

Mise à jour et recalage du Modèle Multimodal Multipartenarial de déplacements

Novembre 2023 – Juin 2025


Scénarios de calage et prospectifs



Lyon, le 05 juin 2025



Informations sur le document

Type de document	Rapport technique
Titre long	Mise à jour et recalage du Modèle Multimodal Multipartenarial de déplacements
Sous-titre 1	Novembre 2023 – Juin 2025
Sous-titre 2	Scénarios de calage et prospectifs
Titre court	Mise à jour et recalage du MMM33
Maître d'ouvrage	<p>Groupement de commande : Etat, Région Nouvelle Aquitaine, Département de la Gironde, Bordeaux Métropole</p> <p>Pilote du groupement de commande : Bordeaux Métropole</p> <div></div>
Prestataire	<p>PTV Mobility France SAS</p> <p>16 Place de l'Iris – Tour CB21</p> <p>CS 80290 92040 Paris la Défense cedex</p>
Version	2506_01
Auteur(s)	Bastien GUICHARDAZ (PTV Group), Yann MOISAN (PTV Group), Philippe GUTTON (PTV Group), Sophie BOSSUWE (PTV Group), Eliezer WEILL (PTV Group)
Relecteur(s)	Yann MOISAN (PTV Group), Bastien GUICHARDAZ (PTV Group)
Approbateur	
Lieu et date de création	Lyon, le 05 juin 2025

Sommaire

1. Introduction.....	12
1.1. Contexte global de la mission	12
1.2. Objectifs et attentes vis-à-vis du modèle.....	12
2. Audit et note de cadrage méthodologique	13
2.1. Versions de base pour l'audit	13
2.2. Objectif de l'audit	13
2.3. Caractéristiques et fonctionnalités du modèle.....	14
2.3.1. Généralités.....	14
2.3.2. Modes, systèmes de transport et segments de demande.....	17
2.3.3. Périodes modélisées.....	21
2.3.4. Périmètre et zonage	25
2.3.5. Modélisation des TI.....	38
2.3.6. Modélisation des TC.....	54
2.3.7. Modélisation des modes doux.....	63
2.3.8. Stationnement	64
2.3.9. Démotorisation	65
2.3.10. La segmentation de la demande	65
2.3.11. La séquence de procédures et matrices.....	67
2.3.12. Gestionnaire	68
2.3.13. Calage	70
2.3.14. Analyse des fonctions d'utilité.....	70
2.3.15. Tests de sensibilité.....	72
2.4. Conclusion de l'audit	74
3. Périmètre du modèle et zonage.....	75
3.1. Périmètre du modèle	75
3.2. Zonage	75
3.2.1. Enjeu de définition du zonage du modèle	75
3.2.2. Découpage	76
3.2.3. Les centroïdes.....	79
3.3. Le macrozonage.....	79
4. Modélisation des réseaux.....	81
4.1. Réseau de transport individuel motorisé (TI)	81

4.1.1. Fonctionnement par type de tronçons	81
4.1.2. Calage des temps de parcours	84
4.1.3. Courbes débit-vitesse	87
4.1.4. Pénalités aux carrefours	88
4.1.5. Connecteurs TI.....	91
4.1.6. Péages	92
4.1.7. Stationnement	93
4.2. Les réseaux de transports en commun (TC).....	94
4.2.1. Codage des lignes.....	94
4.2.2. Connecteurs TC	98
4.2.3. Tarification TC	101
4.3. Réseau cyclable	102
4.4. Parcs relais	104
5. Modélisation de la vitesse des vélos	105
5.1. Introduction	105
5.1.1. Objet de la modélisation	105
5.1.2. Contexte	105
5.1.3. Enjeux	107
5.2. Données et méthodologie de recueil.....	107
5.2.1. Recrutement des participants.....	107
5.2.2. Questions.....	108
5.2.3. Mise à disposition d'une application	109
5.2.4. Déroulé	110
5.2.5. Respect de la vie privée et anonymisation	110
5.2.6. Projection des traces sur un réseau	112
5.2.7. Epurement des données.....	115
5.2.8. Effectifs et redressement des 3 184 traces.....	116
5.2.9. Autres effectifs	117
5.3. Ajustements de la base pour les modèles.....	118
5.4. Références	119
5.5. Modèle explicatif	119
5.5.1. Objectif	119
5.5.2. Résultats	119
5.5.3. Clé de lecture	120
5.5.4. Interprétations.....	120

5.5.5. Qualité du modèle	122
5.6. Modèle prédictif	124
5.6.1. Objectif	124
5.6.2. Résultats	124
5.6.3. Interprétation	125
5.6.4. Qualité du modèle	126
5.7. Temps perdus aux intersections	126
5.8. Prise en compte du confort et de la sécurité offerts par les aménagements	126
5.8.1. La préférence pour les aménagements.....	126
5.8.2. Méthodologie	128
5.8.3. Résultats	131
5.9. Hypothèse de part de VAE	134
5.9.1. Données disponibles	134
5.9.2. Conclusion et hypothèses.....	135
5.10. Intégration au MMM33	136
5.10.1. Calcul de la vitesse au niveau des tronçons.....	136
5.10.2. Calcul du temps généralisé.....	137
6. Segmentation de la demande.....	139
6.1. Les périodes de modélisation	139
6.1.1. Périodes de pointes (matin et soir)	139
6.1.2. Heures de pointes (matin et soir).....	141
6.1.3. Journée	142
6.2. Les modes de déplacement	143
6.2.1. Définition des modes.....	143
6.2.2. Modes interchangeableables	145
6.2.3. Valeurs cibles	145
6.3. Les motifs de déplacement	147
6.4. Les groupes d'utilisateurs	148
6.4.1. Remise en cause des groupes d'utilisateurs.....	148
6.4.2. Définition des groupes	151
6.5. Le calcul du nombre d'individus par groupe	152
6.5.1. Répartition de la population totale dans les zones	153
6.5.2. Répartition de la population dans les groupes	154
6.5.3. Traitement des migrants	155
6.5.4. Traitement des télétravailleurs	157

6.5.5. Groupe des étudiants	157
6.5.6. Population finale	160
7. Mise à jour des matrices fixes.....	163
7.1. Matrices cordon TI	163
7.2. Matrices gare et aéroport	167
8. Génération des déplacements.....	168
8.1. Traitement des chaines de déplacements.....	168
8.2. Traitement des activités réalisées en externe au périmètre	168
8.3. Découpage des chaines longues	169
8.4. Résultats des traitements.....	170
8.5. Probabilité de réalisation des chaines par groupe.....	171
8.6. Génération dans le modèle	172
9. Distribution et choix modal	174
9.1. Les potentiels d'attractions	174
9.2. Formulation et fonctionnalités de la distribution et du choix modal	177
9.2.1. LogSum et fonctions d'impédance de la distribution.....	177
9.2.2. Formulation des fonctions d'utilité du choix modal	178
9.2.3. La contrainte du choix de destination	179
9.2.4. Le rubberbanding	179
9.2.5. Rebouclage	181
9.3. Résultats de la distribution et du choix modal dans le modèle.....	182
9.3.1. Parts modales par groupe	182
9.3.2. Parts modales globales.....	183
9.3.3. Distances des déplacements	187
9.3.4. Déplacements par macrozonage.....	190
9.3.5. Conclusion sur l'état de calage du modèle de la demande.....	193
10. Modèle marchandises et déplacements professionnels	194
10.1. Génération	194
10.1.1. Les activités et les potentiels d'attraction	194
10.1.2. Les groupes	195
10.1.3. Les chaînes d'activités	196
10.2. Distribution	197
10.2.1. Attractivités des zones	197
10.2.2. Impédance	197
10.3. Choix modal	197

10.4. Matrices générées.....	198
11. Affectations	199
11.1. Construction des matrices d'affectation	199
11.1.1. Matrices d'affectation TI.....	199
11.1.2. Matrices d'affectation TC.....	203
11.1.3. Matrices d'affectation Vélo	204
11.2. Affectation TI	204
11.2.1. Méthode d'affectation TI	204
11.2.2. Choix méthodologique concernant la prise en compte de la congestion	205
11.2.3. Indicateurs et critères de calage.....	208
11.2.4. Affectation TI HPM	215
11.2.5. Affectation TI HPS	220
11.2.6. Affectation TI JOUR.....	225
11.2.7. Conclusion sur l'affectation TI	227
11.2.8. Aide à l'interprétation des résultats d'affectation.....	227
11.3. Résultats d'affectation TC	230
11.3.1. Méthodes d'affectation TC	230
11.3.2. Comptages TC.....	231
11.3.3. Affectation TC PPM	233
11.3.4. Affectation TC PPS.....	240
11.3.5. Affectation TC JOUR	247
11.4. Résultats d'affectation vélo.....	252
12. Tests de sensibilité et élasticités	255
13. Conclusion sur le modèle en situation de calage	257
14. Hypothèses des situations prospectives	258
14.1. Evolutions socio-économiques entre 2021 et 2040	258
14.1.1. Evolution de la population	258
14.1.2. Evolution des attractions	268
14.1.3. Evolution du modèle TMV	273
14.1.4. Evolutions des matrices cordon.....	273
14.2. Evolutions des réseaux d'offre à l'horizon 2023	274
14.2.1. Réseau TI et covoiturage	274
14.2.2. Réseau TC	277
14.2.3. Réseau Vélo	281
14.2.4. Parcs relais.....	281

14.3. Evolutions des réseaux d'offre à l'horizon 2030	282
14.3.1. Réseau TI et covoiturage	282
14.3.2. Réseau TC	285
14.3.3. Réseau Vélo	290
14.3.4. Parcs relais.....	293
14.4. Evolutions des réseaux d'offre à l'horizon 2040	295
14.4.1. Réseau TI et covoiturage	295
14.4.2. Réseau TC	297
14.4.3. Réseau Vélo	299
14.4.4. Parcs relais.....	300
14.5. Synthèse de l'évolution de l'offre TC.....	300
15. Principaux résultats des scénarios prospectifs	302
15.1. Déplacements générés et parts modales	302
15.1.1. Evolutions sur le périmètre entier	302
15.1.2. Evolutions par macrozone	304
15.2. Affectation TI	306
15.2.1. Jour (00h – 24h).....	306
15.2.2. Heure de pointe du matin (08h – 09h).....	310
15.2.3. Heure de pointe du soir (17h – 18h).....	314
15.3. Affectation TC	319
15.3.1. Jour (00h – 24h).....	319
15.3.2. Période de pointe du matin (07h – 09h)	337
15.3.3. Période de pointe du soir (16h – 19h).....	355
15.4. Affectation Vélo	373
16. Conclusion sur la mise à jour du MMM33.....	379
16.1. Limites des capacités du modèle	380
16.2. Temps de calcul.....	381
17. Annexes	382
17.1. Graphes de comparaison des temps de parcours à vide (4.1.2)	382
17.2. Modèle de vitesse – moyennes et effectifs (5.2.9)	387
17.3. Plaquette covoiturage ministère (6.2.3)	391
17.4. Graphes des ACP pour la segmentation (6.4.1).....	392
17.5. Tableaux de répartition des groupes selon les classes d'âge par macrozone (6.5.2)	394
17.6. Appariement des zones cordon pour la matrice TI (7.1)	396

17.7. Matrices cordon TI PPM et PPS	400
17.8. Potentiels d'attraction 2021 (9.1).....	403
17.9. Coefficients de la distribution (9.2.1)	407
17.10. Coefficients du choix modal (9.2.2)	408
17.11. Répartition des déplacements par mode et par classe de distance (9.3.3)	409
17.12. Répartition des déplacements par activité et par classe de distance (9.3.3)	410
17.13. Répartition des déplacements par groupe et par classe de distance (9.3.3).....	412
17.14. Temps de parcours 2021 TomTom HPM et HPS (11.2.4 et 11.2.5).....	414
17.15. Temps de parcours 2023 TomTom HPM et HPS (15.2.2 et 15.2.3).....	419
17.16. Résultats d'affectation Jour (15.3.1)	424
17.17. Résultats d'affectation PPM (15.3.2)	426
17.18. Résultats d'affectation PPS (15.3.3)	428

Abréviations

AMO : Assistant à Maîtrise d'Ouvrage

ABS : Affectation Basée sur la Simulation (affectation dynamique)

CT : Comité Technique

GED : Gestion Electronique des Documents

HPM, HPS : Heure de Pointe du Matin, Heure de Pointe du Soir

MOA : Maîtrise d'Ouvrage¹.

