4	32		
Distances domicile – travail					316,575	<0,001
Toutes les classes (moyenne ± écart-type)	24,03 km ± 21,09	7,44 km ± 7,09	22,15 km ± 21,12	26,39 km ± 21,28		
- < 2 km	230	28	32	170		
- 2-5 km	155	58	35	62		
- 6-10 km	224	49	40	135		
- 11-15 km	164	15	31	118		
- 16-20 km	125	5	11	109		
- 21-30 km	393	9	67	317		
- > 30 km	580	3	76	501		

Suite du tableau à la page suivante

[11] Cette question n'a été adressée qu'aux répondant·e·s ayant choisi la voiture comme mode principal, expliquant l'absence de cyclistes principaux dans la répartition des réponses

Durée de trajet domicile – travail					127,689	<0,001
Toutes les classes (moyenne ± écart-type)	35,47 min ± 23,8	22,60 min ± 15,77	37,64 min ± 26,7	36,55 min ± 23,5		
- < 15 min	393	57	67	269		
- 15-30 min	547	73	84	390		
- 31-45 min	345	22	28	295		
- 46-60 min	293	10	51	232		
- 1h - 1h15	158	3	33	122		
- 1h15-1h30	85	2	15	68		
- > 1h30	50	0	14	36		
Opinion à propos des politiques de mobilité						
Perception positive	638	105	144	389	118,572	0,001
Perception négative	1233	62	148	1023		

C. Résultats détaillés de la grille d'analyse pour chaque intersection

Accessibility	Vital domain	Perception	Motility	Main transport mode	N answers
Yes	Yes	Yes	Yes	Bicycle	54
Yes	Yes	Yes	Yes	Pedestrian	50
Yes	Yes	Yes	Yes	Car	33
Yes	Yes	Yes	Yes	Public transport	14
Yes	Yes	Yes	Yes	Motorbike	0
Yes	Yes	Yes	No	Bicycle	6
Yes	Yes	Yes	No	Pedestrian	6
Yes	Yes	Yes	No	Car	9
Yes	Yes	Yes	No	Public transport	0
Yes	Yes	Yes	No	Motorbike	0
Yes	Yes	No	Yes	Bicycle	27
Yes	Yes	No	Yes	Pedestrian	115
Yes	Yes	No	Yes	Car	203
Yes	Yes	No	Yes	Public transport	22
Yes	Yes	No	Yes	Motorbike	1
Yes	No	Yes	Yes	Bicycle	37
Yes	No	Yes	Yes	Pedestrian	14
Yes	No	Yes	Yes	Car	78
Yes	No	Yes	Yes	Public transport	19
Yes	No	Yes	Yes	Motorbike	1
No	Yes	Yes	Yes	Bicycle	3
No	Yes	Yes	Yes	Pedestrian	0
No	Yes	Yes	Yes	Car	61
No	Yes	Yes	Yes	Public transport	135
No	Yes	Yes	Yes	Motorbike	1
Yes	Yes	No	No	Bicycle	4

Suite du tableau à la page suivante

Yes	Yes	No	No	Pedestrian	4
Yes	Yes	No	No	Car	24
Yes	Yes	No	No	Public transport	1
Yes	Yes	No	No	Motorbike	0
Yes	No	Yes	No	Bicycle	2
Yes	No	Yes	No	Pedestrian	1
Yes	No	Yes	No	Car	1
Yes	No	Yes	No	Public transport	0
Yes	No	Yes	No	Motorbike	0
No	Yes	Yes	No	Bicycle	1
No	Yes	Yes	No	Pedestrian	0
No	Yes	Yes	No	Car	3
No	Yes	Yes	No	Public transport	3
No	Yes	Yes	No	Motorbike	0
No	Yes	No	Yes	Bicycle	2
No	Yes	No	Yes	Pedestrian	2
No	Yes	No	Yes	Car	249
No	Yes	No	Yes	Public transport	148
No	Yes	No	Yes	Motorbike	2
No	No	Yes	Yes	Bicycle	2
No	No	Yes	Yes	Pedestrian	0
No	No	Yes	Yes	Car	61
No	No	Yes	Yes	Public transport	40
No	No	Yes	Yes	Motorbike	0
Yes	No	No	Yes	Bicycle	26
Yes	No	No	Yes	Pedestrian	24
Yes	No	No	Yes	Car	160
Yes	No	No	Yes	Public transport	25
Yes	No	No	Yes	Motorbike	3
No	No	No	Yes	Bicycle	1

Suite du tableau à la page suivante

No	No	No	Yes	Pedestrian	0
No	No	No	Yes	Car	54
No	No	No	Yes	Public transport	99
No	No	No	Yes	Motorbike	0
No	No	Yes	No	Bicycle	0
No	No	Yes	No	Pedestrian	0
No	No	Yes	No	Car	1
No	No	Yes	No	Public transport	2
No	No	Yes	No	Motorbike	0
No	Yes	No	No	Bicycle	0
No	Yes	No	No	Pedestrian	0
No	Yes	No	No	Car	2
No	Yes	No	No	Public transport	15
No	Yes	No	No	Motorbike	0
Yes	No	No	No	Bicycle	1
Yes	No	No	No	Pedestrian	4
Yes	No	No	No	Car	2
Yes	No	No	No	Public transport	7
Yes	No	No	No	Motorbike	0
No	No	No	No	Bicycle	0
No	No	No	No	Pedestrian	0
No	No	No	No	Car	6
No	No	No	No	Public transport	0
No	No	No	No	Motorbike	0

D. Entretiens semi-dirigés

D.1. Mail de contact

« Bonjour,

Vous avez accepté d'être recontacté·e·s, suite à l'enquête de mobilité de l'UCLouvain en 2021, pour d'enquêtes de mobilité supplémentaires. Une recherche visant à identifier la perception des cyclistes concernant les aménagements cyclables et à intégrer celle-ci dans les simulations de temps de trajet est actuellement en cours. Dans le cadre de celle-ci, je suis à la recherche de personnes effectuant des trajets utilitaires à vélo (domicile-travail par exemple) qui accepteraient de me partager leur itinéraire et de répondre à quelques questions sur celui-ci.

L'objectif est de valider la simulation d'itinéraire à vélo entre le domicile (à l'échelle de la rue) et le lieu de travail/études en considérant les préférences des usagers en termes d'aménagements cyclables. Cette participation vous demandera un échange de 3-4 mails ou si préféré, une rencontre de 30 min (face to face ou teams).

Si vous souhaitez participer à cette recherche en aidant à la validation du modèle construit, vous avez la possibilité de communiquer par retour de mail le trajet que vous effectuez (avez effectué) à vélo pour vous rendre sur votre lieu de travail/étude.

Vous pouvez me communiquer ce trajet via un tracé GPX/GPS, un itinéraire Google Maps (un tuto est proposé en pièce jointe de ce mail), en listant les directions prises ou tout autre format désiré. Ces informations seront anonymisées et ne serviront qu'à des fins de validation de modèle.

Un grand merci pour votre participation ! Pour toute information complémentaire, vous pouvez envoyer un e-mail à l'adresse suivante : barbara.stinglhamber@uclouvain.be

Barbara STINGLHAMBER. »

D.2. Carnet d'entretien semi-dirigé

- Combien de trajets effectuez-vous par semaine (selon les saisons) ?
- Pour quelles raisons ne venez-vous pas à vélo le reste du temps ?
- Qu'est-ce qui vous motive à pédaler ?
- Quels sont les critères que vous placez en priorité pour avoir construit cet itinéraire ?
    - La sécurité (quelle est la plus grande source d'insécurité selon vous ?),
    - Rapidité
    - Dénivelé
    - Agréabilité (quelles sont les parties les plus agréables sur votre itinéraire ?)
- Suivez-vous d'autres itinéraires que celui-ceux que vous avez envoyé ?
- Si oui, à quelle fréquence changez-vous d'itinéraires et pour quelles raisons ?
- Y a-t-il d'autres aspects à propos de votre itinéraire que vous aimeriez communiquer ? Ou par rapport à votre ressenti des aménagements cyclables en présence sur votre itinéraire ?
- Où parquez-vous votre vélo ? Pour quelles raisons ?

E. Nombre d'emplacements parking vélo selon les bâtiments UCLouvain

Bâtiments UCLouvain	**Nombre d'emplacements à maximum 1 minute à pied (recommandations UWE)**	**Nombre d'emplacements à maximum 2 minutes à pied**	**Nombre d'emplacements à maximum 4 minutes à pied**
AGRO	38	52	126
Administration centrale	13	77	157
DRT, ESPO	104	255	282
EPL, LOCI	42	128	140
FIAL, TECO, PSP	31	93	267
FSM	0	0	8
SC	50	165	208

F. Données complètes relatives aux des trajets simulés et de référence

F.1. Longueurs des trajets

Name_code	Entretien	Cycliste	Cyclable	Komoot	Google
B1	5695,13	4151,91	4159,86	6069,09	4184,03
D1	4053,79	3974,03	3863,84	4266,45	3994,06
D2	5605,24	4666,50	4666,50	5152,01	4860,72
H1	1633,63	1209,77	1294,33	1633,63	1279,80
K1	6918,62	6643,85	6643,85	7508,80	7344,85
L1	1150,33	1150,33	1150,33	1150,32	1150,33
J1	5282,35	5282,35	5282,35	5282,35	5282,35
L1	5672,22	5722,26	5261,94	6181,43	5916,91
L2	4398,44	3474,31	3747,28	3768,65	4087,67
M1	15170,28	13169,76	13169,76	14051,81	13934,63
R1	18712,96	16540,96	16491,95	18478,62	19039,93
R2	8878,33	6767,57	6756,65	7613,66	7924,40
R3	6641,69	6764,69	6924,50	7245,36	7158,47
T1	32613,93	34717,10	30338,79	32588,90	30696,52
V1	7549,31	7549,31	7441,94	7483,08	7483,08
R4	3613,96	3659,73	3576,15	3586,25	3748,66
N1	6206,58	5751,88	5751,88	6997,01	6406,66
R5	6048,74	5943,76	5943,76	6222,01	6492,36
B2	5117,14	4778,95	4778,95	5845,91	4860,54
D3	20865,98	19993,70	19993,70	22069,58	22496,85
B3	5464,09	5432,21	5409,50	5464,94	5871,05
O1	22280,15	21886,32	21746,66	22157,82	26504,93
H2	3185,01	3325,50	2998,34	3191,54	3109,83
S1	2384,77	2204,75	2203,76	2389,59	2365,34
V2	6941,87	6549,64	6549,64	7226,37	7313,01
H3	6374,10	6341,41	5017,66	5320,82	5966,72
G1	9003,54	7538,16	7428,64	8714,89	8462,07

