



HAL
open science

Adaptation d'une offre de transport : l'utilisation des floating mobile data

Benoît Weckner

► **To cite this version:**

Benoît Weckner. Adaptation d'une offre de transport : l'utilisation des floating mobile data. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2023. dumas-04438517

HAL Id: dumas-04438517

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04438517>

Submitted on 5 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Adaptation d'une offre de transport : l'utilisation des Floating Mobile Data

Mémoire de fin d'études 2022-2023

Diplôme d'ingénieur de l'École nationale des travaux publics de l'État
Mention Master Transports Urbains et Régionaux de Personnes

ENTPE

Département Transport

Université Lumière Lyon 2

Faculté de Sciences

Économiques et Gestion

Stage réalisé chez

Traject

Du 10/04/23 au 25/08/23

Présenté par

Benoit WECKNER

Soutenu le

14 Septembre 2023



Notice analytique

AUTEUR			
Nom	Weckner		
Prénom	Benoit		
ORGANISME D'ACCUEIL			
Nom de l'organisme et Localité	Traject, Bruxelles, Belgique		
Nom du Tuteur	Hain Marie		
ANALYSE DU TFE			
Titre (français)	Adaptation d'une offre de transport : l'utilisation des Floating Mobile Data		
Titre (anglais)	Adjustment of a transport offer: the use of Floating Mobile Data		
Résumé (français)	<p>Ce document présente la restructuration du réseau de transports publics de la métropole de Charleroi en Wallonie en Belgique, un territoire vaste, contrasté, enclin à l'étalement urbain et à la domination de l'autosolisme. Cette adaptation passe par une refonte des niveaux de services de lignes préexistantes, notamment en zone urbaine où l'offre doit se vouloir plus compétitive que la voiture particulière, en assurant des hauts niveaux de service. Une attention est également portée sur la zone rurale où les FMD sont utilisées pour proposer une offre structurante régulière mais aussi à la demande. L'aspect environnemental est également traité par le biais de l'impact carbone de la mise en place d'une ligne de transport public.</p>		
Résumé (anglais)	<p>This paper is dedicated to the restructuring of the public transport network of the Charleroi Metropole in Wallonia, Belgium, a rather vast and contrasted area, facing urban sprawl and solo driving's supremacy. This adjustment means a total redesign of the level of service of pre-existing lines, especially in the urban area, where the transport offer must be more competitive than private cars, demanding high level of service. The transport offer of the rural area is also studied with the use of FMD, to provide a structural regular offer but also an on-demand service. The environmental aspect is also considered by calculating the carbon impact of the implementation of a public transport line.</p>		
Mots-clés (français, 5 maxi)	FMD, Niveaux de service, Transports publics, Coût carbone		
Mots-clés (anglais, 5 maxi)	FMD, Level of service, Public Transport, Carbon cost		
Termes géographiques (français)			
COLLATION			
	Nb de pages	Nb d'annexes (nb de pages)	Nb de réf. biblio.
	64	2	46

Déclaration de travail personnel

Je déclare que ce rapport constitue l'aboutissement d'un travail personnel et ne peut être suspecté de plagiat.

Le travail présenté distingue explicitement ce que j'ai produit de ce que j'ai emprunté à d'autres. A ce titre, les citations sont clairement identifiables et les sources (écrits, images) qui ont alimentées ma réflexion sont référencées.

Sommaire

Notice analytique	1
Déclaration de travail personnel	2
Sommaire	3
Liste des tableaux, figures et équation	4
1 Introduction	6
2 Contexte	9
2.1 Présentation du territoire d'étude	9
2.2 Transports.....	13
3 Mise en place des niveaux de service zone urbaine	20
3.1 Création d'une Zone à Haut Niveau de Service.....	20
3.2 Niveaux de service du métro et BHNS : Méthode Benchmark	26
3.3 Une refonte du réseau urbain à partir de données Floating Mobile Data ?	31
4 Complémentarité de l'offre : que proposer en zone rurale ?.....	35
4.1 Réseau express et intercommunal	35
4.2 Le transport à la demande : la solution complémentaire ?	47
4.3 Evolution des émissions de GES	54
5 Conclusion	59
6 Bibliographie	60
7 Annexes	65
Table des matières	67

Liste des tableaux, figures et équation

- Tableaux

Tableau 1 : Comparaison de l'offre disponible selon le territoire (source des données interne)	24
Tableau 2 : Comparaison de l'utilisation de l'offre TEC selon le territoire (source des données interne) ..	24
Tableau 3 : Nombre de trains par jour de semaine dans les gares de la ZHNS.....	25
Tableau 4 : Nombre de trains par jour de semaine.....	25
Tableau 5 : Comparaison offre/demande SNCB.....	25
Tableau 6 : Extrait du Benchmark des métros légers/trams européens pour la ligne M1/M2.....	28
Tableau 7 : Evolution de l'offre kilométrique selon différents scénarios pour le M1/M2	29
Tableau 8 : Proposition des fréquences sur chaque ligne (en gras les fréquences qui connaissent une évolution)	29
Tableau 9 : Nombre de déplacement selon les origines et destinations d'anciennes communes situées sur le tracé de la E109.....	36
Tableau 10 : Répartition de la part des déplacements en origine des anciennes communes (la somme de chaque ligne est égale à 100%).....	37
Tableau 11 : Niveaux de services proposés la semaine sur la ligne E109 selon la direction et le type de transport la semaine	39
Tableau 12 : Niveaux de services proposés la semaine sur la ligne E109 selon la direction et le type de transport le weekend	40
Tableau 13 : Niveaux de service proposés sur la ligne intercommunale Momignies – Chimay.....	42
Tableau 14 : Définition des types de transport à la demande selon le Cerema [24]	47

- Figures

Figure 1 : Carte montrant les deux périmètres du territoire d'étude, Source : document interne . Erreur ! Signet non défini.	
Figure 2 : Dessin du plan de Vauban de Charleroy, 1666, source : Portail de la Wallonie https://connaitrelawallonie.wallonie.be/fr/charleroi-naissance-dune-nouvelle-ville-1666-dessin-du-plan-de-vauban	9
Figure 3 : Plan du réseau des "Trams Verts" avec date de dernière exploitation, source interne	10
Figure 4 : Plan de métro imaginé dans les années 1960, Auteur: Nico Brussels, redessiné par Dirk Hillbrecht.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 5 : Carte représentant le nombre d'habitants des communes de la Métropole de Charleroi, Auteur : Weckner Benoit, Sources : WalStat (2021), Openstreetmap	11
Figure 6 : Comparaison de l'évolution du nombre d'habitants au sein de la métropole sur une période de trente ans, données : WalStat.....	12
Figure 7 : Représentation du taux de motorisation sur le territoire de la métropole avec les ambitions souhaitées, source interne.....	13
Figure 8 : Carte du réseau routier de la métropole de Charleroi, source : interne.....	15
Figure 9 : Hiérarchisation des transports publics, source : AOT	15

Figure 10 : Ambitions de parts modales sur la Métropole de Charleroi, source interne.....	19
Figure 11 : Ambitions de parts modales au sein de la ZHNS établies en phase 2 (source interne)	20
Figure 12 : Carte de densité de population, Auteur : Weckner Benoit.....	21
Figure 13 : Carte du nombre de déplacements un jeudi ouvrable de base, Auteur : Weckner Benoit	22
Figure 14 : Carte de densité d'emplois et des polarités de base, Auteur : Weckner Benoit.....	23
Figure 15 : Réseau de métro 2026 Charleroi, source : Le TEC Charleroi	26
Figure 16 : Réseau de BHNS de Charleroi, source : BHNS TEC Charleroi	27
Figure 17 : Carte du réseau urbain TEC actuel de Charleroi, Auteur : Weckner Benoit.....	33
Figure 18 : Carte des déplacements un jeudi ouvrable de base en origine de l'ancienne commune de Ransart, Auteur : Weckner Benoit	34
Figure 19 : Tracé de la ligne E109, source : letec.be	35
Figure 20 : Représentation du potentiel de voyageurs sur la ligne E109 un jeudi ouvrable de base d'après les données FMD.....	36
Figure 21 : Nombre potentiel de voyageurs dans la ligne E109 avec distinction de l'arrêt	38
Figure 22 : Nombre potentiel de voyageurs dans la ligne E109 avec distinction de l'arrêt sans Gozée et Charleroi un jeudi ouvrable de base	38
Figure 23 : Nombre potentiel de voyageurs dans la ligne E109 avec distinction de l'arrêt sans Gozée et Charleroi le samedi	39
Figure 24 : Flux de déplacements sur la zone sud de la métropole de Charleroi, source : interne	41
Figure 25 : Occupation potentielle du bus à part modale 10% en direction de Momignies	42
Figure 26 : Occupation potentielle du bus à part modale 10% en direction de Chimay	42
Figure 27 : Carte du réseau structurant à l'échelle de la métropole, source : interne	43
Figure 28 : Couverture réseau des communes Sud-Est de la zone PMPS, source : IBPT	44
Figure 29 : Délimitations des anciennes communes sur le territoire Sud-Est de la zone PMPS.....	45
Figure 30 : Représentation du nombre de déplacements moyen par personne selon l'ancienne commune correspondante, sources des données : internes	46
Figure 31 : Carte représentant les Mobipôles au sein de la ZHNS, source : interne.....	49
Figure 32 : Carte de densité de population au niveau des anciennes communes, Auteur : Weckner Benoit	50
Figure 33 : Carte montrant le besoin en déplacement au sein de la métropole pour les zones concernées par un possible TAD.....	51
Figure 34 : Carte du réseau cyclable proposé dans le PMCM, source interne	53

- *Equation*

Équation 1 : Définition récursive de l'occupation du bus à entre chaque arrêt.....	37
------------------------------------------------------------------------------------	----

1 Introduction

« *Il faut adapter la ville à la voiture* », formule associée à Georges Pompidou, apparaît aujourd'hui comme complètement désuète. C'était en fait déjà le cas avant le début des années 2000. Ainsi, *Le Monde diplomatique* titrait en décembre 1997, « Des villes asphyxiées par l'automobile » pour parler du « *tout-automobile* » en France et en Europe, relatant les différents pics de pollutions, les nuisances sonores et surtout l'augmentation croissante des émissions de gaz à effet de serre (GES) [1]. Vingt-cinq ans après le rapport du club de Rome et vingt-cinq ans avant le sixième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), alertait dans cet article M. Dominique Bron sur les dangers des GES : « *De premiers effets graves du changement climatique pourraient se faire sentir autour de 2020-2030* » [1]. Si aujourd'hui l'impact du secteur des transports (et en particulier de l'automobile) sur le dérèglement climatique n'est plus à prouver¹, les changements sociétaux nécessaires à la diminution de l'utilisation de la voiture ne peuvent s'opérer sans la mise en place de politiques publiques fortes.

Ainsi, en 2004, en Belgique², la Wallonie a adopté le « Décret relatif à la mobilité durable et à l'accessibilité ». Ce décret vise à établir des Plans Urbains de Mobilité dans les principales agglomérations de la région. Ces derniers se définissent comme des « documents d'orientation de l'organisation et de la gestion des déplacements, du stationnement et de l'accessibilité générale relevant de l'échelle d'une agglomération urbaine » Art. 3 §1. du décret [3]. L'entreprise Traject, en collaboration avec d'autres partenaires, a été retenue en tant qu'experts techniques, à la suite d'un appel d'offre, pour accompagner l'élaboration de celui de la Métropole de Charleroi. Deux phases sont finalisées à ce jour ; la première correspond à la réalisation d'un diagnostic du territoire ainsi que l'évaluation des enjeux en matière de mobilité et de développement. La deuxième phase, elle, cible les objectifs stratégiques à atteindre pour la métropole. Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de cette troisième phase, consacrée aux plans d'actions à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs. L'objectif général de ce travail passe par une restructuration du réseau de transport public, en tenant compte des spécificités spatiales du territoire, où l'offre se doit d'être multimodale, structurante et encourager un report modal effectif et opérationnel. Il doit se conformer avec la vision FAST 2030, adoptée par le Gouvernement wallon en 2017, qui fixe les objectifs nécessaires à la transformation de mobilité à l'horizon 2030, garantissant à tous la Fluidité, l'Accessibilité, la Santé et la Sécurité via le Transfert modal.

Située à soixante kilomètres au sud de la capitale du pays, et à cinquante kilomètres au nord de la région française du Grand-Est, la ville de Charleroi est également une ville idéalement située en Wallonie, à mi-chemin entre Namur et Mons ou entre Liège et Tournai. Le territoire de sa métropole est détaillé ci-dessous.

¹ « Depuis 1998, les transports sont le secteur qui émet le plus de gaz à effet de serre. En 2020, les transports sont responsables de 28,7 % des émissions nationales de GES » [2]

² Pays limitrophe de la France, le Royaume de Belgique, monarchie constitutionnelle fédérale à régime parlementaire, se compose de trois régions linguistiquement différentes ; la Région de Bruxelles-Capitale, bilingue, la Flandre, néerlandophone, et la Wallonie, francophone (en majorité) et germanophone.

PLAN DE MOBILITE DE CHARLEROI METROPOLE Phase 1 : BASE

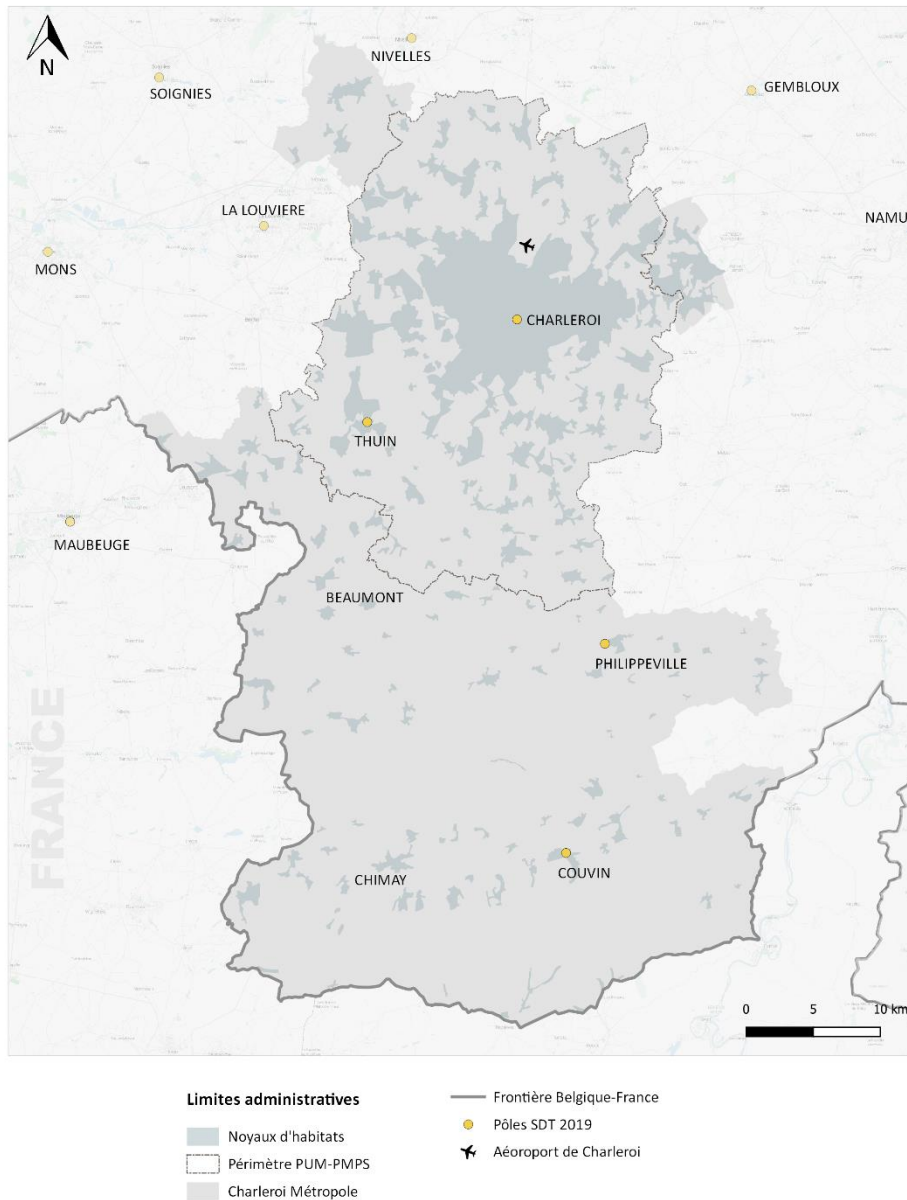


Figure 1 : Présentation du territoire d'étude : la Métropole de Charleroi, source interne

Ancienne zone fortement industrialisée, la métropole de Charleroi cherche à regagner en attractivité. La commune centre de Charleroi possède une structure particulière, encore liée à la fusion des communes de 1977 (quinze communes regroupées en une seule). De ce fait elle n'est pas monocentrique. Cependant, son réseau structurant de transport public, qui comprend notamment quatre lignes de métros légers, bien qu'il s'agisse dans les faits plus de tramways en site propre, forme un réseau atypique avec une boucle centrale, entourant l'ancienne commune de Charleroi, et des lignes radiales avec des antennes à l'ouest, au nord et à l'est. Proposant actuellement des fréquences parfois peu

attractives (le week-end et en soirée notamment) sur ses lignes, dont l'offre reste encore trop centrée sur le public captif des scolaires, le TEC /OTW (l'Opérateur public des réseaux de Transports en communs en Wallonie) peine à voir ses fréquentations augmenter, tout en subissant de lourds taux de fraude, estimés à plus de 60% après 18h, notamment dans le métro léger, par manque d'infrastructures (stations ouvertes). De plus, la mobilité sans véhicule motorisé particulier se complexifie en soirée et la nuit, le métro s'arrêtant à 20h et étant remplacé par des bus pour finir son service à 23h, avec des fréquences atteignant 30 minutes. Qui-plus-est, le réseau est difficilement accessible pour les Personnes à Mobilité Réduite, bien qu'un service dédié existe à l'échelle de la région. A cela s'ajoute une concurrence déloyale de la voiture, que ce soit en matière de voirie pure avec une circulation encore facile en centre-ville avec des accès directs depuis le ring de Charleroi ou encore la possibilité de se garer aisément dans la commune centre à moindre coût. Pour la partie plus rurale de la métropole, la voiture est omniprésente, ce qui s'explique en partie par une offre structurante qui, déjà peu développée en journée, se dégrade fortement les week-ends et en soirée. Ces quelques éléments de diagnostics confrontés à l'objectif régional et local de report modal soulignent la nécessité d'une refonte complète de l'offre de mobilité sur le territoire.

Aux aspects opérationnels et d'exploitation cités ci-avant, s'ajoute une dimension importante dans la contextualisation de la mission : la gouvernance. En effet, outre le statut spécifique de cette métropole comme explicité ci-avant, il s'agit de relever un cadre légal très récent en matière de mobilité. La région wallonne vient seulement de structurer sa gouvernance de la mobilité via l'instauration d'une AOT (Autorité Organisatrice des Transports) et la distinction des instances de planification stratégique (AOT) et d'opérationnalisation (OTW/TEC). Enfin, la métropole n'est pas dotée d'un modèle de prévision de la demande et n'a pas d'équipe dédiée, un déficit de données de monitoring des pratiques de déplacements est de mise (il n'y a pas d'Enquêtes Ménage Déplacement, l'AOT et l'OTW peinent à exploiter le potentiel d'analyse de la billettique par manque de personnel...), rendant la tâche moins aisée, bien que des données de Floating Mobile Data soient disponibles. Il s'agit en effet de données issues des réseaux de téléphonie mobile de différents opérateurs réseaux. Ces dernières peuvent permettre d'identifier les déplacements des habitants d'un territoire et donc d'établir des flux.

Ainsi, il est opportun de se demander si ces données FMD sont pertinentes pour concevoir un réseau de transport public. Ce travail a donc pour but de montrer comment déterminer un niveau de service adapté, attractif et équitable sur un territoire contrasté et en recherche d'attractivité tout en respectant des choix de modes de transports cohérents, des ambitions de parts modales, le tout dans un contexte de lutte contre le dérèglement climatique, en utilisant comme cas pratique la métropole de Charleroi. En parallèle, ce travail a également pour objectif de montrer comment les données de téléphonie de type FMD peuvent être utilisées pour construire une offre de transport tout en démontrant clairement leurs limites.

2 Contexte

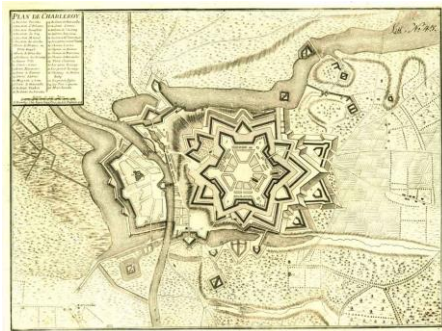
Cette première partie développera dans un premier temps le contexte autour de ce projet. Afin de comprendre en profondeur les enjeux du territoire, un contexte à la fois historique, géographique et démographique sera établi. Elle précisera également la situation relative aux transports sur le territoire et notamment la place de la voiture.

2.1 Présentation du territoire d'étude

2.1.1 Chronologie

2.1.1.1 Une histoire industrielle

Afin d'introduire correctement le contexte de ce territoire, il est nécessaire de revenir dans le passé pour comprendre sa situation actuelle.



Forteresse créée en 1666 autour de l'ancien village de *Charnoy*, *Charleroy*³ puis Charleroi passera rapidement sous domination française et connaîtra un aménagement vaubanaï dont certains vestiges sont toujours visibles actuellement en son cœur, avant de subir diverses dominations [4].

Figure 2 : Dessin du plan de Vauban de Charleroy, 1666, source : Portail de la Wallonie [5]

Le territoire rencontrera une évolution économique conséquente ; les XVIIe et XVIIIe siècles représentent une véritable métamorphose pour la région avec une première phase d'industrialisation notamment avec l'industrie du verre et la sidérurgie. Mais à partir du XIXème siècle, l'industrie minière octroiera à Charleroi le nom de « Pays Noir » [6] ; le territoire regorgeant de charbon de terre. Là où le début du XXe siècle marquera l'apogée de la ville hainuyère, avec notamment l'exposition internationale de 1911, sa fin signera son déclin. La fermeture des nombreux charbonnages du territoire, ainsi que la disparition de l'Atelier de Constructions Electriques de Charleroi (ACEC), fleuron de l'industrie belge⁴, dans les années 1980 avec la suppression progressive de plus de 12 000 postes de travailleurs en l'espace de 10 ans [7], mettront un terme à ces siècles de croissance économique. Aujourd'hui subsistent encore les nombreux terrils, souvenirs d'un passé industriel, qui façonnent l'identité culturelle de la ville.

2.1.1.2 La fusion des communes en Belgique et l'apparition du réseau urbain « lourd »

Avant même la loi du 23 juillet 1971 (III) sur la fusion des communes en Belgique qui accorde officiellement à Charleroi à partir du 1^{er} janvier 1977 le rang de deuxième ville la plus peuplée de Wallonie, elle possédait en réalité déjà ce statut (juste derrière Liège), se plaçant alors devant le chef-lieu de sa province du Hainaut : Mons [8]. Cette fusion était nécessaire compte tenu du faible nombre d'habitants de Charleroi-ville qui dénombrait moins d'habitants que les gros faubourgs industriels qui font aujourd'hui ses quartiers, que sont Gilly, Jumet, Marcinelle et Montignies-sur-Sambre. En effet, Charleroi n'était pas reconnue à l'époque comme l'une des cinq grandes agglomérations du Royaume de Belgique.

³ En l'honneur du Roi Charles II d'Espagne.

⁴ Qui a notamment délivré des lignes de tramways électriques dans le monde entier.

C'est à peu près à cette période qu'émerge la création d'un nouveau réseau de métro léger dans la ville, venant remplacer l'ancien réseau de tramway.

En effet, un réseau de tramway urbain à vapeur fut créé en 1881⁵ et rapidement électrifié au début du XXème siècle. A son apogée à l'aube de la seconde guerre mondiale, le réseau des « Trams verts » nommé ainsi par les carolorégiens comptait 67 kilomètres de lignes. L'agglomération possédait alors un réseau qui se réduisit progressivement au détriment de l'émergence de la voiture particulière au sein de la population. Le développement d'un réseau de bus a également concurrencé les trams dans les années 1960 [9], prononçant la fin du tramway à Charleroi en 1974 [10].

La construction du nouveau réseau de métro léger s'inscrit dans une période d'autant plus particulière pour Charleroi ; le déclin industriel du territoire s'effectue en pleine crise économique à partir de 1975. A cela vient s'associer la politique dite « du gaufrier » jusqu'en 1988, résultant du choix d'investissement strict de l'Etat belge entre les trois régions ; chaque investissement de travaux public dans une région nécessitait une contrepartie dans les deux autres⁶, provoquant soit des surdimensionnements des infrastructures d'un côté, soit des chantiers abandonnés par manque de moyens de l'autre [11]. C'est juste avant ce contexte qu'est imaginé dans les années 1960 le réseau suivant : Il s'articule autour de l'ancienne commune de Charleroi par une boucle centrale en proposant 8 antennes vers les faubourgs.