MOM : Mise en Ordre de Marche

MMM33 : Modèle Multimodal Multipartenarial de la Gironde

PL : Poids-lourds

PPM, PPS : Période de Pointe du Matin, Période de Pointe du Soir

RT : Réunion de Travail

TC : Transports Collectifs

TCNU : Transport en Commun Non Urbain

TCU : Transport en Commun Urbain

TI : Transports Individuels (VL, PL, vélo, marche à pied notamment)

TMJA : Trafic Moyen Jour Annuel

TMJO : Trafic Moyen Jour Ouvrable

UVP : Unité Véhicule Particulier

V0 : Vitesse à vide

VA : Vérification d'Aptitude

VL : Véhicule Léger, incluant les véhicules particuliers et les VL professionnels

VP : Véhicule Particulier

VAE : Vélo à Assistance électrique ; par opposition à VSA. Cette catégorie intègre tous les types de vélos (cargos, « long tail », ...) avec assistance. Les « speed bike » ne sont pas intégrés.

VLA : Vitesse Limite Autorisée

VSA : Vélo Sans Assistance (désigné parfois comme vélo mécanique, musculaire, traditionnel...) ; par opposition à VAE.

VSR : Vérification de Service Régulier

¹ Dans la suite du document, par le terme MOA nous faisons référence indifféremment aux membres du groupement de commande, son pilote et son AMO.

Glossaire

Terme	Définition
Logiciel	Un logiciel est un programme informatique. Exemples de logiciels : Excel, Word, Mapinfo, Autocad, PTV Visum.
PTV Visum	PTV Visum est un logiciel développé par PTV, permettant de construire un modèle d'offre, un modèle de demande et un modèle d'affectation. Ses capacités d'analyses et de représentations graphiques sont avancées.
Version	Une version est le nom donné au fichier informatique (extension .ver) correspondant à la version de base du modèle complet ou à un scénario.
Modèle	Un modèle est une représentation simplifiée et idéalisée de la réalité d'un phénomène qui s'appuie sur des observations. Il permet de prévoir ce qu'il se passe dans certaines conditions. C'est un outil d'aide à la décision mais reste limité à un domaine d'application en dehors duquel le dit modèle n'est plus applicable.
Zonage	Le zonage est l'ensemble des zones du modèle. Le territoire fait l'objet d'un découpage en zones homogènes d'un point de vue des choix de transport. La demande sera par la suite représentée par des flux (de voyageurs/véhicules/marchandises) entre ces zones. Plus précisément, les flux auront pour origine ou destination un nœud représentatif de la zone appelé centroïde. Ceux-ci sont souvent placés au centre de gravité des zones mais peuvent être déplacés. Ces points fictifs sont connectés au reste du réseau par un (ou plusieurs) arc(s) appelé(s) connecteur(s) de centroïde.
4 étapes	Méthode qui consiste à subdiviser la modélisation des déplacements en 4 étapes : Génération, Distribution, Choix modal, Affectation.
Génération	Les personnes décident de se déplacer. Ex : pour aller au travail.
Distribution	Etape du calcul du modèle de la demande durant laquelle le total des émissions d'une zone d'origine est distribué entre les différentes destinations possibles.
Choix modal	Etape du calcul du modèle de la demande durant laquelle les déplacements d'une OD sont répartis entre les différents modes disponibles sur cette OD.
Affectation	Etape de calcul qui détermine pour chaque OD, les chemins empruntés par les voyageurs, ainsi que la répartition des voyageurs sur ces chemins.
Modèle d'offre	La représentation de l'offre de transport est généralement effectuée en parallèle de la demande. Il s'agit d'offrir une vision du système de transport avec ses réseaux d'infrastructures et ses services. PTV Visum offre des outils SIG avancés pour cette représentation. Le réseau d'infrastructures est représenté par une suite d'arcs et de nœuds correspondant aux sections homogènes d'infrastructure et aux carrefours. Le codage des services de transport en commun est caractérisé par les temps de parcours, les fréquences ou horaires de desserte des arrêts, et éventuellement leur capacité. Le modèle d'offre permet de calcul des matrices d'indicateurs.
Modèle de demande	La représentation de la demande se fait traditionnellement dans un modèle de déplacements par la construction d'une matrice origines-destinations (OD) où l'on retrouve les flux entre zones. Dans un modèle 4 étapes, le modèle de demande correspond aux étapes de génération, distribution et choix modal.
Matrice	Tableau à double entrée (traditionnellement origines en ligne et destination en colonne) donnant des indications sur le nombre de déplacements ou des caractéristiques physiques (distances, temps de transport, nombre de correspondance...) d'une zone à une autre du modèle.
Matrice de demande	Matrice donnant le nombre de déplacements d'une zone à une autre.
Matrice d'indicateurs	Matrice donnant les temps de transport, nombre de correspondance, fréquence, etc, d'une zone à une autre.
Spécification	La spécification est l'étape préalable à la construction d'un nouveau modèle (ou au développement d'un modèle existant). Après avoir définie la formulation des objectifs de l'étude afin de construire un modèle susceptible d'y apporter un éclairage, il s'agit de traduire du point de vue de la modélisation ces objectifs en choisissant le périmètre du modèle, sa structure générale (variables d'entrées, lois mathématiques, ...) et son niveau de finesse.
Calage	Le calage d'un modèle de déplacements peut se définir comme l'ensemble des processus d'ajustements des variables d'entrée et des paramètres du modèle, dans l'objectif de reproduire certains aspects de la réalité en comparant des variables de sortie à des données observées. Dit autrement, il s'agit, en ajustant les paramètres de la confrontation de l'offre et de la demande modélisées, d'obtenir un niveau satisfaisant de comparabilité avec la situation observée en réalité.
Validation	La validation consiste à s'assurer que le modèle réagit correctement à des variations des données d'entrée et qu'il est apte à fonctionner en projection. Idéalement, le modélisateur dispose pour cette étape d'un jeu de données d'observations qui n'ont pas servi lors du calage. Il est alors en mesure de les utiliser pour valider le fonctionnement du modèle. Il peut s'agir par exemple de deux années différentes d'observation, avec un réseau qui a évolué entre ces deux années.
Exploitation du modèle	Une fois celui-ci calé et validé, le modèle de déplacements peut finalement être utilisé en projection. Le modélisateur pourra alors l'utiliser pour évaluer des projets ou politiques de transport, en s'assurant à chaque exploitation que son modèle reste pertinent pour répondre à la question posée.

1. Introduction

1.1. Contexte global de la mission

La métropole de Bordeaux et ses partenaires disposent d'un modèle stratégique de déplacements précédemment nommé MMM et renommé MMM33. Le MMM33 est un modèle multipartenarial qui a fait l'objet d'une utilisation conjointe et d'une gestion cadrée par un certain nombre d'outils, de méthodes partagées...

De nouvelles données importantes (EMC², ODTC, enquête cordon, données de fréquentation...) récentes justifient la mise à jour de ce modèle. La dernière EMC² porte sur l'ensemble de la Gironde, en cohérence avec le périmètre du MMM33.

1.2. Objectifs et attentes vis-à-vis du modèle

Les cas d'usage des modèles de trafic ont beaucoup évolué ces dernières années. En premier lieu, il a pour vocation de servir d'outil d'aide à la décision dans le cadre d'études de stratégie de mobilité, déplacements et transports sur le territoire du département de la Gironde. Il doit être en position de conforter un plan d'investissement pluriannuel des infrastructures TC et routières sur le territoire.

Cela se traduit par la fiabilisation des études déplacements menées à l'échelle du périmètre du MMM33 en développant une démarche de modélisation « partagée » par les différents gestionnaires de réseaux routiers et TC du périmètre du modèle.

Les modèles en général jouent un rôle de plus en plus important de Data hub au sein des collectivités. En effet, le volume d'informations, relatives à la situation actuelle ou aux situations prospectives fait d'un modèle macroscopique une véritable mine de données. De plus, ces données sont homogénéisées et harmonisées dans le temps et dans l'espace.

Du fait de l'évolution des logiciels, ces bases de données peuvent alimenter des calculs d'émissions de polluants, de bruit et des analyses sur l'accidentologie. Les ambitions des collectivités en termes d'émissions et d'accidents étant de plus en plus fortes, les modèles macroscopiques peuvent jouer un rôle important dans l'atteinte de ces objectifs.

Le modèle recalé du sera en mesure de répondre à ces nouvelles applications.

2. Audit et note de cadrage méthodologique

2.1. Versions de base pour l'audit

L'audit est réalisé sur la base de la version transmise le 17 novembre 2023 intitulée « 20231026_MMM-V2020-V11.1a ». Le questionnaire complet a été transmis. Les scénarios calculés transmis avec le questionnaire l'ont été avec PTV Visum 20.01-20.

Sauf mention contraire, l'audit est réalisé avec PTV Visum 20.01-20.

Sauf mention contraire, tous les temps de calcul estimés par PTV sont estimés sur un ordinateur dont la configuration type est décrite dans la figure suivante, notamment 128 Go de mémoire vive et de processeur disposant de 8 cœurs physiques cadencés à 4.9 GHz en mode turbo max.

Precision 7550	
Nom de l'appareil	DESKTOP-CI35SBO
Processeur	Intel(R) Core(TM) i7-10875H CPU @ 2.30GHz 2.30 GHz
Mémoire RAM installée	128 Go (128 Go utilisable)
ID de périphérique	2D471C19-3226-4CF4-A229-7E990D703372
ID de produit	00330-80000-00000-AA098
Type du système	Système d'exploitation 64 bits, processeur x64

Figure 1 : Configuration type PTV

2.2. Objectif de l'audit

L'objectif de cette phase est de réaliser un audit du modèle dans sa dernière version disponible pour vérifier à la fois la qualité de son codage de l'offre et de la demande, la pertinence des résultats fournis et de juger sa bonne réaction ou non au travers de tests de sensibilité.

Plus précisément, l'audit permettra de réaliser les points suivants.

1. **Identifier les possibilités de réutilisation** de l'outil et de ses données. En effet le modèle a été mis à jour récemment et surtout a fait l'objet d'un suivi relativement poussé. Il est donc important de valoriser ce travail de gestion et de maintenance tout en pesant les pour et les contres d'une éventuelle utilisation de nouvelles données.
2. **Détecter et expliquer les points forts et les points faibles** du calage actuel. Il est essentiel d'expliquer les points soulevés afin d'apporter une parade aux lacunes du calage actuel.
3. **Juger de la bonne de réaction du modèle** au travers des retours des utilisateurs mais également de tests de sensibilité. Ces derniers permettent d'avoir un point de comparaison supplémentaire pour les tests de sensibilité réalisés sur la nouvelle version.

2.3. Caractéristiques et fonctionnalités du modèle

2.3.1. Généralités

2.3.1.1. Les modules utilisés

Outre une licence PTV Visum Expert, le MMM nécessite le module Visem (qui permet le traitement des chaînes de déplacements).

2.3.1.2. Taille de licences

Le MMM nécessite une licence de taille 1 000 zones. En effet, le MMM compte 606 zones. L'ensemble des membres du groupement de commande disposant d'une licence bénéficie d'une taille de licence suffisante (1 000 zones ou plus).

Cela est suffisant pour définir un zonage plus fin et créer des zones spécifiques pour les aires de covoiturage notamment ; tout en préservant une réserve de zones pour une extension ultérieure par exemple.

Aucune évolution de taille de licence n'est nécessaire.

2.3.1.3. Version utilisée

La version actuellement utilisée est PTV Visum 20.01-20 (dernier service pack de PTV Visum 2020 mis à disposition en novembre 2021).

L'ensemble des licences des membres du groupement de commande est sous maintenance.

Compte tenu des nouveautés, améliorations et corrections apportées annuellement, la future version de MMM sera livrée sous PTV Visum 2024.

2.3.1.4. Temps de calcul

L'objectif de cette section est :

- d'identifier les gains de temps attendus par le passage en PTV Visum 2024, et éventuellement l'utilisation d'un matériel plus puissant ;
- et d'identifier les marges de manœuvres et implications des choix méthodologiques discutés plus loin dans l'audit, notamment sur le choix des méthodes d'affectations ou d'augmentation du nombre de zones.