F.2. Similitudes des trajets

Name_code	Entretien	Cycliste	Cyclable	Komoot	Google
B1	5695,13	1332,49	1332,49	3386,04	1372,07
D1	4053,79	2985,91	2351,85	2077,33	1450,02
D2	5605,24	1659,74	1659,74	1165,25	1602,99
H1	1633,63	169,46	154,47	1648,22	0,00
K1	6918,62	2639,45	2639,45	1341,12	3949,58
L1	1150,33	1150,33	1150,33	1150,33	1150,33
J1	5282,35	5282,35	5282,35	5311,59	5311,59
L1	5672,22	3878,60	3492,60	1690,02	2151,36
L2	4398,44	1263,71	1263,70	980,14	0,00
M1	15170,28	5796,39	5796,39	1550,98	1550,98
R1	18712,96	6817,90	6817,90	8074,38	9975,52
R2	8878,33	2498,41	2498,41	2043,11	5366,69
R3	6641,69	2799,36	156,14	635,96	1650,00
T1	32613,93	2906,05	1488,53	29592,41	1098,55
V1	7549,31	7549,31	7123,40	7530,94	7530,94
R4	3613,96	1773,15	587,18	39,50	260,46
N1	6206,58	4562,55	4562,55	1467,33	4241,90
R5	6048,74	5943,76	5943,76	2269,76	1774,95
B2	5117,14	1836,78	1836,78	267,80	1432,07
D3	20865,98	15581,33	15581,33	8098,28	8098,28
B3	5464,09	4946,76	4946,76	5444,76	4565,90
O1	22280,15	19276,70	18765,49	16908,34	9401,81
H2	3185,01	1466,01	1185,89	929,61	2252,75
S1	2384,77	798,84	798,84	557,39	1533,71
V2	6941,87	3833,46	3833,46	2744,22	1417,56
H3	6374,10	2514,71	243,16	562,73	5450,80
G1	9003,54	132,74	132,74	0,61	132,74

G. Données complètes relatives aux bifurcations des trajets simulés

		Bifurcations			
Name_code	Entretien (m)	Cycliste	Cyclable	Komoot	Google
B1	5695,13	1	1	1	1
D1	4053,79	2	1	3	2
D2	5605,24	3	3	3	4
H1	1633,63	2	1	0	1
K1	6918,62	4	4	2	3
L1	1150,33	0	0	0	0
J1	5282,35	0	0	0	0
L1	5672,22	3	3	3	3
L2	4398,44	1	1	1	1
M1	15170,28	2	2	3	3
R1	18712,96	2	2	3	3
R2	8878,33	4	4	3	4
R3	6641,69	5	1	2	5
T1	32613,93	4	2	4	2
V1	7549,31	0	1	1	1
R4	3613,96	2	2	2	2
N1	6206,58	2	2	2	2
R5	6048,74	1	1	2	1
B2	5117,14	3	3	3	3
D3	20865,98	3	3	2	2
B3	5464,09	1	1	0	2
O1	22280,15	2	3	3	3
H2	3185,01	2	2	3	2
S1	2384,77	1	1	2	1
V2	6941,87	3	3	2	3
H3	6374,10	3	2	2	2
G1	9003,54	1	1	1	1

H. Liste des entreprises affichant un potentiel du vélo haut non réalisé

Id : Identifiant du site de l'entreprise, N_empl : Nombre d'employé·e·s, Motil : Score de motilité, Percep : Score de perception, Access : Score d'accessibilité, DV : Score de domaine vital, Pvélo : Potentiel du vélo, Préal : Potentiel réalisé