Le réseau final ne comptera quant à lui que 4 antennes dont une non exploitée (la ligne M5 ne rentrera en exploitation qu'en 2026, 40 ans après la fin des travaux initiaux [12]), pour 4 lignes actuellement en service, les lignes M1/M2 possédant un tronc commun en dehors de la boucle centrale et étant pour l'instant les seules lignes à sortir de la

Figure 3 : Plan du réseau des "Trams Verts" avec date de dernière exploitation, source interne

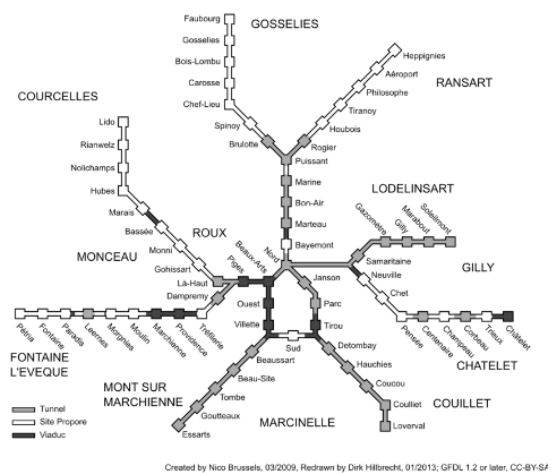
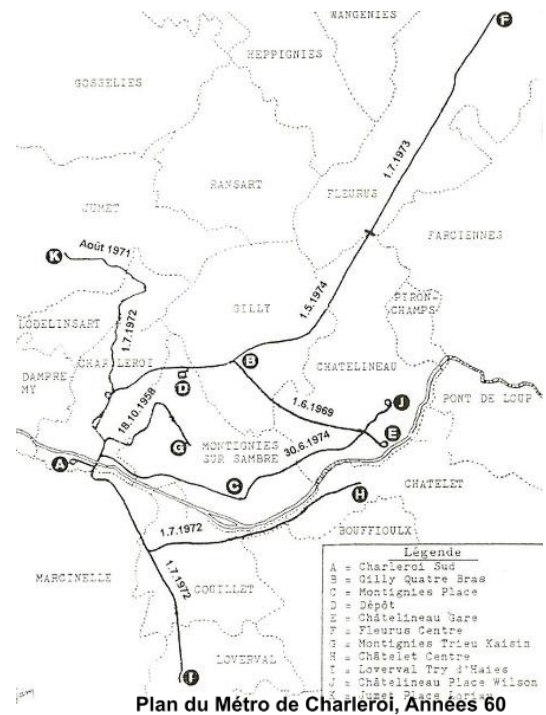


Figure 4 : Plan de métro imaginé dans les années 1960, Auteur : Nico Brussels, redessiné par Dirk Hillbrecht

⁵ Exploité par une société privée, la Société des Chemins de fer Vicinaux Belges

⁶ Les dépenses budgétaires étaient réparties de la façon suivante : 55% pour la Flandre, 35% pour la Wallonie et 10% pour la région Bruxelles – Capitale.

commune de Charleroi, en traversant quatre autres communes. Cette particularité est en fait un vestige de l'ancienne ligne 90 reliant Charleroi à la commune de La Louvière en passant par Binche en tramway.

2.1.2 Territoire et démographie

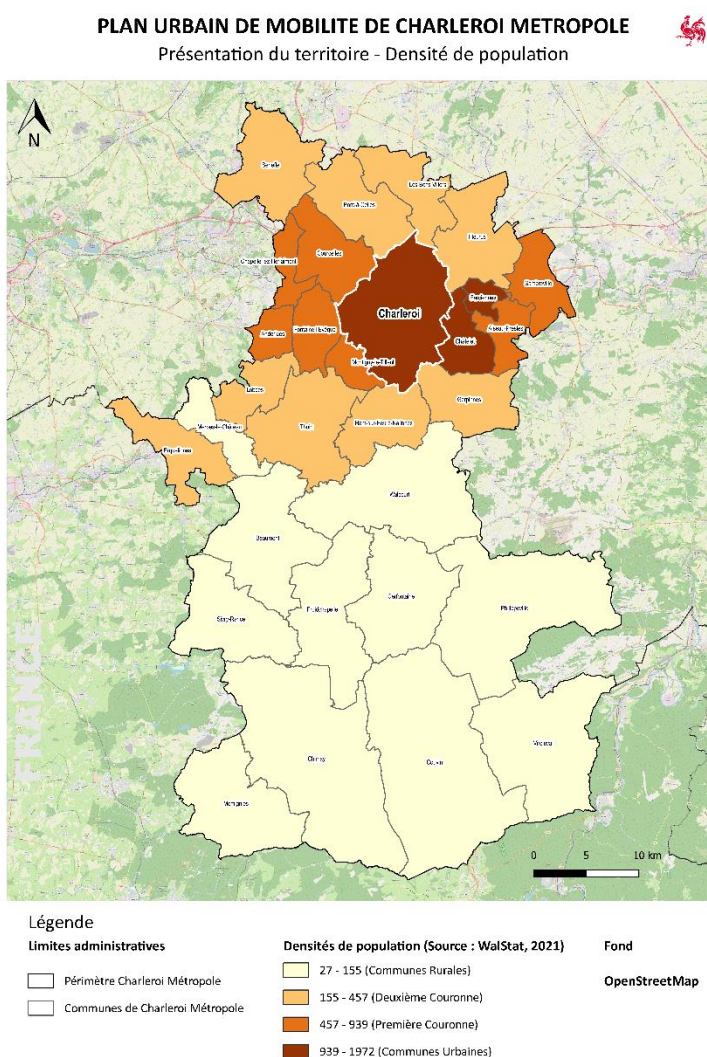
La métropole de Charleroi est une nouvelle structure, supra communale, dont le statut est encore inexistant dans le pays. Bien que sa dénomination soit calquée sur le concept français, elle possède un statut d'ASBL⁷ et ne comporte donc pas d'élections directes ni de réelle administration. Il s'agit d'un regroupement de 30 communes, rassemblant près de 600 000 habitants, dont la commune centre est la ville de Charleroi. Elle a notamment pour but d'optimiser les connections et complémentarités entre les communes à une échelle supra locale. Ce statut a vu le jour à la suite de la création de la « Conférence des bourgmestres de Charleroi Métropole » en septembre 2017, qui est également une ASBL. Ainsi, elle vise notamment à se doter d'une vision concrète et cohérente en matière de transport et mobilité. La carte ci-contre montre le territoire concerné.

2.1.2.1 Le territoire d'étude

S'articulant donc autour de sa commune éponyme, la métropole compte une zone urbaine regroupant en plus les communes les plus densément peuplées ; Châtelet et Farciennes, puis une première et une seconde couronne, et enfin une zone rurale. Il est à noter que malgré sa densité plus importante, la commune d'Erquennes n'est pas réellement dans la seconde couronne de Charleroi, sa situation géographique la plaçant dans l'aire d'attraction de la ville française de Maubeuge.

Figure 5 : Carte représentant le nombre d'habitants des communes de la Métropole de Charleroi, Auteur : Weckner Benoit, Sources : WalStat (2021), Openstreetmap

Par sa superficie très importante (2 000 km², soit un peu moins de quatre fois la taille de la Métropole de Lyon), il existe des contrastes forts entre les communes au Sud de la Métropole et celles au Nord ; les communes au Sud sont bien moins densément peuplées. Ainsi, bien que les périmètres des PUM



⁷ Association Sans But Lucratif, qui est « un groupement de personnes physiques ou morale poursuivant un but désintéressé » [13]

soient normalement déterminés par décrets, la Métropole de Charleroi a négocié avec la Région le fait d'avoir une étude et un projet à l'échelle de l'entièreté de la Métropole. Par conséquent, les deux périmètres distincts sont pris en compte dans cette étude, un périmètre PUM (Plan Urbain de Mobilité), de l'agglomération urbaine de Charleroi et un périmètre PMPS (Plan de Mobilité du Périmètre de Soutien) pour les autres communes de la métropole⁸. Enfin, la métropole regroupe des communes de deux provinces à la fois ; celle du Hainaut et de Namur.

2.1.2.2 Démographie : Une périurbanisation croissante

Comme évoqué en préambule, la ville de Charleroi cherche à relancer sa croissance démographique. En effet, l'évolution du nombre d'habitants au sein de la métropole tend à plutôt à montrer une périurbanisation au dépend d'une métropolisation dont Charleroi et ses communes urbaines seraient l'épicentre [10]. Ainsi, sur trente ans, voici l'évolution qu'a connu la zone urbaine carolorégienne comparée aux autres communes de la métropole au travers des différents échelons établis précédemment :

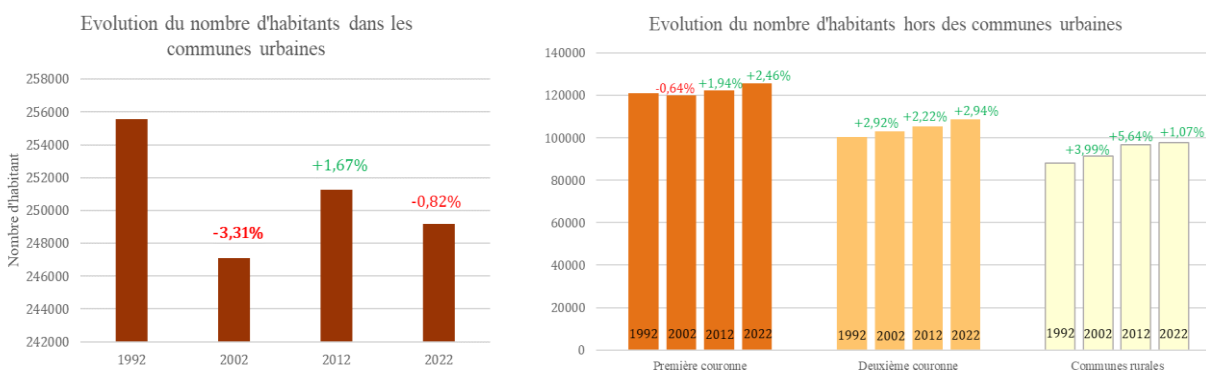


Figure 6 : Comparaison de l'évolution du nombre d'habitants au sein de la métropole sur une période de trente ans, données : WalStat

Ainsi une tendance se distingue montrant bel et bien un étalement urbain sur le territoire :

- Les communes urbaines ont perdu 2,50% de leur population soit près de 6400 habitants ;
- Les communes de la première couronne ont gagné 3,78% de population en plus, soit près de 4600 habitants ;
- Les communes de la deuxième couronne ont gagné 8,30% de population en plus soit plus de 8300 habitants ;
- Les communes rurales ont gagné 11,04% de population en plus soit plus de 9700 habitants.

Et, alors que l'OCDE estime par ailleurs que le bassin d'emploi de Charleroi est d'environ 500 000 habitants [14], justifiant bel et bien le développement souhaité d'une dynamique métropolitaine, l'habitat est de plus en plus étalé et en particulier dans le sud du territoire. Bien sûr, la périurbanisation est un phénomène particulièrement défavorable au développement des transports publics ; les distances s'allongent, la densité de population diminue, l'offre de transport en commun ne peut structurellement proposer une offre aussi attractive qu'une voiture individuelle dans ces territoires.

⁸ Il est à noter que la commune de Sambreville à l'est appartient à la zone PMPS bien qu'elle soit théoriquement dans la première couronne. Cela est dû à son adhésion tardive à la Métropole et à sa situation particulière la plaçant également dans l'aire d'attraction de Namur.

2.2 Transports

2.2.1 La place de la voiture

2.2.1.1 Taux de motorisation

Ayant bénéficié par le passé de conditions ultra favorables au développement de la périurbanisation, avec l'amélioration des performances techniques, l'ajout de voiries spécifiques à la circulation rapide entraînant une augmentation des vitesses moyennes de déplacement [15], la voiture individuelle reste encore aujourd'hui ultra dominante sur l'ensemble du territoire.

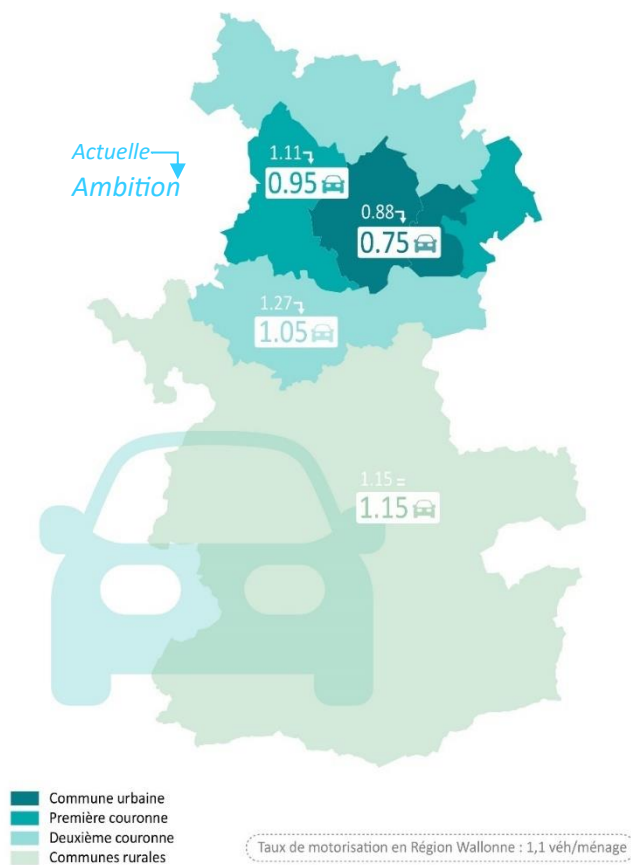
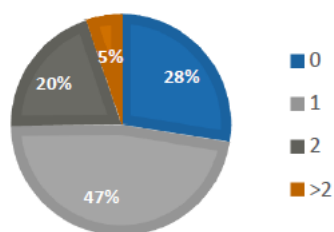


Figure 7 : Représentation du taux de motorisation sur le territoire de la métropole avec les ambitions souhaitées, source interne

Le taux de motorisation du territoire atteint en effet presque 0,9 véhicule par ménage dans la zone urbaine. Cette spécificité n'est pas unique à la métropole puisque les communes de Namur et Mons par exemple atteignent les 0,9 véh/ménage selon Statbel [16]. Il est à noter cependant la très forte motorisation au sein de la deuxième couronne, avec l'ambition (à horizon 2035) de passer de 1,27 à 1,05 véh/ménage.

Par ailleurs, la multi motorisation n'est pas évoquée en figure 7 mais elle est bien présente et est, comme bien souvent, assez inégalement répartie selon les territoires et le revenu.



Ainsi, assez logiquement, en zone PUM (urbaine), la part des ménage ne possédant aucun véhicule s'élève à 29% contre 23% en zone PMPS (périurbaine et rurale). Ce chiffre monte à 36% dans la commune de Charleroi, particulièrement en deçà de la ville de Liège qui atteint les 45%.

Figure 8 : Nombre de véhicules par ménage dans la zone de Charleroi Métropole, Source : SPF Economie-Statbel (2020)

De même, on retrouve un taux de motorisation plus élevé dans les communes les plus aisées, où plus de 9% des ménages possèdent plus de deux voitures à Ham-sur-Heure-Nalinnes et Gerpinnes, qui sont les deux communes combinant les taux de chômage les plus faibles et le prix moyen des loyers les plus élevés [17].

2.2.1.2 « Voiture-salaire »

Il faut noter la situation particulière des voitures de société en Belgique. De nombreuses sociétés mettent à disposition de leurs employés des « voitures-salaires ». Ainsi, dans le pays, ces véhicules jouissent d'un régime fiscal particulièrement favorable qui octroie un avantage aux deux parties sur la taxation qui est :

- Réduite pour l'organisation qui propose le véhicule ;
- Réduite pour le salarié, qui reçoit en réalité une partie de sa rémunération en nature [i].

Cependant, ces dernières ne sont pas prises en compte dans les calculs des taux de motorisation. Ainsi, on estimait le nombre total de voitures de société à près de 650 000 unités en 2016 sur le pays, représentant 11,5% du parc total. Cependant, les distances domiciles-travail s'étant accrues avec le temps [16], il est à noter que ces voitures parcouraient en 2016 23% des kilomètres parcourus en Belgique [18].

Par conséquent, le taux de motorisation peut être considéré comme sous-évalué, bien que peu de documentation existe à l'échelle régionale, rendant les calculs fastidieux et peu précis. Dans tous les cas, l'utilisation de la voiture se voit sous-évaluée par les chiffres précédents, en plus d'être particulièrement favorisée par des infrastructures conséquentes.

2.2.1.3 Réseau routier

En plus de posséder un taux de motorisation relativement conséquent, l'agglomération urbaine de Charleroi bénéficie d'une très bonne accessibilité automobile à l'échelle supra locale notamment grâce à l'autoroute E42 (dorsale wallonne). Il est particulièrement aisé de relier d'autres grandes villes de la région que sont Tournai, Mons, Namur et Liège mais également l'aéroport de Charleroi-Bruxelles-Sud, directement situé dans la ville.

De manière générale, le réseau routier est dense au cœur de l'agglomération carolorégienne : elle est la seule de la Wallonie à disposer d'un périphérique de rocade complet. Il est également à noter qu'un second périphérique (appelé R9) est présent dans la zone urbaine plus dense, permettant un accès immédiat au centre-ville. L'accessibilité routière est d'autant plus facile puisque les voies sont à grand gabarit (2x2 bandes de circulation). Ainsi, le R9 voit défiler entre 60 000 et 70 000 véhicules par jour selon les tronçons [17]. S'ajoute à cela une offre conséquente d'espaces liés au stationnement dans toute la métropole.

Il ne s'agit pas d'une situation nouvelle puisque le Plan Communal de Mobilité de Charleroi de 2012 suggérait notamment que « La structure du réseau permet une très importante capacité d'accès automobile au centre-ville de Charleroi » [17].

2.2.2 Réseau de transport publics – SNCB/TEC

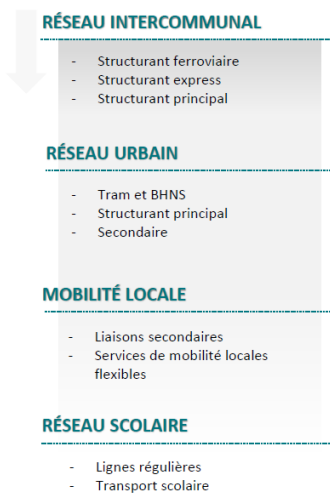


Figure 10 : Hiérarchisation des transports publics, source : AOT

PLAN DE MOBILITE DE CHARLEROI METROPOLE
Phase 1 : Réseau routier

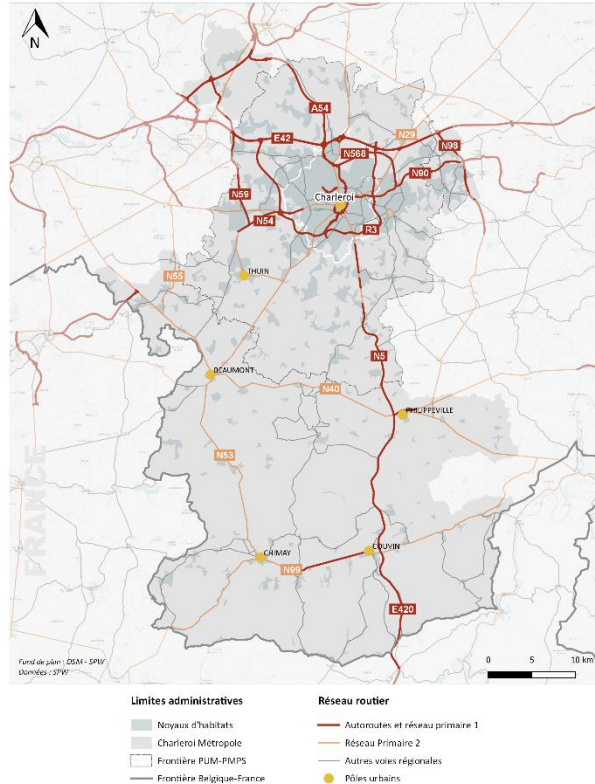


Figure 9 : Carte du réseau routier de la métropole de Charleroi, source : interne

En Belgique et donc en Wallonie, l'opérateur majoritaire est la Société Nationale des Chemins de fer Belges. Similaire au fonctionnement de la SNCF, la société, historiquement opérateur et gestionnaire du réseau ferré, ne s'occupe aujourd'hui plus que de la partie « transporteur » ayant pour but d'organiser et de commercialiser le service ferroviaire [19]. Dans le territoire de la métropole, elle exploite sept lignes dont cinq forment un réseau en étoile centré sur l'agglomération urbaine [17]. Ces dernières permettent à la métropole de posséder un réseau express régional. Le réseau manque toutefois d'homogénéité, puisque le district Nord par exemple, qui concentre des zones d'activités, n'est pas bien desservi et ses pôles économiques ne sont pas reliés directement entre eux.

Concernant les transports urbains et interurbains, l'opérateur actuel (et historique de la Wallonie) qui opère dans la métropole de Charleroi

est le TEC (Transport En Commun). Sont donc concernés : le métro léger ainsi que des lignes urbaines et intercommunales structurantes et secondaires.

Afin de hiérarchiser les transports publics, la Stratégie Régionale de Mobilité (SRM) a défini différents types de dessertes pour cibler des niveaux de services adaptés (figure 8).

En suivant cette nomenclature, il a été établi dans la première phase du PUM de Charleroi [20] que la métropole compte :

- 4 lignes express
- 9 lignes principales intercommunales
- 4 métros légers
- 29 lignes principales urbaines
- 84 autres lignes (secondaires)

Elles sont représentées sur la carte suivante (à l'exception des lignes secondaires), avec en plus des projets actuels, qui seront détaillés par la suite :

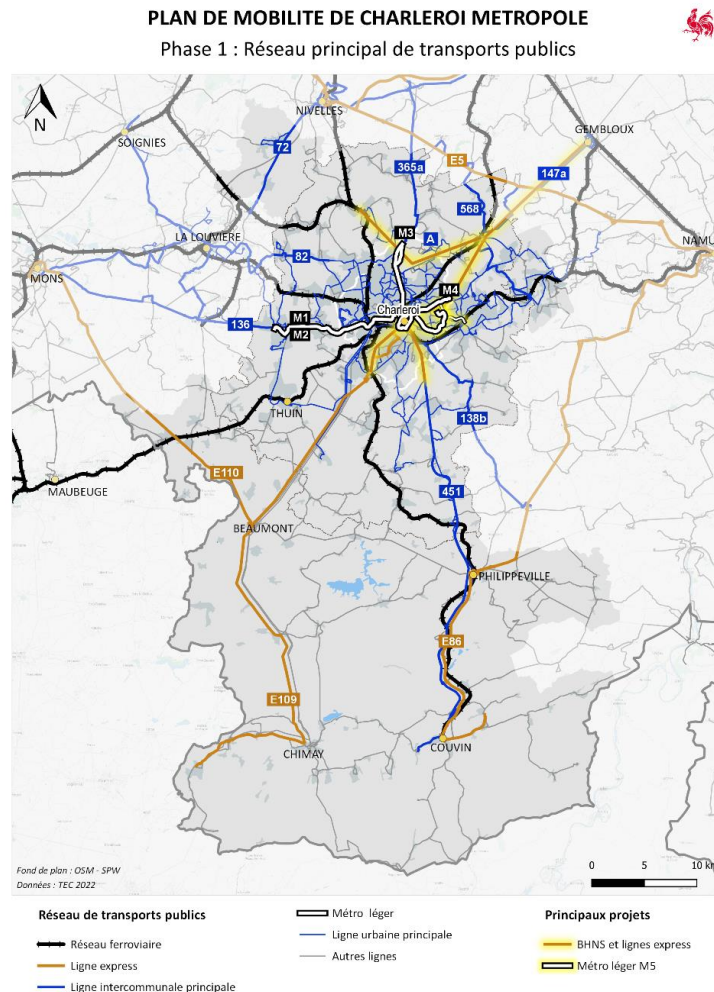


Figure 11 : Carte du réseau actuel de transports publics avec les projets actuels, source interne

Là encore, le réseau TEC est principalement articulé autour du cœur de Charleroi et en particulier de la gare de Charleroi-Central. Il en résulte que certaines polarités⁹ de l'agglomération ne sont pas desservies à l'heure actuelle, tout du moins pas par des lignes structurantes (par des lignes scolaires ou de mobilité locale).

2.2.3 Mobilités actives

- La marche à pied

A l'échelle de la métropole de Charleroi, selon le diagnostic fédéral des déplacements domicile-travail en entreprises réalisé en 2017, seuls 2% de ces déplacements sont effectués à pied [21]. Ces chiffres sont cependant à considérer avec un certain recul, puisque le territoire de la métropole est très vaste, à la fois en territoire urbain comme en territoire rural. Par conséquent, les distances parcourues peuvent être allongées. Cependant, le Gouvernement wallon a des ambitions fortes et un cadre réglementaire clair, qui est de prioriser ce mode de déplacement piéton, par le biais du principe STOP, qui prône une hiérarchisation des différents modes de transport, reléguant notamment la voiture individuelle (transport privé) au plus bas de la pyramide.



Figure 12 : Principe STOP, source interne

De façon générale, il est relevé un manque d'équilibre au sein de l'espace public, qui défavorise fortement les modes actifs, rendant la marche inconfortable. Ainsi, le Plan Communal de Mobilité de Couvin, commune au sud du territoire, précisait en 2018 un manque de continuité des cheminements piétons. En particulier pour l'ensemble des communes, le manque d'accessibilité aux Personnes à Mobilité Réduite (PMR) est très souvent évoqué. Cette image est toutefois en train d'évoluer avec des projets en milieux urbains comme ruraux [17].

- Le vélo

Alors que la Flandre est connue, au même titre que les Pays-Bas, pour sa « culture vélo », la Wallonie dans son entièreté souffre plutôt d'une « culture de la vitesse ». En effet, elle ne bénéficie généralement pas d'infrastructure conséquentes, imposant souvent aux cyclistes de rouler hors agglomération sur les mêmes voiries que des voitures lancées à 90km/h, sans pistes cyclables sécurisées. Ainsi, pas moins de 18 cyclistes sont morts sur les routes Wallonnes en 2021 [21]. Cette insécurité de la route se retrouve notamment au sein de la métropole de Charleroi, dont la situation reste défavorable à la pratique cyclable sur le territoire de la métropole. La carte suivante montre en effet les scores cyclables obtenus pour certaines de ses communes :

⁹ Les polarités de base se définissent comme « des villes et villages qui offrent un minimum de services aux populations », « sur la base de différents critères géographiques de proximité à des services et équipements (urbanisation fonctionnelle) et de concentration suffisante de la fonction résidentielle (urbanisation morphologique) » selon l'IWEPS [20].

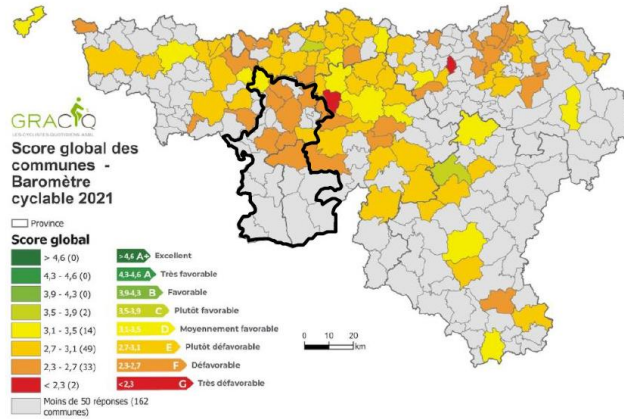


Figure 13 : Baromètre cyclable du GRACQ, Source : GRACQ (2021) [22]

Malgré cela, la pratique cyclable connaît un certain essor, galvanisé par la crise sanitaire, avec notamment une augmentation de 18% des ventes de vélos à assistance électrique en 2020. En parallèle, à leur échelle, les communes se sont saisies de ces enjeux, avec des ambitions notables de développement de leurs politiques cyclables, à la fois en matière d'infrastructure, d'accompagnement, de sensibilisation et de communication, en accord avec le Plan Wallonie cyclable 2030 [23].