Temps de calcul global

La figure suivante présente les temps de calcul du scénario actuel jour (scénario n° 31) sur la base du questionnaire fourni par Bordeaux Métropole. Les affectations TI HPM, HC et HPS,

ainsi que l'affectation TC « jour », sont réalisées lors de cette séquence de procédures « jour ».

Le temps de calcul de la version livrée par Bordeaux Métropole a été obtenu par simple analyse des heures de début et de fin renseignées dans la séquence de procédures (pas de recalcul par PTV). Il correspond à un calcul réalisé le 31/10/2023, a priori sur un ordinateur de Bordeaux Métropole et avec la version 2020 de PTV Visum.

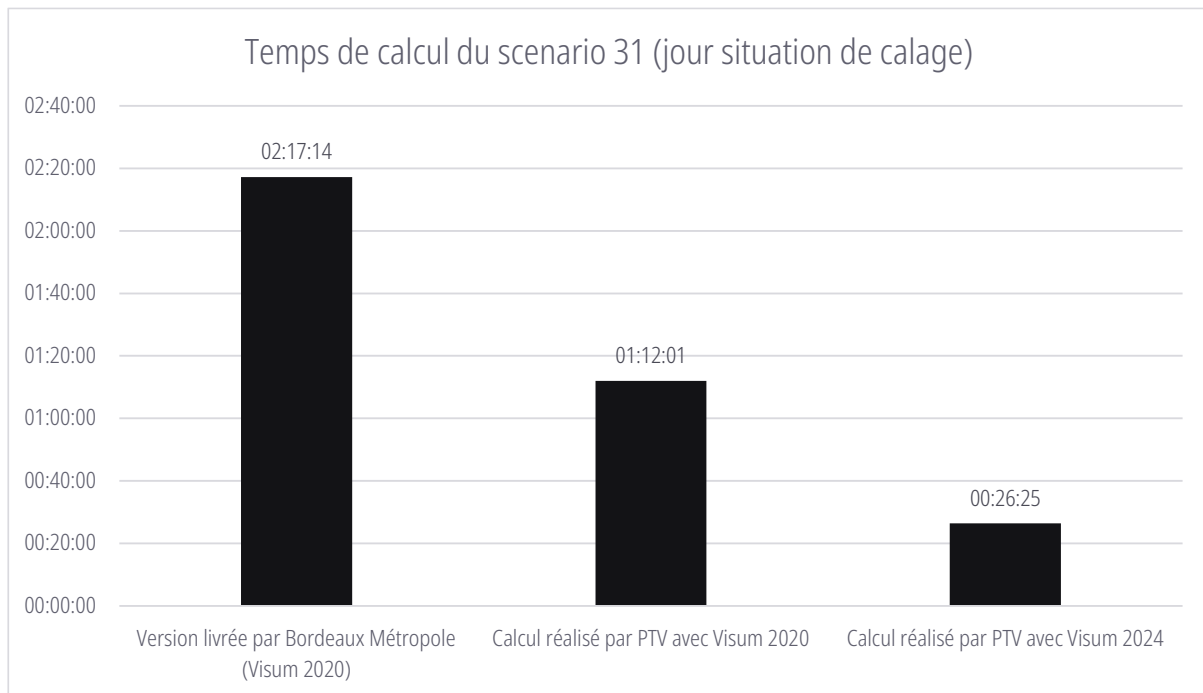


Figure 2 : Temps de calcul du scenario actuel jour (scenario no 31) sur la base du gestionnaire fourni par Bordeaux Métropole pour l'audit

Le gain de temps de calcul entre la version livrée et celle recalculée par PTV avec PTV Visum 2020 est d'environ 65 minutes (soit près de 50%). A priori, cette différence s'explique uniquement par les caractéristiques de l'ordinateur utilisé pour le calcul.

L'utilisation de PTV Visum 2024 permet de réduire encore par un facteur 2,7 (par rapport à PTV Visum 2020) le temps de calcul. Ceci s'explique à la fois par :

- l'optimisation des algorithmes internes entre la version 2020 et 2024 ;
- mais aussi l'optimisation de la parallélisation des calculs qui permet une exploitation maximale des ordinateurs multicœurs.

L'utilisation de PTV Visum 2024 est une opportunité d'importants gains de temps, mais en particulier dans le cas d'utilisation d'ordinateurs de 8 cœurs physiques ou plus. Par rapport au calcul envoyé par Bordeaux Métropole, le temps de calcul est plus que divisé par 5 ; ce qui permet une utilisation plus facile et intensive du MMM.

Décomposition du temps de calcul

Comme tous les modèles 4 étapes, le MMM se compose d'un calcul de la demande (génération, distribution et choix modal).

Le calcul du modèle de demande est itératif car le résultat du choix modal (et plus particulièrement le nombre de VL à affecter) influence le temps de parcours VP. Dans le cas du scénario 31 du MMM, le modèle de demande converge au bout de 4 itérations (correspondant à 5 calculs pour les itérations 0 à 4).

Ce calcul du modèle de demande est précédé par un bloc d'étapes préparatoires (initialisation de variables, affectation de préchargement, calcul d'indicateurs...) et est suivi d'un bloc d'affectations finales des matrices résultantes du modèle de demande après convergence.

Le tableau suivant présente la décomposition du temps de calcul du MMM avec PTV Visum 2024 selon ces trois temps : préparation, calcul de la demande, affectations finales.

Calcul réalisé par PTV avec Visum 2024			
Blocs de procédures	Procédure	Somme de Durée en sec. (itérations comprises)	% du total
Préparation	Calculer matrice d'indicateurs TC	337	22%
	Affectation TI	21	1%
Total Préparation		358	23%
Modèle de demande	Distribution/Choix modal VISEM combinés	385	25%
	Choix de parc P+R	320	21%
	Affectation TI	125	8%
	Génération des déplacements VISEM	15	1%
	Calculer matrice d'indicateurs TI	10	1%
	Répartition des chemins partiels P+R	5	0%
Total Modèle de demande		860	56%
Affectations finales	Affectation TC	264	17%
	Affectation TI	52	3%
Total Affectations finales		316	21%
Total général		1534	100%

Figure 3 : Décomposition du temps de calcul du MMM avec PTV Visum 2024 pour les procédures représentant plus d'une seconde (en secondes)

L'affectation TC « Jour » et le calcul d'indicateurs TC restent les étapes les plus coûteuses en temps de calcul et ne bénéficient pas de gains de temps significatifs sur PTV Visum 2024. Ainsi, bien que ne faisant pas partie du rebouclage du modèle de demande, elles représentent près de 40% du temps de calcul total, soit environ 10 minutes.

Au global, les affectations TI (HPM, HPS et HC) représentent 13% du temps de calcul total, soit un peu plus de 3 minutes.

Chaque itération du modèle de demande correspond à un peu moins de 3 minutes.

L'étape de calcul d'indicateurs TC devrait être maintenue en dehors du rebouclage du modèle de demande. En effet, cette étape est de loin la plus chronophage et cela imposerait de la réaliser à chaque itération du modèle de demande plutôt qu'une seule fois².

² Pour le calcul de la demande, les temps TC (temps en véhicules, temps perçus, temps généralisé) restent alors, d'une part, indépendants de la capacité du matériel ou des conditions de circulation TI, et d'autre part, conformes aux hypothèses actuelles ou prospectives relatives au temps de parcours (grilles horaires ou hypothèse de vitesses commerciales). Ce mode de fonctionnement est celui du MMM actuel.

L'utilisation d'un ordinateur avec 8 à 16 cœurs permettrait de bénéficier au maximum des optimisations de PTV Visum 2024.

2.3.2. Modes, systèmes de transport et segments de demande

2.3.2.1. Modes, systèmes de transport et segments de demande TI

Mode TI

Les modes sont la segmentation sur laquelle est faite le choix modal. Les modes TI présents dans le MMM sont les suivants :

- La marche à pied
- Les VP conducteurs
- Les VP passagers
- Le vélo
- Les poids-lourds.

La segmentation des modes TI est standard. Cependant, elle ne permet pas de faire la distinction entre les VP passagers (déplacements souvent courts effectués par les scolaires pour se rendre à leur lieu d'étude) et les covoitureurs au sens « actifs se déplaçant pour motif contraint ».

Systèmes de transport TI

Les systèmes de transports sont utilisés pour interdire ou autoriser l'utilisation d'un tronçon. Par exemple, le système de transport marche à pied est interdit sur les autoroutes.

Les systèmes de transport TI présents dans le MMM sont les suivants :

- La marche à pied.
- La voiture, avec une UVP de 1 (UVp : Unité de Véhicule Particulier)
- Le vélo, avec une UVP de 0,01
- Les poids-lourds, avec une UVP de 1.

La segmentation des systèmes de transport TI est standard.

La valeur UVP associé aux PL sera certainement revue lors calage car il semble plus pertinent qu'elle soit proche de 2 afin de mieux tenir compte de l'emprise plus importante des poids-lourds sur la chaussée.

La création d'une zone d'accès restreint pour le système de transport PL permettrait d'interdire le trafic de transit dans Bordeaux. Actuellement, à l'HPM, environ 10% de la charge PL dans Bordeaux correspond à du trafic de transit³.

Enfin, un système de transport VP2+ permettrait de modéliser les voies réservées aux covoitureurs. Ce système de transport VP2+ sera accessible aux modes VP passagers et Covoiturage (voir plus haut).

Segments de demande TI

Les segments de demande correspondent aux matrices potentiellement affectées sur le réseau. Les segments de demande TI sont les suivants :

- Marche à pied (non affecté) ;
- Vélo ;
- VP conducteurs ;
- VP passagers (non affecté) ;
- Poids-lourds.

Cette segmentation est classique et est fonctionnelle.

En cohérence avec les systèmes de transports, la création d'un segment de demande VP2+ et VP autosoliste permettrait d'affecter ces deux catégories de véhicules en tenant compte des voies réservées de covoiturage.

2.3.2.2. Modes et systèmes de transport TC

Modes et systèmes de transports TC

Il n'y a qu'un seul mode TC dans le MMM regroupant les systèmes de transport TC suivants :

- Le bus ;
- Les BHNS : le mode BHNS est associé en situation actuelle à 2 lignes, la TBM2019_31 & la TBM2019_39. Il est surtout utilisé en situation prospective.
- Les navettes ;
- Le tram ;
- Le train ;
- La marche à pied d'accès aux transports en commun, utilisée pour le rabattement / diffusion vers un arrêt de transports en commun. Il existe deux systèmes de transports de marche à pied d'accès aux TC : Marche Accès_TC (M) et Walk(W). Le système W n'est pas utilisé. Il ne fait pas partie des systèmes associés au mode TC.

³ Cette fonctionnalité existe depuis PTV Visum 2022.

Le pourcentage de distances parcourues par système de transport est pondéré différemment dans le choix modal. Le pourcentage de distance bus est fortement pénalisé (2,6) par rapport au tramway qui est favorisé (0,6). Le BHNS est quasi neutre (1,1).

La liste des systèmes de transport TC n'inclut pas de système propre au téléphérique. Il est actuellement codé comme un tramway. Pourtant, il est probable que la perception de ces deux modes soit différente.

Le système de transports TC marche à pied (W), probablement issu d'un import réseau externe (HERE ou GTFS), pourrait être supprimé par souci de lisibilité.

Il convient de conserver le système de transport BHNS afin de bien modéliser les projets de Bus Express. Ce système de transport pourrait être renommé Bus Express afin de mieux correspondre au territoire.

La pondération du système BHNS dans le choix modal correspond à une situation intermédiaire entre les bus et le tramway, ce qui semble pertinent à première vue. Cette pondération pourrait être reprise dans la définition du temps généralisé utilisée pour les affectations afin de favoriser le BHNS et le tramway lors de cette étape également.

La création d'un système de transports Téléphérique apporterait plus de lisibilité et permettrait une modélisation distincte de ce type de projet de celle des projets de tramway.

2.3.2.3. Prise en compte de l'intermodalité et du covoiturage

Prise en compte de l'intermodalité

Techniquement, l'intégration des P+R et des aires de covoiturage dans une zone du modèle ne permet pas de distinction entre la zone administrative et le P+R, notamment à cause des problèmes de connexion. C'est pourquoi il est fortement recommandé de traiter les P+R et les aires de covoiturage comme des zones séparées (ce que permet la réserve de zones actuelle).

L'ancien modèle contient déjà la modélisation fine des P+R et cette prise en compte sera reconduite dans la mise à jour du modèle.