Id	N_empl	Motil	Percep	Access	DV	Pvélo	Préal	Priorité d'action
2000063685	409	0.60	0.63	0.73	0.73	0.27	0.05	Haut potentiel non réalisé
2000173751	43	0.70	0.25	0.51	0.51	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé
2002536591	94	0.45	0.25	0.65	0.65	0.07	0.16	Haut potentiel non réalisé
2002857879	74	0.40	0.38	0.41	0.41	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2002963886	128	0.70	0.50	0.55	0.55	0.15	0.10	Haut potentiel non réalisé
2003019811	51	0.80	0.75	0.31	0.31	0.18	0.00	Haut potentiel non réalisé
2003215690	152	0.70	0.13	0.74	0.74	0.06	0.21	Haut potentiel non réalisé
2003483332	234	0.60	0.25	0.82	0.82	0.12	0.00	Haut potentiel non réalisé
2003487785	138	0.50	0.75	0.51	0.51	0.19	0.15	Haut potentiel faiblement réalisé
2003491448	193	0.80	0.75	0.34	0.34	0.20	0.13	Haut potentiel faiblement réalisé
2003679411	154	0.80	0.38	0.46	0.46	0.14	0.14	Haut potentiel non réalisé
2003729790	95	0.70	0.44	0.47	0.47	0.12	0.09	Haut potentiel non réalisé
2003974171	151	0.60	0.50	0.25	0.25	0.07	0.51	Haut potentiel non réalisé
2004018812	96	0.60	0.63	0.25	0.25	0.09	0.56	Haut potentiel non réalisé
2004261213	85	0.60	0.56	0.58	0.58	0.19	0.19	Haut potentiel non réalisé
2004843411	106	0.60	0.25	0.62	0.62	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé
2005002470	77	0.70	0.13	0.68	0.68	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2005002767	36	0.60	0.25	0.50	0.50	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2005241804	102	0.40	0.50	0.49	0.49	0.10	0.00	Haut potentiel non réalisé
2005286146	39	0.40	0.63	0.67	0.67	0.17	0.15	Haut potentiel non réalisé
2005287730	41	0.50	0.50	0.66	0.66	0.16	0.30	Haut potentiel non réalisé
2005287928	49	0.50	0.38	0.49	0.49	0.09	0.46	Haut potentiel non réalisé
2005978311	42	0.20	0.81	0.38	0.38	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2005983754	34	0.50	0.25	0.88	0.88	0.11	0.27	Haut potentiel non réalisé
2006279605	87	0.20	0.50	0.63	0.63	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2006771533	128	0.60	0.75	0.63	0.63	0.28	0.05	Haut potentiel non réalisé
2006993049	180	0.60	0.50	0.51	0.51	0.14	0.04	Haut potentiel non réalisé
2007413911	436	0.60	0.50	0.62	0.62	0.15	0.14	Haut potentiel non réalisé
2011714771	35	0.20	0.75	0.63	0.63	0.09	0.30	Haut potentiel non réalisé
2012407134	368	0.80	0.50	0.17	0.17	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2013177590	41	0.70	0.88	0.78	0.78	0.48	0.41	Haut potentiel faiblement réalisé
2013794729	38	0.50	0.38	0.74	0.74	0.13	1.19	Haut potentiel faiblement réalisé
2014416420	173	0.60	0.50	0.38	0.38	0.11	0.66	Haut potentiel non réalisé
2014921810	107	0.65	0.31	0.56	0.56	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé
2018016605	483	0.80	0.38	0.39	0.39	0.10	0.74	Haut potentiel faiblement réalisé
2019417957	1034	0.60	0.38	0.68	0.68	0.14	0.05	Haut potentiel non réalisé
2020016585	919	0.60	0.63	0.51	0.51	0.19	0.01	Haut potentiel non réalisé
2020637880	162	0.60	0.75	0.58	0.58	0.26	0.07	Haut potentiel non réalisé
2020767445	141	0.70	0.38	0.54	0.54	0.12	0.18	Haut potentiel non réalisé
2021651630	102	0.35	0.31	0.75	0.75	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2021665288	154	0.65	0.50	0.73	0.73	0.23	0.03	Haut potentiel non réalisé
2023693479	110	0.80	0.38	0.35	0.35	0.10	0.09	Haut potentiel non réalisé
2024135028	53	0.90	0.25	0.32	0.32	0.07	0.28	Haut potentiel non réalisé
2024509368	197	0.70	0.31	0.44	0.44	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé
2024581822	143	0.50	0.38	0.64	0.64	0.12	0.17	Haut potentiel non réalisé
2027405710	191	0.70	0.44	0.59	0.59	0.17	0.12	Haut potentiel non réalisé
2028168941	54	0.30	0.38	0.61	0.61	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2028170030	47	0.30	0.38	0.79	0.79	0.09	0.25	Haut potentiel non réalisé
2028171119	49	0.50	0.50	0.71	0.71	0.17	0.61	Haut potentiel non réalisé
2028605639	189	0.70	0.31	0.59	0.59	0.12	0.04	Haut potentiel non réalisé
2029123105	96	0.70	0.50	0.17	0.17	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2030139625	156	0.50	0.38	0.42	0.42	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2030757356	127	0.30	0.81	0.61	0.61	0.15	0.00	Haut potentiel non réalisé
2030821593	66	0.30	0.63	0.92	0.92	0.17	0.09	Haut potentiel non réalisé
2032173259	1259	0.70	0.38	0.48	0.48	0.12	0.26	Haut potentiel non réalisé
2032563932	51	0.60	0.38	0.35	0.35	0.08	0.52	Haut potentiel faiblement réalisé
2034827495	205	0.60	0.38	0.45	0.45	0.08	0.29	Haut potentiel non réalisé
2035780075	195	0.60	0.69	0.49	0.49	0.18	0.12	Haut potentiel non réalisé
2037370578	135	0.40	0.63	0.80	0.80	0.20	0.00	Haut potentiel non réalisé
2037613375	124	0.60	0.25	0.56	0.56	0.08	0.10	Haut potentiel non réalisé
2038433818	344	0.60	0.25	0.60	0.60	0.09	0.24	Haut potentiel non réalisé
2039956916	507	0.70	0.25	0.80	0.80	0.14	0.13	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2042115264	99	0.60	0.25	0.61	0.61	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé
2044315283	170	0.60	0.69	0.38	0.38	0.16	0.08	Haut potentiel non réalisé
2044623210	34	0.50	0.63	0.38	0.38	0.10	0.00	Haut potentiel non réalisé
2046525596	198	0.60	0.50	0.46	0.46	0.13	0.08	Haut potentiel non réalisé
2050145676	226	0.60	0.50	0.25	0.25	0.07	0.06	Haut potentiel non réalisé
2051084992	153	0.80	0.50	0.16	0.16	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2051093209	300	0.50	0.19	0.65	0.65	0.06	0.06	Haut potentiel non réalisé
2053497720	656	0.60	0.25	0.50	0.50	0.07	0.06	Haut potentiel non réalisé
2053686176	100	0.50	0.38	0.63	0.63	0.12	0.09	Haut potentiel non réalisé
2056992292	48	0.40	0.25	0.65	0.65	0.06	0.36	Haut potentiel non réalisé
2057824217	47	0.60	0.75	0.60	0.60	0.25	0.09	Haut potentiel non réalisé
2060065016	92	0.50	0.25	0.50	0.50	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2060065610	134	0.20	0.38	0.69	0.69	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2060066204	184	0.30	0.50	0.70	0.70	0.10	0.06	Haut potentiel non réalisé
2060069469	182	0.60	0.50	0.77	0.77	0.23	0.00	Haut potentiel non réalisé
2060069568	67	0.40	0.75	0.72	0.72	0.21	0.21	Haut potentiel non réalisé
2060069766	141	0.40	0.31	0.82	0.82	0.10	0.07	Haut potentiel non réalisé
2060069964	111	0.30	0.50	0.66	0.66	0.09	0.21	Haut potentiel non réalisé
2060070657	126	0.30	0.75	0.43	0.43	0.08	0.28	Haut potentiel non réalisé
2060071152	104	0.40	0.63	0.72	0.72	0.16	0.06	Haut potentiel non réalisé
2060071251	110	0.40	0.63	0.65	0.65	0.15	0.06	Haut potentiel non réalisé
2060071350	101	0.30	0.63	0.45	0.45	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2060072934	54	0.20	0.50	0.94	0.94	0.09	0.20	Haut potentiel non réalisé
2060073033	189	0.50	0.63	0.49	0.49	0.15	0.07	Haut potentiel non réalisé
2060090651	179	0.60	0.75	0.64	0.64	0.28	0.04	Haut potentiel non réalisé
2060351957	72	0.40	0.38	0.93	0.93	0.14	0.00	Haut potentiel non réalisé
2060898820	69	0.70	0.81	0.57	0.57	0.31	0.19	Haut potentiel faiblement réalisé
2060899018	136	0.70	0.88	0.65	0.65	0.39	0.32	Haut potentiel faiblement réalisé
2061025514	53	0.20	1.00	0.64	0.64	0.13	0.00	Haut potentiel non réalisé
2061026603	69	0.40	1.00	0.62	0.62	0.25	0.00	Haut potentiel non réalisé
2061029670	37	0.10	1.00	0.73	0.73	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2061037786	176	0.20	1.00	0.54	0.54	0.10	0.11	Haut potentiel non réalisé
2061039172	122	0.10	1.00	0.64	0.64	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2061065995	54	0.60	1.00	0.83	0.83	0.48	0.16	Haut potentiel faiblement réalisé
2061072430	155	0.10	1.00	0.73	0.73	0.07	0.46	Haut potentiel non réalisé
2061073321	97	0.20	1.00	0.46	0.46	0.08	0.26	Haut potentiel non réalisé
2061073717	107	0.20	1.00	0.71	0.71	0.13	0.21	Haut potentiel non réalisé
2061073915	95	0.20	1.00	0.75	0.75	0.12	0.36	Haut potentiel non réalisé
2061076289	37	0.60	1.00	0.59	0.59	0.32	0.08	Haut potentiel non réalisé
2061079853	74	0.10	1.00	0.80	0.80	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé
2061086583	36	0.20	1.00	0.89	0.89	0.17	0.17	Haut potentiel non réalisé
2061087573	77	0.40	1.00	0.73	0.73	0.27	0.05	Haut potentiel non réalisé
2061092127	38	0.20	1.00	0.53	0.53	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé
2061105785	184	0.20	1.00	0.72	0.72	0.12	0.22	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2061110438	177	0.30	1.00	0.54	0.54	0.15	0.38	Haut potentiel non réalisé
2065393779	31	0.30	1.00	0.42	0.42	0.13	0.00	Haut potentiel non réalisé
2065398432	33	0.40	0.50	0.55	0.55	0.11	0.00	Haut potentiel non réalisé
2066060210	373	0.65	0.56	0.41	0.41	0.15	0.09	Haut potentiel non réalisé
2068591514	130	0.60	0.69	0.41	0.41	0.16	0.00	Haut potentiel non réalisé
2070201516	118	0.60	0.50	0.21	0.21	0.06	0.14	Haut potentiel non réalisé
2073225045	539	0.70	0.63	0.17	0.17	0.05	1.86	Haut potentiel non réalisé
2075208496	148	0.50	0.31	0.47	0.47	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2078898654	66	0.60	0.38	0.36	0.36	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2080707210	103	0.70	0.50	0.57	0.57	0.20	0.05	Haut potentiel non réalisé
2081073038	71	0.40	0.38	0.86	0.86	0.13	0.00	Haut potentiel non réalisé
2082509034	223	0.50	0.63	0.40	0.40	0.12	0.40	Haut potentiel faiblement réalisé
2082813001	189	0.60	0.75	0.23	0.23	0.10	1.45	Haut potentiel non réalisé
2084820406	127	0.50	0.63	0.39	0.39	0.12	0.13	Haut potentiel non réalisé
2085247107	348	0.65	0.31	0.43	0.43	0.08	0.04	Haut potentiel non réalisé
2093011461	368	0.60	0.56	0.59	0.59	0.17	0.20	Haut potentiel non réalisé
2093011857	393	0.60	0.38	0.25	0.25	0.06	0.14	Haut potentiel non réalisé
2093458453	107	0.60	0.25	0.68	0.68	0.10	0.09	Haut potentiel non réalisé
2093753116	39	0.50	0.25	0.77	0.77	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé
2093811712	116	0.60	0.44	0.27	0.27	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2094464976	112	0.60	0.25	0.61	0.61	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé
2095147639	57	0.65	0.50	0.16	0.16	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2098406344	90	0.70	0.13	0.68	0.68	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2102045428	1004	0.80	0.75	0.13	0.13	0.07	0.49	Haut potentiel non réalisé
2102207655	446	0.60	0.63	0.26	0.26	0.07	0.06	Haut potentiel non réalisé
2102668802	78	0.60	0.38	0.72	0.72	0.11	0.12	Haut potentiel non réalisé
2102780153	162	0.65	0.25	0.44	0.44	0.07	0.28	Haut potentiel non réalisé
2102846766	131	0.60	0.38	0.65	0.65	0.14	0.00	Haut potentiel non réalisé
2102968710	88	0.60	0.63	0.50	0.50	0.18	0.00	Haut potentiel non réalisé
2102971975	309	0.80	0.38	0.56	0.56	0.17	0.10	Haut potentiel non réalisé
2102973361	227	0.70	0.63	0.49	0.49	0.21	0.12	Haut potentiel non réalisé
2102973559	207	0.70	0.63	0.31	0.31	0.13	0.04	Haut potentiel non réalisé
2102974252	100	0.60	0.50	0.41	0.41	0.11	0.09	Haut potentiel non réalisé