2.2.4 Ambitions modales

Au vu des parties précédentes, il apparaît qu'un changement modal conséquent est nécessaire, en particulier pour répondre aux enjeux climatiques du XXI^e siècle, tout en représentant un défi de taille. En effet, là où les deux autres régions belges ont des parts modales plus en accord avec une limitation de la voiture individuelle, n'apparaissant plus comme ultra dominante (en particulier en région Bruxelles Capitale), la région wallonne a encore une marge de progression non négligeable :

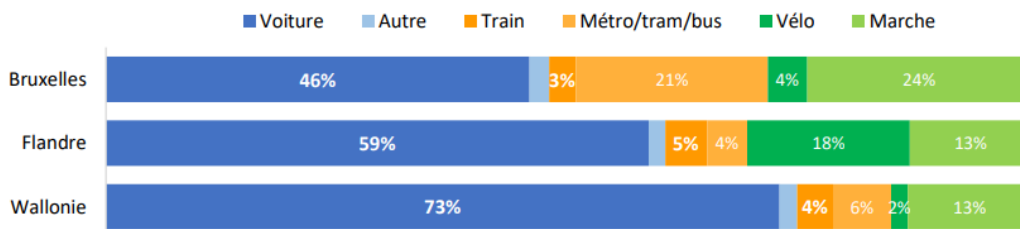


Figure 14 : Parts modales par Région du domicile (en nombre de déplacements) (Base : 25.168 déplacements), source : Enquête Monitor sur la mobilité des Belges [24]

Ces constats sont en particulier vrais sur la métropole de Charleroi : près de 70% des citoyens ayant répondu à l'enquête en ligne du PMCM expliquent qu'ils se déplacent en voiture tous les jours. En matière de kilomètres parcourus, la tendance est toujours à la hausse d'ici à 2030 avec un peu moins de 4% de croissance prévue à politique inchangée, d'après les estimations du Bureau fédéral du Plan (l'Institut Bruxellois de Statistique et de l'Analyse) [25].

Ainsi, les ambitions de diminuer le taux de motorisation des ménages au sein de la métropole s'accompagnent donc d'ambitions fortes en matière de parts modales pour tous les modes de déplacements. De ce fait, sur l'ensemble du territoire, elles sont les suivantes, à horizon 2030 :

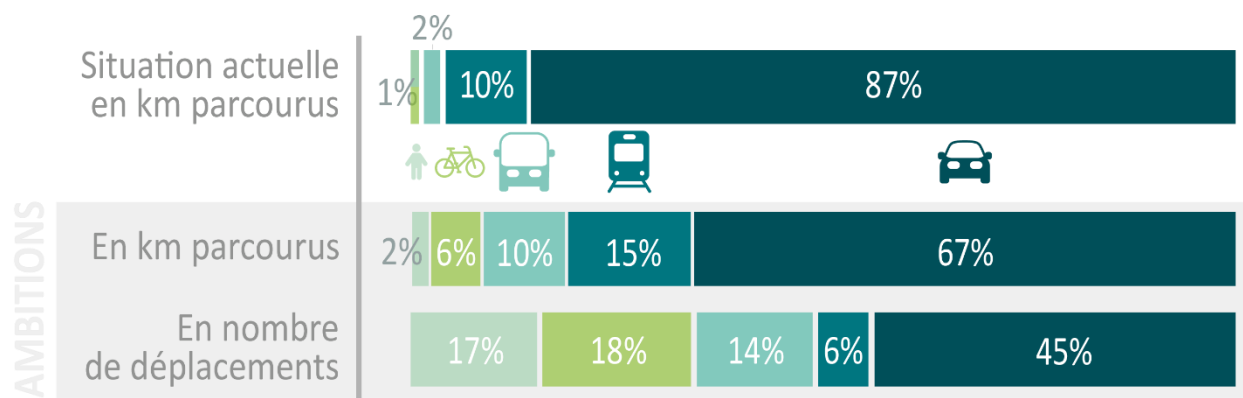


Figure 15 : Ambitions de parts modales sur la Métropole de Charleroi, source interne [26]

Compte tenu de la taille du territoire et de sa composition, ces ambitions semblent très fortes et nécessitent un travail conséquent. La suite de ce document traite principalement du volet des transports publics sans évoquer le ferroviaire, en détaillant notamment des niveaux de services proposés qui pourraient permettre de répondre à ces ambitions.

3 Mise en place des niveaux de service zone urbaine

La deuxième partie sera consacrée à la mise en place des niveaux de services de l'offre en zone urbaine, en particulier au sein de la Zone à Haut Niveau de Service, une zone identifiée au sein de laquelle la voiture ne doit pas être le mode de transport le plus attractif. Un Benchmark réalisé sur les métros légers et tramway d'Europe sera notamment présenté. L'étude des Floating Mobile Data (FMD) sera introduite pour établir la demande potentielle, c'est pourquoi une sous partie sera également dédiée à ces données en général.

3.1 Création d'une Zone à Haut Niveau de Service

3.1.1 Définition

Possédant une sémantique inspirée des Bus à Haut Niveau de Service (BHNS), une Zone à Haut Niveau de Service (ZHNS) est une zone au sein de laquelle la voiture ne doit plus être le mode dominant. Ainsi, le réseau structurant de la métropole de Charleroi, du moins en partie, doit s'organiser autour de cette zone, **au sein de laquelle, les modes de déplacements actifs ainsi que les transports publics deviennent les modes les plus attractifs**. Cela est rendu possible d'une part grâce au réseau structurant de transport public qui y est développé (priorisation des itinéraires) mais aussi aux services de mobilité proposés (autopartage, vélopartage...), aux infrastructures cyclables de qualité qui sont présentes ou encore une politique de stationnement renouvelée, qui se voudrait bien moins attractive qu'actuellement.

Au sein de cette zone, les ambitions modales à horizon 2030 se veulent bien entendu plus fortes, comme le montre le schéma ci-contre.

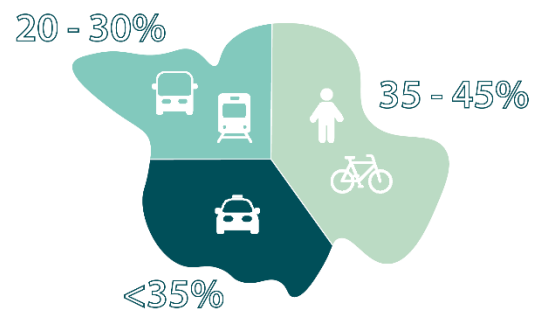


Figure 16 : Ambitions de parts modales au sein de la ZHNS établies en phase 2 (source interne)

3.1.2 Méthode de création

Déjà utilisée pour le Plan Urbain de Mobilité de Liège, une esquisse existait. Les mêmes critères ont ainsi été utilisés pour définir la ZHNS de Charleroi. De ce fait, le périmètre choisi a été défini sur les bases suivantes :

- Densités de population, commerces et emploi ;
- Nombre de déplacements (sur base des FMD) ;
- Offre et utilisation TEC et SNCB (montées moyennes, montées rapportées aux kilomètres offerts ...) ;
- Concentration de polarités de base et d'équipements (de santé notamment).

En plus de cela, une continuité du bâti était également nécessaire, c'est pourquoi des communes de première couronne notamment pourtant éligibles selon ces critères n'ont pas été retenues. Aussi, Il est à noter qu'il s'agit d'une combinaison de ces critères. Enfin, après avoir observé une première zone potentielle avec l'aide de ces critères, des groupes de travail, avec des représentants de différents acteurs de la métropole, ont été réalisés. Ces discussions ont permis d'établir un périmètre regroupant les critères évoqués précédemment et dont les limites restent fidèles aux réalités parfois non quantifiables avec des données du territoire.

De façon graphique, plusieurs cartes ont été par exemple croisées pour aboutir au tracé final :

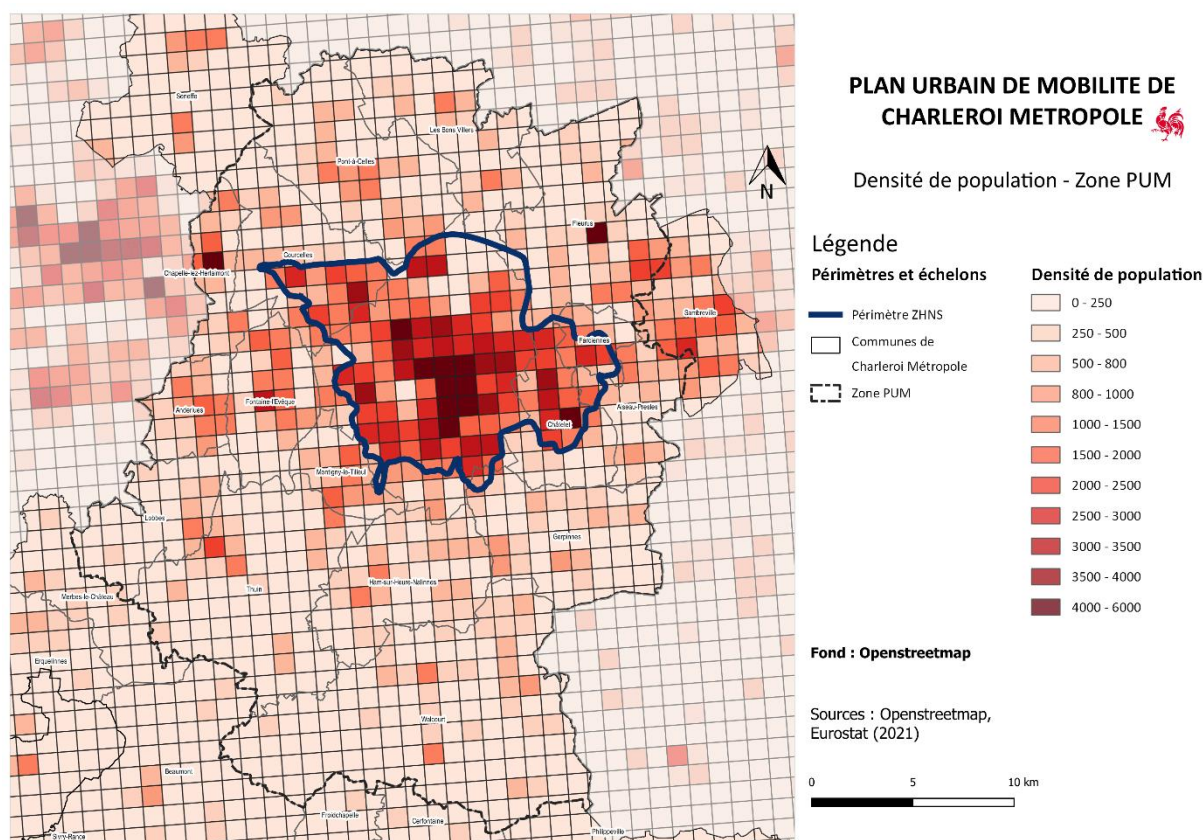


Figure 17 : Carte de densité de population, Auteur : Weckner Benoit

La figure 17 montre ainsi les densités de population, regroupées dans des carrés de côté d'un kilomètre. Il apparaît assez clairement une plus forte concentration au sein de la ZHNS, sauf pour la zone au nord, qui comprend l'aéroport de Charleroi (Bruxelles Sud) et également le Biopark, une très importante zone d'emplois. Il est malgré tout notable de préciser que la densité de population ne dépasse jamais les 6 000 habitants/km², là où dans des villes de taille similaire, comme Liège ou Gand, atteignent facilement les 10 000 habitants/km² selon les quartiers.

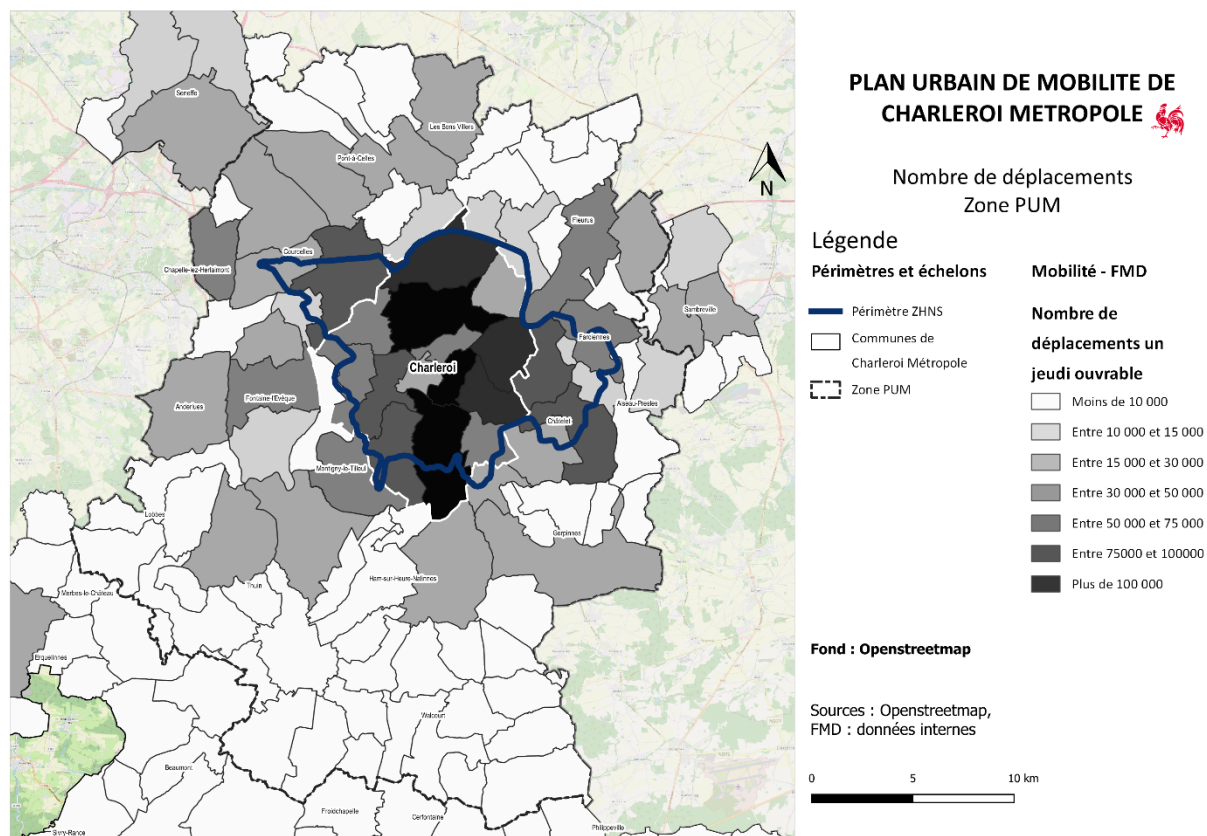


Figure 18 : Carte du nombre de déplacements un jeudi ouvrable de base, Auteur : Weckner Benoit

Si l'on s'intéresse maintenant aux nombres de déplacements, obtenus à partir de données mobiles (dont une partie détaillera le fonctionnement par la suite), plusieurs zones cumulent plus de 100 000 déplacements journaliers, en particulier l'ancienne commune de Charleroi. Par ailleurs, l'importance de la zone de l'aéroport au nord évoquée précédemment apparaît nettement au vu du nombre de déplacements.

Enfin la carte suivante montre bien que les polarités de base sont bien prises en compte dans les délimitations de la ZHNS.

Il peut être intéressant d'évoquer les cas où certaines communes (ou anciennes communes) n'ont pas été englobées :

- Montigny le Tilleul, au Sud-Ouest de la ZHNS, possédant une délimitation physique par le Ring de Charleroi, mais qui sera à terme desservie par un BHNS ;
- Fontaine l'Évêque, qui fonctionne assez peu avec le centre de Charleroi ;

Par ailleurs, la commune de Sambreville bénéficie d'une dynamique bien particulière grâce à sa proximité avec Namur.

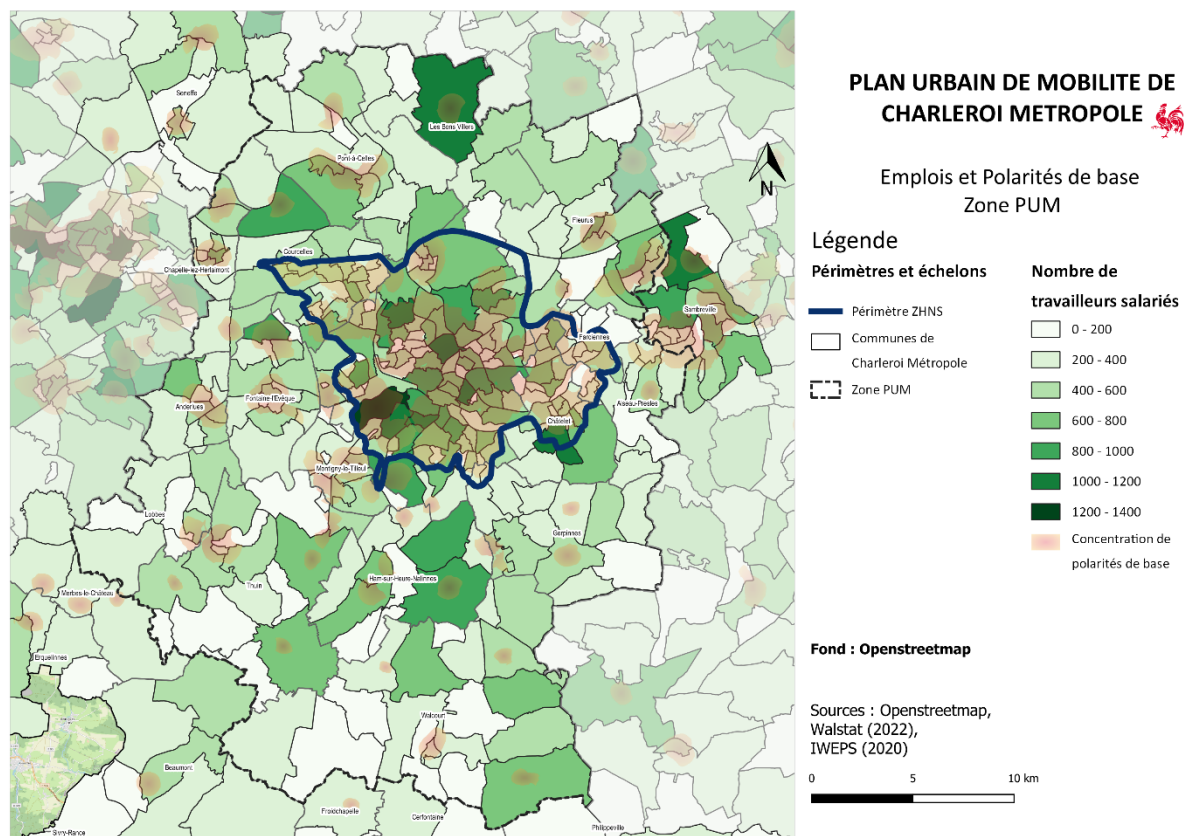


Figure 19 : Carte de densité d'emplois et des polarités de base, Auteur : Weckner Benoit

Ainsi, les cartes précédentes montrent bien que différents échelons ont été utilisés, selon les données disponibles ;

- la densité de population est précise au kilomètre carré ;
- Le nombre de déplacements, obtenu via les FMD, est quant à lui utilisé à l'échelon des anciennes communes ;
- la densité d'emploi au niveau de « quartiers statistiques », un niveau différent et plus fin que celui des anciennes communes, utilisé par le portail de statistique local « WalStat » en Wallonie.

Il est à noter que l'échelon le plus précis possible pour chaque données a été utilisé ; les données FMD pouvaient notamment être traitées au niveau des communes actuelles, dont la superficie atteint par exemple plus de 100 km² pour la commune de Charleroi.

3.1.3 Limites de la méthode

La grande différence d'échelons nous amène assez logiquement aux limites de cette méthode ; le périmètre se veut précis mais là où la densité de population est précise au kilomètre carré, on ne peut pas obtenir une densité de travailleurs à un niveau aussi fin. Par ailleurs, l'offre et l'utilisation du réseau TEC n'a été observée quant à elle qu'à l'échelle des communes, soit un échelon encore moins précis.

3.1.3.1 Offre et utilisation TEC

Les tableaux suivants regroupent l'offre et l'utilisation des transports en commun dans la métropole, exploités par le TEC. Ainsi, les données de nombre de kilomètre en charge ont été récupérées pour finalement être comparées aux nombre de montées dans chaque commune de la métropole.

Tableau 1 : Comparaison de l'offre disponible selon le territoire (source des données interne)

OFFRE TEC (2017)	Nombre d'habitants	Nombre de km en charge	Moyenne km/habitant	Ratio offre/hab ZHNS par rapport au reste zone PUM
4 communes (ZHNS)	280 234	9 107 421	32,5	
13 autres communes PUM	180 027	4 592 165	25,5	
13 communes PMPS	118 441	2 609 952	22,0	
Wallonie (pour information)	3 614 473	89 418 473	24,7	
				1,27

Tableau 2 : Comparaison de l'utilisation de l'offre TEC selon le territoire (source des données interne)

UTILISATION (2017)	Nombre d'habitants	Nombre de montées	Moy montées/habitant	Moy montées/km offert
4 communes (ZHNS)	280 234	16 615 226	59,3	1,82
13 autres communes PUM	180 027	3 343 272	18,6	0,73
13 communes PMPS	118 441	1 787 144	15,1	0,68
Wallonie (pour information)	3 614 473	146 914 345	24,7	1,64
Ratio ZHNS/reste zone PUM			3,2	2,51

En effet, ces données n'étant disponibles qu'à cet échelon, des choix ont été faits pour considérer quelles communes pouvaient potentiellement rentrer dans le périmètre préalablement établi. Ainsi, la commune d'Aiseau-Presles n'a par exemple pas été considérée comme appartenant à la ZHNS bien qu'une partie de son territoire soit incluse dans les limites finales. En effet, l'ancienne commune de Pont-de-Loup est rattachée à cette dernière bien qu'elle fonctionne en réalité plus avec la commune de Châtelet que sa commune d'Aiseau-Presles¹⁰. Le centre névralgique de la commune n'étant néanmoins pas ce quartier, il a été choisi de ne pas la considérer dans ces comparaisons. Il en va de même pour la commune de Gerpinnes dont le quartier (et ancienne commune) de Loverval est également compris dans les limites de la ZHNS. Les chiffres évoqués ici manquent d'une certaine précision bien qu'ils permettent bel et bien de distinguer une tendance. En effet, le nombre de montées comprend la totalité des modes de transports

¹⁰ D'après les données FMD.

proposés par le TEC, soit également le métro léger de Charleroi. Il est donc important de prendre du recul dans la comparaison de ces communes compte tenu de ce paramètre et de l'attractivité d'un métro léger par rapport à des lignes de bus classiques voir interurbaines dans le choix modal de l'individu.

3.1.3.2 Offre et utilisation SNCB

Concernant les données relatives au ferroviaire, un échelon encore différent a été observé puisque l'offre et son utilisation se distinguent directement selon les gares. Voici par exemple l'offre dans les gares situées dans le périmètre établi de la ZHNS :

Tableau 3 : Nombre de trains par jour de semaine dans les gares de la ZHNS

Gare	Nombre de trains par jour de semaine	Gare	Nombre de trains par jour de semaine
Charleroi-Central	249	Le Campinaire	63
Marchienne-au-Pont	195	Courcelles-Motte	44
Marchienne-Zone	88	Roux	44
Châtelet	74	Lodelinsart	41
Farciennes	63	Charleroi-Ouest	41
Couillet	63		

Tableau 4 : Nombre de trains par jour de semaine

Si l'on regarde la totalité des gares dans la métropole, on peut facilement remarquer que trois autres gares sortent du lot et possèdent même une offre comparable aux gares les mieux dotées de la ZHNS :

Gare	Nombre de trains par jour de semaine
Tamines	139
Luttre	138
Auvelais	72

Si l'on considère le ratio d'utilisation de l'offre selon chaque gare, ces trois gares se placent en effet en haut du classement :

Tableau 5 : Comparaison offre/demande SNCB

Gare	Nombre de Montées moyennes par jour de semaine (Décembre 2021)	Offre (Nombre de trains par jour)	Ratio Montées/ Nombre de train
Charleroi-Central	7062	249	28,4
Luttre	1264	138	9,2
Tamines	1151	139	8,3
Marchienne-au-Pont	1086	195	5,6
Châtelet	399	74	5,4
Auvelais	367	72	5,1

Là où la gare de Luttre, située dans la commune de Pont à Celles, propose un trajet de moins de 40 minutes pour se rendre à Bruxelles, ce qui justifie ce ratio, les gares de Tamines et d'Auvelais appartiennent à la commune de Sambreville, située dans la zone PMPS. Comme évoqué précédemment, sa situation en bordure Est de la métropole la place également dans l'aire d'influence de Namur. Cette commune montre bien les limites de cette méthode. Au vu des différents critères présentés précédemment, la commune,

est totalement légitime pour appartenir à cette zone à haut niveau de service. De même, la commune de Montigny le Tilleul possède des quartiers qui pourraient être inclus dans la ZHNS. Ces cas étant à chaque fois en bordure de la limite finale de la ZHNS, il a été décidé d'introduire une notion de corridor à haut niveau de service, par le biais notamment d'offres ciblées pour se rendre dans la ZHNS, comme le futur BHNS reliant Montigny le Tilleul à la gare centrale de Charleroi. Par ailleurs, pour Sambreville, sa situation montre un fonctionnement différent des autres communes limitrophes de la ZHNS, tout comme Fontaine l'Évêque par exemple.

3.1.3.3 Conclusion

Cette Zone à Haut Niveau de Service a donc été conçue sur la base d'une méthode rigoureuse mais dont l'application se veut moins aisée par manque de données et notamment à cause des échelons dans lesquels ces dernières sont disponibles. Par ailleurs, là où le but de l'étude était d'établir des limites fines du périmètre, ces dernières ont pour certaines été établies strictement lors des groupes de travail, en prenant comme limites fixes des coupures urbaines [27], comme l'autoroute E42 ou encore le Grand Ring de Charleroi.