L'intermodalité vélo + train n'est pas modélisée et ne fait pas l'objet d'une demande explicite. Aucun projet d'envergure visant à promouvoir fortement ce type de déplacements ne semble devoir être modélisé avec le MMM.

Comme le précise l'AURB⁴, « seuls 3 % des déplacements sont intermodaux c'est-à-dire réalisés via plusieurs modes de transport. 34 % des déplacements en TC sont intermodaux. Ils s'effectuent essentiellement entre TC, les échanges avec la voiture et le vélo étant très marginaux ».

Enfin, la modélisation de l'intermodalité vélo + train nécessite l'insertion d'un mode supplémentaire et une complexification de la séquence de procédure.

Il semble préférable de ne pas traiter cette intermodalité qui représente une faible part des déplacements.

Prise en compte du covoiturage

Au-delà du mode VP passagers qui est avant tout représentatif de déplacements courte distance, il n'y a pas de prise en compte du covoiturage dans la version « standard » actuelle du MMM. Les aires de covoiturations ne sont pas modélisées.

La modélisation du covoiturage est exigée par le CCTP. Après une première expérimentation sur l'avenue Marcel-Dassault à Mérignac, les voies réservées au covoiturage devraient se multiplier ces prochaines années en Gironde, soit du fait de Bordeaux Métropole (projet sur la rocade) ou du département.

Les aires de covoiturage sont au nombre de 35 actuellement à Bordeaux Métropole. La modélisation des aires de covoiturage se fait sous forme de zones ponctuelles dans lesquelles ont lieu les changements de mode conducteurs seuls à plusieurs personnes dans un même véhicule. La licence 1 000 zones des partenaires permet la modélisation des aires de covoiturage.

En complément de la création d'un mode Covoiturage et d'un système de transport / segment de demande VP2+, la modélisation des voies réservées actuelles et projetées, ainsi que des aires de covoiturage permettrait de mieux représenter ce mode de déplacement.

Le mode Covoiturage permettrait la réalisation dans le modèle de déplacements 100% en covoiturage ou combinant une partie réalisée en tant que VP conducteur avec une partie réalisée en tant que covoitureur.

⁴ AURB (2022) Enquête mobilité gironde 2021- les pratiques de déplacements des girondins - principaux résultats. https://www.cerema.fr/system/files/inline-files/2023_aurb_principaux_resultats_emc2_2021.pdf

2.3.3. Périodes modélisées

2.3.3.1. VL et PL

La séquence de procédure du MMM permet de calculer l'HPM, l'HPS et une heure creuse moyenne. Le trafic jour est reconstitué.

Heure creuse et reconstitution jour

La matrice affectée pour l'heure creuse correspond actuellement à la moyenne de la période 10h00 – 16h00.

Le TMJO est reconstitué à l'aide de coefficients selon la formule suivante :

$$\text{Trafic jour} = 2 * \text{HPM} + 3 * \text{HPS} + \text{Coeff_HeureCreuse} * \text{HC}$$

Cette option présente le défaut que les charges entre tronçons ne sont pas toujours cohérentes. De plus, en phase étude, il est souvent préférable de requestionner ces coefficients sur la base de comptages proches du projet et supportant un trafic similaire. Cette approche rend les coefficients par défaut du modèle peu utiles.

L'autre option consiste à se passer de l'heure creuse et à affecter la matrice jour. Cette méthode permet d'affecter toute la matrice jour qui possède une structure très différente des heures de pointes. Elle permet de faire des arborescences de trafic et d'analyser les origines - destinations ou la nature du trafic jour (interne, transit, échange par rapport à un périmètre) de façon plus directe. Elle offre aussi l'avantage de présenter une cohérence des charges jour sur l'ensemble du réseau là où une reconstitution à partir de coefficients par type de tronçons présentera des « sauts » ou « creux » de trafic lors de changement de type de tronçons. Enfin, l'affectation TMJO peut faire l'objet d'un calage sur les comptages jour (éventuellement via une correction de matrice automatique).

Les figures suivantes présentent les charges TMJO obtenues par reconstitution et par affectation.

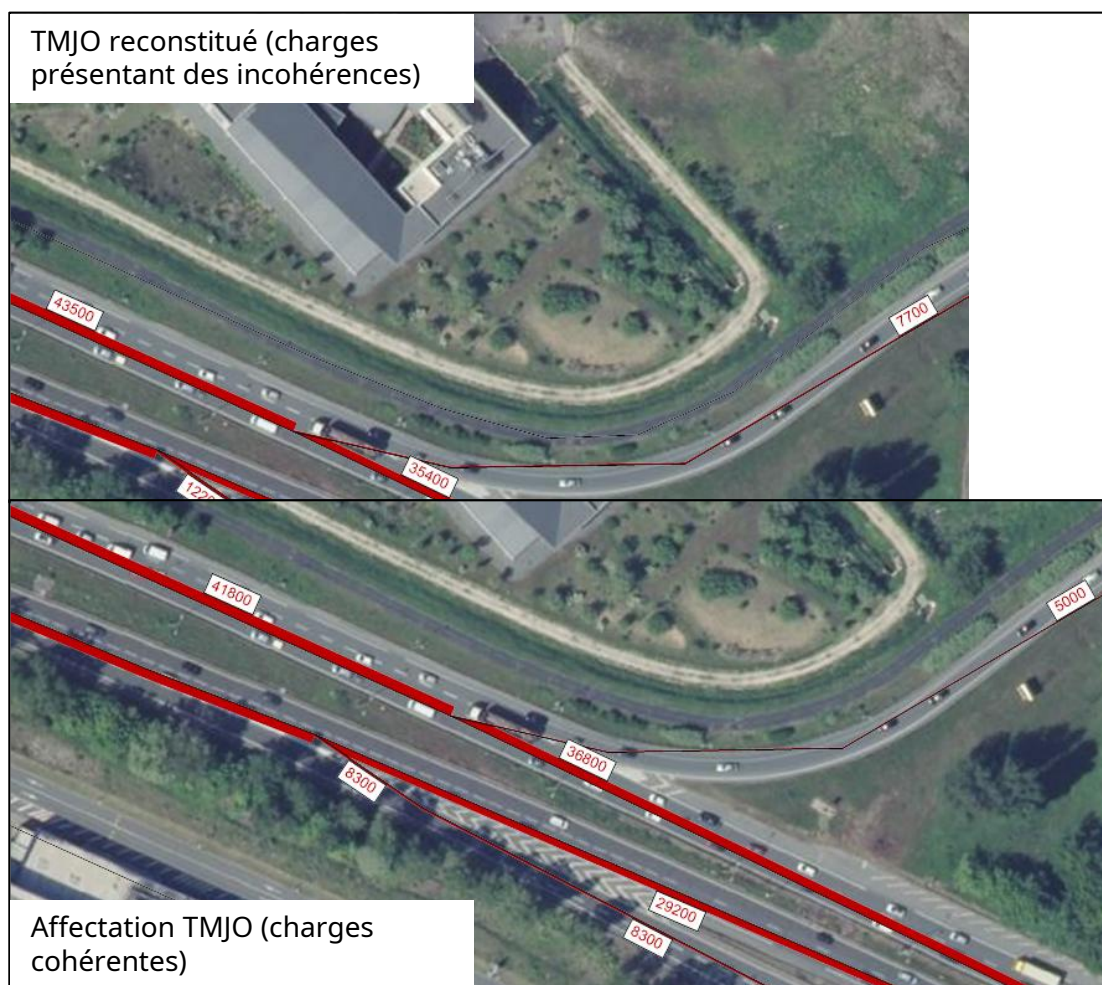


Figure 4 : Charges reconstituées à partir des coefficients du MMM (haut) et via une affectation (en bas)

Les résultats peuvent varier mais restent dans les mêmes ordres de grandeur.

Dans les deux cas un coefficient de passage TMJO/TMJA sera défini sur la base des comptages, éventuellement par type de tronçons ou secteur ; codé dans le modèle.

L'affectation HC pourrait être abandonnée et remplacée par une affectation de la matrice TMJO.

D'après un test d'affectation jour réalisé sur la base du MMM, le temps de calcul avec la méthode BFW est inférieur à 50 secondes.

Définition des heures de pointes

Les heures de pointes actuellement utilisées pour les TI sont 08h00-09h00 et 17h00-18h00. Cette définition est très standard.

Le tableau suivant présente une analyse des comptages de la DIRA pour l'année 2022.

Dira 2022	Plages horaires du matin	Proportion de mesures max	Nombre de mesures max	Plages horaires du soir	Proportion de mesures max	Nombre de mesures max
	06h00-07h00	9%	428	15h00-16h00	17%	829
	07h00-08h00	33%	1676	16h00-17h00	28%	1413
	08h00-09h00	48%	2416	17h00-18h00	48%	2385
	09h00-10h00	10%	483	18h00-19h00	8%	376
	Total	100%	5003	total	100%	5003

Figure 5 : Analyse des comptages routiers – Heure de pointe (données DIRA 2022)

L'indicateur « Proportion de mesures max », représente le taux d'apparition de l'heure la plus chargée durant la période 06h00-10h00 le matin, et 15h00-19h00 le soir, on s'aperçoit ainsi que 08h00-09h00 et 17h00-18h00 sont les heures les plus chargées dans 48% des cas.

La seule particularité du MMM sur ce point est que les matrices issues de Visem, et utilisées pour l'affectation, sont directement calculées sur une seule heure. Il est plus courant de les estimer sur une période plus longue (2 heures) et de leur appliquer ensuite un coefficient de passage de la période vers l'heure de pointe. Cette méthode a pour but de diversifier les OD et les motifs des déplacements qui constituent la matrice qui sera affectée et ainsi la rendre plus représentative d'un jour moyen.

Sur la base des comptages routiers de la DIRA, nous proposons de conserver ces heures de pointes : 08h00-09h00 comme heure de pointe du matin et 17h00-18h00 comme heure de pointe du soir.

Cependant, afin de mieux reconstituer un jour moyen, il est sans doute préférable de retenir la structure des deux heures de pointes (07h00-09h00 et 16h00-19h00) en ramenant le volume total de la matrice à affecter au volume de l'heure de pointe.

2.3.3.2. Les transports en commun

Les TC sont affectés sur trois périodes :

- La période de pointe du matin : 06h30-09h00
- La période de pointe du soir : 16h30-19h00
- La journée.

L'analyse de la répartition horaire des déplacements de l'EMC² suggère que la ½ heure de 06h30 à 07h00 n'est peut-être pas pertinente, alors qu'il pourrait être intéressant d'intégrer 16h00-16h30 à la PPS.