2103146080	124	0.60	0.50	0.35	0.35	0.10	0.58	Haut potentiel non réalisé
2103208834	105	0.80	0.38	0.45	0.45	0.13	0.00	Haut potentiel non réalisé
2104343041	338	0.50	0.44	0.71	0.71	0.15	0.00	Haut potentiel non réalisé
2104345615	337	0.60	0.13	0.90	0.90	0.07	0.09	Haut potentiel non réalisé
2104350761	217	0.30	0.38	0.83	0.83	0.09	0.05	Haut potentiel non réalisé
2104350860	313	0.40	0.63	0.83	0.83	0.20	0.03	Haut potentiel non réalisé
2104372735	63	0.50	0.88	0.59	0.59	0.22	0.07	Haut potentiel non réalisé
2104687687	35	0.40	0.38	0.51	0.51	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2104690558	54	0.50	0.63	0.48	0.48	0.12	0.00	Haut potentiel non réalisé
2104701842	46	0.90	0.50	0.37	0.37	0.17	0.00	Haut potentiel non réalisé
2104711146	57	0.60	0.38	0.40	0.40	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2104889310	222	0.60	0.25	0.80	0.80	0.12	0.19	Haut potentiel non réalisé
2104935632	333	0.70	0.75	0.39	0.39	0.20	0.02	Haut potentiel non réalisé
2104936127	37	0.40	0.38	0.57	0.57	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé
2105442804	1039	0.60	0.25	0.38	0.38	0.05	0.16	Haut potentiel non réalisé
2105735584	274	0.70	0.50	0.58	0.58	0.19	0.06	Haut potentiel non réalisé
2106583741	833	0.80	1.00	0.25	0.25	0.18	0.04	Haut potentiel non réalisé
2106583840	544	0.80	1.00	0.15	0.15	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé
2110650021	47	0.20	0.50	0.68	0.68	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2110650120	30	0.30	0.50	0.90	0.90	0.12	0.00	Haut potentiel non réalisé
2110652989	49	0.10	0.75	0.82	0.82	0.06	0.35	Haut potentiel non réalisé
2111589535	87	0.60	0.94	0.17	0.17	0.09	0.13	Haut potentiel non réalisé
2111592010	695	0.60	0.94	0.75	0.75	0.41	0.06	Haut potentiel non réalisé
2111592109	48	0.50	0.94	0.40	0.40	0.19	0.00	Haut potentiel non réalisé
2113696019	185	0.70	0.50	0.29	0.29	0.10	1.34	Haut potentiel faiblement réalisé
2123931695	196	0.90	0.63	0.11	0.11	0.06	0.17	Haut potentiel non réalisé
2127742807	50	0.60	0.38	0.76	0.76	0.16	0.00	Haut potentiel non réalisé
2127743005	58	0.40	0.63	0.64	0.64	0.16	0.22	Haut potentiel non réalisé
2127743302	52	0.60	0.38	0.52	0.52	0.11	0.00	Haut potentiel non réalisé
2127743597	36	0.40	0.38	0.83	0.83	0.12	0.23	Haut potentiel non réalisé
2127743696	41	0.40	0.50	0.90	0.90	0.17	0.00	Haut potentiel non réalisé
2127743795	39	0.40	0.63	0.85	0.85	0.17	0.30	Haut potentiel faiblement réalisé
2127743894	30	0.60	0.50	0.67	0.67	0.20	0.33	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2127743993	37	0.40	0.50	0.81	0.81	0.15	0.56	Haut potentiel faiblement réalisé
2127746468	59	0.40	0.63	0.66	0.66	0.15	0.34	Haut potentiel faiblement réalisé
2127748844	57	0.50	0.38	0.77	0.77	0.14	0.48	Haut potentiel non réalisé
2127748943	43	0.45	0.50	0.77	0.77	0.17	0.54	Haut potentiel non réalisé
2127749042	54	0.40	0.38	0.83	0.83	0.12	0.45	Haut potentiel non réalisé
2127749240	49	0.60	0.38	0.61	0.61	0.13	0.15	Haut potentiel non réalisé
2127749339	53	0.30	0.38	0.70	0.70	0.08	0.25	Haut potentiel non réalisé
2127749438	48	0.30	0.50	0.60	0.60	0.09	0.46	Haut potentiel non réalisé
2127749537	62	0.40	0.38	0.68	0.68	0.09	0.36	Haut potentiel non réalisé
2127749735	46	0.50	0.75	0.52	0.52	0.18	0.61	Haut potentiel faiblement réalisé
2127750923	40	0.40	0.88	0.75	0.75	0.18	0.41	Haut potentiel non réalisé
2127751121	70	0.40	0.38	0.81	0.81	0.10	0.28	Haut potentiel non réalisé
2127751220	34	0.30	0.75	0.82	0.82	0.17	0.17	Haut potentiel non réalisé
2127751517	58	0.40	0.88	0.81	0.81	0.28	0.43	Haut potentiel faiblement réalisé
2127751616	65	0.60	0.50	0.69	0.69	0.21	0.59	Haut potentiel non réalisé
2127751913	68	0.50	0.38	0.72	0.72	0.12	0.48	Haut potentiel non réalisé
2127752012	60	0.50	0.38	0.47	0.47	0.06	0.56	Haut potentiel non réalisé
2127752210	36	0.40	0.75	0.44	0.44	0.12	0.24	Haut potentiel non réalisé
2127752309	51	0.50	0.50	0.53	0.53	0.11	0.18	Haut potentiel non réalisé
2127752408	50	0.30	1.00	0.84	0.84	0.23	0.26	Haut potentiel non réalisé
2127752507	56	0.50	0.38	0.45	0.45	0.08	1.07	Haut potentiel non réalisé
2127753891	30	0.50	0.38	0.50	0.50	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2127753990	43	0.50	0.38	0.40	0.40	0.07	0.33	Haut potentiel non réalisé
2127755673	38	0.20	0.50	0.68	0.68	0.06	1.74	Haut potentiel faiblement réalisé
2127755772	70	0.40	0.88	0.73	0.73	0.25	0.41	Haut potentiel faiblement réalisé
2127755970	66	0.40	1.00	0.85	0.85	0.34	0.49	Haut potentiel faiblement réalisé
2127756069	42	0.40	0.88	0.57	0.57	0.18	0.68	Haut potentiel faiblement réalisé
2127756267	48	0.30	0.88	0.75	0.75	0.20	1.38	Haut potentiel non réalisé
2127756861	49	0.40	0.50	0.71	0.71	0.14	0.00	Haut potentiel non réalisé
2127757158	33	0.40	0.38	0.64	0.64	0.05	0.61	Haut potentiel faiblement réalisé
2133050388	194	0.80	0.44	0.53	0.53	0.19	0.00	Haut potentiel non réalisé
2133051774	31	0.30	0.63	0.32	0.32	0.06	1.07	Haut potentiel non réalisé
2135000385	82	0.80	0.63	0.27	0.27	0.13	0.10	Haut potentiel non réalisé
2135863883	30	0.30	0.63	0.83	0.83	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé
2136662154	591	0.60	0.38	0.43	0.43	0.10	0.03	Haut potentiel non réalisé
2136666312	538	0.70	0.38	0.36	0.36	0.09	0.24	Haut potentiel non réalisé
2136701647	1002	0.60	0.75	0.71	0.71	0.31	0.02	Haut potentiel non réalisé
2137474578	227	0.50	0.75	0.82	0.82	0.28	0.00	Haut potentiel non réalisé
2137578706	43	0.50	0.38	0.44	0.44	0.08	0.28	Haut potentiel non réalisé
2137656207	180	0.70	0.44	0.50	0.50	0.15	0.04	Haut potentiel non réalisé
2138058558	146	0.60	0.63	0.29	0.29	0.09	0.15	Haut potentiel non réalisé
2138143977	327	0.60	0.25	0.39	0.39	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138144076	455	0.60	0.25	0.34	0.34	0.05	0.17	Haut potentiel non réalisé
2138144175	118	0.60	0.25	0.37	0.37	0.05	0.33	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2138144373	40	0.50	0.25	0.40	0.40	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138152588	49	0.55	0.38	0.37	0.37	0.07	0.45	Haut potentiel non réalisé
2138157241	60	0.40	0.63	0.40	0.40	0.10	0.44	Haut potentiel faiblement réalisé
2138157439	34	0.20	0.63	0.47	0.47	0.06	0.77	Haut potentiel non réalisé
2138158528	18	0.70	0.38	0.28	0.28	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138158627	39	0.50	0.38	0.44	0.44	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138158825	29	0.70	0.38	0.45	0.45	0.12	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138158924	13	0.45	0.25	0.46	0.46	0.05	1.75	Haut potentiel non réalisé
2138159122	19	0.70	0.50	0.32	0.32	0.11	1.01	Haut potentiel faiblement réalisé
2138172780	345	0.80	0.38	0.22	0.22	0.07	0.04	Haut potentiel non réalisé
2138172978	53	0.60	0.63	0.23	0.23	0.08	0.44	Haut potentiel non réalisé
2138174364	45	0.60	0.38	0.33	0.33	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138174463	31	0.50	0.50	0.35	0.35	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138174760	30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.13	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138176443	163	0.40	0.38	0.45	0.45	0.06	0.10	Haut potentiel non réalisé
2138184559	258	0.60	0.50	0.34	0.34	0.10	1.25	Haut potentiel faiblement réalisé
2138184658	43	0.60	0.88	0.30	0.30	0.15	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138191487	1152	0.70	0.25	0.33	0.33	0.06	0.23	Haut potentiel non réalisé
2138191883	47	0.50	0.75	0.43	0.43	0.08	0.53	Haut potentiel faiblement réalisé
2138191982	47	0.50	0.75	0.57	0.57	0.22	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138194358	51	0.50	0.75	0.25	0.25	0.10	0.21	Haut potentiel non réalisé
2138207226	33	0.40	0.38	0.55	0.55	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2138207523	39	0.50	0.25	0.74	0.74	0.09	0.28	Haut potentiel non réalisé
2138211778	105	0.40	0.75	0.50	0.50	0.14	0.42	Haut potentiel non réalisé
2138211976	680	0.60	0.38	0.70	0.70	0.14	0.05	Haut potentiel non réalisé
2138212075	436	0.60	0.38	0.70	0.70	0.15	0.08	Haut potentiel non réalisé
2138236128	50	0.50	0.75	0.68	0.68	0.25	0.24	Haut potentiel faiblement réalisé
2138243452	704	0.75	0.44	0.49	0.49	0.14	0.13	Haut potentiel non réalisé
2138244046	45	0.60	0.50	0.78	0.78	0.22	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138244145	44	0.60	0.50	0.75	0.75	0.23	0.20	Haut potentiel non réalisé
2138245927	99	0.50	0.25	0.52	0.52	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138264337	95	0.70	0.25	0.67	0.67	0.11	0.10	Haut potentiel non réalisé
2138274136	43	0.50	0.38	0.30	0.30	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138281163	50	0.90	0.25	0.26	0.26	0.05	0.74	Haut potentiel non réalisé
2138282747	1980	0.40	0.44	0.73	0.73	0.11	0.04	Haut potentiel non réalisé
2138282846	448	0.30	0.31	0.69	0.69	0.06	0.04	Haut potentiel non réalisé
2138294526	38	0.70	0.38	0.63	0.63	0.17	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138304127	56	0.45	0.63	0.50	0.50	0.14	0.40	Haut potentiel non réalisé
2138311748	1691	0.70	0.38	0.36	0.36	0.09	0.04	Haut potentiel non réalisé
2138325804	114	0.60	0.38	0.39	0.39	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138352429	191	0.40	0.38	0.66	0.66	0.10	0.16	Haut potentiel non réalisé
2138368661	129	0.80	0.50	0.52	0.52	0.20	0.08	Haut potentiel non réalisé
2138370938	139	0.60	0.63	0.39	0.39	0.15	0.25	Haut potentiel non réalisé
2138388754	1106	0.70	0.13	0.61	0.61	0.05	0.02	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2138389051	1118	0.70	0.50	0.69	0.69	0.24	0.01	Haut potentiel non réalisé
2138389150	45	0.20	0.63	0.73	0.73	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138408253	247	0.60	0.88	0.41	0.41	0.20	0.06	Haut potentiel non réalisé
2138408352	2314	0.60	1.00	0.64	0.64	0.37	0.03	Haut potentiel non réalisé
2138408550	265	0.60	0.63	0.63	0.63	0.21	0.12	Haut potentiel non réalisé
2138409540	119	0.60	0.88	0.77	0.77	0.41	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138410035	60	0.65	0.38	0.60	0.60	0.15	0.11	Haut potentiel non réalisé
2138410233	400	0.70	0.50	0.53	0.53	0.18	0.28	Haut potentiel faiblement réalisé
2138410332	115	0.50	0.75	0.54	0.54	0.20	0.17	Haut potentiel non réalisé
2138442402	120	0.60	0.25	0.58	0.58	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138445370	138	0.80	0.13	0.61	0.61	0.06	0.12	Haut potentiel non réalisé
2138450716	147	0.60	0.38	0.52	0.52	0.12	0.40	Haut potentiel faiblement réalisé
2138451409	85	0.40	0.38	0.79	0.79	0.12	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138451508	61	0.60	0.38	0.36	0.36	0.07	0.25	Haut potentiel non réalisé
2138863757	504	0.50	0.81	0.41	0.41	0.11	0.07	Haut potentiel non réalisé
2138863955	89	0.55	0.69	0.48	0.48	0.18	0.00	Haut potentiel non réalisé
2138865440	135	0.50	0.25	0.90	0.90	0.10	0.00	Haut potentiel non réalisé
2142193530	30	0.70	0.13	0.70	0.70	0.06	1.09	Haut potentiel non réalisé
2142507987	78	0.60	0.38	0.71	0.71	0.16	0.16	Haut potentiel non réalisé