3.2 Niveaux de service du métro et BHNS : Méthode Benchmark

3.2.1 Présentation du réseau existant et futur

Le réseau actuel de Charleroi est composé de quatre lignes de métro léger, dont les lignes M1/M2 sont en réalité exploitées sur la même infrastructure sur la majorité du trajet. Le réseau a la particularité de n'être exploité qu'en journée et début de soirée. En effet, les quatre lignes actuelles, sont remplacées par des bus à partir de 20h. Ce manque de constance pose un problème aux usagers. En effet, selon le Baromètre de l'expérience client 2022 TEC, le premier item à améliorer pour le TEC Charleroi d'après les utilisateurs est « la période de circulation des bus et métros » [28]. Il s'articule de la façon suivante :

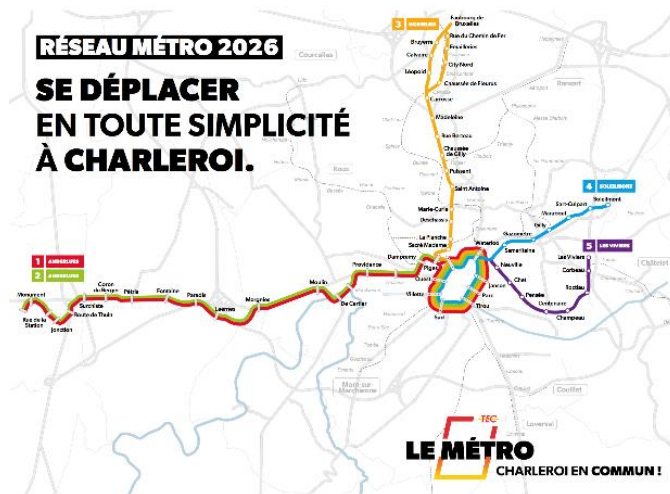


Figure 20 : Réseau de métro 2026 Charleroi, source : Le TEC Charleroi



Figure 21 : Réseau de BHNS de Charleroi, source : BHNS TEC Charleroi

Aussi, comme évoqué en préambule, une cinquième ligne entrera en exploitation à horizon 2026, la ligne 5 reliant notamment Waterloo (extrémité nord-est de la boucle centrale) au futur grand hôpital de Charleroi, mais aussi un quartier de la ville de Châtelet ; Châtelineau. Par ailleurs, il est prévu que deux lignes de Bus à Haut Niveau de Service soient réalisées et entrent en service également d'ici 2026. Ces dernières proposeront une desserte forte au sud de la ville, qui est pour l'instant délaissée en matière de transports publics structurants. Les niveaux de service pour ces trois lignes sont cependant toujours à l'état de discussion, c'est pourquoi un travail a été réalisé pour déterminer le niveaux de service adéquats pour ces lignes, mais également pour proposer de nouveaux de niveaux de services sur les lignes existantes pour renforcer l'attractivité des transports publics au sein de la ZHNS et en dehors.

3.2.2 Méthodologie

3.2.2.1 Benchmark

Afin d'établir les niveaux de service des différentes lignes présentées dans la première partie, l'idée a tout d'abord été de comparer la zone urbaine de Charleroi (concernée par le métro) avec des villes européennes. De ce fait, le nombre d'habitant ainsi que la présence d'un métro léger ou d'un tram était pris en compte dans la comparaison. Cependant, par manque de fiabilité dans l'indicateur de comptage de la population, une autre méthode a été finalement adoptée. En effet, un travail précis de comparaison de densité de population a été effectué de sorte à comparer efficacement chaque ligne avec des lignes traversant des zones avec des densités de population similaires. La méthodologie était la suivante : une ville d'Europe de taille comparable à celle de Charleroi possédant un tramway/métro léger était donc également sélectionnée. Cette fois-ci, les zones traversées par les différentes lignes du réseau étaient étudiées (la taille de la population traversée) à l'aide des données provenant de l'agence EUROSTAT de l'UE, regroupant les statistiques de population précises au km². Des aires de chalandises des lignes pouvaient être établies graphiquement grâce à QGIS à partir de ces données et il était ensuite possible de déterminer le nombre de personnes directement concernées par chaque ligne. La densité de population de la zone desservie par la ligne était dès lors calculée à partir de ces données.

Enfin, le même travail a été effectué pour les lignes du réseau de Charleroi pour enfin pouvoir comparer différentes lignes entre elles. En partant des densités de population traversées par les cinq lignes du réseau de métro léger carolorégien, il était ensuite aisé de repérer les lignes de tramway ou de métro léger dans les différentes villes européennes effectivement comparables. Une fois les lignes sélectionnées, les fréquences et amplitudes étaient relevées, en tenant compte du maillage potentiel du réseau. Par ailleurs, pour la ligne M1/M2 (dont les fréquences ont été rassemblées comme il s'agit vraisemblablement de la même ligne avec une seule variation de sens au niveau de la boucle centrale), cette dernière sort de

la ZHNS. C'est pourquoi, deux scénarios ont été considérés ; un pour la partie à l'intérieur et l'autre pour la partie à l'extérieur. Voici un extrait du benchmark pour cette ligne M1/M2, avec en bleu clair, la ligne dans son exploitation actuelle et en rose clair l'exploitation possible en tenant compte des fréquences et amplitudes proposées sur les autres lignes européennes :

Tableau 6 : Extrait du Benchmark des métros légers/trams européens pour la ligne M1/M2

Pays	Commune	Ligne	Population concernée	Superficie (km ²)	Densité (hab/km ²)	Amplitude	Fréquence HP	Fréquence HC	Fréquence soir/matin	Réseau maillé
France	Mulhouse	T3	30035	8	3754	5h30 à 23h	1 toutes les 15 min	1 toutes les 15 min	1 toutes les 20/40 min	Oui
Allemagne	Erfurt	T4	30196	10	3020	4h à 1h	1 toutes les 10 min	1 toutes les 10 min	15/20/30 min	Oui
Danemark	Odense	T1	51573	17	3034	5h à minuit 30	1 toutes les 7/8 min	1 toutes les 10 min	1 toutes les 10/15 min	Non
France	Caen	T2	23568	7	3367	5h45 à minuit 30	1 toutes les 10/11 min	1 toutes les 10/11 min	15/20/30 min	Oui
Allemagne	Magdebourg	T2	44980	15	2999	5h à 23h	1 toutes les 10 min	1 toutes les 10 min	1 toutes les 20 min	Oui
Allemagne	Magdebourg	T6	36852	11	3350	5h à 23h	1 toutes les 10 min	1 toutes les 10 min	1 toutes les 20 min	Oui
Belgique	Charleroi	M1/M2	28300	8	3538	5h à 20h	1 toutes les 12 min	1 toutes les 15 min	1 toutes les 30/40 min	partiellement
Belgique	Charleroi	M1/M2	28300	8	3538	5h à 23h	1 toutes les 6 min	1 toutes les 7 à 8 min	1 toutes les 10 à 15 min	partiellement

Pour ajouter de la clarté au tableau ci-dessus, un réseau maillé (et cadencé) comprend plusieurs lignes avec des niveaux d'offre à priori moins attractifs car moins fréquents mais dont les lignes passent sur un même tronçon de voie [29]. Cela permet donc d'étendre le réseau en périphérie sans dimensionner l'offre, en proposant des antennes dans des quartiers plus éloignés, mais avec toujours une offre forte sur les tronçons plus centraux où une cadence plus forte est attendue. Ainsi, dans le tableau 6, lorsqu'une ligne appartient à un réseau maillé, la fréquence proposée paraît plus faible mais est en réalité au minimum deux fois plus importante (voir plus sur certaines parties pour le réseau de Magdebourg ou Erfurt par exemple).

Les fréquences finalement proposées (en rose clair) tiennent donc compte de ces différences. Cependant, nous avons été contraints par un problème majeur et les niveaux proposés ont dû être revus à la baisse par manque d'infrastructures ; la boucle centrale accueillant toutes les lignes du réseau, la fréquence en devient trop importante en heure de pointe pour assurer le passage des différents métros légers. Les options de diamétraliser certaines lignes pour pallier ce problème en permettant à certaines lignes de traverser le réseau sans passer par la boucle centrale et en proposant par exemple que certains M1/M2 empruntent la ligne 4 n'ont pas été retenues. En effet, la boucle centrale, en plus d'être le cœur du réseau, permet d'accéder à la gare centrale, il n'est donc pas envisageable de ne pas y passer pour les métros. Ainsi, plusieurs scénarios ont été proposés à horizon 2035 et après, à condition que des travaux soient réalisés au niveau de la boucle centrale. Par ailleurs, il a été démontré que des aménagements sont nécessaires pour créer un terminus partiel pour la ligne M1/M2 ; cette dernière sortant de la ZHNS, il est injustifié de conserver une fréquence plus forte hors de cette zone. Cependant, aucun retournement n'est actuellement possible avant la station « Pétria » située à presque 6 km de la dernière station à l'intérieur de la ZHNS : « Moulin ». Ainsi, l'offre sera surdimensionnée jusqu'à cet arrêt avant les futurs travaux de création de terminus à cet arrêt.

3.2.2.2 Offre kilométrique et niveaux de services proposés

L'offre kilométrique a finalement pu être établie selon les différents scénarios. Pour le M1/M2, il a par exemple été calculé une évolution de 93,55% de l'offre une fois les travaux réalisés :

Tableau 7 : Evolution de l'offre kilométrique selon différents scénarios pour le M1/M2

Offre Globale et JOB ¹¹ (Période scolaire) M1/M2	Actuelle	Proposée ZHNS (2035)	Proposée Hors ZHNS (2035)	TOTAL (2035)	Proposé e ZHNS (post-2035)	Proposé e Hors ZHNS (post-2035)	TOTAL (post-2035)
Longueur ligne (km)	17,3	13,6 ¹²	3,7	17,3	7,8	9,5	17,3
Amplitude horaire JOB	5h à 20h	5h à 23h	5h à 23h	5h à 23h	5h à 23h	5h à 23h	5h à 23h
Nombre passage annuel (Calculé)	35498	68660	48498		88392	44196	
Offre km annuelle	614115,4	933776	162592,8	1096368,8	711859,2	433504	1145363,2
Evolution (par rapport à la situation actuelle)				+ 81,27%			+ 93,55%

Pour les autres lignes, l'évolution de l'offre est moins importante mais reste de l'ordre de 42% (respectivement 70% après travaux) pour le M3 et de 35% (respectivement 87% après travaux) pour le M4. En effet, là où ces deux lignes possèdent déjà des fréquences attractives, l'offre se dégrade fortement en soirée mais également le weekend. Ces évolutions sont donc principalement dues à l'amélioration de l'offre en fin de semaine et en soirée. Les niveaux de services proposés ont finalement été les suivants pour chaque ligne (avant travaux) :

Lignes et fréquences à horizon 2035	M1/M2 (Charleroi – Pétria)	M1/M2 (Pétria – Anderlues)	M3	M4	M5
Fréquence Matin/Soir	15 min	30 min	12 min	12 min	15 min
Fréquence Heure de Pointe	10 min	12 min	5 min	5 min	10 min
Fréquence Heure Creuse	10 min	12 min	10 min	10 min	10 min
Fréquence Samedi journée	10 min	20 min	10 min	10 min	10 min
Fréquence Samedi Matin/Soir	15 min	30 min	15 min	15 min	15 min
Fréquence Dimanche Journée	15 min	30 min	12 min	12 min	15 min
Fréquence Dimanche Matin/Soir	20 min	40 min	15 min	15 min	20 min

Tableau 8 : Proposition des fréquences sur chaque ligne (en gras les fréquences qui connaissent une évolution)

¹¹ JOB : Jour Ouvrable de Base

¹² La distance est due à un manque d'infrastructures, ne permettant pas de retournement à Moulin. Par conséquent, la fréquence ZHNS doit être maintenue au moins jusqu'à Pétria.

Ainsi, il s'agit à l'horizon 2035 pour le réseau de métro carolo :

- D'augmenter l'amplitude horaire pour proposer un service de 5h à 23h tous les jours et jusqu'à 1h du matin les vendredis et samedis, et ce en gardant le même matériel roulant (exploitation après 20h via des rames métro et non des bus comme actuellement) ;
- De proposer un créneau heure de pointe plus attractif ; de 7h à 9h le matin et de 16h à 19h le soir ;
- De rendre les fréquences plus attractives notamment dans la ZHNS

Pour les BHNS (appelés Busway), la même méthode a été appliquée en comparant avec des réseaux de BHNS existants, notamment en France. Des niveaux de services ont donc pu être proposés pour les deux futures lignes, qui seront exploitées sur la même amplitude horaire que les métros.

3.2.3 Limites de la méthode

La méthode développée ici présente cependant des limites.

3.2.3.1 *Un manque de précision*

Les données à disposition pour le benchmark manquaient effectivement de précision. En effet, là où la densité de population est un facteur majeur pour proposer une offre structurante en matière de transports publics, d'autres facteurs socio-économiques sont également à prendre en compte. Ainsi, les polarités de base, les emplois, le développement économique des territoires ou encore le taux de motorisation sont à prendre en considération. Mais là où ces données ont été clairement énoncées lors des phases précédentes de cette rédaction de Plan Urbain de Mobilité de Charleroi, le travail aurait été trop important à réaliser pour chaque ligne européenne effectivement comparables aux différents métros du réseau carolo. Par ailleurs, il n'y a, par exemple, pas de prise en compte des autres lignes structurantes des différents réseaux qui permettent souvent un rabattement sur les modes lourds, à la fois pour les différents réseaux européens comparés mais surtout pour Charleroi, dont le réseau urbain structurant est en pleine reconstruction.

3.2.3.2 *Une absence de modèle de prévision de la demande*

Un autre manque majeur pour concevoir convenablement une offre adaptée aux besoins du territoire est un modèle de prévision de la demande. En effet, il n'existe aucun modèle à l'heure actuelle pour la métropole de Charleroi. Le PUM est en partie supposé répondre à ce manquement en proposant un équivalent à ce type de modèle. En revanche, le travail réalisé ici est trop peu précis pour être considéré comme tel. Bien que les données socio-économiques du territoire aient par exemple été récoltées, il n'était pas possible, principalement par manque de temps de les incorporer à la méthode finalement adoptée.

3.2.3.3 *Un manque de rigueur*

Aussi, il est à noter que les fréquences finalement choisies à court terme (soit avant les travaux potentiels) manquent encore plus de rigueur puisqu'elles ont finalement été établies sans réellement tenir compte du benchmark réalisé, lors de réunions de travail, en proposant des fréquences exactement identiques pour le M1/M2 (dans la ZHNS) et le M5 ainsi que le M3 et le M4, sans même tenir compte de la densité de population, sous couvert de facilité d'exploitation.

3.2.3.4 *Quelle fiabilité sur le long terme ?*

Il est enfin à préciser que les fréquences proposées n'ont donc, dans un premier temps, pas pu être appliquées, à cause, comme expliqué précédemment, de l'infrastructure du réseau. Les fréquences

proposées ont donc été « repoussées » à un horizon bien plus lointain (après 2035). Cependant, il est en réalité assez difficile de prévoir si elles seront encore pertinentes ou non. En effet, différents paramètres futurs seront à prendre en compte :

- Le territoire carolorégien se transformera, grâce à des objectifs concrets de limitation de l'étalement urbain, de la place accordée à la voiture, du développement de l'offre de transports publics et de la mobilité douce, comme recommandé dans le futur rapport phase 3 du PUM ;
- La raréfaction des matières premières et notamment du pétrole, dont la production devrait au mieux stagner jusqu'en 2030, au pire diminuer, avant d'entrer dans tous les cas dans un déclin inéluctable après cette date [30] ;
- La mise en place nécessaire de politiques publiques drastiques en faveur de la décarbonation pour tenir compte des recommandations des différents rapports du GIEC : « *Government actions at sub-national, national and international levels, with civil society and the private sector, play a crucial role in enabling and accelerating shifts in development pathways towards sustainability and climate resilient development (very high confidence)* » [31].

Il est toutefois important de préciser que les deux derniers facteurs ne sont également pas pris en compte dans les modèles de prévision de la demande et ce problème ne concerne donc pas uniquement ce territoire. Cependant, l'absence de modèle de prévision de la demande accentue encore le manque de robustesse des niveaux de service finalement proposés. Un travail en amont sera donc probablement à prévoir pour proposer au moment opportun des fréquences et amplitudes plus adaptées d'ici 2035.

3.3 Une refonte du réseau urbain à partir de données Floating Mobile Data ?

3.3.1 Présentation des Floating Mobile Data

3.3.1.1 Définition

Lorsqu'une personne utilise ou se déplace avec un GSM¹³, même en mode veille, sans action volontaire de sa part pour désactiver sa localisation, ses données sont récupérées, grâce notamment à la présence d'antennes relais sur un territoire, permettant par exemple de trianguler les positions de ces GSM et donc des personnes les utilisant (il ne s'agit pas de la seule façon pour localiser la position du GSM). En effet, ces données dites « Floating Mobile Data » (FMD) appartiennent aux opérateurs de téléphonie mobile. Après traitement, il est possible d'obtenir des informations dans la mobilité des personnes, notamment les déplacements, son sens ou encore le temps de parcours [32]. Le problème majeur de ces données réside dans le manque de précision, qui peut varier fortement selon les zones étudiées ; un territoire densément peuplé aura généralement une précision meilleure puisqu'il possède un nombre plus important d'antennes réseaux, là où au contraire un territoire plus rural est concerné par des antennes plus isolées, rendant la localisation plus hasardeuse. Par ailleurs, les données nécessitent souvent d'être redressées pour mieux correspondre à la réalité du périmètre d'étude.

3.3.1.2 Données utilisées

Les données qui ont été utilisées dans l'étude proviennent du fournisseur *Proximus*, historiquement marque de Belgacom, opérateur de télécommunication mobile belge dont le gouvernement belge est actionnaire majoritaire. Elles ont été remises au SPW Mobilité et Infrastructures

¹³ Terme utilisé en Belgique pour parler du téléphone mobile.

et reprennent le nombre moyen de personnes présentes par zone et par heure pour une semaine moyenne représentative. Les zones correspondent au maillage géographique des 1429 anciennes communes (situation avant 1977) de Wallonie. La période d'étude s'échelonne du 7 mars 2022 au 7 juin 2022 (hors période de congé scolaire). Chaque donnée correspond ici à un déplacement d'une zone à une autre, et a été redressée¹⁴ en amont. Elles permettent donc d'établir un potentiel tout mode / tout motif compris.

Les données ont été mises à disposition de Traject dans le cadre de la réalisation du PUM. Pour simplifier le traitement des données, les déplacements d'une zone hors du périmètre de Charleroi vers une autre zone hors du périmètre de Charleroi n'ont pas été fournis. Par ailleurs, pour des raisons liées au RGPD¹⁵, les flux de moins de 10 personnes avant redressement collectés sur l'entièreté de la période de collecte ont été effacés.

3.3.2 Le réseau urbain structurant principal

3.3.2.1 Réseau actuel

L'Autorité Organisatrice du Transport travaille avec le TEC Charleroi à une refonte complète du réseau carolo [33]. En effet, selon le baromètre de l'expérience client 2022 réalisé par le TEC, « la desserte proposée » figure parmi les besoins d'améliorations relevés [28]. En plus de cela, sur l'ensemble des lignes TEC du réseau urbain, près de la moitié ont plus de quatre parcours [17], ce qui contribue à la difficulté de lisibilité du réseau. Par ailleurs, la distribution des passages sur les lignes est également en deçà du niveau attendu ; seules 17% des lignes proposent une attente inférieure à 30 minutes (en tenant compte du fait que les métros légers en font partis). Cette problématique se traduit par une insatisfaction du client ; seuls 45% des clients s'estiment satisfaits de la fréquence des passages et 23% considèrent même la distribution des passages comme inadaptée [28]. Un autre défaut du réseau est son offre fluctuante selon les périodes de l'année qui est notamment calquée sur le rythme scolaire (alors même que le réseau TEC de Charleroi est le plus utilisé de toute la Wallonie hors période scolaire). Ainsi, près d'une ligne sur 10 du réseau urbain ne circule pas la moitié de l'année (le weekend et les jours fériés en plus des jours de vacances scolaires) [28]. Enfin, la vitesse commerciale des lignes urbaines principales reste cependant performante puisque la majorité ont une vitesse commerciale comprise entre 20 et 25km/h.

¹⁴ Les données ont été redressées à partir d'un algorithme basé sur des statistiques de population et du lieu de vie le plus probable.

¹⁵ Règlement général sur la protection des données.

Il s'articule de la façon suivante :

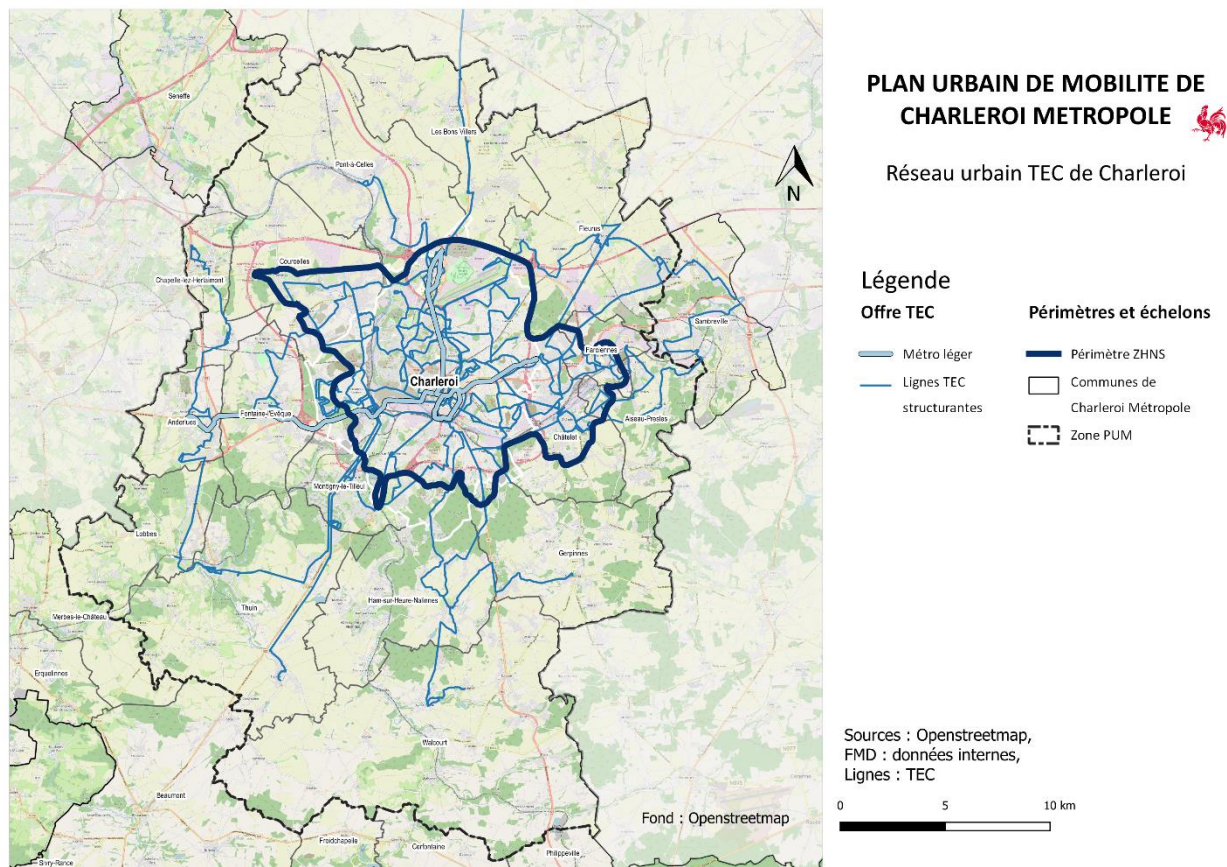


Figure 22 : Carte du réseau urbain TEC actuel de Charleroi, Auteur : Weckner Benoit

L'objectif principal est donc de proposer des lignes avec une constance spatiale et temporelle plus conséquentes, pour réussir à concurrencer la voiture qui bénéficie d'infrastructures routières particulièrement surdimensionnées et donc d'une faible congestion.

3.3.2.2 Proposer de nouveaux tracés à partir de l'étude des FMD ?

Les données FMD étant les seules données quantifiables et exploitables à disposition, il semblait opportun de les utiliser pour définir l'offre. Ainsi, l'idée était la suivante : identifier chaque zone urbaine non desservies par un métro léger/BHNS actuel ou futur et observer les nombres de déplacements vers les autres zones urbaines. A défaut de disposer de données d'enquêtes ménage déplacement (comme les enquêtes EMC2 en France), ces données permettent d'obtenir une ébauche d'habitudes de déplacements. Cependant, par la définition même des données FMD récoltées ici, ces dernières n'étant disponibles qu'à l'échelon zonal des anciennes communes et non des quartiers statistiques, qui est l'échelon le plus fin en Belgique. Cette méthode a été rapidement abandonnée. En effet, la taille des zones étant trop importante, un tracé fin n'est pas envisageable, comme le montre la figure 14.