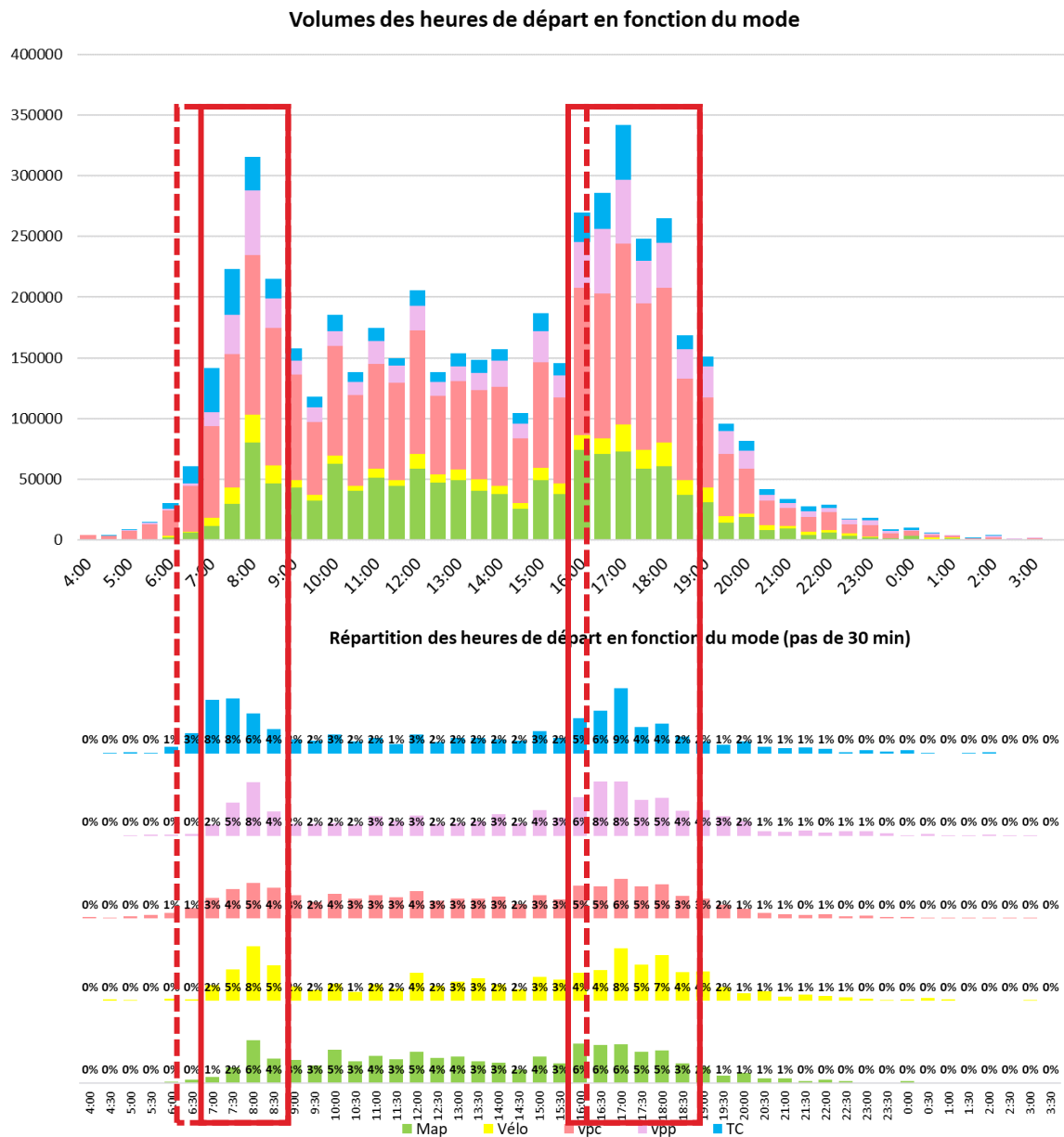


Figure 6 : Heures de départ en fonction du mode (Source : EMC²)

Nous recommandons d'utiliser la plage 7h-9h pour la PPM, et 16h-19h pour la PPS.

2.3.4. Périmètre et zonage

2.3.4.1. Périmètre

Le périmètre du modèle s'étend sur tout le département de la Gironde.

D'après la délimitation établie par l'INSEE, l'aire urbaine de Bordeaux est composée de 255 communes, toutes situées dans la Gironde à l'exception de trois communes, situées dans les Landes et de Bedenac dans la Charente-Maritime.

La carte suivante présente le découpage en bassin de vie de la Région Nouvelle-Aquitaine.

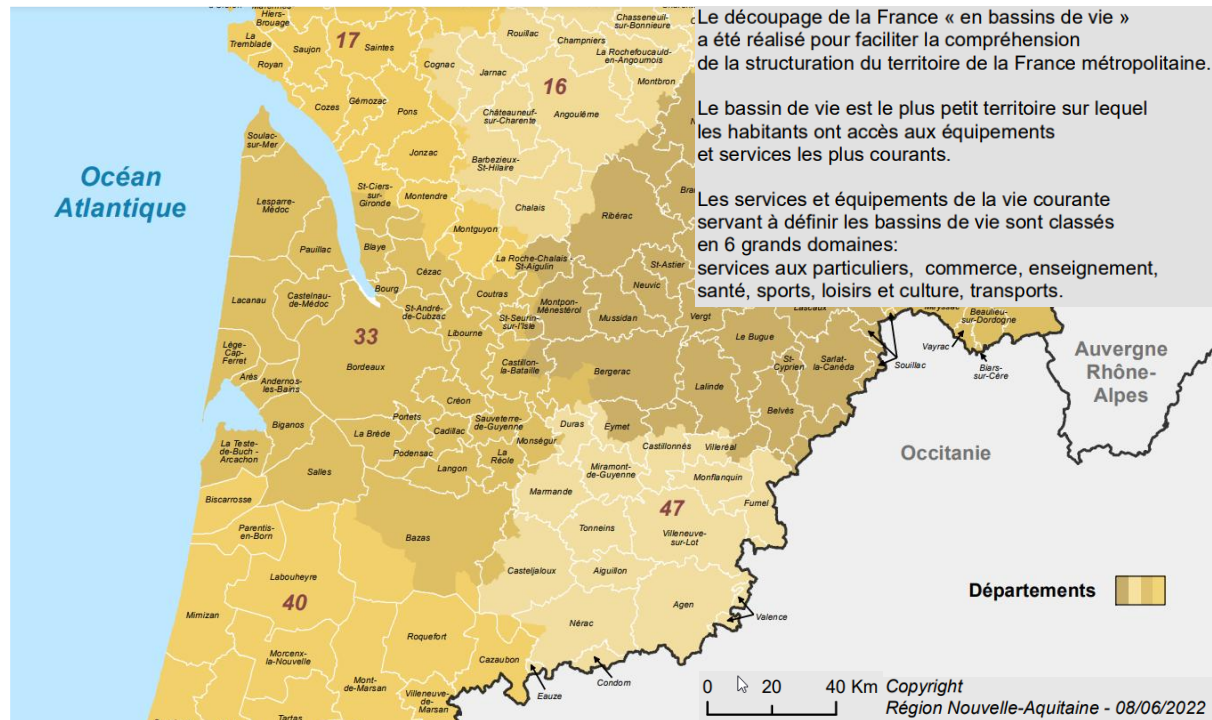


Figure 7 : Découpage en bassin de vie de la Région Nouvelle-Aquitaine

Les limites départementales de la Gironde suivent peu ou prou le découpage en bassin de vie du territoire.

L'enquête mobilité certifiée CEREMA (EMC²) s'est déroulée en 2021 au sein du département de la Gironde (soit 542 communes) élargi à 7 communes des Landes (communauté de communes des Grands Lacs, correspondant globalement aux bassins de vie de Biscarosse et Parentis-en-Born sur la carte précédente).

Ces communes ne sont pas desservies directement par une offre ferroviaire.

Il ne semble pas indispensable d'un point de vue fonctionnel d'élargir le périmètre du modèle à la communauté de communes des Grands Lacs (bassins de vie différents et pas de connexion ferroviaire directe). La logique administrative peut être maintenue. L'EMC² permettra de mieux intégrer les flux de déplacements dans la matrice cordon.

2.3.4.2. Nombre de zones et finesse

Le zonage actuel

Le MMM compte actuellement 606 zones.

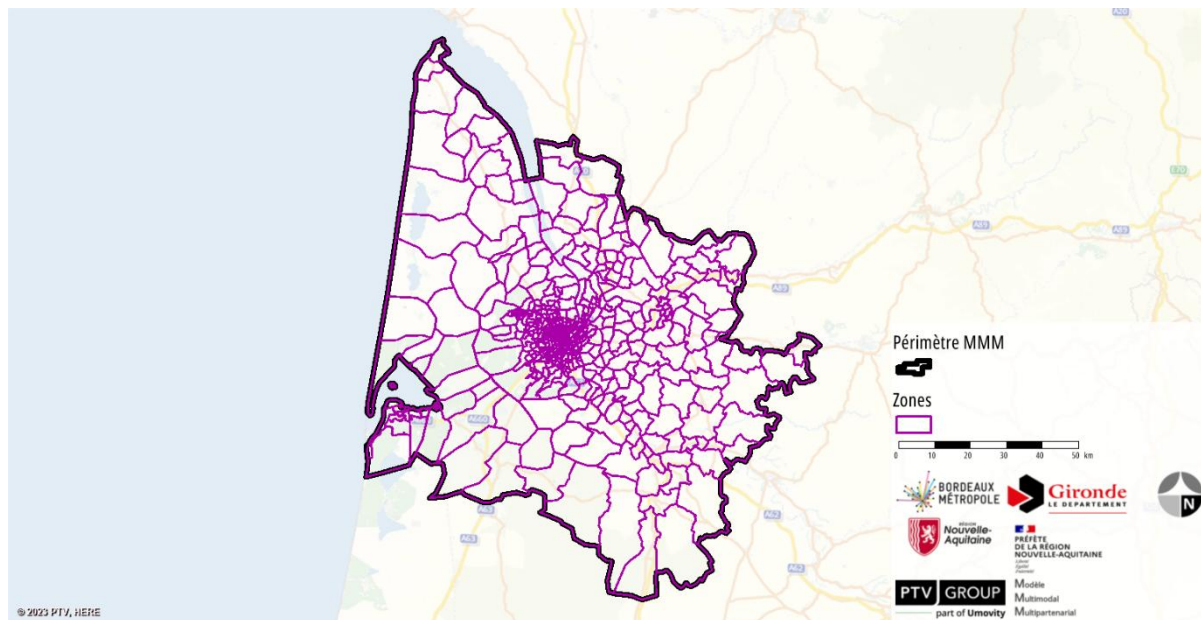


Figure 8 : Zonage du MMM (606 zones)

Le zonage est composé de 539 zones administratives, pour une population d'environ 1,6 millions d'habitants. Cela représente environ 3 000 habitants par zones, ce qui est assez élevé par rapport à la moyenne des autres modèles (plutôt entre 1 000 et 2 000 habitants par zones).

Compatibilité des zonages EMC² et IRIS

Les zones fines de l'EMC² sont compatibles avec les IRIS. Dans les zones denses (Bordeaux, Bassin d'Arcachon...) les zones fines correspondent majoritairement aux IRIS. Dans les zones moins denses, elles correspondent à la commune. Certaines zones fines sont des découpages d'IRIS (Bordeaux, Bassin d'Arcachon...).

Compatibilité du zonage MMM avec le découpage communal

De nombreuses communes ont été regroupées au sein d'une même zone.

Les regroupements ne concernent pas Bordeaux Métropole mais le reste du département. Ils ont été réalisés en cherchant à respecter une contrainte de taille de licence (600 zones à l'époque).

Les figures suivantes présentent les zones filtrées en fonction du regroupement ou non de plusieurs communes. Elles montrent que ces regroupements ont été réalisés en tenant compte de l'offre de transport.

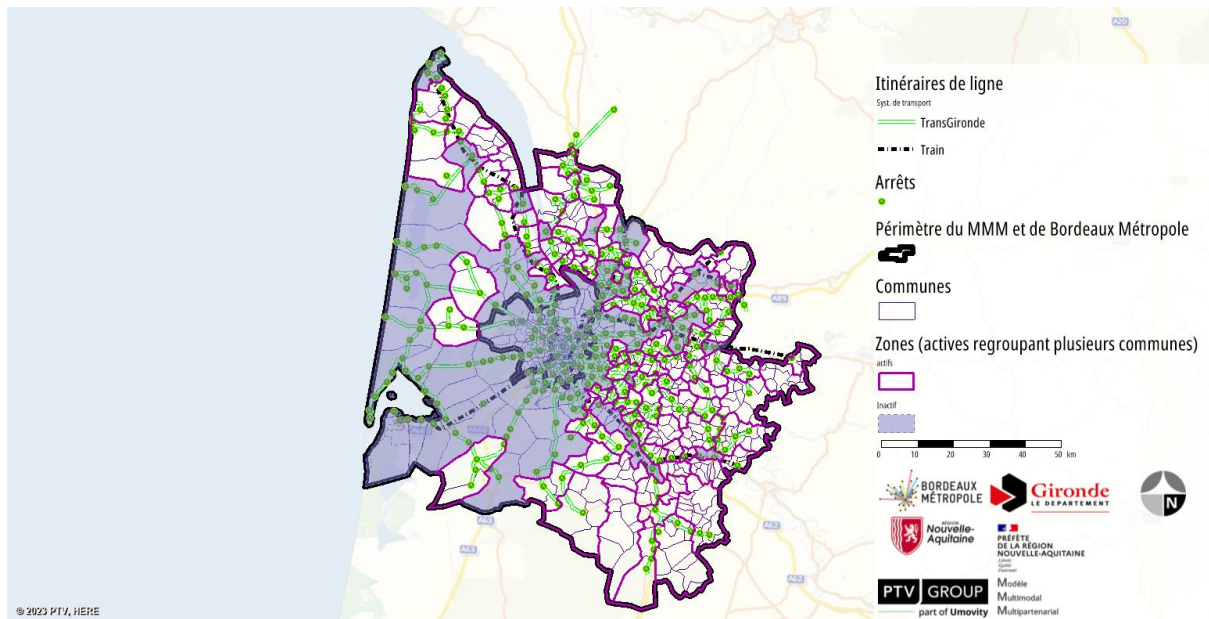


Figure 9 : Zones regroupant plusieurs communes (échelle du MMM)