2142519766	115	0.55	0.38	0.72	0.72	0.12	0.07	Haut potentiel non réalisé
2142691594	31	0.20	1.00	0.61	0.61	0.12	0.26	Haut potentiel faiblement réalisé
2142707531	42	0.30	0.88	0.38	0.38	0.10	0.00	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2142744945	76	0.20	0.94	0.39	0.39	0.07	0.18	Haut potentiel non réalisé
2142892128	46	0.20	0.50	0.54	0.54	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2142983089	35	1.00	0.38	0.29	0.29	0.11	0.55	Haut potentiel non réalisé
2143072765	38	0.60	0.38	0.34	0.34	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143135915	57	0.40	0.50	0.82	0.82	0.14	0.13	Haut potentiel non réalisé
2143160659	38	0.50	0.38	0.42	0.42	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143181742	230	0.60	0.63	0.36	0.36	0.13	0.38	Haut potentiel non réalisé
2143185702	316	0.50	0.69	0.26	0.26	0.09	0.04	Haut potentiel non réalisé
2143218463	47	0.20	0.63	0.51	0.51	0.06	1.45	Haut potentiel non réalisé
2143219750	38	0.60	0.38	0.50	0.50	0.11	0.49	Haut potentiel non réalisé
2143221136	39	0.20	0.75	0.62	0.62	0.08	0.91	Haut potentiel non réalisé
2143224007	31	0.30	0.50	0.61	0.61	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143225193	41	0.30	0.63	0.61	0.61	0.10	1.45	Haut potentiel non réalisé
2143226282	35	0.50	0.38	0.86	0.86	0.13	0.44	Haut potentiel non réalisé
2143230737	54	0.40	0.50	0.87	0.87	0.17	0.43	Haut potentiel faiblement réalisé
2143316849	19	0.60	0.31	0.32	0.32	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143321403	45	0.60	0.38	0.42	0.42	0.10	0.96	Haut potentiel non réalisé
2143327341	270	0.80	0.38	0.30	0.30	0.09	0.63	Haut potentiel non réalisé
2143327935	4	0.20	0.63	0.50	0.50	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143339615	197	0.35	0.50	0.32	0.32	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143339714	130	0.45	0.56	0.28	0.28	0.06	0.40	Haut potentiel non réalisé
2143351689	94	0.70	0.25	0.29	0.29	0.05	2.34	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2143353570	35	0.40	0.50	0.69	0.69	0.14	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143353669	45	0.40	0.63	0.71	0.71	0.18	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143353768	20	0.40	0.63	0.90	0.90	0.23	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143355055	43	0.50	0.75	0.28	0.28	0.10	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143363270	169	0.50	0.25	0.52	0.52	0.06	0.10	Haut potentiel non réalisé
2143367230	38	0.60	0.25	0.87	0.87	0.13	0.20	Haut potentiel non réalisé
2143392469	382	0.70	0.25	0.61	0.61	0.11	0.02	Haut potentiel non réalisé
2143436120	132	0.70	0.13	0.65	0.65	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143436219	62	0.35	0.75	0.68	0.68	0.18	0.45	Haut potentiel non réalisé
2143478284	94	0.70	0.13	0.62	0.62	0.05	0.79	Haut potentiel non réalisé
2143478383	91	0.40	0.25	0.53	0.53	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143480363	746	0.70	0.50	0.75	0.75	0.26	0.01	Haut potentiel non réalisé
2143480561	363	0.70	0.31	0.47	0.47	0.10	0.08	Haut potentiel non réalisé
2143480759	754	0.60	0.50	0.59	0.59	0.16	0.06	Haut potentiel non réalisé
2143490558	44	0.50	0.69	0.32	0.32	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143563903	61	0.65	1.00	0.15	0.15	0.07	1.10	Haut potentiel faiblement réalisé
2143569049	72	0.70	0.13	0.61	0.61	0.05	0.53	Haut potentiel non réalisé
2143732167	64	0.60	0.38	0.61	0.61	0.14	0.12	Haut potentiel non réalisé
2143916764	36	0.40	0.25	0.61	0.61	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143924682	59	0.70	0.31	0.29	0.29	0.06	0.30	Haut potentiel non réalisé
2143963581	234	0.70	0.50	0.61	0.61	0.20	0.04	Haut potentiel non réalisé
2143963977	118	0.70	0.38	0.31	0.31	0.08	2.37	Haut potentiel faiblement réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2143964076	129	0.50	0.38	0.64	0.64	0.11	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143965858	78	0.55	0.25	0.46	0.46	0.05	1.25	Haut potentiel non réalisé
2143968135	82	0.50	0.50	0.32	0.32	0.07	0.18	Haut potentiel non réalisé
2143968333	116	0.70	0.25	0.36	0.36	0.06	0.15	Haut potentiel non réalisé
2143969422	34	0.40	0.38	0.76	0.76	0.11	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143971105	31	0.40	0.38	0.74	0.74	0.11	0.00	Haut potentiel non réalisé
2143971303	34	0.30	0.75	0.38	0.38	0.09	0.34	Haut potentiel non réalisé
2144041181	142	0.20	0.63	0.41	0.41	0.05	0.14	Haut potentiel non réalisé
2144041577	90	0.20	0.50	0.59	0.59	0.05	0.67	Haut potentiel non réalisé
2144042369	32	0.30	0.50	0.59	0.59	0.09	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144095621	52	0.90	0.75	0.15	0.15	0.10	0.19	Haut potentiel non réalisé
2144098193	69	0.70	0.88	0.38	0.38	0.23	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144099678	76	0.60	0.88	0.22	0.22	0.11	0.24	Haut potentiel non réalisé
2144100173	57	0.95	0.38	0.46	0.46	0.16	0.34	Haut potentiel non réalisé
2144123137	54	0.85	0.88	0.61	0.61	0.43	0.13	Haut potentiel non réalisé
2144124622	166	0.70	0.88	0.39	0.39	0.23	0.16	Haut potentiel non réalisé
2144125315	33	0.85	0.50	0.48	0.48	0.17	0.36	Haut potentiel non réalisé
2144136401	80	0.85	0.88	0.56	0.56	0.42	0.15	Haut potentiel faiblement réalisé
2144136894	40	0.95	0.50	0.55	0.55	0.24	0.11	Haut potentiel faiblement réalisé
2144187473	51	0.75	0.50	0.51	0.51	0.18	0.21	Haut potentiel non réalisé
2144188958	35	0.95	0.38	0.54	0.54	0.18	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144189750	71	0.80	0.38	0.25	0.25	0.08	0.37	Haut potentiel non réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2144191730	62	0.60	0.88	0.45	0.45	0.16	0.20	Haut potentiel faiblement réalisé
2144192621	279	0.95	0.38	0.36	0.36	0.12	0.12	Haut potentiel non réalisé
2144202816	82	0.85	0.38	0.41	0.41	0.11	0.11	Haut potentiel non réalisé
2144203707	109	0.80	0.50	0.49	0.49	0.19	0.05	Haut potentiel non réalisé
2144205388	71	0.85	0.50	0.52	0.52	0.22	0.32	Haut potentiel faiblement réalisé
2144224788	411	0.75	0.50	0.45	0.45	0.16	0.17	Haut potentiel faiblement réalisé
2144225283	34	0.90	0.63	0.53	0.53	0.30	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144226273	162	0.70	0.88	0.56	0.56	0.31	0.16	Haut potentiel non réalisé
2144226471	42	0.80	0.63	0.55	0.55	0.27	0.52	Haut potentiel faiblement réalisé
2144230134	283	0.85	0.88	0.25	0.25	0.18	0.10	Haut potentiel non réalisé
2144233005	50	0.65	0.50	0.30	0.30	0.07	0.28	Haut potentiel non réalisé
2144234686	366	0.90	0.50	0.49	0.49	0.22	0.16	Haut potentiel non réalisé
2144236567	75	0.95	0.38	0.19	0.19	0.06	0.22	Haut potentiel non réalisé
2144236963	99	0.90	0.38	0.31	0.31	0.10	0.53	Haut potentiel non réalisé
2144237755	61	0.85	0.38	0.31	0.31	0.08	0.39	Haut potentiel non réalisé
2144238349	102	0.90	0.50	0.52	0.52	0.22	0.49	Haut potentiel faiblement réalisé
2144239537	59	0.75	0.38	0.34	0.34	0.07	0.25	Haut potentiel non réalisé
2144241517	73	0.85	0.63	0.63	0.63	0.32	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144242210	137	0.80	0.50	0.45	0.45	0.18	0.12	Haut potentiel non réalisé
2144242309	122	0.85	0.50	0.30	0.30	0.13	0.78	Haut potentiel faiblement réalisé
2144242903	39	0.75	0.88	0.10	0.10	0.07	0.38	Haut potentiel non réalisé
2144243297	70	0.75	0.88	0.49	0.49	0.25	0.28	Haut potentiel faiblement réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2144243396	49	0.50	0.88	0.37	0.37	0.13	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144243891	61	0.95	0.63	0.16	0.16	0.10	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144246762	377	0.80	0.88	0.24	0.24	0.15	0.22	Haut potentiel non réalisé
2144246861	381	0.80	0.88	0.21	0.21	0.14	0.36	Haut potentiel non réalisé
2144250821	92	0.60	0.88	0.34	0.34	0.16	0.14	Haut potentiel non réalisé
2144251910	36	0.95	0.38	0.25	0.25	0.07	0.40	Haut potentiel non réalisé
2144307536	1462	0.70	0.13	0.63	0.63	0.05	0.05	Haut potentiel non réalisé
2144373753	925	0.70	0.75	0.62	0.62	0.32	0.17	Haut potentiel faiblement réalisé
2144375436	82	0.50	0.75	0.45	0.45	0.16	0.07	Haut potentiel non réalisé
2144411068	36	0.60	0.88	0.47	0.47	0.16	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144419184	40	0.40	1.00	0.65	0.65	0.26	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144426708	31	0.40	0.88	0.48	0.48	0.17	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144444425	77	0.60	0.63	0.64	0.64	0.24	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144559142	89	0.35	0.50	0.31	0.31	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144618233	3	0.40	0.63	1.00	1.00	0.25	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144618530	7	0.40	0.50	1.00	1.00	0.20	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144846578	58	0.70	0.56	0.21	0.21	0.07	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144847271	69	0.90	0.25	0.28	0.28	0.06	0.70	Haut potentiel non réalisé
2144853409	61	0.80	0.50	0.13	0.13	0.05	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144853508	47	0.40	0.50	0.36	0.36	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144854991	43	0.50	0.63	0.26	0.26	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2144855090	50	0.70	0.63	0.34	0.34	0.13	0.61	Haut potentiel faiblement réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2144945063	4631	0.70	0.38	0.59	0.59	0.15	0.24	Haut potentiel faiblement réalisé
2144945459	240	0.60	0.50	0.68	0.68	0.20	0.08	Haut potentiel non réalisé
2144945954	956	0.70	0.38	0.65	0.65	0.17	0.18	Haut potentiel non réalisé
2145917538	104	0.10	1.00	0.66	0.66	0.07	0.43	Haut potentiel non réalisé
2145918924	32	0.10	1.00	0.56	0.56	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2145980983	45	0.20	1.00	0.76	0.76	0.15	0.15	Haut potentiel non réalisé
2145981280	177	0.60	1.00	0.21	0.21	0.12	0.24	Haut potentiel non réalisé
2145986626	138	0.20	1.00	0.49	0.49	0.08	0.09	Haut potentiel non réalisé
2146007214	1123	0.30	1.00	0.43	0.43	0.11	0.06	Haut potentiel non réalisé
2146024931	78	0.10	1.00	0.76	0.76	0.08	0.17	Haut potentiel non réalisé
2146031760	48	0.30	1.00	0.79	0.79	0.23	0.00	Haut potentiel non réalisé
2146040173	78	0.40	1.00	0.49	0.49	0.13	0.19	Haut potentiel faiblement réalisé
2146040866	36	0.20	1.00	0.36	0.36	0.07	0.83	Haut potentiel non réalisé
2146367597	138	0.50	0.50	0.74	0.74	0.07	0.88	Haut potentiel non réalisé
2146424314	41	0.40	0.38	0.46	0.46	0.06	0.00	Haut potentiel non réalisé
2146449256	35	0.40	0.63	0.37	0.37	0.08	0.00	Haut potentiel non réalisé
2146500924	69	0.50	0.63	0.70	0.70	0.22	0.13	Haut potentiel non réalisé
2146702149	53	0.50	0.38	0.45	0.45	0.08	0.73	Haut potentiel non réalisé
2146704921	43	0.60	0.50	0.42	0.42	0.13	0.19	Haut potentiel non réalisé
2146731150	33	0.40	0.38	0.67	0.67	0.10	3.33	Haut potentiel non réalisé
2146759458	232	0.60	0.88	0.21	0.21	0.09	1.33	Haut potentiel faiblement réalisé
2146770841	1234	0.50	0.50	0.30	0.30	0.07	1.72	Haut potentiel faiblement réalisé