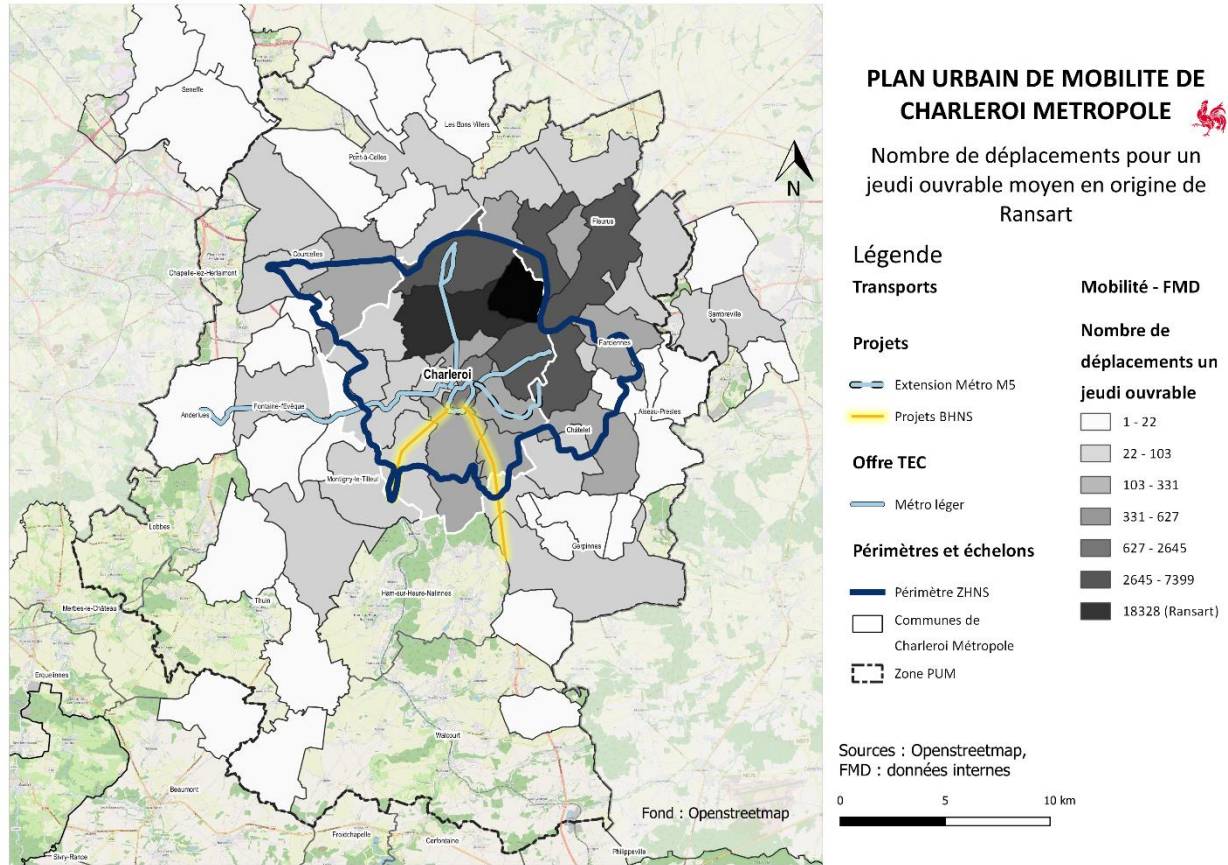


Figure 23 : Carte du nombre de déplacements un jeudi ouvrable de base en origine de l'ancienne commune de Ransart, Auteur : Weckner Benoit

Cette limite pour la zone urbaine se révèle en fait être un véritable atout pour la zone rurale. En effet, la méthode est plus adaptée à la mise en place de lignes intercommunales dont les tracés sont généralement plus longs et dont le nombre d'arrêt se prête mieux à un zonage par ancienne commune. C'est notamment ce travail qui sera tout d'abord présenté dans la troisième et dernière partie de ce rapport.

4 Complémentarité de l'offre : que proposer en zone rurale ?

Cette dernière partie aura donc majoritairement pour but de développer le travail et les méthodes utilisées pour développer l'offre périurbaine et rurale notamment grâce à l'utilisation des Floating Mobile Data. La création de lignes intercommunales sera présentée en explicitant les limites de la technologie des FMD. Enfin, la proposition d'un système de transport à la demande sera particulièrement développée pour clôturer cette étude.

4.1 Réseau express et intercommunal

4.1.1 Un réseau Express structurant pour densifier l'offre de transports publics

Ce qui différencie tout d'abord une ligne express d'une ligne intercommunale structurante réside dans le nombre d'arrêts ; la politique pour une ligne express est supposée être d'un arrêt par commune traversée, là où le nombre d'arrêts n'est pas limité pour les lignes intercommunales. Dans la pratique certaines lignes express possèdent parfois plusieurs arrêts dans une seule et même commune mais ils se justifient par la structure de la commune qui peut englober plusieurs bourgs conséquents (anciennes communes). Par ailleurs, contrairement aux lignes intercommunales structurantes, les tracés des lignes express existent déjà. Aussi, le travail réalisé consistait donc à proposer des niveaux de services adaptés (et plus conséquents qu'actuellement) sur ces lignes, sur base des FMD.

4.1.1.1 Méthode

Afin d'expliquer la méthode utilisée pour les lignes express (mais également intercommunales structurantes), sera présenté le cas de la ligne express E109 dont le tracé relie Momignies à Charleroi en passant par les communes de Chimay et Beaumont.

L'actuelle ligne E109 compte 62,3 kilomètres et 13 arrêts. Ses terminus respectifs sont Momignies Eglise et Charleroi Central (anciennement Charleroi Sud), la gare principale de Charleroi. Elle propose trois allers (dans le sens Momignies – Charleroi) le matin et trois retours (dans le sens Charleroi – Momignies) le soir, dans les heures de pointes respectives. Elle circule toute l'année quelle que soit la période (scolaire/vacances) mais pas le weekend ni les jours fériés.

L'idée était en premier lieu d'objectiver tous les déplacements sur ce tronçon à l'aide des données FMD. Les données étant disponibles sous la forme suivante : le nombre de déplacements entre une zone d'origine et une zone de destination, pour un jour donné sur une période horaire donnée. Afin d'avoir une vision fidèle d'un jour ouvrable de base, les données d'un jeudi moyen ouvrable ont été recueillies, sur toute la journée. En identifiant les zones traversées par la ligne E109, il était possible de dresser un tableau origine/destination des anciennes communes concernées.

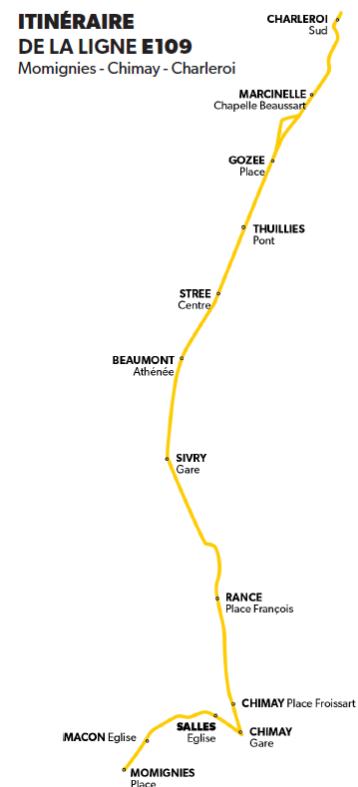


Figure 24 : Tracé de la ligne E109, source : letec.be

Tableau 9 : Nombre de déplacement selon les origines et destinations d'anciennes communes situées sur le tracé de la E109

O/D	Momignies	Macon	Salles	Chimay	Rance	Sivry	Beaumont	Stree	Thuillies	Gozee	Charleroi
Momignies	2502	618	76	517	10	30	0	0	0	1	5
Macon	616	460	118	238	0	7	0	0	0	0	1
Salles	76	118	239	261	16	1	0	0	0	0	2
Chimay	532	255	260	6596	446	180	11	12	2	19	76
Rance	25	9	16	433	1301	159	18	19	1	22	26
Sivry	11	1	0	178	163	1057	23	11	0	16	19
Beaumont	0	0	0	16	20	30	270	126	13	31	28
Stree	0	0	0	9	12	8	126	1276	207	101	111
Thuillies	0	0	0	1	1	0	16	196	883	365	121
Gozee	0	0	0	10	12	10	40	96	376	7796	3198
Charleroi	4	2	1	87	27	19	29	95	138	3161	786261

En tenant compte du fait qu'il s'agit des déplacements à l'échelle de la journée, il apparait clairement que la majorité des communes sont hors de l'aire d'attraction économique de Charleroi. En effet, l'ancienne commune de Thuillies (située dans l'actuelle commune de Thuin) est distante d'environ 20 kilomètres du centre de Charleroi. Ce tableau souligne plutôt la nécessité d'une desserte des anciennes communes directement limitrophes. Aussi, au vu de la très faible demande avant Chimay en direction de Charleroi, il a été proposé de créer une ligne dont la structure serait différente (intercommunale structurante) entre Momignies et Chimay, et de raccourcir la ligne Express E109, proposant le même tracé à partir de Chimay vers Charleroi.

La seconde partie du travail consistait à analyser les flux en fonction de l'heure de la journée¹⁶. Réaliser un tableau comme le tableau 9 représente une tâche bien trop chronophage. Dans le souci de créer une méthode pouvant s'appliquer aux autres lignes étudiées, il a été choisi de rassembler les déplacements de la façon suivante :

- Récolter tous les flux horaires en provenance de chaque ancienne commune vers le terminus, puis vers l'ancienne commune précédent le terminus, et ainsi de suite jusqu'à arriver à la deuxième ancienne commune de la ligne (Rance par exemple, dans le sens Chimay → Charleroi)
- Les sommer.

Par la suite, l'objectif de parts modales étant fixé à 10% en zone rurale, il suffisait d'appliquer un facteur 0,1 sur les données afin d'obtenir un potentiel de voyageurs sur la ligne.

Il apparait clairement une logique pendulaire au niveau des flux de déplacements, avec des pointes le matin et le soir dans les deux sens.

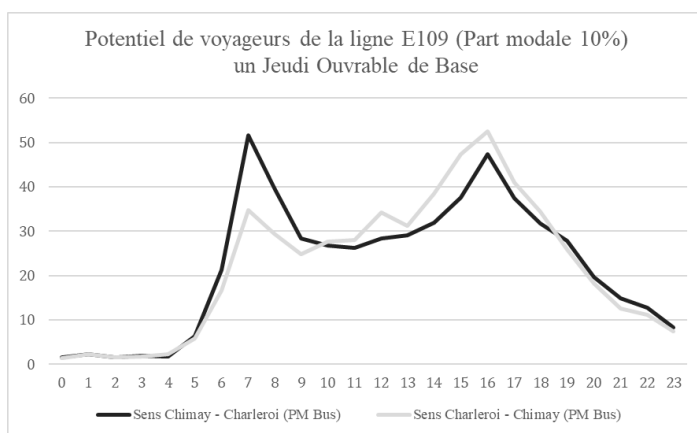


Figure 25 : Représentation du potentiel de voyageurs sur la ligne E109 un jeudi ouvrable de base d'après les données FMD

Cependant, un premier point montre les limites de la méthode utilisée ; en se référant au tableau 9, on constate très clairement que les flux entre Charleroi et Gozée sont bien supérieurs aux autres flux relevés. Sans pouvoir réaliser le travail pour chaque flux, entre chaque ancienne commune concernée, qui s'avère chronophage et dans le but « d'automatiser » la méthode, un travail

¹⁶ Sans tenir compte des déplacements internes à chaque ancienne commune

supplémentaire a été réalisé afin de déterminer le nombre potentiel de personnes entre chaque arrêt sur la ligne :

En considérant tout d'abord un sens, arbitrairement de Chimay vers Charleroi, le total de déplacements dans cette direction a été relevé (soit les déplacements de Chimay vers toutes les communes suivantes, puis les déplacements de Rance vers toutes les communes suivantes (sans Chimay), etc.). Cela a permis d'obtenir la part de déplacement provenance de chaque ancienne commune dans cette direction. Une fois ce travail préalable réalisé, les pourcentages obtenus ont été appliqués au nombre de déplacements horaires, afin d'obtenir une première répartition des déplacements entre chaque ancienne commune de la ligne, sous forme d'un tableau de 24 colonnes comprenant dans chaque case le nombre potentiel de voyageur entre deux arrêts.

Pour affiner la méthode, le tableau suivant, regroupant la répartition des déplacements en origine des anciennes communes, a été réalisé :

Tableau 10 : Répartition de la part des déplacements en origine des anciennes communes (la somme de chaque ligne est égale à 100%)

O/D Jeudi	Chimay	Rance	Sivry	Beaumont	Stree	Thuillies	Gozee	Charleroi
Chimay		59,79%	24,13%	1,47%	1,61%	0,27%	2,55%	10,19%
Rance	63,86%		23,45%	2,65%	2,80%	0,15%	3,24%	3,83%
Sivry	42,48%	38,90%		5,49%	2,63%	0,00%	3,82%	6,68%
Beaumont	6,27%	7,84%	11,76%		49,41%	5,10%	12,16%	7,45%
Stree	1,57%	2,09%	1,39%	21,95%		36,06%	17,60%	19,34%
Thuillies	0,14%	0,14%	0,00%	2,29%	28,00%		52,14%	17,29%
Gozee	0,27%	0,32%	0,27%	1,07%	2,57%	10,05%		85,46%
Charleroi	2,45%	0,76%	0,53%	0,82%	2,67%	3,83%	88,94%	

Ces répartitions ont finalement permis la création d'une formule déterminant l'occupation potentielle du bus entre chaque ancienne commune, qui peut s'écrire sous la forme récursive suivante :

Si $n \in \mathbb{N}^* \setminus \{1\}, \forall h \in \llbracket 0; 23 \rrbracket$,

Équation 1 : Définition récursive de l'occupation du bus entre chaque arrêt

$$\begin{cases} Occ_{(entre\ n\ et\ n+1),h} = Occ_{(entre\ n-1\ et\ n),h} + Pot_{n,h} - \sum_{i=1}^{n-1} Part_{i,n} \times Pot_{i,h} \\ Occ_{(entre\ 1\ et\ 2),h} = c_{1,h} \end{cases}$$

Avec,

$Occ_{(entre\ n\ et\ n+1),h}$ l'occupation potentielle du bus entre l'arrêt (ancienne commune) n et le suivant $(n+1)$, qui définit la matrice d'occupation du bus sur une journée de 24h, $OccupationPot = (Occ_{i,h})_{1 \leq i \leq n-1, 0 \leq h \leq 23}$ $n \in \mathbb{N}^* \setminus \{1\}$.

$Pot_{n,h}$, qui définit la matrice du nombre potentiel de voyageur à l'arrêt n sur une journée de 24h, $PotentielVoy = (Pot_{i,h})_{1 \leq i \leq n-1, 0 \leq h \leq 23}$ où $n \in \mathbb{N}^* \setminus \{1\}$.

$Part_{i,n}$ la part de déplacement potentielle entre la commune i et la commune $i+1$ à l'heure h , qui définit la matrice de la répartition de la part des déplacements en origine des anciennes communes à partir du tableau 10, $PartDepla = (Part_{i,j})_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n}$ où $n \in \mathbb{N}^*$.

Cette formule prend en effet compte du pourcentage de personnes descendant à chaque arrêt à partir du tableau 10.

4.1.1.2 Résultats

Le résultat final s'écrit donc sous forme de tableau, à partir duquel il est donc possible de réaliser une vision graphique de l'occupation potentiel du bus entre chaque arrêt selon la période de la journée :

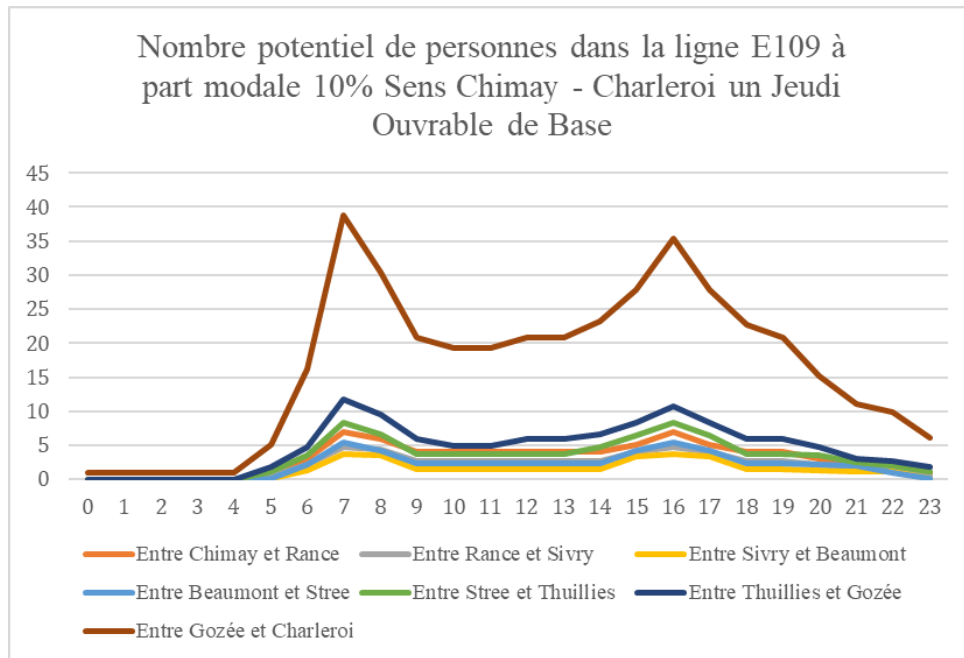


Figure 26 : Nombre potentiel de voyageurs dans la ligne E109 avec distinction de l'arrêt

Comme attendu, à cause du fort potentiel de voyageurs entre Gozée et Charleroi (ancienne commune située dans la première couronne), le potentiel établi apparaissait biaisé sans cette seconde étude. En effet, Gozée bénéficie déjà de liaisons directes pour rejoindre Charleroi et le potentiel de voyageurs serait en réalité bien plus faible pour cette ligne E109. Il a donc été décidé de ne pas tenir compte de cette portion. Le potentiel évalué est donc le suivant :

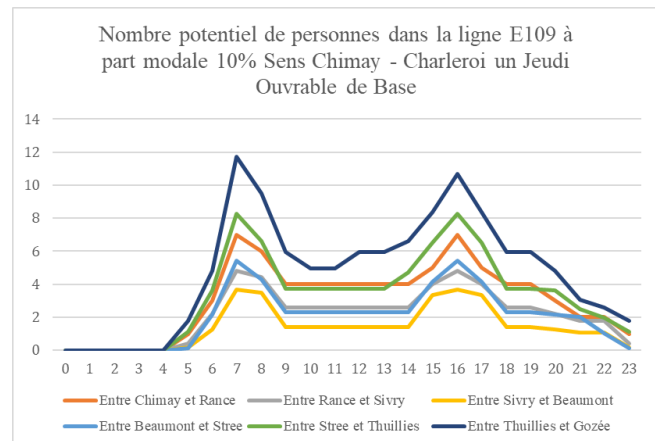


Figure 27 : Nombre potentiel de voyageurs dans la ligne E109 avec distinction de l'arrêt sans Gozée et Charleroi un jeudi

On retrouve bien les pointes du soir et du matin mais cette fois-ci, le potentiel est bien plus faible. En tenant compte du fait que Thuillies est également dans l'aire d'attraction de Charleroi et bénéficie, tout comme Gozée, d'autres options pour effectuer ce trajet, la courbe représentant le nombre potentiel de personnes entre Thuillies et Gozée est probablement surévaluée.

Cette courbe tend à la mise en place d'un service pendulaire. Au vu de la faible demande potentielle, il semble à première vue plus rationnel de ne proposer que des services en pointe voire de proposer des

services à la demande en heure creuse. Cependant, le constat propre aux offres de transports en commun en zone rurale, notamment en France est qu'elles sont essentiellement ciblées sur des déplacements pendulaires, ne répondant généralement pas aux besoins non liés au motif travail [21]. Aussi, une ambition de part modale de 10% est colossale dans une zone rurale comme celle de l'étude, dont la densité moyenne des communes est de 99 habitants/km2 (sans Gozée et Charleroi). Par conséquent et dans le but de correspondre à ces ambitions de parts modales, il est important de faire également circuler des lignes en heures creuses, mais aussi d'assurer des correspondances planifiées avec d'autres lignes pour ne pas proposer uniquement une ligne de transport mais bien un réseau dense aux usagers. Par conséquent, les niveaux de services suivants, qui devront être cadencés notamment pour permettre des correspondances planifiées, ont été proposés en semaine :

Tableau 11 : Niveaux de services proposés la semaine sur la ligne E109 selon la direction et le type de transport la semaine

Sens	Chimay – Charleroi			Charleroi – Chimay	
Mode	TAD	Bus	TAD	Bus	TAD
Amplitude	6h à 7h	7h à 20h	20h à 21h	7h à 20h	20h à 21h
Fréquence	1/h				

La même méthode a donc été appliquée pour le week-end, où la tendance de pointe disparaît assez logiquement. Il apparaît qui-plus-est et contrairement au dimensionnement actuel et classique en zone rurale, qu'un potentiel existe le samedi comme le dimanche et qu'il est non négligeable.

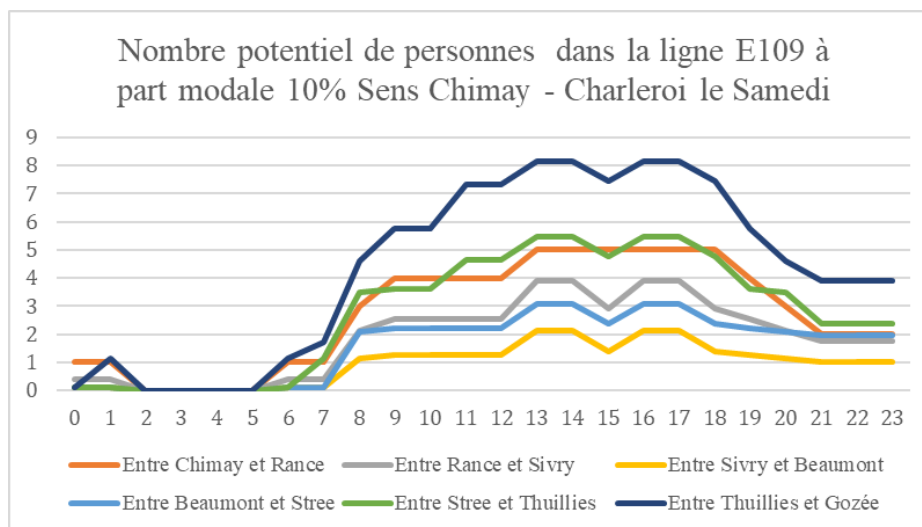


Figure 28 : Nombre potentiel de voyageurs dans la ligne E109 avec distinction de l'arrêt sans Gozée et Charleroi le samedi

Le dimanche, la courbe est très similaire mais légèrement plus faible. De sorte à assurer la mise en place des autres lignes également étudiées, il a donc été proposé les niveaux de services suivants pour le week-end :

Tableau 12 : Niveaux de services proposés la semaine sur la ligne E109 selon la direction et le type de transport le weekend

Jour	Sens	Chimay – Charleroi		Chimay – Charleroi
Samedi	Mode	TAD	Bus	Bus
Samedi	Amplitude	8h à 9h	9h à 20h	9h à 20h
Samedi	Fréquence	1/h	1/h	1/h
Dimanche	Mode	TAD		
Dimanche	Amplitude	9h à 20h		
Dimanche	Fréquence	1/h		

Il est à noter que le caractère « à la demande » de la ligne le dimanche sera possiblement révoqué ; une période de test sera notamment réalisée dans la première année d'exploitation. Au vu de la fréquentation mais aussi de la demande des utilisateurs, l'exploitation régulière de cette dernière le dimanche sera étudiée.

4.1.2 Un réseau intercommunal structurant sur l'ensemble du territoire

4.1.2.1 Etablir des besoins de déplacement à partir des FMD

La méthode expliquée préalablement a pu être appliquée à d'autres lignes, cette fois-ci non existantes actuellement. En effet, les données FMD ont permis d'établir des barreaux de déplacements à l'échelle du territoire au niveau des communes, laissant présager des potentielles de lignes intercommunales structurantes.

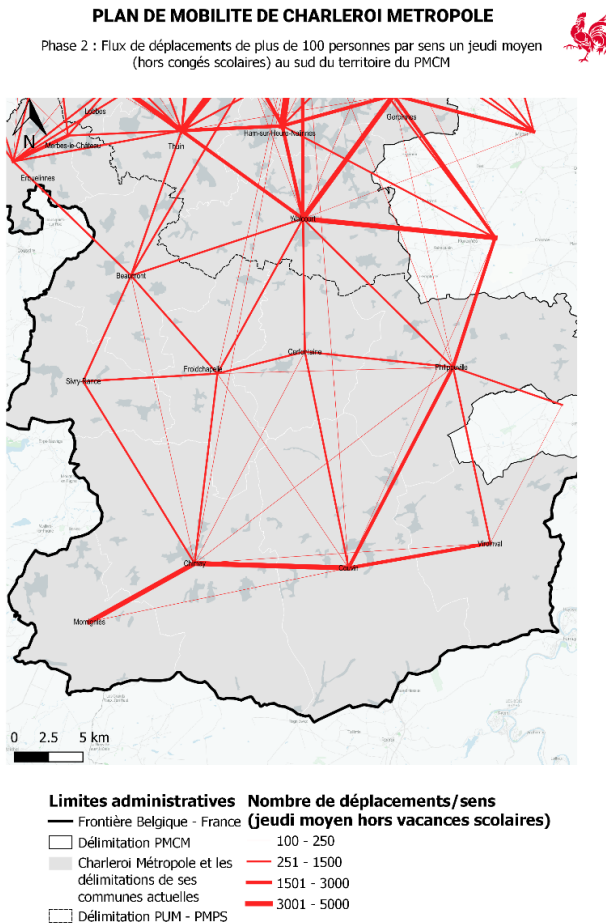


Figure 29 : Flux de déplacements sur la zone sud de la métropole de Charleroi, source : interne

ont bien entendu été pris en compte différents documents réalisés dans certaines zones du territoire (P RTP), mais aussi la demande actuelle sur base de validation. Elles ont également été discutées lors de réunions de travail avec différents acteurs, et aussi lors de réunions bilatérales avec la région ou le TEC.

Une fois cette base établie, les données FMD ont permis de proposer des niveaux de services sur les différentes lignes.

4.1.2.2 Un exemple, le cas de la ligne Momignies – Chimay

Comme expliqué lors de la présentation de la méthode sur la ligne E109, il a été établi, grâce aux données FMD, que la commune de Momignies fonctionne principalement avec la commune de Chimay. En effet, au-delà de l'étude sur la E109, la carte de la figure 22 montre que seuls les flux vers Chimay sont réellement importants (ce constat est également valable les jours de week-end)¹⁷. Sur la même méthode que pour les lignes express, les potentiels suivants ont pu être établis :

¹⁷ Les flux vers Couvin sont en fait plutôt éparpillés vers plusieurs anciennes communes et peu nombreux, ne justifiant le besoin de réaliser par exemple une ligne Momignies – Chimay – Couvin.

Un travail cartographique réalisé en amont du stage montre ainsi les flux majeurs entre les actuelles communes de la métropole, avec notamment un besoin conséquent au sud du territoire entre les communes limitrophes.

Il est bien sûr à rappeler que les flux de déplacements présentés sur la carte ci-contre correspond à des déplacements intercommunaux, regroupant notamment la somme des déplacements des anciennes communes d'une commune actuelle vers toutes les autres anciennes communes d'une autre commune actuelle. De ce fait, bien que des besoins entre les communes apparaissent comme forts, il est important de préciser qu'il est possible qu'il ne s'agisse majoritairement que de besoins entre deux anciennes communes par exemple.

Ce travail a tout de même permis de définir une base d'étude, dont les flux entre anciennes communes ont été regardés par la suite (par exemple tous les flux en provenance des anciennes communes de Momignies vers les anciennes communes de Chimay).