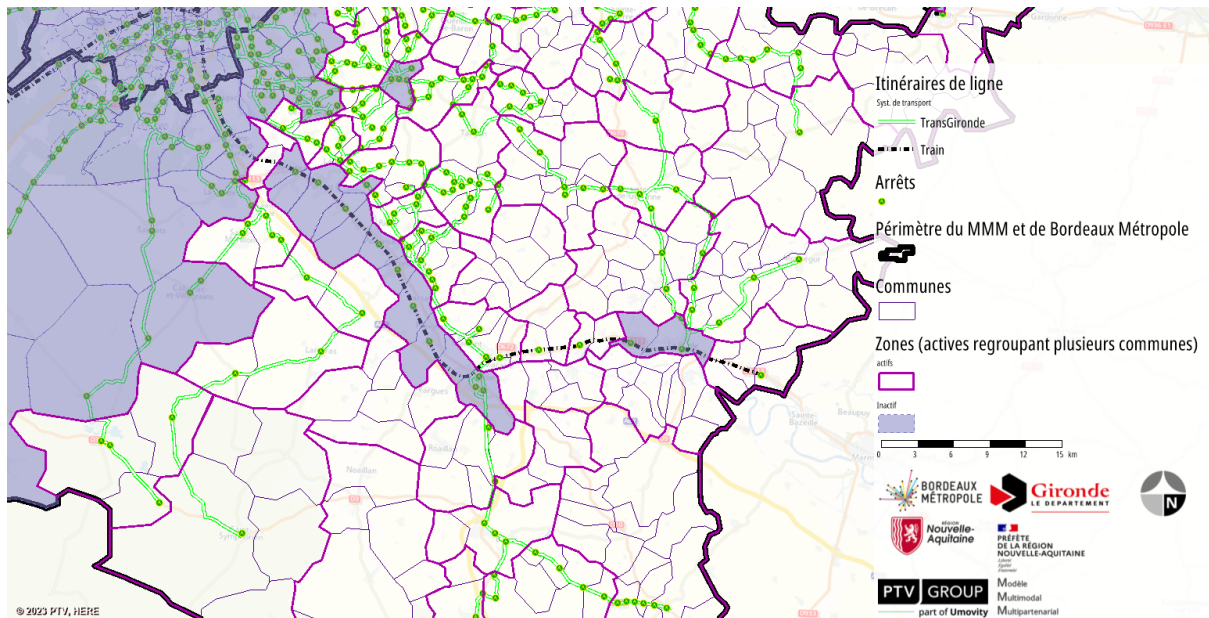


Figure 10 : Zones regroupant plusieurs communes (secteur sud-est)

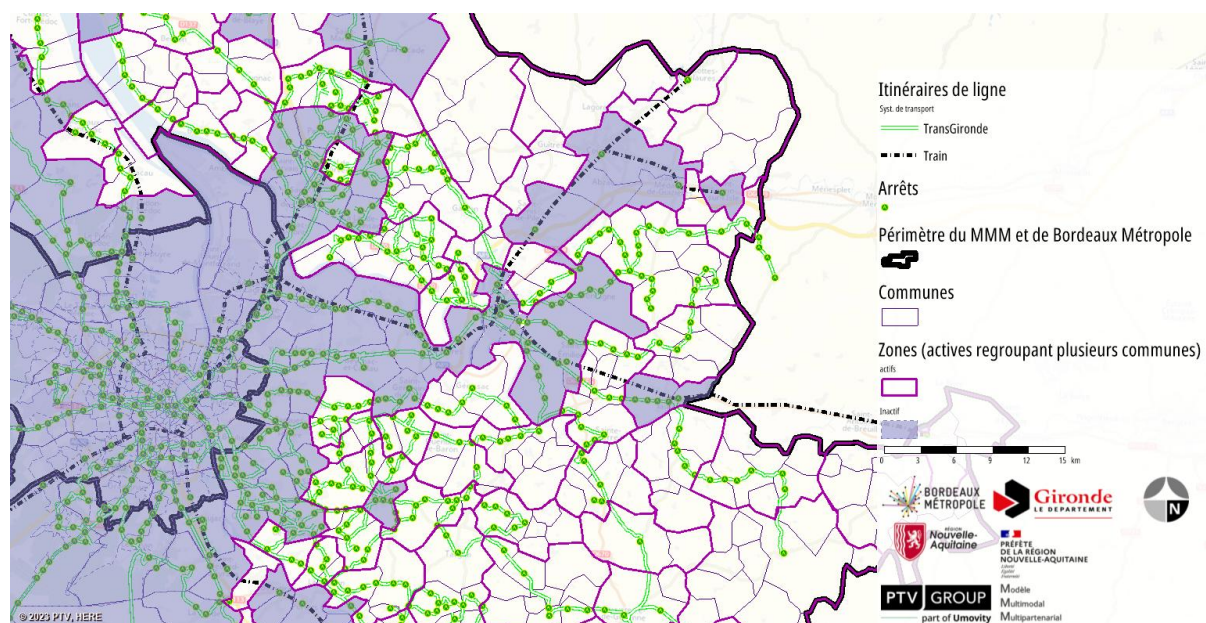


Figure 11 : Zones regroupant plusieurs communes (secteur sud-ouest)

Si les corridors ferroviaires ont fait l'objet de moins de regroupements de communes que le reste du territoire desservi par le réseau Trans Gironde, le manque de finesse du zonage peut expliquer les difficultés à reproduire les charges TC interurbaines (par exemple en poussant à la création de connecteurs trop longs).

Un zonage plus fin permettrait d'améliorer la connexion aux réseaux TC interurbains en lien avec Bordeaux Métropole, limiterait le nombre de déplacements intrazonaux et faciliterait/améliorerait le calage du modèle de manière générale, y compris au centre du modèle.

Cela faciliterait également les études de lignes dans les zones périphériques (par exemple les lignes de Car Express).

Enfin, de nombreuses données d'entrée sont disponibles à la commune. Un zonage plus fin, basé sur les communes, optimiserait l'intégration et la valorisation de ces données.

Compatibilité du zonage MMM avec les IRIS

La carte suivante présente les zones du MMM correspondant à une commune mais regroupant plusieurs IRIS (découpage 2021).

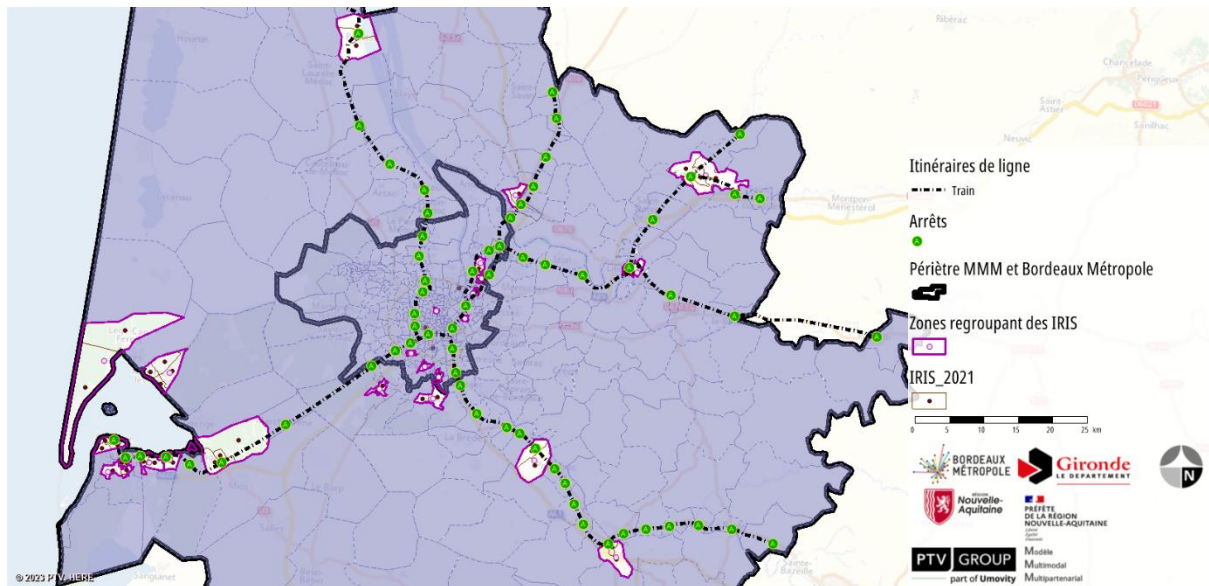


Figure 12 : Zones du MMM regroupant plusieurs IRIS

Certaines zones de la ville de Bordeaux et de Bordeaux Métropole pourraient être affinées pour être compatible avec les IRIS.

En dehors de Bordeaux Métropole, les zones regroupant plusieurs IRIS pourrait également être redécoupées pour les mêmes raisons que dans le cas des communes, surtout lorsqu'elles se trouvent sur une ligne de train.

Le tableau suivant présente la liste des zones du MMM regroupant plusieurs IRIS en fonction de leur localisation (Bordeaux, Bordeaux Métropole, autres) et du nombre d'IRIS inclus dans la zone.

Localisation	Nom de la zone	Numéro de zone	Nombre d'IRIS	Nombre de zone à créer pour une compatibilité à 100%
				
 Ville de Bordeaux	 BORDEAUX	128	2	1
Total Ville de Bordeaux			2	1
 Bordeaux Métropole	 BASSENS	489	2	1
	 CARBON-BLANC	486	2	1
	 FLOIRAC	303	2	1
	 GRADIGNAN	410	2	1
	 LORMONT	320	2	1
		321	3	2
	 PESSAC	240	2	1
	 VILLENAVE D'ORNON	407	2	1
Total Bordeaux Métropole			17	9
 Autres	 ANDERNOS-LES-BAINS	728	4	3
	 ARBANATS	685	2	1
	 ARCACHON	725	5	4
	 BIGANOS	713	3	2
	 CESTAS	517	2	1
	 COUTRAS	631	3	2
	 GUJAN-MESTRAS	715	2	1
		716	2	1
	 LANGON	691	2	1
	 LEGE-CAP-FERRET	730	2	1
	 LEOGNAN	509	2	1
	 LIBOURNE	638	2	1
		639	3	2
	 PAUILLAC	741	2	1
	 SAINT-ANDRE-DE-CUBZA	543	2	1
	 TESTE-DE-BUCH (LA)	719	2	1
		721	2	1
Total Autres			42	25
Total général			61	35

Figure 13 : Liste des zones du MMM regroupant plusieurs IRIS en fonction de leur localisation (Bordeaux, Bordeaux Métropole, autres)

La recherche d'une compatibilité à 100% conduirait à la création de 35 zones supplémentaires, ce qui ne se justifie par forcément.

Incidences sur le temps de calcul d'un affinement du zonage

Afin de donner une estimation de l'incidence sur le temps de calcul de l'affinement du zonage actuel, un calcul complet du scénario 31 « jour » a été réalisé après avoir redécoupé les zones regroupant plusieurs communes. Le nombre de personnes et les valeurs caractéristiques de ces zones ont été réparties au prorata de la surface. Les nouvelles zones ont été connectées en TI et TC.

Suivant cette hypothèse de travail, le nombre de zones total est alors de 924 zones pour ce test. La figure suivante présente le zonage résultant.