Suite du tableau à la page suivante

2146771237	400	0.50	0.75	0.18	0.18	0.06	0.31	Haut potentiel faiblement réalisé
2146771831	319	0.60	0.63	0.31	0.31	0.12	0.71	Haut potentiel non réalisé
2146800535	111	0.65	0.25	0.61	0.61	0.09	0.38	Haut potentiel non réalisé
2146804988	74	0.60	0.50	0.23	0.23	0.06	2.44	Haut potentiel non réalisé
2147205856	71	0.60	0.50	0.23	0.23	0.07	0.83	Haut potentiel faiblement réalisé
2147271182	146	0.60	0.69	0.73	0.73	0.30	0.02	Haut potentiel non réalisé

I. Résultats détaillés des scores de potentiel vélo pour chaque commune

Access : Score d'accessibilité, DV : Score de domaine vital, Percep : Score de Perception, Motil : Score de motilité

Pvélo : Score de potentiel du vélo

WC : scénario Wallo-cyclable, BdN : Scénario Boule de neige

NIS	Composantes				Pvélo	Objectifs de parts modales maximalistes		Objectifs de parts modales pragmatiques	
	Access	DV	Percep	Motil		WC	BdN	WC	BdN
25005	0,1379	0,6356	0,6099	0,7662	0,0410	4%	5%	3%	4%
25014	0,3047	0,7914	0,6310	0,7651	0,1164	12%	9%	8%	7%
25015	0,1575	0,7425	0,4608	0,7658	0,0413	4%	5%	3%	4%
25018	0,2242	0,6483	0,8281	0,7653	0,0921	9%	9%	6%	6%
25023	0,1481	0,6649	0,4839	0,7670	0,0365	4%	4%	3%	3%
25031	0,3264	0,6330	0,3571	0,7666	0,0566	6%	7%	4%	5%
25037	0,2324	0,6865	0,6583	0,7657	0,0804	8%	8%	6%	6%
25043	0,1219	0,5536	0,3321	0,7669	0,0172	2%	2%	1%	1%
25044	0,1307	0,6984	0,5508	0,7655	0,0385	4%	5%	3%	3%
25048	0,2440	0,6701	0,8532	0,7661	0,1069	11%	9%	7%	6%
25050	0,0904	0,6831	0,7974	0,7647	0,0377	4%	5%	3%	3%
25068	0,0868	0,7062	0,3016	0,7676	0,0142	2%	2%	1%	1%
25072	0,2896	0,7716	0,8611	0,7646	0,1471	15%	10%	10%	7%
25084	0,1437	0,5648	0,8278	0,7664	0,0515	5%	6%	4%	4%
25091	0,1407	0,7717	0,5676	0,7650	0,0471	5%	6%	3%	4%
25105	0,1692	0,7318	0,3702	0,7670	0,0352	4%	4%	2%	3%
25107	0,1979	0,6714	0,3982	0,7667	0,0406	4%	5%	3%	4%
25110	0,1855	0,7869	0,9509	0,7642	0,1061	11%	9%	7%	6%
25112	0,3148	0,7105	0,5983	0,7651	0,1024	10%	9%	7%	6%
25117	0,0947	0,7254	0,3738	0,7666	0,0197	2%	2%	1%	1%
25118	0,0524	0,7338	0,5212	0,7676	0,0154	2%	2%	2%	2%
25119	0,1998	0,7165	0,5998	0,7647	0,0657	7%	7%	5%	5%
25120	0,1611	0,6673	0,6193	0,7663	0,0510	5%	6%	4%	4%
25121	0,3166	0,7351	0,4602	0,7662	0,0821	8%	8%	6%	6%
25122	0,1467	0,5225	0,1666	0,7670	0,0098	2%	2%	1%	1%
25123	0,1328	0,7862	0,6313	0,7667	0,0505	5%	6%	4%	4%

Suite du tableau à la page suivante

25124	0,1126	0,7354	0,1834	0,7678	0,0117	2%	2%	2%	2%
51004	0,4348	0,6351	0,8671	0,7618	0,1824	18%	11%	13%	8%
51008	0,2265	0,6132	0,4139	0,7629	0,0439	4%	5%	3%	4%
51009	0,1882	0,7067	0,5540	0,7628	0,0562	6%	7%	4%	5%
51012	0,1111	0,6924	0,1281	0,7643	0,0075	2%	2%	1%	2%
51014	0,1411	0,6623	0,2956	0,7638	0,0211	2%	2%	2%	2%
51017	0,1501	0,7192	0,7368	0,7620	0,0606	6%	7%	4%	5%
51019	0,0859	0,7214	0,7378	0,7617	0,0348	3%	4%	2%	3%
51065	0,3594	0,5893	0,4240	0,7623	0,0685	7%	7%	5%	5%
51067	0,1457	0,7783	0,9851	0,7627	0,0852	9%	8%	6%	6%
51068	0,1725	0,6193	0,9723	0,7623	0,0792	8%	8%	6%	6%
51069	0,2646	0,6876	0,9626	0,7626	0,1336	13%	10%	9%	7%
52010	0,0990	0,7417	0,8625	0,7625	0,0483	5%	6%	3%	4%
52011	0,9163	0,7724	0,1491	0,7634	0,0806	8%	8%	6%	6%
52012	0,1632	0,7142	0,4341	0,7631	0,0386	4%	5%	3%	3%
52015	0,2025	0,7974	0,5795	0,7629	0,0714	7%	8%	5%	5%
52018	0,0801	0,6867	0,1275	0,7648	0,0054	2%	2%	1%	1%
52021	0,2262	0,6270	0,7597	0,7629	0,0822	8%	8%	6%	6%
52022	0,1416	0,7337	0,5483	0,7632	0,0435	4%	5%	3%	4%
52025	0,1742	0,6165	0,8632	0,7624	0,0707	7%	7%	5%	5%
52048	0,0972	0,7858	0,8349	0,7615	0,0485	5%	6%	3%	4%
52055	0,1882	0,7532	0,6268	0,7616	0,0677	7%	7%	5%	5%
52074	0,0995	0,7002	0,5569	0,7629	0,0296	3%	3%	2%	2%
52075	0,1339	0,6700	0,7618	0,7622	0,0521	5%	6%	4%	4%
53014	0,1212	0,7517	0,5598	0,7625	0,0389	4%	5%	3%	3%
53020	0,1468	0,7138	0,3995	0,7630	0,0319	3%	4%	2%	3%
53028	0,1434	0,6842	0,7004	0,7630	0,0525	5%	6%	4%	4%
53039	0,0808	0,6729	0,6761	0,7625	0,0280	3%	3%	2%	2%
53044	0,1638	0,7244	0,6777	0,7622	0,0613	6%	7%	4%	5%
53046	0,1185	0,6854	0,4880	0,7628	0,0302	3%	4%	2%	3%
53053	0,9729	0,6889	0,3107	0,7632	0,1589	16%	10%	11%	7%
53065	0,1019	0,7416	0,4069	0,7630	0,0234	2%	3%	2%	2%
53068	0,0603	0,6309	0,2262	0,7630	0,0066	2%	2%	1%	1%
53070	0,3251	0,7211	0,9168	0,7623	0,1639	16%	11%	11%	7%
53082	0,1014	0,7591	0,1123	0,7631	0,0066	2%	2%	1%	1%