Aussi, pour affiner davantage l'étude et se concentrer sur les lignes les plus impactantes,

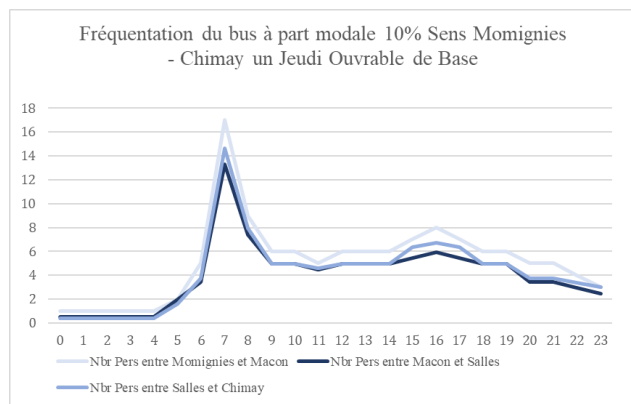


Figure 30 : Occupation potentielle du bus à part modale 10% en direction de Chimay

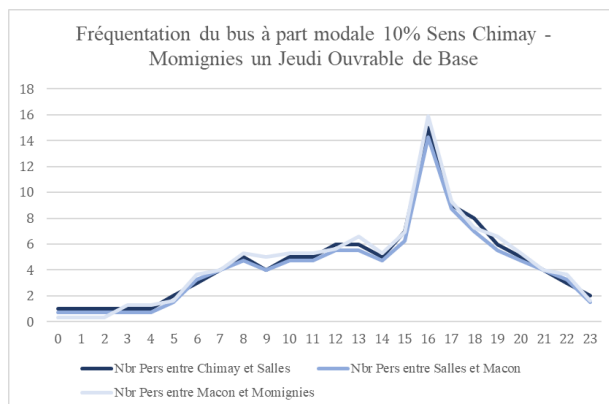


Figure 31 : Occupation potentielle du bus à part modale 10% en direction de Momignies

Ainsi, le jeudi, on observe nettement des déplacements pendulaires entre Momignies et Chimay, avec la commune de Chimay qui apparaît comme pôle d'emploi pour la commune de Momignies au vu des courbes. Assez simplement, des niveaux de service ont pu être proposés sur cette ligne :

Tableau 13 : Niveaux de service proposés sur la ligne intercommunale Momignies – Chimay

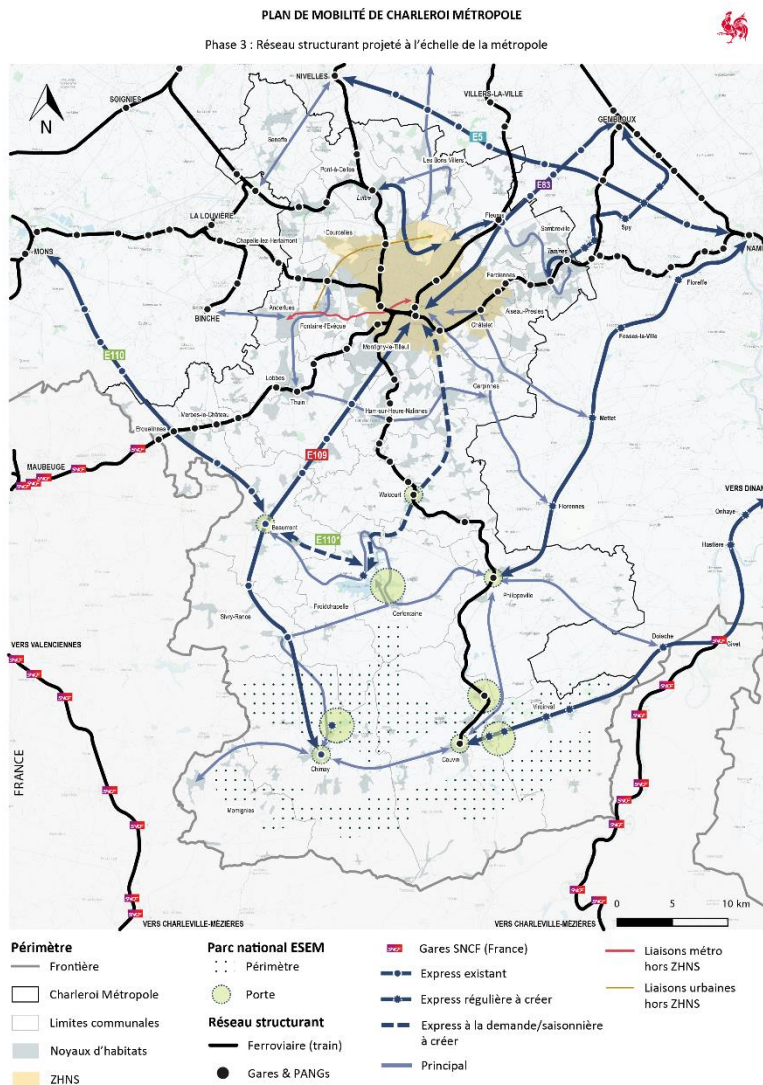
Sens	Momignies - Chimay				Chimay - Momignies				
	Bus	Bus	Bus	TAD	TAD	Bus	Bus	Bus	TAD
Amplitude	6h à 7h	7h à 8h	8h à 21h	21h à 23h	6h à 7h	8h à 16h	16h à 17h	17h à 21h	21h à 22h
Fréquence	1/h	2/h	1/h	1/h	1/h	1/h	2/h	1/h	1/h

Dans la même démarche que pour les lignes express, il est important de proposer une offre en heure creuse bien que la demande soit plus faible au vu du potentiel. Il s'agit d'une offre ambitieuse mais qui répond aux objectifs souhaités de part modale. Par ailleurs, une offre conséquente est cruciale pour initier des changements de comportements de mobilité dans les zones rurales [34]. C'est pourquoi, le week-end au vu du potentiel bien que moins fort (pour le dimanche uniquement), la proposition de conserver l'amplitude et la cadence de la semaine en heure creuse a été faite (avec quelques services en TAD le matin et le soir).

Cette méthode a été également utilisée pour d'autres lignes qui seront évoquées dans la sous-partie suivante.

4.1.3 Présentation du réseau

En se référant à la figure 8 (p. 8) et sa nomenclature, il a été possible, grâce aux analyses précédentes notamment, d'établir une esquisse du réseau structurant souhaité à l'échelle de la métropole :



Ainsi, on retrouve en particulier les lignes étudiées lors de ce travail que sont :

- les lignes express E109, E110 ;
- les liaisons intercommunales de la zone PUM, soit les liaisons de rocade notamment (Les Bons Villers – Luttre, Fontaine l’Eveque – Anderlues – Thuin, Thuin – Ham sur Heure Nalinnes – Gerpinnes) ;
- les liaisons intercommunales de la zone PMPS (Nivelles – Seneffe – Manage, Momignies – Chimay, Chimay – Couvin, Chimay – Lacs de l’Eau d’Heure – Charleroi (l’été), Beaumont – Lacs de l’Eau d’Heure – Philippeville) ;
- et les liens avec l’extérieur de la métropole (Anderlues – Binche, Nivelles – Seneffe – Manage).

Une attention particulière est à porter sur la desserte des Lacs de l’Eau d’Heure. En effet, la desserte des lieux touristiques de la métropole a été un sujet affiché comme indispensable, ces derniers n’étant actuellement que très peu desservis. Les propositions (en accord avec le potentiel FMD) ont donc été de proposer un accès direct

depuis Mons (E110) et Charleroi (Intercommunale Chimay – Lacs) en période estivale. Qui plus est, tout au long de l’année des accès sont possibles par le biais des lignes intercommunales structurantes.

Par ailleurs, dans le cas des liaisons Chimay – Charleroi (E109) et Chimay – Lacs de l’Eau d’Heure – Charleroi (l’été), le potentiel entre Chimay et Rance (soit le premier arrêt de la E109) n’a pas été pris en compte lors de l’étude de la ligne intercommunale vers les lacs, pour ne pas fausser le potentiel total, le passage par Rance étant surtout prévu pour répondre au potentiel entre ce lieu et Froidchapelle.

4.1.4 Limites des FMD et de la méthode

Cette méthode comporte les limites suivantes. Bien que l'étude des FMD soit plus adaptée à cette échelle intercommunale, le manque de précision et d'information des données est le point négatif majeur. En effet, d'autres lignes étaient par exemple à l'étude ; la figure 22 montrait notamment un besoin de connexion entre les anciennes communes de Viroinval (à l'extrême sud-est de la métropole) et celles de Couvin, là où est prévue une ligne Express entre Viroinval et Dinant en passant par Givet (en France), qui par sa définition possède le moins d'arrêts possibles. Les données FMD étaient en effet bien curieuses ; une commune aussi peu dense et aussi peu peuplée (5 705 habitants et 47 hab/km², soit la densité la plus faible de la métropole avec Froidchapelle dont le territoire englobe une partie des Lacs de l'Eau d'Heure) générerait des flux nettement supérieurs au reste des communes de la zone PMPS (rurale). En analysant en détail la couverture réseau (Proximus) du territoire fournie par l'Institut belge des services postaux et des télécommunications (IBPT) [35], on se rend compte que des zones où la couverture réseau est moins forte existent mais cela n'est pas spécifique à la commune de Viroinval :

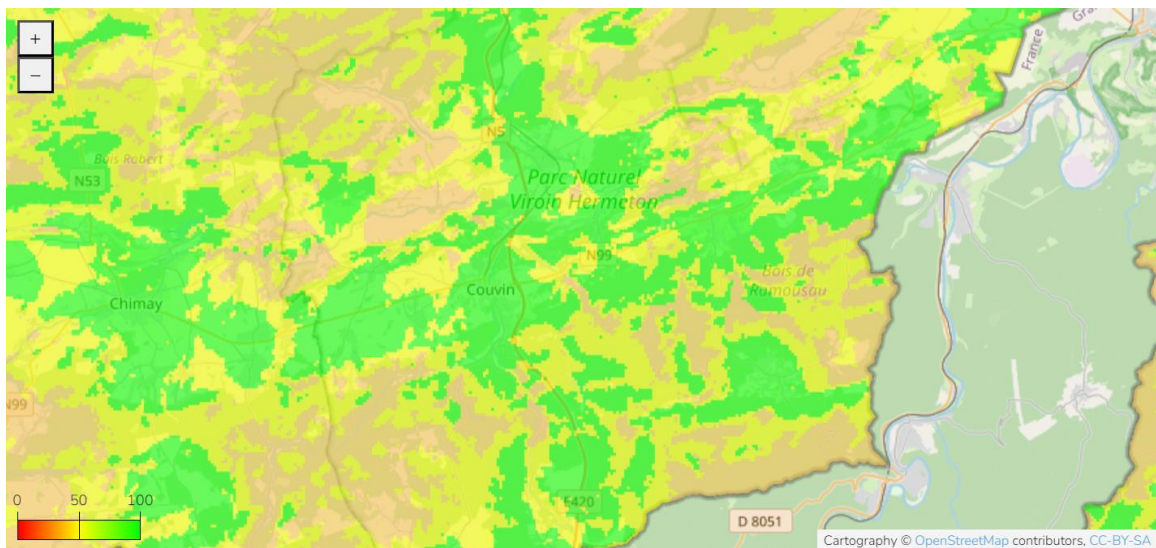


Figure 33 : Couverture réseau des communes Sud-Est de la zone PMPS, source : IBPT

Le problème majeur réside dans la taille des anciennes communes. En effet, elles sont très variables selon les territoires et ont des limites qui ne reflètent pas forcément la réalité des déplacements. Ainsi, dans le cas particulier de la commune de Couvin, le tracé de l'ancienne commune de Couvin couvre la partie habitée principale ainsi qu'une portion au sud-est, lui offrant une frontière avec l'ancienne commune de Nismes. Un déplacement depuis l'ancienne commune de Nismes vers l'ancienne commune de Couvin peut alors très bien s'effectuer depuis la N99 comme en se déplaçant au sud dans le hameau de Regniessart, où la couverture réseau est plus mauvaise, par sa localisation dans la forêt ardennaise.

La carte suivante montre les spécificités des différentes limites des anciennes communes de la zone PMPS Sud-Est :

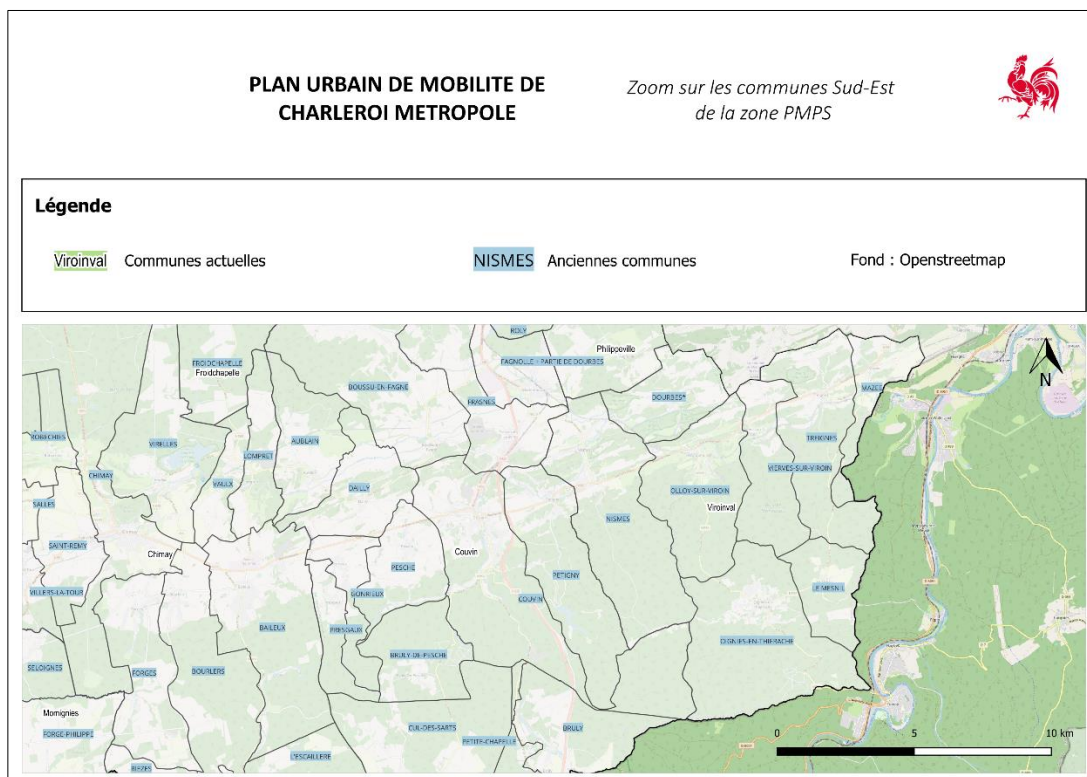


Figure 34 : Délimitations des anciennes communes sur le territoire Sud-Est de la zone PMPS, Auteur : Weckner Benoit

Ainsi, lors de l'étude du potentiel d'une ligne Couvin – Viroinval, cette dernière était totalement faussée par les déplacements entre Pétigny et Couvin notamment, avec trois fois plus de déplacements en direction de Couvin depuis Pétigny que de déplacements à l'intérieur de Pétigny, ainsi qu'une moyenne de plus de 3 déplacements par personnes par jour uniquement de Pétigny à Couvin (sur 1 000 personnes concernées). Ceci est théoriquement possible mais au vu de la forme des données et de l'allure des déplacements sur l'ensemble du territoire, et également les résultats de l'enquête Monitor 2017 sur la mobilité des Belges qui expliquent que « *Sans distinction de genre et d'âge, [...] le Belge effectue en moyenne 2,2 déplacements par jour* » [24], cet écart combiné au très faible potentiel du reste de la zone a suggéré la non mise en place d'une ligne supplémentaire (principale tout du moins).

Cette étude étant une des dernières à avoir été effectuée, ce recul n'était pas de mise sur la qualité des données lors des premières. Au vu de la couverture réseau sur la zone PMPS, il apparaît que les données de manière globale sont à étudier en tenant compte de ces possibles incohérences. En effet, l'ancienne commune de Mariembourg génère aussi un nombre très important de déplacements pour sa taille. Aussi, dans le sens inverse, les données de la commune de Beaumont sont par exemple également curieuses. Mais là où, les données entre Couvin et Pétigny sont probablement liées à des faux déplacements qui s'ajoutent à cause du mauvais réseau en bordure des frontières des deux anciennes communes, l'ancienne commune de Walcourt ne génère que très peu de déplacements quelle que soit la destination.

En comparant à des anciennes communes similaires en termes de population notamment (dont la densité peut varier), on distingue bien ces deux extrêmes, dans lesquelles aucune nouvelle ligne n'a été étudiée :

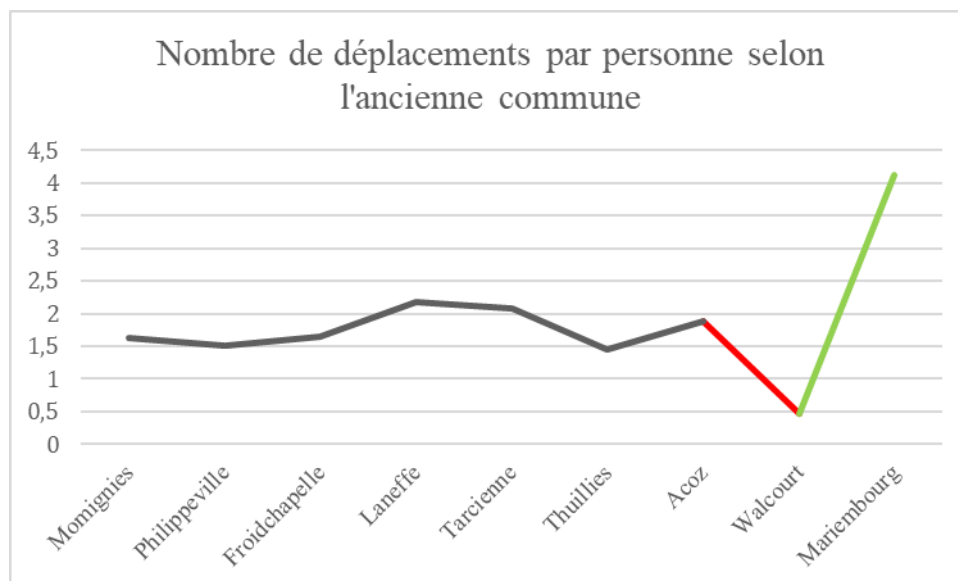


Figure 35 : Représentation du nombre de déplacements moyen par personne selon l'ancienne commune correspondante, sources des données : internes

Ainsi, là où la moyenne du nombre de déplacements par personne se situe autour des 1,8 (sans tenir compte des déplacements internes à chaque ancienne commune, qui ne changent en rien le constat), la commune de Walcourt possède des résultats bien en deçà avec 0,5 déplacements par personne par jour de semaine et plus de 4 pour Mariembourg.

Ces incohérences ont donc fortement limité le travail ; les communes concernées n'ont pas pu être pleinement étudiées. Cependant, étant les seules données existantes, elles permettent tout de même d'offrir une allure. D'autres études plus poussées avec des données plus fiables seraient par la suite nécessaires pour confirmer ou infirmer le travail réalisé ici.

4.2 Le transport à la demande : la solution complémentaire ?

4.2.1 Définition

Pour commencer il est important de définir clairement ce que l'on appelle Transport à la Demande (TAD). Le Cerema propose la définition suivante : « Le TAD se définit comme un service pour lequel les points d'arrêt, les itinéraires, les horaires ou la fréquence du service sont déterminés au moins en partie en fonction de la demande des usagers » [36].

Cinq types de Transports à la Demande peuvent être établis en croisant deux paramètres :

- La définition ou non de points d'arrêts ;
- La définition ou non d'horaires fixes.

Ils sont les suivants :

Tableau 14 : Définition des types de transport à la demande selon le Cerema [36]

		Définition de points d'arrêts		
		Prise en charge et dépose au domicile	Prise en charge au domicile, dépose à un point d'arrêt	Prise en charge et dépose à un point d'arrêt
Définition d'horaires	Horaires <i>libres</i>	Type 1 « porte-à-porte »	Type 2	Type 3
	Horaires <i>fixes</i>	<i>impossible</i>	Type 4	Type 5 « ligne virtuelle » ou desserte zonale avec arrêts

4.2.2 Diagnostic de l'existant – Une (très) large panoplie

En Belgique et en particulier en Wallonie, différents services de transport à la demande existent. On retrouve donc :

- Le Service PMR porte-à-porte

Ce service est un service de type 1, « porte à porte » proposé pour les personnes à mobilité réduite au même tarif que sur les lignes TEC régulières, pour la personne ainsi qu'un-e accompagnateur-trice.

- Le TEC à la demande

Service d'arrêt à arrêt (ou point d'intérêt) sans horaires fixes (type 3), il agit en complément du service régulier du TEC à Louvain la Neuve et Gembloux. Il s'agit d'un service collectif, signifiant que plusieurs personnes peuvent être groupées dans un même trajet pour optimiser le déplacement du véhicule utilisé. La même tarification que pour le réseau classique s'applique.

Il possède un fonctionnement par « zone », ne permettant que des déplacements spécifiques ; intra – zonaux (zone Est et Sud-Ouest), ou alors vers et depuis une zone centrale dans le cas de Louvain-la-Neuve. Les horaires s'étendent de 7h30 à 19h30 du lundi au vendredi et de 9h30 à 19h30 le samedi. Pour Gembloux, les horaires s'étendent de 5h50 à 20h30 du lundi au vendredi et de 8h15 à 19h45 le samedi. Dans les deux cas le service ne fonctionne pas le dimanche et les jours fériés.

- Le FlexiTEC

Ce service est adapté pour les zones rurales, actif dans la commune de Viroinval. Lui aussi complémentaire de l'offre de transport régulière des lignes TEC, il fonctionne en « porte-à-porte » ou d'arrêt à arrêt selon le choix du client (donc qui se rapproche d'un service de type 1). Le service est utilisable sur un périmètre un peu plus étendu que la commune de Viroinval (les anciennes communes proches de Viroinval sont accessibles) et fonctionne par zone tarifaire ; le trajet coûte 2,1€ pour 1 ou 2 zones et 3€ pour plus de 2 zones.

- Le TaxiTEC

Adapté pour les zones urbaines, il s'agit d'un service complémentaire de soirée (réservé aux abonnés TEC) ne fonctionnant que dans les zones urbaines desservies par le réseau urbain de Namur. Il s'agit d'un type 2, puisque tous les départs se font à partir de la gare de Namur et permettent de se rendre à son domicile, de 22h à 1h du matin. Le tarif du ticket est de 3,40€, pour une validité illimitée avec maximum 4 utilisations par mois.

- Le TelBus

Service de porte à porte en zone rurale (Province de Luxembourg) mais limité par un périmètre de +/- 20km autour du point de ramassage, de 9h à 17h du lundi au vendredi. Le tarif est plus avantageux lorsque 3 personnes effectuent le trajet (1€50/personnes/trajet). Un minibus est utilisé.

Ainsi, seuls les services adaptés PMR et de FlexiTEC sont actuellement présents au sein de la métropole. Plutôt que de proposer une panoplie de services, il a été décidé, dans un souci de lisibilité du produit pour les utilisateurs actuels et futurs de proposer un seul service par type de territoire. Alors,

- Dans la zone urbaine (voire la ZHNS), en complément du réseau urbain il est judicieux de proposer un service de type TaxiTEC, en identifiant un point de départ (la gare de Charleroi Centrale par exemple) ou plusieurs (aux terminus des différentes lignes de métro dans la ZHNS par exemple).
- Dans la zone rurale (majoritairement la zone PMPS et au sud de la zone PUM mais aussi certaines communes au nord), un service de transport à la demande de type « TEC à la demande » (fonctionnement zonal), en complément du réseau intercommunal structurant est proposé.

4.2.3 Options finalement proposées

4.2.3.1 *Au sein de la ZHNS*

Au vu de l'ambition et des objectifs de part modale souhaités en particulier au sein de la ZHNS, un service de type TaxiTEC semble au minimum nécessaire pour assurer une offre de soirée et nuit. Mais est-il réellement suffisant ? En effet, le service proposé à Namur impose un point de ramassage central qui est la gare de Namur. Charleroi étant plus grand et plus densément peuplé, il semble opportun de proposer plusieurs points de ramassage. Ainsi, sur un modèle similaire à celui opéré à Bruxelles Capitale (« Collecto »), il a finalement été recommandé de considérer un système avec de nombreux points de ramassage. Un travail ayant été réalisé sur la définition de « Mobipôles », qui sont des lieux d'échanges modaux sur le réseau structurant vers lesquels doivent converger les différentes liaisons et services, sur le territoire et en particulier la ZHNS, il a été proposé dans un premier temps qu'ils soient aussi les points de ramassage de ce service de nuit.

La carte suivante montre la localisation de ces arrêts :

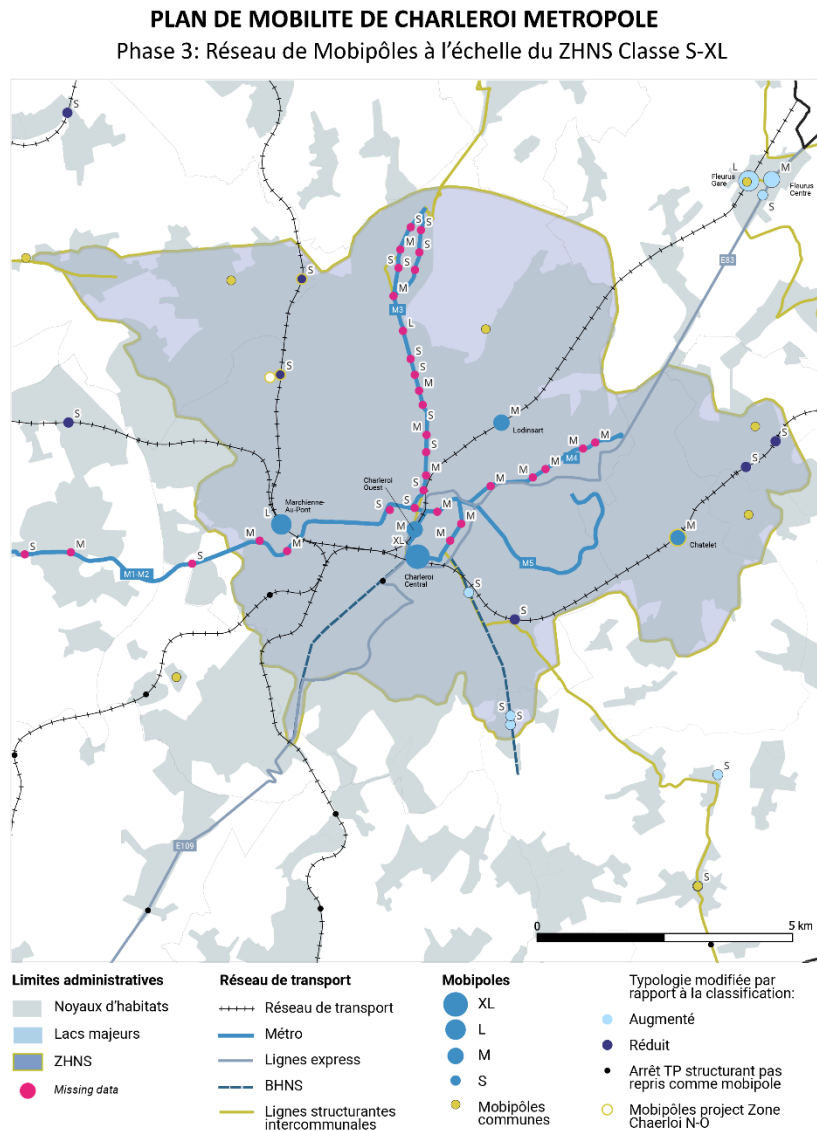


Figure 36 : Carte représentant les Mobipôles au sein de la ZHNS, source : interne

Il est à noter que les arrêts du métro 5 pourront à terme devenir des Mobipôles. Par ailleurs, il est également envisageable dans un travail futur de proposer d'autres arrêts notamment dans les zones moins fournies en Mobipôles.