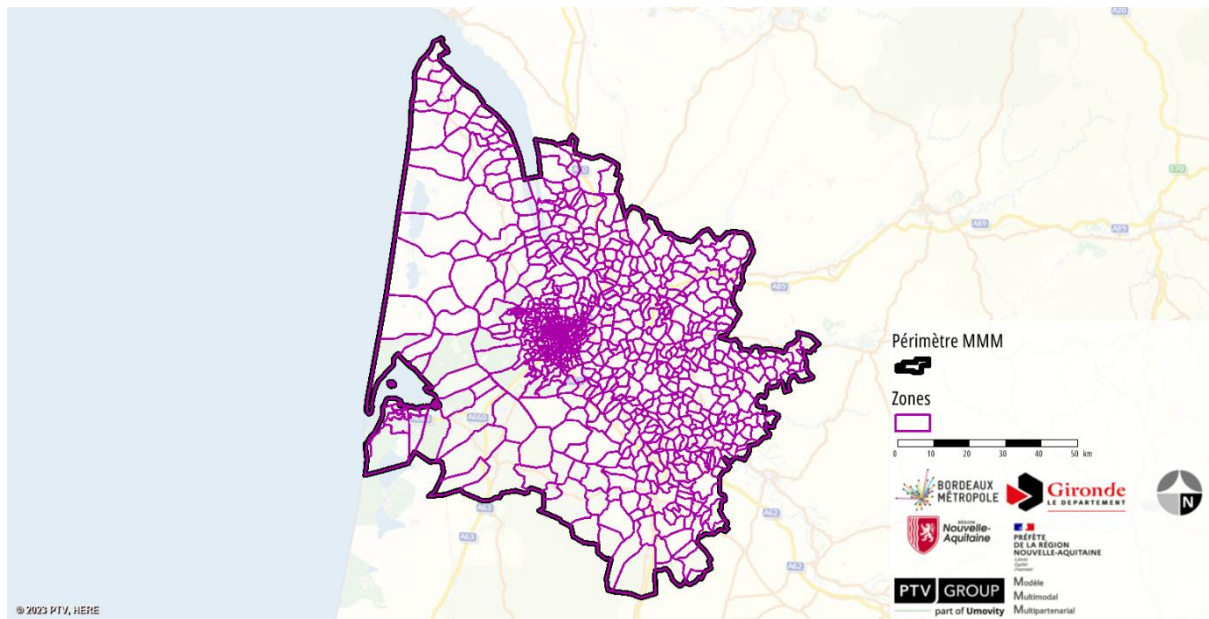


Figure 14 : Zonage du MMM à 924 zones dans regroupements de communes (test de temps de calcul)

La figure suivante présente les résultats du test de temps de calcul.

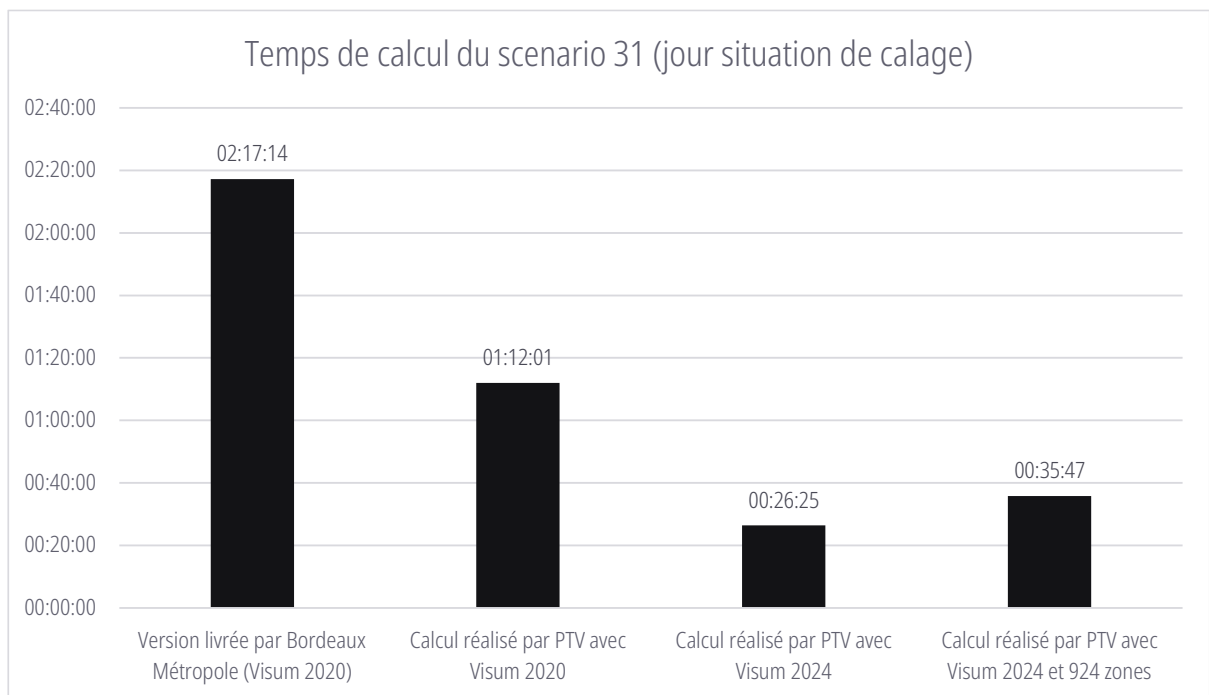


Figure 15 : Estimation de l'incidence sur le temps de calcul total d'un affinement du zonage

Toute chose égale par ailleurs, le temps de calcul augmente d'environ 10 minutes mais reste bien inférieur aux temps de calcul avec PTV Visum 2020.

Comme le montre le tableau suivant, c'est le calcul de la demande qui voit son temps de calcul augmenter. Les temps de calculs des affectations augmentent peu.

Blocs de procédures	Procédure	Calcul réalisé par PTV avec Visum 2024		Calcul réalisé par PTV avec Visum 2024 et 924 zones		Impact temps de calcul (en sec.)	Impact en % pour les évol. > à 30 sec.
		Somme de Durée (itérations comprises)	% du total	Somme de Durée (itérations comprises)	% du total		
Préparation	Calculer matrice d'indicateurs TC	337	22%	339	14%	2	
	Affectation TI	21	1%	18	1%	-3	
Total Préparation		358	23%	357	15%	-1	
Modèle de demande	Distribution/Choix modal VISEM combinés	385	25%	865	37%	480	125%
	Choix de parc P+R	320	21%	605	26%	285	89%
	Affectation TI	125	8%	145	6%	20	
	Génération des déplacements VISEM	15	1%	15	1%	0	
	Calculer matrice d'indicateurs TI	10	1%	15	1%	5	
	Répartition des chemins partiels P+R	5	0%	0	0%	-5	
Total Modèle de demande		860	56%	1 645	70%	785	91%
Affectations finales	Affectation TC	264	17%	272	12%	8	
	Affectation TI	52	3%	67	3%	15	
	Modifier attribut	0	0%	2	0%	2	
	Indicateurs d'exploitation TC	1	0%	1	0%	0	
Total Affectations finales		317	21%	342	15%	25	
Total général		1 535	100%	2 344	100%	809	53%

Figure 16 : Estimation de l'incidence sur le temps de calcul d'un affinement du zonage (par blocs de procédure)

Conclusion

Cas 1 : Le zonage du MMM correspond parfaitement avec le zonage de l'EMC² (à l'IRIS ou à la commune). A priori, aucun changement n'est à appliquer ; à l'exception de la commune de Saint-Aubin qui présente un intérêt de découpage.

Cas 2 : Les zones fines de l'EMC² sont plus découpées que le zonage modèle. Dans les secteurs périphériques, plusieurs communes sont regroupées au sein d'une même zone modèle. Sur certains secteurs, le zonage modèle pourrait être affiné à la commune, voir à l'IRIS. Cela améliorerait la pertinence du modèle sur ces secteurs ; et également pour les déplacements en lien avec Bordeaux Métropole.

Un affinement à la commune (voir à l'IRIS), par exemple sur un corridor élargi autour des lignes de train et des principales lignes Trans Gironde, reste compatible avec une réserve de zones (même en tenant compte de la modélisation des 35 à 45 zones nécessaires pour les aires de covoiturages actuelles et futures).

L'incidence sur le temps de calcul est maîtrisée (+ 10 minutes).

Cas 3 : Par ailleurs, certaines zones du modèle sont plus fines que les IRIS ; probablement à la suite d'une étude locale au cours de laquelle le zonage a pu être affiné. Le zonage du modèle est à maintenir.

Cas 4 : Dans des cas plus rares, les contours des zones du MMM ne correspondent pas aux IRIS ou à l'EMC². De manière générale, il est préférable de privilégier les limites EMC²/IRIS. Mais les différents cas seront présentés et discutés avec la MOA.

Au global, un zonage de l'ordre de 900 à 950 zones pourrait être une nette amélioration de la finesse du modèle en restant compatible avec une réserve de zones suffisante et sans pénaliser excessivement le temps de calcul.

2.3.4.3. Type de zones

Les zones sont regroupées par numéro type. Le tableau suivant présente la typologie des zones.

Nombre de zones	Numéro type	Description
14	0	Zones externes voies ferrées et autoroutes
94	1	Ville de Bordeaux
220	2	Bordeaux Métropole
242	3	Reste du département et zones externes hors type voies ferrées et autoroutes
36	4	Zones P+R

Figure 17 : Typologie des zones du MMM

Le type n° 3 mêle à la fois des zones internes et des zones externes (les zones externes RD). Les zones externes se retrouvent ainsi réparties entre le type n° 0 et n° 3.

Par ailleurs, comme le montre la figure suivante, deux zones de Lormont (probablement issues d'un redécoupage) et une zone P+R sont mal numérotées (type n° 0 qui est le type par défaut).

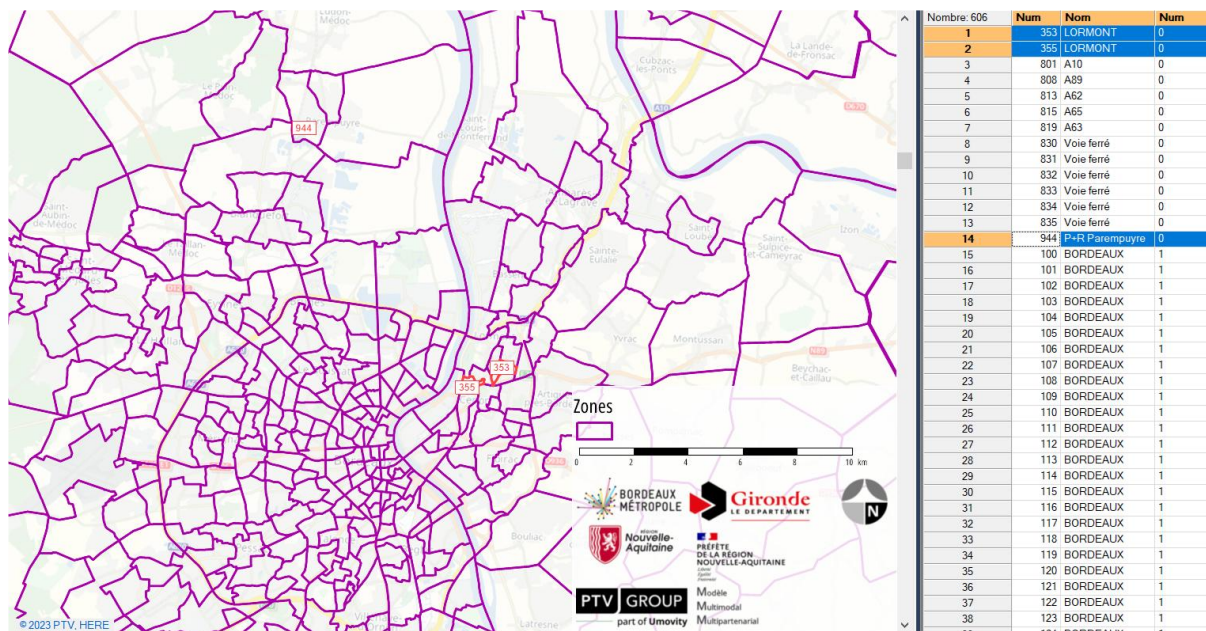


Figure 18 : Erreurs de typologie des zones

Pour bon ordre, il semble opportun de revoir la typologie des zones en regroupant les zones externes, en corrigeant les erreurs de classification et en créant éventuellement un type pour les futures aires de covoiturage.

2.3.4.4. Centroïdes de zones

La carte suivante présente le zonage (polygone et centroïde) du modèle et les limites des surfaces bâties (issues des données HERE de 2017 – Builtup Area).