Suite du tableau à la page suivante

53083	0,1174	0,5274	0,6853	0,7629	0,0324	3%	4%	2%	3%
53084	0,1723	0,5154	0,5838	0,7620	0,0395	4%	5%	3%	3%
55004	0,3167	0,7015	0,5407	0,7627	0,0916	9%	9%	6%	6%
55035	0,1596	0,6495	0,8367	0,7631	0,0662	7%	7%	5%	5%
55040	0,3415	0,7644	0,5485	0,7628	0,1092	11%	9%	8%	7%
55050	0,1636	0,7241	0,3995	0,7633	0,0361	4%	4%	3%	3%
55085	0,2547	0,7212	0,9679	0,7611	0,1353	14%	10%	9%	7%
55086	0,1265	0,7516	0,9422	0,7632	0,0684	7%	7%	5%	5%
56001	0,0823	0,7340	0,3039	0,7635	0,0140	2%	2%	2%	2%
56005	0,2484	0,5371	0,3712	0,7624	0,0378	4%	5%	3%	3%
56016	0,4739	0,5412	0,4702	0,7629	0,0920	9%	9%	6%	6%
56022	0,1394	0,5588	0,3609	0,7638	0,0215	2%	3%	2%	2%
56029	0,2206	0,5495	0,6371	0,7614	0,0588	6%	7%	4%	5%
56044	0,1122	0,5652	0,6865	0,7613	0,0332	3%	4%	2%	3%
56049	0,0776	0,6158	0,1565	0,7633	0,0057	2%	2%	1%	2%
56051	0,2033	0,6092	0,1714	0,7633	0,0162	2%	2%	1%	1%
56078	0,2731	0,6561	0,6554	0,7618	0,0895	9%	9%	6%	6%
56086	0,1739	0,6793	0,5265	0,7619	0,0474	5%	6%	3%	4%
56088	0,2307	0,6517	0,3493	0,7624	0,0400	4%	5%	3%	3%
57003	0,1535	0,6409	0,6488	0,7623	0,0486	5%	6%	3%	4%
57018	0,1570	0,5603	0,6386	0,7627	0,0429	4%	5%	3%	4%
57027	0,1326	0,5779	0,3462	0,7629	0,0202	2%	2%	1%	2%
57062	0,1114	0,5075	0,5571	0,7632	0,0240	2%	3%	2%	2%
57064	0,2326	0,6848	0,1544	0,7631	0,0188	2%	2%	1%	2%
57072	0,0679	0,6217	0,6754	0,7625	0,0218	2%	3%	2%	2%
57081	0,8871	0,6970	0,8722	0,7624	0,4111	41%	11%	29%	8%
57093	0,1434	0,5331	0,1946	0,7626	0,0113	2%	2%	1%	2%
57094	0,2244	0,6619	0,5330	0,7628	0,0604	6%	7%	4%	5%
57095	0,0834	0,5531	0,5740	0,7627	0,0202	2%	2%	1%	2%
57096	0,2826	0,8192	0,9949	0,7629	0,1757	18%	11%	12%	8%
57097	0,2233	0,7425	1,0000	0,7629	0,1265	13%	10%	9%	7%
58001	0,4837	0,7190	0,9915	0,7634	0,2633	26%	11%	18%	8%
58002	0,2736	0,7093	0,4692	0,7621	0,0694	7%	7%	5%	5%
58003	0,1896	0,5416	0,8401	0,7630	0,0658	7%	7%	5%	5%
58004	0,1258	0,7341	0,7982	0,7627	0,0562	6%	7%	4%	5%

Suite du tableau à la page suivante

61003	0,1806	0,6586	0,4968	0,7670	0,0453	5%	6%	3%	4%
61010	0,0987	0,4410	0,4734	0,7677	0,0158	2%	2%	1%	1%
61012	0,1948	0,6315	0,4942	0,7671	0,0466	5%	6%	3%	4%
61019	0,2421	0,5165	0,2381	0,7665	0,0228	2%	3%	2%	2%
61024	0,1271	0,5869	0,8141	0,7655	0,0465	5%	6%	3%	4%
61028	0,1176	0,5764	0,1341	0,7685	0,0070	2%	2%	2%	2%
61031	0,2633	0,6986	0,8657	0,7661	0,1220	12%	9%	9%	7%
61039	0,1197	0,7520	0,3071	0,7673	0,0212	2%	2%	1%	2%
61041	0,1451	0,6584	0,3628	0,7669	0,0266	3%	3%	2%	2%
61043	0,1122	0,5019	0,6990	0,7650	0,0301	3%	4%	2%	2%
61048	0,1151	0,6715	0,3893	0,7661	0,0230	2%	3%	2%	2%
61063	0,0669	0,5818	0,4682	0,7670	0,0140	2%	2%	1%	1%
61068	0,1048	0,6261	0,2769	0,7674	0,0139	2%	2%	2%	2%
61072	0,2157	0,6676	0,7629	0,7663	0,0842	8%	8%	6%	6%
61079	0,1260	0,5798	0,4240	0,7661	0,0237	2%	3%	2%	2%
61080	0,1190	0,6282	0,1588	0,7679	0,0091	2%	2%	1%	1%
61081	0,0924	0,5920	0,4212	0,7665	0,0177	2%	2%	1%	1%
62003	0,1221	0,7187	0,5274	0,7665	0,0355	4%	4%	2%	3%
62006	0,0884	0,6353	0,8570	0,7654	0,0368	4%	4%	3%	3%
62009	0,4255	0,6322	0,3902	0,7662	0,0804	8%	8%	6%	6%
62011	0,1644	0,5827	0,4208	0,7663	0,0309	3%	4%	2%	3%
62015	0,0558	0,7686	0,2972	0,7667	0,0098	2%	2%	1%	1%
62022	0,2068	0,7093	0,8418	0,7643	0,0944	9%	9%	7%	6%
62026	0,1095	0,7076	0,2478	0,7665	0,0147	2%	2%	1%	1%
62027	0,1352	0,5901	0,4409	0,7664	0,0270	3%	3%	2%	2%
62032	0,2669	0,7457	0,6526	0,7649	0,0993	10%	9%	7%	6%
62038	0,1041	0,6967	0,8035	0,7649	0,0446	4%	6%	3%	4%
62051	0,2009	0,7280	0,1335	0,7675	0,0150	2%	2%	2%	2%
62060	0,1049	0,6227	0,7776	0,7661	0,0389	4%	5%	3%	3%
62063	0,8284	0,7758	0,3447	0,7672	0,1700	17%	11%	12%	7%
62079	0,1928	0,7259	0,8559	0,7659	0,0918	9%	9%	6%	6%
62093	0,0638	0,7597	0,2476	0,7677	0,0092	2%	2%	1%	1%
62096	0,3409	0,8195	0,3556	0,7675	0,0762	8%	8%	5%	5%
62099	0,1454	0,6505	0,2952	0,7662	0,0214	2%	2%	2%	2%
62100	0,3275	0,6988	0,5421	0,7662	0,0951	10%	9%	7%	6%

Suite du tableau à la page suivante

62108	0,2004	0,6318	0,6512	0,7661	0,0632	6%	7%	4%	5%
62118	0,1702	0,7102	0,2219	0,7673	0,0206	2%	2%	1%	2%
62119	0,1447	0,6040	0,7316	0,7656	0,0490	5%	6%	3%	4%
62120	0,2482	0,7469	0,6719	0,7669	0,0955	10%	9%	7%	6%
62121	0,1734	0,6602	0,8365	0,7645	0,0732	7%	8%	5%	5%
62122	0,1588	0,6532	0,2671	0,7671	0,0213	2%	2%	1%	2%
63001	0,4313	0,7154	0,2662	0,7670	0,0630	6%	7%	4%	5%
63003	0,0783	0,6933	0,9414	0,7654	0,0391	4%	5%	3%	3%
63004	0,2165	0,7326	0,3645	0,7667	0,0443	4%	6%	3%	4%
63012	0,5021	0,6696	0,3377	0,7665	0,0870	9%	9%	6%	6%
63013	0,3579	0,7140	0,7396	0,7662	0,1448	14%	10%	10%	7%
63020	0,0887	0,7480	0,1397	0,7694	0,0071	2%	2%	2%	2%
63023	0,3397	0,8543	0,6652	0,7665	0,1480	15%	10%	10%	7%
63035	0,2359	0,6328	0,4727	0,7666	0,0541	5%	6%	4%	4%
63038	0,4107	0,7399	0,5818	0,7660	0,1354	14%	10%	9%	7%
63040	0,1276	0,5723	0,7299	0,7662	0,0408	4%	5%	3%	4%
63045	0,3340	0,6380	0,4434	0,7665	0,0724	7%	8%	5%	5%
63046	0,1134	0,6402	0,6652	0,7668	0,0370	4%	4%	3%	3%
63048	0,1075	0,6467	0,1467	0,7673	0,0078	2%	2%	2%	2%
63049	0,4785	0,6998	0,8025	0,7658	0,2058	21%	11%	14%	8%
63057	0,0754	0,6610	0,7775	0,7661	0,0297	3%	4%	2%	2%
63058	0,1394	0,7003	0,2587	0,7672	0,0194	2%	2%	2%	2%
63061	0,2733	0,6345	0,5341	0,7662	0,0710	7%	8%	5%	5%
63067	0,5203	0,6321	0,6376	0,7666	0,1607	16%	10%	11%	7%
63072	0,2226	0,8167	0,9733	0,7647	0,1353	14%	10%	9%	7%
63073	0,3822	0,8196	0,1183	0,7666	0,0284	3%	3%	2%	2%
63075	0,4496	0,5472	0,7669	0,7658	0,1445	14%	10%	10%	7%
63076	0,4457	0,6840	0,6345	0,7658	0,1481	15%	10%	10%	7%
63079	0,2534	0,7299	0,2498	0,7679	0,0355	4%	4%	2%	3%
63080	0,3315	0,6357	0,1364	0,7670	0,0221	2%	3%	2%	2%
63084	0,0977	0,7014	0,4933	0,7668	0,0259	3%	3%	2%	2%
63086	0,2743	0,6478	0,6646	0,7660	0,0905	9%	9%	6%	6%
63087	0,3440	0,6013	0,3515	0,7668	0,0557	6%	6%	4%	5%
63088	0,2242	0,6842	0,5632	0,7668	0,0663	7%	7%	5%	5%
63089	0,1038	0,6467	0,3012	0,7672	0,0155	2%	2%	1%	2%

Suite du tableau à la page suivante

64008	0,0401	0,7599	0,3493	0,7679	0,0082	2%	2%	2%	2%
64015	0,1327	0,5233	0,6256	0,7672	0,0333	3%	4%	2%	3%
64021	0,0469	0,7579	0,8079	0,7656	0,0220	2%	3%	2%	2%
64023	0,0586	0,5998	0,5241	0,7667	0,0141	2%	2%	2%	2%
64025	0,0543	0,7177	0,2771	0,7669	0,0083	2%	2%	1%	2%
64029	0,0649	0,5832	0,5214	0,7671	0,0151	2%	2%	1%	1%
64034	0,2652	0,6432	0,8631	0,7661	0,1128	11%	9%	8%	7%
64047	0,0441	0,6588	0,6269	0,7665	0,0140	2%	2%	1%	1%
64056	0,0605	0,7252	0,6081	0,7666	0,0205	2%	2%	2%	2%
64063	0,0570	0,7197	0,3959	0,7663	0,0124	2%	2%	1%	1%
64065	0,0959	0,6314	0,8162	0,7670	0,0379	4%	5%	3%	3%
64074	0,1168	0,7464	0,8422	0,7650	0,0562	6%	7%	4%	5%
64075	0,0608	0,4720	0,2509	0,7678	0,0055	2%	2%	1%	1%
64076	0,0750	0,5763	0,1487	0,7670	0,0049	2%	2%	1%	1%
81001	0,5322	0,6933	0,6713	0,7683	0,1903	19%	11%	13%	8%
81003	0,2293	0,6053	0,3186	0,7695	0,0340	3%	4%	2%	3%
81004	0,2025	0,6041	0,3466	0,7685	0,0326	3%	4%	2%	3%
81013	0,1287	0,5918	0,3397	0,7702	0,0199	2%	2%	2%	2%
81015	0,1975	0,6229	0,7485	0,7680	0,0707	7%	8%	5%	5%
82003	0,5086	0,7140	0,6228	0,7690	0,1739	17%	11%	12%	7%
82005	0,2853	0,6719	0,1177	0,7707	0,0174	2%	2%	2%	2%
82009	0,2520	0,5963	0,6277	0,7701	0,0726	7%	8%	5%	5%
82014	0,5410	0,6425	0,6005	0,7680	0,1603	16%	10%	11%	7%
82032	0,5218	0,6795	0,4804	0,7674	0,1307	13%	10%	9%	7%
82036	0,3726	0,6361	0,3421	0,7706	0,0625	6%	7%	4%	5%
82037	0,4762	0,6220	0,1218	0,7684	0,0277	3%	3%	2%	2%
82038	0,3051	0,6330	0,3977	0,7690	0,0591	6%	7%	4%	5%
83012	0,6312	0,6206	0,6720	0,7663	0,2017	20%	11%	14%	8%
83013	0,2791	0,6038	0,7931	0,7658	0,1024	10%	9%	7%	6%
83028	0,1858	0,6322	0,2666	0,7681	0,0241	2%	3%	2%	2%
83031	0,5144	0,6595	0,8615	0,7660	0,2238	22%	11%	16%	8%
83034	0,4354	0,6965	0,5259	0,7673	0,1224	12%	10%	9%	7%
83040	0,3178	0,6046	0,1145	0,7687	0,0169	2%	2%	2%	2%
83044	0,2347	0,7224	0,2516	0,7678	0,0327	3%	4%	2%	3%
83049	0,2880	0,6998	0,5247	0,7679	0,0812	8%	8%	6%	6%