4.2.3.2 En zone rurale

- Analyse des densités de population

En zone rurale, le FlexiTEC est donc déjà en place sur la commune de Viroinval. Le modèle FlexiTEC possède un critère d'éligibilité selon la densité de population ; les communes dont la densité est supérieure à 200 hab/km² ne sont pas éligibles. Il semble opportun, en 1er temps, d'analyser quelles seraient les potentielles communes éligibles pour un système de transport à la demande (de type « TEC à la demande »). Ce travail ayant d'abord été réalisé à l'échelle des communes, il est apparu qu'un échelon plus précis était nécessaire. C'est pourquoi il a été réalisé au niveau des anciennes communes :

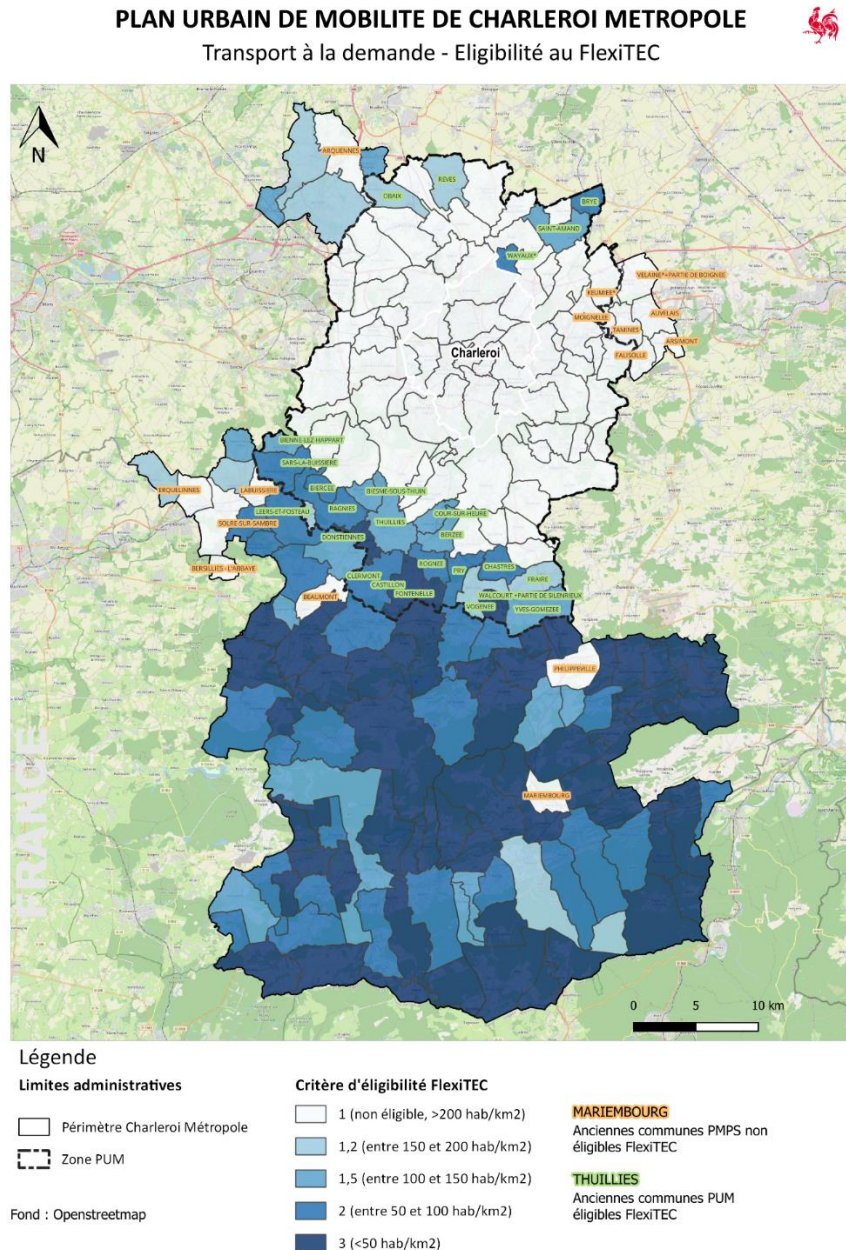


Figure 37 : Carte de densité de population au niveau des anciennes communes, Auteur : Weckner Benoit

Il apparait que certaines anciennes communes de la zone PMPS ne soient pas éligibles à un système de transport à la demande selon le seul critère de densité. Cependant, pour la partie sud tout du moins, certaines anciennes communes dépassent tout juste le critère des 200 hab/km². Aussi, dans un souci d'harmonisation, et pour la suite du travail, ces dernières ont été considérées comme éligibles, l'objectif du transport à la demande dans ces zones n'étant pas des déplacements inter anciennes communes. Par ailleurs, la commune de Sambreville au nord-est est encore une fois complètement différente des autres communes de la zone PMPS, puisqu'il s'agit d'une commune à caractère urbain.

- Analyse des flux de déplacement

Les données FMD étant à disposition, il était opportun de les ajouter à la carte précédente afin d'observer les flux moins importants existant entre les anciennes communes. Ainsi, la carte suivante a pu être réalisée :

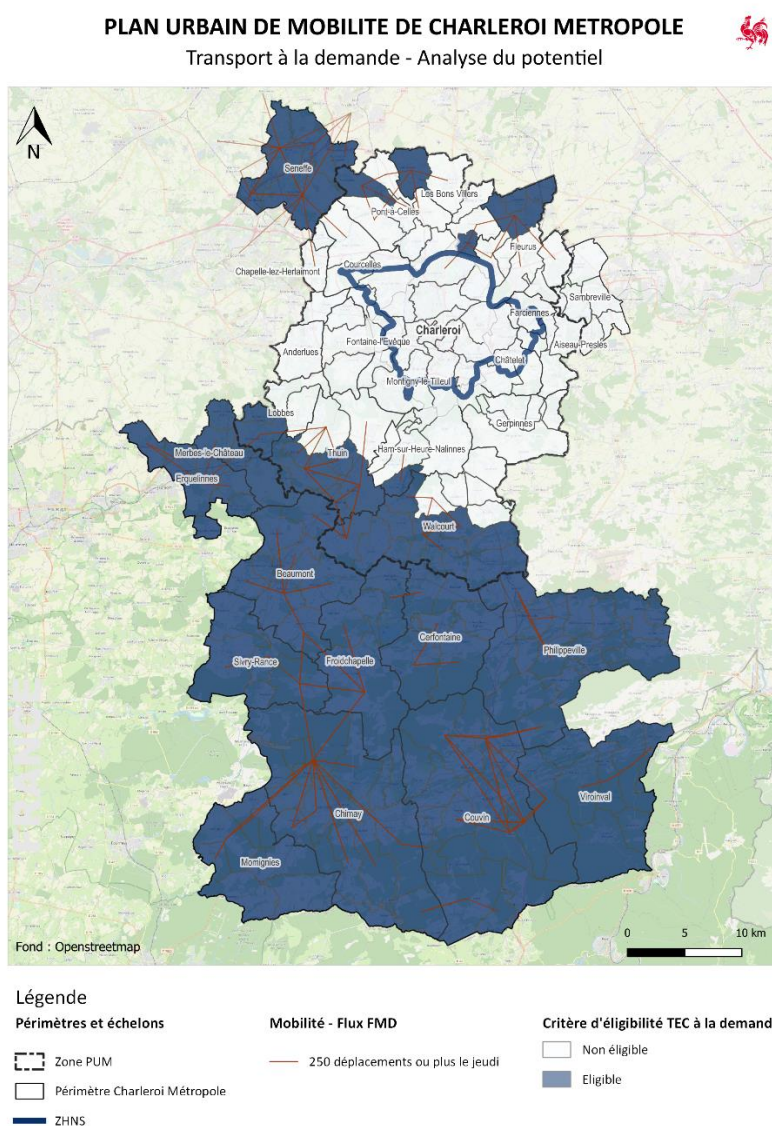


Figure 38 : Carte montrant les zones concernées par un possible TAD au sein de la métropole, Auteur : Weckner Benoit

Cette carte montre un potentiel non négligeable en zone PMPS mais également au sud de la zone PUM¹⁸. C'est en effet un TAD en fonctionnement zonal qui a été proposé. L'étude n'a pas pu être terminée entièrement par manque de temps et aussi à la suite d'une demande de la part de l'AOT, qui estimait qu'un tel travail n'était pas nécessaire pour la mise en place d'un service de transport à la demande, ce mode devant rester une solution complémentaire à l'échelle de la métropole et ne pouvant donc pas être trop attractif par rapport au réseau structurant proposé.

Il était en effet prévu de superposer le réseau final de la figure 25 pour établir les zones et liaisons non desservies, renforçant la priorisation de la mise en place du TAD à ces endroits. Sans rentrer dans le détail, en comparant les deux cartes, on peut notamment relever le potentiel à l'extrême sud près de la frontière avec la France, la partie Nord de Couvin, ou encore les anciennes communes entre Thuin et Walcourt (Thuillies, Castillon, Clermont).

Dans tous les cas, il apparaît que le fonctionnement zonal est le plus efficace et les limites du service ne doivent pas se fondre avec les limites communales, certaines anciennes communes fonctionnant plus avec d'autres anciennes communes que leur unité urbaine [37] centrale. Par ailleurs, le but n'étant pas de proposer un service de taxi, il était proposé un fonctionnement d'arrêt à arrêt.

4.2.4 Limites

Comme expliqué précédemment, les FMD sont peu précises. Il est donc encore légitime de s'interroger sur la pertinence de leur utilisation dans ce cadre. En effet, comme évoqué en partie III. 1) d), la commune de Mariembourg génère un nombre anormalement élevé de déplacements en origine comme en destination. Ainsi, la pertinence d'une « zone TAD » à cet endroit peut être remise en question. Aussi, même si la carte finale du réseau aurait pu être superposée, cette dernière ne montre pas les travaux parallèles réalisés dans la rédaction de ce Plan Urbain de Mobilité de Charleroi. Ainsi, il aurait été judicieux de superposer également les travaux sur

- l'intermodalité, regroupant des études sur les mobipôles, la mise en place de parking relais mais aussi d'autres solutions de mobilité comme les voitures partagées ;
- les plans de circulation, avec la mise en place de bande et d'aires de covoiturage (au niveau des mobipôles) sur certains territoires ;
- la mobilité douce, comprenant un plan cyclable conséquent sur l'ensemble de la métropole, dont la structure est la suivante :

¹⁸ Il est à noter que les centroides choisis dans la représentation cartographique n'ont pas de sens physique et sont par conséquent possiblement mal placés, notamment le centroïde de Chimay qui devrait théoriquement se situer au sein de l'ancienne commune. On peut notamment distinguer des potentielles zones, regroupant les besoins de transports.

PLAN DE MOBILITE DE CHARLEROI METROPOLE

Phase 3 : Liaisons proposées pour la mise en place du réseau cyclable structurant

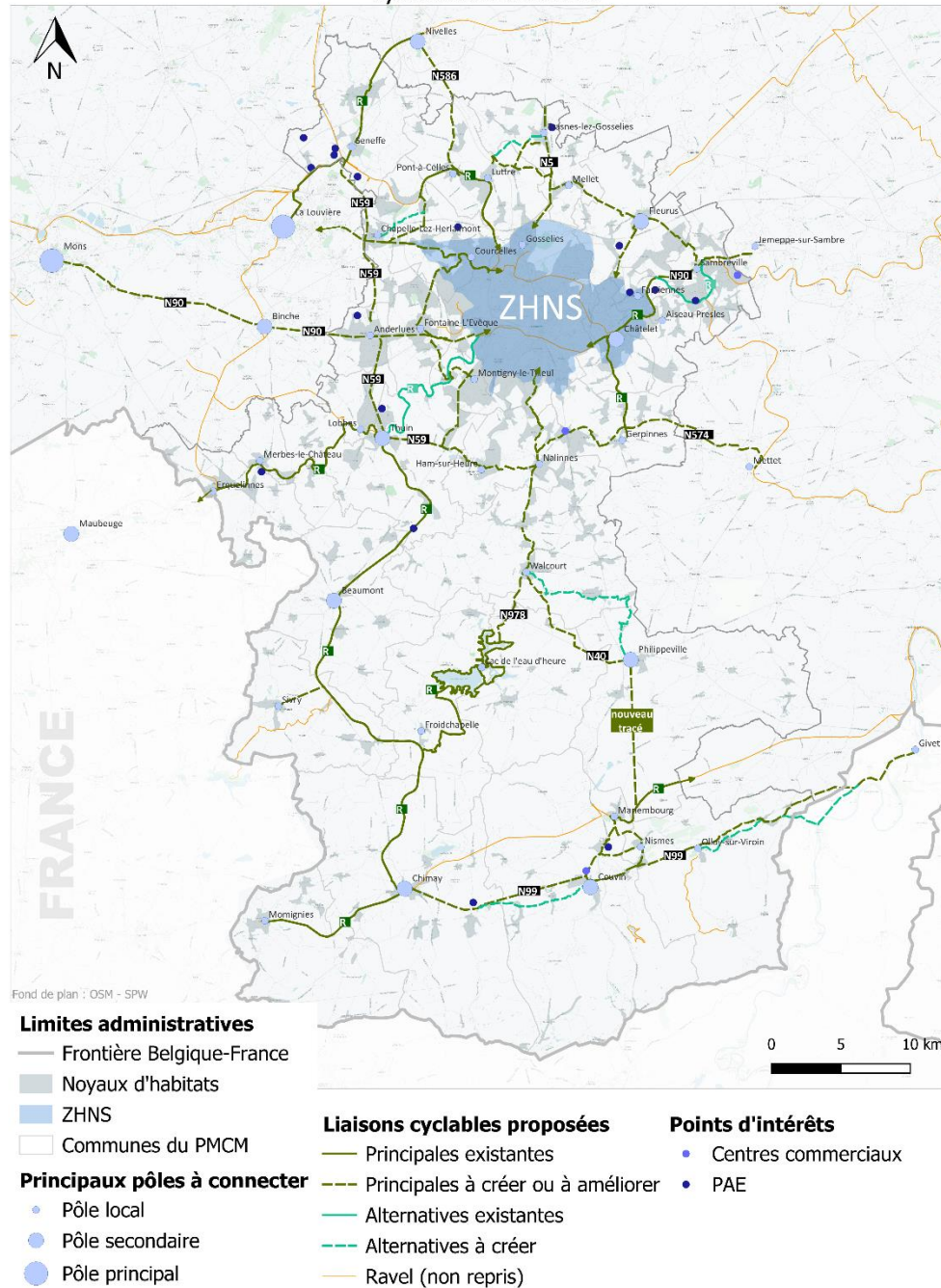


Figure 39 : Carte du réseau cyclable proposé dans le PMCM, source interne

- ou encore dans une moindre mesure les lignes secondaires du territoire, qui représentent parfois des alternatives crédibles pour ces déplacements.

4.3 Evolution des émissions de GES

Les ambitions relevées de parts modales ont pour objectif de limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES). Cette dernière sous partie a pour but de présenter les évolutions de ces émissions sur une ligne en particulier : la ligne intercommunale Momignies – Chimay. La méthode réalisée est la suivante :

- calculer les émissions moyennes d'une voiture en Wallonie (en g de CO₂ émis/km) ;
- calculer les émissions de CO₂ imputables au trafic routier sur ce tronçon et à la mise en place de la ligne de bus ;
- calculer les émissions de CO₂ finalement évitées.

4.3.1 Calcul des émissions moyennes imputables à la voiture en Wallonie

L'objectif premier est d'obtenir une valeur moyenne d'émissions de CO₂ à partir du parc automobile wallon. Il est important de préciser que cette valeur ne prendra en compte que les émissions imputables au fonctionnement de la voiture (utilisation du carburant majoritairement) et pas les émissions totales du cycle de vie (du puit à la roue), pour simplifier les calculs.

La première étape consistait à récupérer les données relatives à l'évolution du parc automobile en Wallonie [38]. Le fichier permettait également d'obtenir l'évolution des immatriculations des voitures neuves et d'occasion sur une période longue. Le rapport FEBIAC 2019 [39] a quant à lui permis d'obtenir l'évolution moyenne de g de CO₂ émis/km dans le pays selon l'année pour la mise en vente de véhicules neufs. Au vu de la moyenne d'âge des véhicules en Belgique de près de 10 ans [39] et des données d'émissions seulement disponibles sur la période 2010 – 2019, il a été supposé, pour simplifier les calculs que le parc automobile Wallon actuel (année 2019) est composé de voitures neuves vendues sur cette période et de voitures de l'année 2010 :

Tableau 15 : Parc automobile Wallon avec soustraction des voitures neuves de la période 2010 – 2019, sources : Statbel [38]

Parc automobile	2019	Dont ... de voitures attribuées à l'année 2010
Essence	775 714	140 656
Diesel	1 001 152	151 516
Total	1 776 866	292 172

On remarque par ailleurs sur ce tableau que seules les voitures essence et diesel sont prises en compte. Il s'agit également d'une simplification puisque : d'une part les données d'émissions n'étaient que disponibles pour les voitures essences et diesels, et d'autre part les autres types de voitures ne représentaient en combinées que 1,9% du parc automobile wallon de 2019 (dont 0,25% de voitures électriques).

Finalement, à partir du tableau 22 en annexe, il a été possible d'obtenir la répartition du parc selon le type de carburant et de l'année du véhicule :

Tableau 16 : Répartition du parc automobile wallon selon l'année et le type de carburant utilisé, sources : Statbel [38]

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Essence	9,97%	2,26%	2,41%	2,81%	3,09%	3,37%	4,20%	4,61%	5,52%	5,42%
Diesel	16,32%	7,71%	5,09%	5,05%	4,82%	4,33%	4,34%	3,72%	2,69%	2,27%

Enfin, à partir du tableau suivant représentant les émissions moyennes de CO₂ des véhicules neufs selon le type de carburant en Belgique, il a été possible de calculer les émissions moyennes imputables à une voiture wallonne moyenne en 2019.

Tableau 17 : Evolution des émissions moyennes des véhicules neufs en Belgique selon le type de carburant, source FEBIAC [39]

Emissions	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Essence (g/km CO ₂)	141,1	133,1	133,2	130	128,7	124,5	124,4	124,3	126,1	127,9
Diesel (g/km CO ₂)	132,2	126,3	126,3	121,3	119,7	115,3	112,7	114	116,5	120,1

Ainsi, en calculant la somme du produit de chaque cellule des tableaux 16 et 17, on obtient une valeur de **126,6 g/km CO₂**, qui correspond donc à la valeur moyenne d'émissions d'une voiture wallonne.

4.3.2 Emissions du trafic routier et de la ligne Momignies – Chimay

4.3.2.1 Trafic routier

Les émissions imputables au trafic routier ont été considérées à partir de la valeur calculée précédemment et des données FMD sur ce tronçon. Ainsi, à partir du travail réalisé en partie III.1), il était assez simple d'obtenir les distances parcourues annuellement sur ce tronçon, en considérant les différentes portions de la ligne, délimitées par les futurs arrêts de bus. Par ailleurs, le travail réalisé en amont sur l'occupation potentielle entre chaque arrêt a permis de ne considérer que trois distances (le trajet étant symétrique dans les deux sens), celles entre ces arrêts, simplifiant encore les calculs¹⁹. La distinction a donc également pu être faite selon le jour de la semaine (jour de semaine moyen, samedi et dimanche).

A partir du tableau 23 des distances disponible en annexe, on obtient les kilomètres parcourus, et donc les émissions suivantes :

Tableau 18 : Kilomètres parcourus et équivalent en émissions de CO₂ selon le jour de la semaine

	Kilomètres parcourus	Emissions de CO ₂ (g)
Un jour ouvrable moyen	26 783,7	3 390 295,9
Un samedi moyen	24 648,3	3 119 998,4
Un dimanche moyen	20 427,5	2 585 720,6

En considérant les jours fériés comme des dimanches, on obtient chaque année :

- 253 jours ouvrés ;
- 51 samedis ;
- 61 dimanche.

¹⁹ Si une personne fait le trajet Momignies – Chimay, une autre Macon – Salles et une dernière Momignies – Salles, cela revient en termes de distances à

- deux trajets Momignies – Macon ;
- trois trajets Macon – Salles ;
- un trajet Salles – Chimay.

Par ailleurs, il a été établi dans la phase 2 du PUM que le taux de remplissage moyen des voitures sur le territoire était de 1,3 personne par véhicule [17]. Compte tenu de ces données et du tableau 18, on peut estimer que les émissions totales imputables annuellement à la voiture sur ce tronçon sont de **903,5 tonnes de CO₂**.

4.3.2.2 Emissions provenant de la mise en place d'une ligne intercommunale entre Momignies et Chimay

La mise en place d'une ligne de bus, en particulier en zone rurale a également un impact non négligeable en matière d'émissions de CO₂. Cela dépend principalement de sa fréquentation. Ainsi, à partir du tableau 24 de l'offre kilométrique annuelle en annexes, et de la valeur d'émissions de 146g/km de CO₂ imputable à un autocar interurbain classique [40], il était possible d'obtenir les émissions liées à la mise en place de cette ligne :

Tableau 19 : Résultats des émissions de CO₂ sur la ligne Momignies – Chimay

Offre kilométrique annuelle sur la ligne Momignies – Chimay (km)	Emissions de CO ₂ équivalentes (g)
144 435,2	21 087 539,2

Cela revient donc à émettre **21,1 tonnes de CO₂ par an**.

4.3.3 Economies carbone réalisées

Une fois toutes ces données obtenues, il suffit de considérer la ligne en fonctionnement, en précisant les parts modales, ce qui revient finalement à considérer les trajets en voitures non réalisés. Ainsi, à partir des horaires définis dans le tableau 13 dans la partie III 1), du tableau 25 en annexes et des données FMD préalablement étudiées, il est possible de définir selon la part modale souhaitée les kilomètres non parcourus. Ainsi, pour une part modale de 10%, soit les objectifs de la vision FAST, on obtient les résultats suivants :

Tableau 20 : Kilomètres et émissions évitées selon le jour

	Jour de semaine	Samedi	Dimanche	Total
Km journaliers évités	2 314,5	2 096,1	1 656,3	/
Km annuels évités	585 570,3	106 903,1	101 032,2	793 505,6
Emissions journalières évitées (g de CO₂)	292 971,9	265 330,8	209 651,2	/
Emissions annuelles évitées (g de CO₂)	74 121 888,7	13 531 873,2	12 788 725,5	100 442 487,4

Finalement, il est possible de dresser un bilan en considérant les différents calculs établis jusqu'à présent :

Tableau 21 : Bilan des émissions annuelles de CO₂ sur la ligne Momignies – Chimay

	Emissions annuelles de CO ₂ (g)
Imputables à la circulation routière	+ 903 533 644,9
Imputables à la mise en place de la ligne	+ 21 087 539,2
Economisées grâce à cette mise en place	−100 442 487,4
Bilan	824 178 696,7

Ainsi, en considérant une part modale de 10%, près de **80 tonnes de CO2** seraient économisées chaque année grâce à la mise en place de cette ligne. Cela représente une diminution de **8,78% des émissions de CO2** sur ce tronçon. Il aurait été judicieux de réaliser ce travail pour l'ensemble des lignes étudiées dans ce travail mais cette étude étant conséquente, elle n'a pas pu être faite par manque de temps. Le choix a donc été porté sur la ligne Momignies – Chimay.

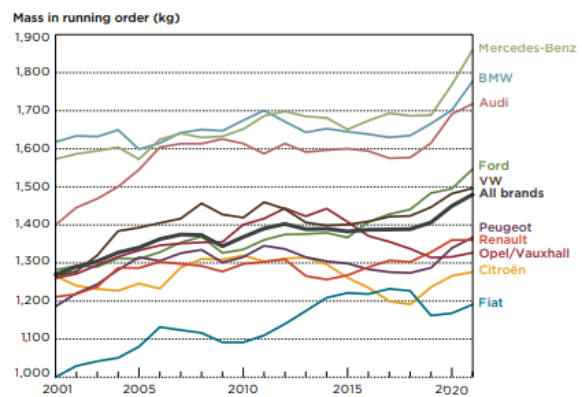
Il s'agit toutefois d'une estimation, qui comporte des limites.

4.3.4 Limites du modèle

De nombreuses hypothèses simplificatrices ont donc été explicitées. Ainsi, les émissions du puit à la roue n'ont par exemple pas été choisies en référence par manque de données. Le comparateur CO2 de l'ADEME estime que la construction d'un autocar représente des émissions de 4,42 g_{CO2}/km contre 25,6 g_{CO2}/km [41], mais il n'existe pas de distinction essence/diesel (bien qu'il existe une distinction électrique/thermique). Par manque de précision et de cohérence dans les données, le choix a donc été de ne pas prendre en compte ces émissions. Par ailleurs, les données disponibles n'allant que jusqu'à 2019, les chiffres utilisés ne sont pas à jour et ne tiennent pas compte des évolutions récentes de l'automobile. Ainsi, il était prévu de segmenter encore le parc automobile selon le type de véhicule. En effet, si l'on regarde la figure 17, malgré une tendance à la baisse des émissions des nouveaux véhicules jusqu'en 2016, ces dernières sont en constante augmentation sur la fin de la décennie. Cette tendance risque de se poursuivre au vu de la figure 40 qui montre l'augmentation récente de la masse des véhicules vendus en Europe selon les marques, le poids du véhicule étant directement lié à sa consommation, en dépit du carburant utilisé [43]. En effet, un véhicule catégorisé comme SUV consomme du puit à la roue en moyenne (en 2018) 211 g_{CO2}/km contre 184 g_{CO2}/km pour une voiture citadine selon WWF [44]. Il n'était cependant pas possible d'obtenir la répartition du parc selon le type de véhicule par manque de données.

Aussi, ce travail a été réalisé à parts modales 10%, ce qui est une hypothèse très forte surtout au vu des parts modales actuelles en zone rurales. En guise de comparaison, en considérant les parts modales TEC actuelles en zone rurale, soit 0,8%, on obtient l'évolution suivante :

Figure 40 : Evolution de la masse des véhicules selon la marque, source : ICCT [42]



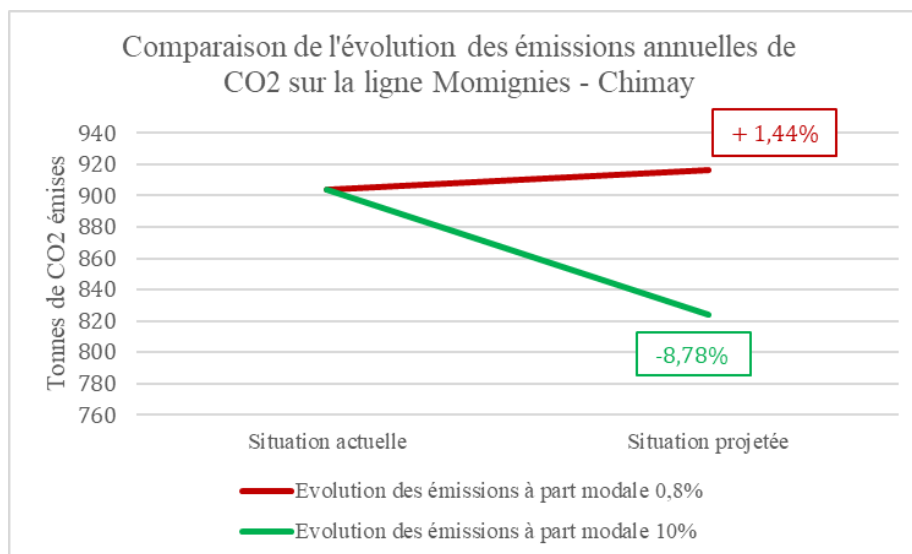


Figure 41 : Comparaison de l'évolution des émissions annuelles de CO2 sur la ligne Momignies - Chimay selon les parts modales

De ce fait, en considérant les parts modales actuelles la mise en place de cette ligne émettrait plus de CO2 qu'elle n'en économiserait. Il est cependant très difficile de planifier les parts modales futures au vu du peu de données à disposition. Toutefois, il est important de placer cette étude au sien de l'offre complète proposée ; les parts modales espérées s'accordent avec un réseau complet et pas uniquement une ligne intercommunale. De même, les émissions sont à considérer dans leur globalité ; cette étude de cas ne prend en compte que les émissions potentielles évitées en ne prenant pas la voiture. Or l'un des objectif du PUM est aussi de diminuer le taux de motorisation sur le territoire. Là où il semble compliqué de le diminuer en zone rurale, la zone urbaine et périurbaine peut connaître cette évolution. De ce fait, les émissions évitées seraient plus importantes que la tendance annoncée.

De plus, sur cette ligne en particulier est proposé du transport à la demande. Lors du calcul des kilomètres commerciaux, il a été supposé de ne pas prendre en compte ces exploitations à la demande. Elles n'ont donc pas été considérées dans ce calcul, le complexifiant encore. Ainsi, la diminution serait en théorie possiblement plus forte en fonction des parts modales dans ces créneaux horaires (de soirée et/ou matin).

Enfin, il a été supposé que tous les déplacements FMD correspondaient à des déplacements en voiture, ce qui, au vu du territoire et de la ligne, semble cohérent (les parts modales actuelles en transport public ou à vélo étant négligeables), même si cela n'est pas pleinement rigoureux.

5 Conclusion

Construire ou restructurer un réseau de transport public est une tâche complexe, en particulier sur un territoire aussi vaste que celui de la métropole de Charleroi. Atout d'inclusion sociale et levier majeur pour prévenir les émissions de GES, il doit se décliner astucieusement pour répondre à des besoins de mobilité parfois différents selon la densité de population du territoire. Ainsi, la mise en place d'une zone à haut niveau de service instaure un message clair et une ambition forte de limitation de la place de la voiture en zone urbaine. Cette proposition doit néanmoins s'accompagner de politiques publiques et choix stratégiques cohérents de limitation de la place accordée à la voiture : cette dernière ne peut être reléguée en mode de déplacement de second rang s'il est encore possible de circuler et se stationner facilement et à moindre coût. C'est pourquoi le PUM recommande d'endiguer le phénomène d'étalement urbain, de réduire les vitesses et le nombre de bandes de circulation disponibles aux voitures ou encore de réduire l'accès au stationnement en voirie. Ces axes d'actions coïncident particulièrement avec ceux proposés dans la « ville du quart d'heure » proposé par Carlos Moreno [45], proposant l'hyper-proximité de trois composantes majeures au sein d'une ville : l'environnement, le social et l'économie, rendant tous les besoins des citoyens accessibles à pied en moins de quinze minutes.

Bien sûr, là où un tel modèle est applicable et souhaitable dans des zones urbaines, plus denses, il l'est beaucoup moins en zone rurale. Ce travail montre toutefois l'intérêt de mettre en place une offre structurante dans ces zones et comment le faire, afin de proposer une alternative crédible à l'autosolisme dès lors que les lignes intercommunales définies s'inscrivent dans un réseau plus global, cadencé et dense, et pas uniquement en tant que liaison pendulaire. En complément, le développement du transport à la demande est crucial pour répondre aux besoins de mobilité non réalisables de façon régulière, à la fois en zone rurale comme urbaine.

Cette étude a également permis de montrer l'importance de la disponibilité de données en matière d'habitude de mobilité pour concevoir un réseau de transport public, en zone urbaine, périurbaine et rurale. Il apparaît en effet que les FMD représentent un outil puissant en particulier sur des territoires ruraux, où les données et modèles se font rares. Les résultats de ce travail évoquent toutefois des limites claires qui peuvent entraver la création d'un modèle fiable : les zones étudiées sont trop grandes pour être exploitables en zone densément peuplées et proposer une desserte fine mais les antennes réseau sont parfois trop peu nombreuses pour assurer la fiabilité des données en zones rurales et proposer des liaisons intercommunales. Combinées à d'autres données, elles permettent malgré tout de réaliser des études plus poussées, notamment pour déterminer les émissions de GES, qui auraient été impossibles à expliciter autrement. Cette étude finale souligne l'importance de la mise en œuvre d'offres structurantes sur des territoires très souvent délaissés comme levier d'action pour limiter les émissions.

Toutefois, outre les alternatives proposées par une offre de transport associée à des politiques restrictives de l'utilisation de la voiture, subsiste l'importance des comportements, parfois irrationnels, amenant au choix modal. En effet, la Théorie des Comportements Interpersonnels du psychologue Triandis [46] estime que trois facteurs majeurs (eux-mêmes corrélés à des déterminants précis) déterminent la bonne réalisation du comportement d'une personne : l'habitude, l'intention et les conditions facilitatrices. Là où l'intention et les conditions peuvent être en partie modélisés grâce aux éléments évoqués précédemment, l'habitude reste un facteur primordial et particulièrement difficile à bousculer chez les individus. Ces changements peuvent s'opérer notamment grâce à l'expérience acquise, qui doit être encouragée via des politiques publiques.

6 Bibliographie

- [1] BOURBOULON Isabelle, « Des villes asphyxiées par l'automobile », *Le Monde Diplomatique* p. 18, 01/12/1997, consulté le 11-08-2023
- [2] Charline Babet, « Chiffre clés des transports, édition 2022 », *Statistique Publique – Ministère de la Transition Ecologique (France)*, Mars 2022, URL : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-transports-2022>, consulté le 11-08-2023
- [3] WALLEX, « Décret relatif à la mobilité durable et à l'accessibilité », 01/04/2004, URL : <https://wallex.wallonie.be/eli/loi-decret/2004/04/01/2004027085/2004/11/01?doc=794>, consulté le 25-05-2023
- [4] MARION Alexandra, « Un bouwmeester à Charleroi. Effets et efficacité d'une politique architecturale de ville », 2019, p65. URL : <https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/7420/4/TFE-s141710-AMarion.pdf>, consulté le 26-06-2023
- [5] Portail de la Wallonie, « Charleroi, naissance d'une nouvelle ville, 1666. Dessin du plan de Vauban » URL : <https://connaitrelawallonie.wallonie.be/fr/charleroi-naissance-dune-nouvelle-ville-1666-dessin-du-plan-de-vauban>, consulté le 26-06-2023
- [6] HASQUIN, René-Pierre. *Les grandes colères du Pays Noir*, Lodelinsart : Editions Londot, 1972, p.51. consulté le 26-06-2023
- [7] CAPRON Michel, « Des ACEC à l'Union minière. L'éclatement d'une grande entreprise (1983-1992) », *Courrier hebdomadaire du CRISP*, 1994/22-23 (n° 1447-1448), p. 1-82. DOI : 10.3917/cris.1447.0001. URL : <https://www.cairn.info/revue-courrier-hebdomadaire-du-crisp-1994-22-page-1.htm>, consulté le 26-06-2023
- [8] (1976). *Les fusions de communes : vers l'application de la loi du 23 juillet 1971 (III)*. *Courrier hebdomadaire du CRISP*, 708, 1-28. URL : <https://doi.org/10.3917/cris.708.0001>, consulté le 27-06-2023
- [9] Musée des Transports en Commun de Wallonie, Liège, Site internet : <https://www.musee-transports.be/histoire-des-transports-en-commun-et-de-la-mobilite-en-wallonie/> consulté le 05-07-2023
- [10] ÉMANGARD Pierre-Henri, « Les tramways en Europe : une vision diachronique », *Transports urbains*, 2012/1 (N° 120), p. 3-8. DOI : 10.3917/turb.120.0003. URL : <https://www.cairn.info/revue-transports-urbains-2012-1-page-3.htm>, consulté le 05-07-2023
- [11] BEYER Antoine, « La Belgique à la croisée des chemins. Une géohistoire des grandes infrastructures de transport du Plat Pays à l'aune de ses frontières », *Annales de géographie*, 2011/5 (n° 681), p. 465-485. DOI : 10.3917/ag.681.0465. URL : <https://www.cairn.info/revue-annales-de-geographie-2011-5-page-465.htm>, consulté le 05-07-2023
- [12] Site Internet du TEC Charleroi, URL : <https://www.chantiers.letec.be/metrocharleroi/> consulté le 25-05-2023

- [13] Site internet du service public fédéral justice de Belgique, URL : https://justice.belgium.be/fr/themes_et_dossiers/societes_associations_et_fondations/associations/asbl, consulté le 05-07-2023
- [14] HALLEUX Jean-Marie, BIANCHET Bruno, MALDAGUE Hubert *et al.*, « Le redéploiement économique de la Wallonie face à la diversité de ses territoires », *Courrier hebdomadaire du CRISP*, 2019/37-38 (n° 2442-2443), p. 5-118. DOI : 10.3917/cris.2442.0005. URL : <https://www.cairn.info/revue-courrier-hebdomadaire-du-crisp-2019-37-page-5.htm>, consulté le 05-07-2023
- [15] Olivier Bouhet. Transports publics et structuration de l'espace périurbain : méthode d'aide à la décision pour l'implantation d'un tram-train. Exemple d'application de Grenoble à Crolles (moyenne vallée du Grésivaudan).. Géographie. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2006. Français. ffNNT : ff. fftel-00120024f, URL : <https://theses.hal.science/tel-00120024/document>, consulté le 08-08-2023
- [16] Site de StatBel, « Possession de voitures par ménage », 19/09/2022, URL : <https://statbel.fgov.be/fr/themes/datalab/possession-de-voitures-par-menage>, consulté le 08-08-2023
- [17] Wallonie mobilité SPW, « Plan de Mobilité de Charleroi Métropole, Livrable 1 | Portraits des territoires et enjeux », 11/08/2022, document confidentiel interne, consulté le 25-04-2023
- [18] Anneloes Vandenbroucke, Aniss M. Mezoued, Joost Vaesen, « Voitures de société et mobilité durable », Diagnostic et enjeux, 2019, consulté le 09-08-2023
- [19] Site Internet de la SNCB, URL : <https://www.belgiantrain.be/fr/about-sncb/entreprise/management-structure>, consulté le 01-08-2023
- [20] Julien Charlier, Isabelle Reginster, « Les polarités de base – Des balises pour identifier des centralités urbaines et rurales en Wallonie », *Institut Wallon de l'Evaluation de la Prospective et de la Statistique*, Avril 2021, URL : <https://www.iweps.be/wp-content/uploads/2021/04/WP32.pdf>, consulté le 01-08-2023
- [21] Site du GRACQ, « Baromètre de la sécurité routière 2022 : Bilan cycliste contrasté », 22/03/2023, URL : <https://www.gracq.org/actualites-du-velo/barometre-securite-routiere-2022>, consulté le 09-08-2023
- [22] Site du GRACQ, « Baromètre cyclable Wallon 2021 : des résultats plutôt mitigés », 23/03/2022, URL : <https://www.gracq.org/barometre-cyclable-resultats>, consulté le 09-08-2023
- [23] Portail de la mobilité en Wallonie, « Plan d'actions Wallonie cyclable 2030 », 01/07/2022, URL : <http://mobilite.wallonie.be/files/velo/Plan%20d'actions%20Wallonie%20Cyclable%202030.pdf>, consulté le 11-08-2023
- [24] Service public fédéral Mobilité et Transports, « Enquête Monitor sur la mobilité des Belges », 21/06/2022, URL : <https://mobilit.belgium.be/fr/publications/enquete-monitor-sur-la-mobilite-des-belges>, consulté le 09-08-2023

[25] Service Public Fédéral Mobilité et Transports, « Diagnostic fédéral sur les déplacements domicile-travail 2017 », Mars 2019, URL : https://mobilit.belgium.be/sites/default/files/domain/sustainable%20mobility/final_report_wvv_2017-2018fr_0.pdf, consulté le 09-08-2023

[26] Wallonie mobilité SPW, « Plan de Mobilité de Charleroi Métropole, Livrable 2 | Objectifs stratégiques (Zones PUM et PMPS) », 22/03/2023, document interne confidentiel, consulté le 11-08-2023

[27] L'institut Paris Région. « Les déterminants du choix modal », Synthèse des connaissances scientifiques, Février 2020. URL : https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/000pack2/Etude_2324/De_terminants_du_Choix_Modal_versionfinale.pdf, consulté le 24-07-23

[28] TEC Comité de pilotage, « *Baromètre de l'expérience client, Campagne 2022* », 31-03-2022 (document confidentiel interne), consulté le 26-07-2023

[29] PEREZ Marc, « L'exploitation en réseau maillé : alternative ou évolution inéluctable pour gagner en capacité sur les réseaux de surface ? », *Transports urbains*, 2016/2 (N° 129), p. 29-33. DOI : 10.3917/turb.129.0029. URL : <https://www.cairn.info/revue-transports-urbains-2016-2-page-29.htm>

[30] Shift Project, « Approvisionnement pétrolier, futur de l'Union Européenne : état des réserves et perspectives de production des principaux pays fournisseurs », Rapport du Shift Project, pour la Direction Générale des Relations Internationales et de la Stratégie (DGRIS), Ministère des Armées, Mai 2021, p170. URL : <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/05/Approvisionnement-petrolier-futur-de-l-UE-Shift-Project-Mai-2021-RAPPORT-COMPLET.pdf>, consulté le 27-07-2023

[31] IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001. URL : https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf, consulté le 27-07-2023

[32] Site du Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, « Les données des téléphones mobiles », URL : <https://www.mobilite-intelligente.com/ressources/technologies/localisation/les-donnees-des-telephones-mobiles>, consulté le 27-07-2023

[33] Didier Albin, « Le TEC réinvente la mobilité carolo », *l'Avenir*, 03-02-2023, URL : <https://www.lavenir.net/regions/charleroi/charleroi/2023/02/03/le-tec-reinvente-la-mobilite-carolo-PO72AB3KRFAGLG3ORF55XSGHSI/>, consulté le 14-06-2023

[34] CUREAU Mathias, « Le transport en commun dans les zones rurales est pertinent quand on croit en lui. Illustration à travers le cas du réseau d'autocars du Bregenzerwald en Autriche », *Transports urbains*, 2018/2 (N° 133), p. 18-21. DOI : 10.3917/turb.133.0018. URL : <https://www.cairn.info/revue-transports-urbains-2018-2-page-18.htm>

[35] Site de l'Institut belge des services postaux et des télécommunications, URL : <https://www.bipt-data.be/fr/projects/atlas/mobile>, consulté le 07-08-2023

[36] Cerema (Certu), « Le transport à la demande en 140 questions », 13/01/2010, p48, consulté le 26-06-2023

[37] Site internet de l'INSEE, « Base des unités urbaines 2020 », 11/05/2023, URL : <https://www.insee.fr/fr/information/4802589>, consulté le 08-08-2023

[38] Site internet de Statbel, « Statistiques des véhicules à moteur au 1^{er} août 2022 », onglet « Chiffre » du « Parc de véhicules », 15/09/2022, URL : <https://statbel.fgov.be/fr/themes/mobilite/circulation/parc-de-vehicules#figures>, consulté le 14-08-2023

[39] FEBIAC, « Rapport annuel 2019 », 17/06/2020, URL : https://www.febiac.be/documents_febiac/publications/2020/RAPPORT-ANNUEL-FEBIAC-2020_FR.pdf, consulté le 14-09-2023

[40] SNCF, « Information sur la quantité de gaz à effet de serre émise à l'occasion d'une prestation de Transport – Méthodologie Générale », Direction de l'engagement social, territorial et environnemental, 2022, URL : <https://www.transilien.com/fr/page-corporate/calcul-emissions-co2#:~:text=en%20m%C3%A9tro%20%3A%203%2C8%20g,en%20voiture%20%3A%20134%20g%20%2F%20km> (fichier pdf à télécharger depuis cette page), consulté le 16-08-2023

[41] Site internet Impact CO2, « Découvrez l'impact du du transport sur le climat », ADEME, URL : <https://impactco2.fr/transport>, consulté le 16-08-2023

[42] The International Council on Clean Transportation, « European Vehicle Market Statistics”, Pocketbook » 2022/23, URL : https://eupocketbook.org/wp-content/uploads/2023/01/Pocketbook_2022_23_Web.pdf, consulté le 16-08-2023

[43] Laura Cozzi, Apostolos Petropoulos, « Global SUV sales set another record in 2021, setting back efforts to reduce emissions », International Energy Agency, 21/12/2021, URL :

<https://www.iea.org/commentaries/global-suv-sales-set-another-record-in-2021-setting-back-efforts-to-reduce-emissions> consulté le 16-08-2023

[44] WWF « L'impact écrasant des SUV sur le climat », Octobre 2020, URL : https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2020-10/20201005_Etude_L-impact-ecrasant-des-SUV-sur-le-climat_WWF-France.pdf, consulté le 14-08-2023

[45] Marina GARNIER, Carlos MORENO, « La ville du ¼ d'heure – Du concept à la mise en œuvre », Chaire ETI – IAE Paris, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, 18/12/2020, URL : <https://www.moreno-web.net/wordpress/wp-content/uploads/2020/12/Livre-Blanc-2-Etude-ville-quart-heure-18.12.2020.pdf>, consulté le 18-08-2023

[46] Triandis, H. C., « Interpersonal Behavior », Brooks/Cole Publishing Company, 1977, consulté le 28-08-2023

7 Annexes

Tableau 22 : Parc total établi à partir de l'évolution des immatriculations des véhicules neufs et du parc actuel wallon, source : Statbel

Parc total	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Essence	177 155	40 205	42 746	49 956	54 992	59 818	74 570	81 832	98 125	96 315
Diesel	289 966	137 029	90 500	89 727	85 682	76 864	77 187	66 115	47 739	40 343

Tableau 23 : Distances entre chaque arrêt de la ligne Momignies – Chimay

Segment	Distance (km)
Entre Momignies et Macon	4,7
Entre Macon et Salles	2,9
Entre Salles et Chimay	4,8

Tableau 24 : Offre kilométrique définie pour toutes les lignes intercommunales de la zone PMPS

Ligne	Beaumont - Philippeville (si TAD semaine/ bus période estivale)	Beaumont - Philippeville (si Bus semaine tout le temps)	Momignies - Chimay	Couvin - Chimay	Chimay - Lacs de l'Eau d'Heure (toute l'année)	Charleroi - Lacs de l'Eau d'Heure (été)	Manage - Seneffe - Nivelles	Arquennes - Nivelles	Nivelles - Baulers
Distance (km)	40,9	40,9	12,4	17,5	32,3	32,4	15	5,9	4,2
Nbre de passage/j de semaine	0	30	33	33	34	26	69	5	22
Nbre de passage/j Samedi	21	21	30	28	26	26	60	36	17
Nbre de passage/j Dimanche	20	20	29	20	19	19	50	28	8
Offre km jour semaine	0	1227	409,2	577,5	1098,2	842,4	1035	29,5	92,4
Offre km Samedi	858,9	858,9	372	490	839,8	842,4	900	212,4	71,4
Offre km Dimanche	818	818	359,6	350	613,7	615,6	750	165,2	33,6
Offre km annuelle	129775,7	404132,9	144435,2	192447,5	358110,1	48891,6	353505	28373,1	29068,2

Tableau 25 : Niveaux de service établis sur la ligne Momignies – Chimay le weekend

Jour	Sens	Momignies – Chimay			Chimay – Momignies		
Samedi	Mode	TAD	Bus	TAD	TAD	Bus	TAD
Samedi	Amplitude	7h à 8h	8h à 22h	22h à minuit	7h à 8h	8h à 22h	22h à 23h
Samedi	Fréquence	1/h	1/h	1/h	1/h	1/h	1/h
Dimanche	Mode	TAD	Bus	TAD	TAD	Bus	TAD
Dimanche	Amplitude	8h à 9h	8h à 22h	22h à minuit	8h à 9h	8h à 21h	21h à minuit
Dimanche	Fréquence	1/h	1/h	1/h	1/h	1/h	1/h

Table des matières

Notice analytique	1
Déclaration de travail personnel	2
Sommaire	3
Liste des tableaux, figures et équation	4
1 Introduction	6
2 Contexte	9
2.1 Présentation du territoire d'étude	9
2.1.1 Chronologie	9
2.1.1.1 Une histoire industrielle	9
2.1.1.2 La fusion des communes en Belgique et l'apparition du réseau urbain « lourd »	9
2.1.2 Territoire et démographie	11
2.1.2.1 Le territoire d'étude	11
2.1.2.2 Démographie : Une périurbanisation croissante	12
2.2 Transports	13
2.2.1 La place de la voiture	13
2.2.1.1 Taux de motorisation	13
2.2.1.2 « Voiture-salaire »	14
2.2.1.3 Réseau routier	15
2.2.2 Réseau de transport publics – SNCB/TEC	15
2.2.3 Mobilités actives	17
2.2.4 Ambitions modales	18
3 Mise en place des niveaux de service zone urbaine	20
3.1 Création d'une Zone à Haut Niveau de Service	20
3.1.1 Définition	20
3.1.2 Méthode de création	20
3.1.3 Limites de la méthode	23
3.1.3.1 Offre et utilisation TEC	24
3.1.3.2 Offre et utilisation SNCB	25
3.1.3.3 Conclusion	26

3.2	Niveaux de service du métro et BHNS : Méthode Benchmark	26
3.2.1	Présentation du réseau existant et futur	26
3.2.2	Méthodologie.....	27
3.2.2.1	Benchmark	27
3.2.2.2	Offre kilométrique et niveaux de services proposés.....	29
3.2.3	Limites de la méthode.....	30
3.2.3.1	Un manque de précision	30
3.2.3.2	Une absence de modèle de prévision de la demande	30
3.2.3.3	Un manque de rigueur	30
3.2.3.4	Quelle fiabilité sur le long terme ?.....	30
3.3	Une refonte du réseau urbain à partir de données Floating Mobile Data ?.....	31
3.3.1	Présentation des Floating Mobile Data	31
3.3.1.1	Définition.....	31
3.3.1.2	Données utilisées	31
3.3.2	Le réseau urbain structurant principal.....	32
3.3.2.1	Réseau actuel	32
3.3.2.2	Proposer de nouveaux tracés à partir de l'étude des FMD ?	33
4	Complémentarité de l'offre : que proposer en zone rurale ?	35
4.1	Réseau express et intercommunal	35
4.1.1	Un réseau Express structurant pour densifier l'offre de transports publics	35
4.1.1.1	Méthode.....	35
4.1.1.2	Résultats.....	38
4.1.2	Un réseau intercommunal structurant sur l'ensemble du territoire.....	40
4.1.2.1	Etablir des besoins de déplacement à partir des FMD	40
4.1.2.2	Un exemple, le cas de la ligne Momignies – Chimay	41
4.1.3	Présentation du réseau	43
4.1.4	Limites des FMD et de la méthode	44
4.2	Le transport à la demande : la solution complémentaire ?.....	47
4.2.1	Définition.....	47
4.2.2	Diagnostic de l'existant – Une (très) large panoplie.....	47
4.2.3	Options finalement proposées.....	48
4.2.3.1	Au sein de la ZHNS	48
4.2.3.2	En zone rurale	50

4.2.4	Limites	52
4.3	Evolution des émissions de GES	54
4.3.1	Calcul des émissions moyennes imputables à la voiture en Wallonie	54
4.3.2	Emissions du trafic routier et de la ligne Momignies – Chimay	55
4.3.2.1	Trafic routier	55
4.3.2.2	Emissions provenant de la mise en place d'une ligne intercommunale entre Momignies et Chimay	56
4.3.3	Economies carbone réalisées	56
4.3.4	Limites du modèle	57
5	Conclusion	59
6	Bibliographie	60
7	Annexes	65
	Table des matières	67