Suite du tableau à la page suivante

83055	0,4162	0,6411	0,1141	0,7688	0,0234	2%	3%	2%	2%
84009	0,4920	0,6974	0,6252	0,7678	0,1647	16%	11%	12%	7%
84010	0,6929	0,6501	0,5224	0,7654	0,1801	18%	11%	13%	8%
84016	0,2187	0,5890	0,4739	0,7674	0,0468	5%	6%	3%	4%
84029	0,2247	0,5592	0,2791	0,7678	0,0269	3%	3%	2%	2%
84033	0,4815	0,6957	0,1138	0,7715	0,0294	3%	3%	2%	2%
84035	0,5056	0,5586	0,2156	0,7685	0,0468	5%	6%	3%	4%
84043	0,3433	0,6764	0,3467	0,7699	0,0620	6%	7%	4%	5%
84050	0,3477	0,6281	0,2492	0,7678	0,0418	4%	5%	3%	4%
84059	0,3960	0,6915	0,6996	0,7678	0,1471	15%	10%	10%	7%
84068	0,1915	0,6202	0,5291	0,7677	0,0482	5%	6%	3%	4%
84075	0,2321	0,5772	0,8252	0,7667	0,0848	8%	8%	6%	6%
84077	0,5959	0,6129	0,4826	0,7687	0,1355	14%	10%	9%	7%
85007	0,3773	0,6690	0,6745	0,7676	0,1307	13%	10%	9%	7%
85009	0,2841	0,6420	0,4272	0,7693	0,0599	6%	7%	4%	5%
85011	0,4917	0,6469	0,8372	0,7656	0,2039	20%	11%	14%	8%
85024	0,1899	0,5848	0,4404	0,7678	0,0376	4%	5%	3%	3%
85026	0,1129	0,5803	0,1262	0,7689	0,0064	2%	2%	2%	2%
85034	0,1422	0,5684	0,4958	0,7689	0,0308	3%	4%	2%	3%
85039	0,2731	0,5719	0,2430	0,7698	0,0292	3%	3%	2%	2%
85045	0,3792	0,6622	0,8403	0,7673	0,1619	16%	10%	11%	7%
85046	0,3202	0,6596	0,5829	0,7692	0,0947	9%	9%	7%	6%
85047	0,0844	0,4978	0,2200	0,7678	0,0071	2%	2%	2%	2%
91005	0,2920	0,6338	0,5530	0,7648	0,0783	8%	8%	5%	6%
91013	0,5218	0,5286	0,5255	0,7649	0,1109	11%	9%	8%	7%
91015	0,3874	0,6508	0,2765	0,7650	0,0533	5%	6%	4%	4%
91030	0,5142	0,6738	0,7702	0,7648	0,2041	20%	11%	14%	8%
91034	0,3857	0,6969	0,6985	0,7636	0,1434	14%	10%	10%	7%
91054	0,4984	0,6084	0,6153	0,7641	0,1426	14%	10%	10%	7%
91059	0,2240	0,5860	0,1344	0,7671	0,0135	2%	2%	2%	2%
91064	0,2652	0,5628	0,6713	0,7658	0,0767	8%	8%	5%	6%
91072	0,3446	0,5157	0,1232	0,7653	0,0168	2%	2%	1%	2%
91103	0,1845	0,5293	0,1417	0,7654	0,0106	2%	2%	2%	2%
91114	0,4890	0,6416	0,5352	0,7647	0,1284	13%	10%	9%	7%
91120	0,2827	0,5609	0,3339	0,7660	0,0406	4%	5%	3%	4%

Suite du tableau à la page suivante

91141	0,2792	0,6467	0,2563	0,7649	0,0354	4%	4%	2%	3%
91142	0,2329	0,5580	0,8195	0,7622	0,0812	8%	8%	6%	6%
91143	0,5017	0,5419	0,7640	0,7606	0,1580	16%	10%	11%	7%
92003	0,4071	0,5940	0,5419	0,7655	0,1003	10%	9%	7%	6%
92006	0,2459	0,6608	0,2422	0,7665	0,0302	3%	4%	2%	3%
92035	0,2595	0,4804	0,5099	0,7656	0,0487	5%	6%	3%	4%
92045	0,1796	0,6243	0,4762	0,7651	0,0408	4%	5%	3%	4%
92048	0,2082	0,7002	0,2241	0,7654	0,0250	3%	3%	2%	2%
92054	0,2396	0,6511	0,4752	0,7658	0,0568	6%	7%	4%	5%
92087	0,3784	0,6006	0,5539	0,7650	0,0963	10%	9%	7%	6%
92094	1,0000	0,6641	0,8063	0,7646	0,4094	41%	11%	29%	8%
92097	0,1463	0,5516	0,1421	0,7666	0,0088	2%	2%	2%	2%
92101	0,2252	0,6169	0,8457	0,7643	0,0898	9%	9%	6%	6%
92114	0,1152	0,6012	0,6340	0,7657	0,0336	3%	4%	2%	3%
92137	0,2051	0,7385	0,7167	0,7648	0,0830	8%	8%	6%	6%
92138	0,1926	0,5354	0,2355	0,7666	0,0186	2%	2%	2%	2%
92140	0,2214	0,6619	0,1255	0,7656	0,0141	2%	2%	2%	2%
92141	0,1434	0,6269	0,6220	0,7656	0,0428	4%	5%	3%	4%
92142	0,3377	0,6719	0,4113	0,7657	0,0714	7%	8%	5%	5%
93010	0,2310	0,6354	0,1407	0,7649	0,0158	2%	2%	2%	2%
93014	0,6009	0,5522	0,6709	0,7636	0,1700	17%	11%	12%	7%
93018	0,1848	0,4272	0,4815	0,7636	0,0290	3%	3%	2%	2%
93022	0,3613	0,5784	0,2160	0,7650	0,0345	3%	4%	2%	3%
93056	0,3505	0,4433	0,3576	0,7639	0,0424	4%	5%	3%	4%
93088	0,3454	0,5413	0,5778	0,7640	0,0825	8%	8%	6%	6%
93090	0,4277	0,5874	0,0000	0,7626	0,0000	2%	2%	2%	2%

Liste des publications

Stinglhamber B., Hanin, Y. & Defourny, P. (2024) Assessing Cycling Potential using a Prospective Bikeability Analytical Framework. Submitted in *International Journal of Sustainable Transportation*.

Stinglhamber, B., Decoene, T., Hanin, Y. & Defourny, P. (2024) Impact des infrastructures cyclables sur la circulation des vélos, le choix des itinéraires et l'accessibilité des territoires : Étude de cas pour Louvain-la-Neuve, Belgique. Soumis dans *Recherche Transports Sécurité (RTS)*.

Stinglhamber, B., Decoene, T., Defourny, P. & Hanin, Y. Bike to work? Potentiel de report modal vers le vélo pour les déplacements domicile-travail en Wallonie, Belgique. *En préparation*.

Stinglhamber, B., Defourny, P. & Hanin, Y. Potentiel du velo comme moyen de transport, analyse à l'échelle des communes de Wallonie, Belgique. *En préparation*.

Présentations orales – Poster

Stinglhamber, B. (2021). The city with a bicycle metric: a solution for urban densification in Wallonia? *Poster at ELI-Day 2021*

Stinglhamber B., (2021). Comment établir un suivi de la pratique quotidienne du vélo ? *Poster au colloque CPDT 2021*

Stinglhamber, B. (2022). Vers un observatoire de la mobilité cyclable. *Poster et présentation orale à l'International Geographical Congress 2022*

Stinglhamber, B. (2022). La ville à la métrique cyclable, une solution à la densification urbaine en Wallonie ? *Présentation orale à la conference on interdisciplinary and transdisciplinary research for Sustainable Development 2022*

Stinglhamber, B. (2023). Quelles métriques pertinentes pour accompagner l'émergence de la mobilité cyclable ? *Présentation orale aux 24^{e} Rencontres Internationales en Urbanisme de l'Association pour la Promotion de l'Enseignement et de la Recherche en Aménagement et Urbanisme (APERAU).*

Stinglhamber, B. (2023). Quelles métriques pertinentes pour accompagner l'émergence de la mobilité cyclable ? *Présentation orale à la Journée d'étude villes petites et moyennes en transition : Quels enjeux, pratiques et modèles de proximités ?*

Stinglhamber, B. (2024). l'accessibilité des territoires wallons vécue par les cyclistes. *Poster au colloque CPDT 2024*.

Stinglhamber, B. (2024). Developing a prospective bikeability analytical framework for assessing modal shift potential. *Présentation orale au 35 th International Geographical Congress 2024*.

Stinglhamber, B. (2024). Le potentiel du vélo comme moyen de transport. *Poster à la journée Portes de la Transition UCLouvain*.

Stinglhamber, B. (2024). Pourquoi pas le vélo ? Analyse du potentiel du vélo comme moyen de transport pour un outil d'aide à la décision pour les politiques de mobilité en Wallonie. *Table ronde Pro Vélo Mobile organisée par Pro Vélo et le Service Public de Wallonie*.