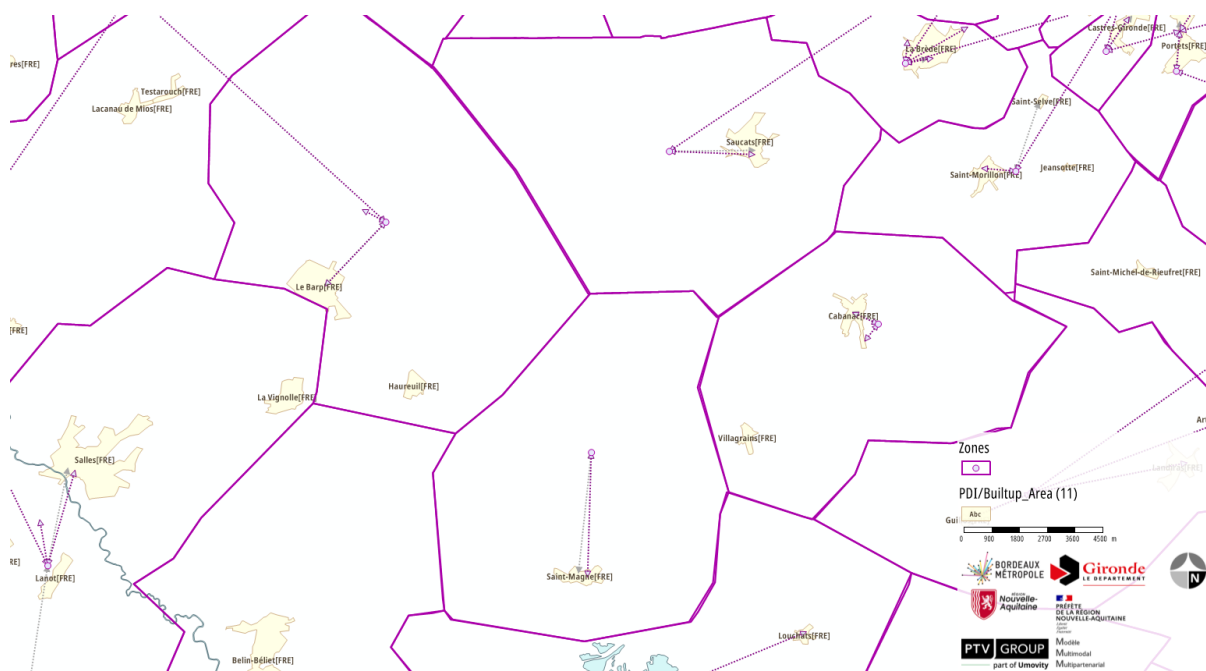


Figure 19 : Zonage (polygone et centroïde) du modèle et limites des zones bâties

Les centroïdes de zones correspondent au centre géométrique du polygone de zone et se trouve souvent en décalage avec la zone bâtie. Ce constat est particulièrement valable en dehors de Bordeaux Métropole.

Cela peut fausser la longueur des connecteurs. Comme le montre la figure suivante, cela est particulièrement le cas lorsque la zone regroupe plusieurs communes.

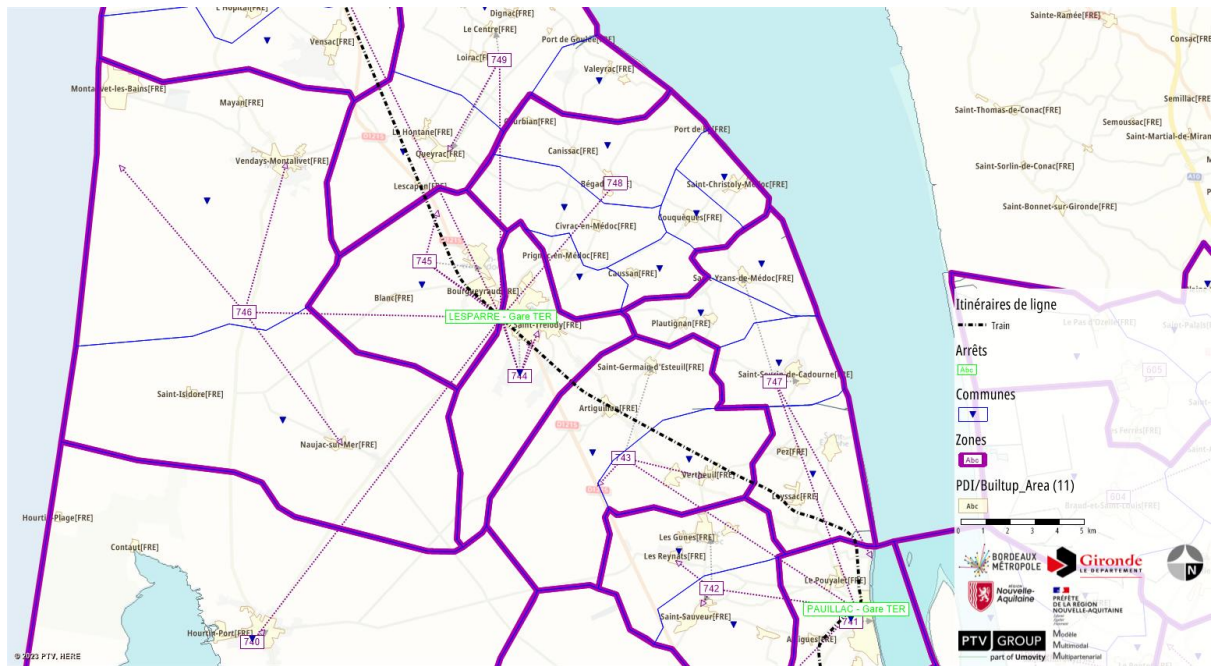


Figure 20 : Impact sur les connecteurs reliant la gare de LEPARRE d'un zonage regroupant plusieurs communes

Les connecteurs des zones 746 et 748 (par exemple) reliant la gare de LEPARRE sont soit trop longs, soit trop courts pour bien représenter la connexion des différentes communes.

Les centroïdes de zones devraient être recentrés sur les surfaces bâties issues des données HERE.

2.3.4.5. Zones externes

Il y a 24 zones externes TI et 6 zones externes TC qui forment un cordon autour du périmètre du MMM.

La figure suivante présente la localisation des zones TC.

2 Audit et note de cadrage méthodologique

2.3 Caractéristiques et fonctionnalités du modèle

2.3.4 Périmètre et zonage

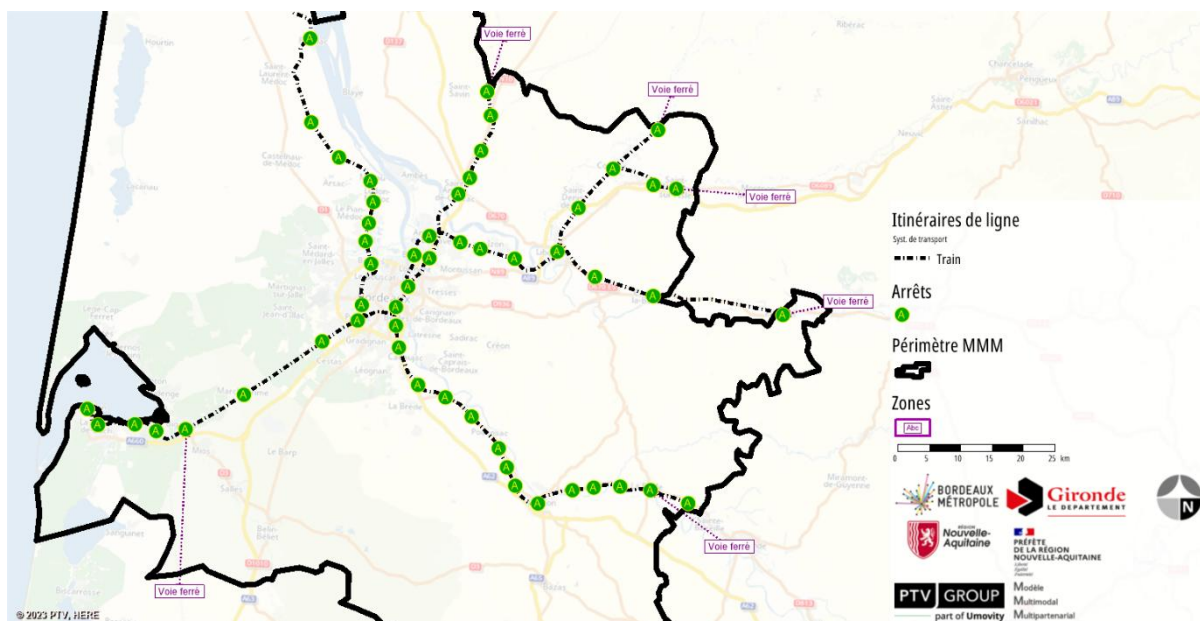


Figure 21 : Zones externes TC du MMM

Le cordon formé par les zones externes TC est complet dans la mesure où il couvre toutes les voies ferrées.

La branche venant d'Agen est connectée à La Réole, plutôt que Lamothe (qui est le premier arrêt dans le périmètre).

Le nom des zones externes TC pourrait être plus explicite.

La figure suivante présente la localisation des zones TI.

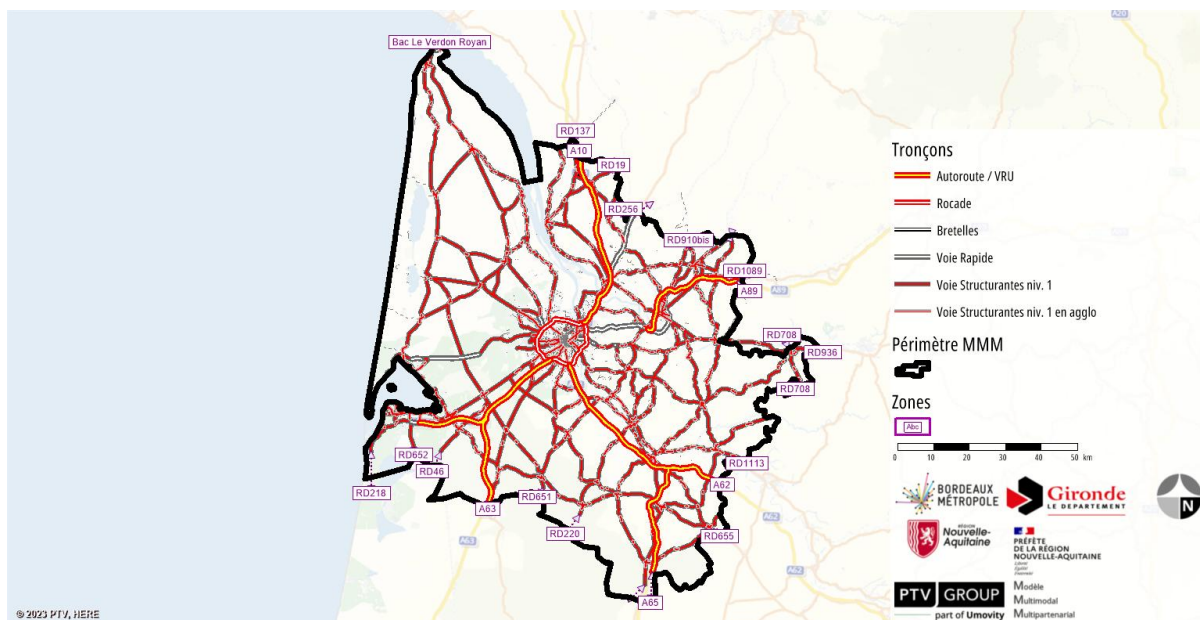


Figure 22 : Zones externes TI du MMM

Le cordon formé par les zones externes TI est relativement complet et couvre les principaux axes routiers d'échange ou de transit.

Seule la RD 668 (à l'est du périmètre, au niveau de Monségur, entre la RD 708 et la RD 1113) n'est pas raccordée à une zone externe.

La possibilité de rajouter une zone externe TI pour la RD 668 est à envisager sous réserve que des données soient disponibles.

Les zones externes TC peuvent être renommées de façon explicite.

La connexion de la branche vers Agen sera vérifiée.

2.3.4.6. Macrozones

Le tableau suivant récapitule les macrozones présentes dans le modèle.

Macrozones (code)	Nombre de zones associées
Communes	0
EDGT2009	0
Zones_fines_EMD2009	0
Regroupements	505
Bordeaux	93
BxM	189
Département gironde	153
SCOT Agglomération bordelaise-2001	70
SCOT Bassin d'Ancachon et Val de Leyre	0
SCOT de Haute Gironde	0
SCOT de l'Agglomération bordelaise	0
SCOT des Lacs Médocains	0
SCOT du Cubzaguais	0
SCOT du Pays du Libournais	0
SCOT du Sud Gironde	0
SCOT Médoc	0
SCOT Pointe Médoc	0

Figure 23 : Macrozones présentes dans le modèle

Les macrozones avec les codes « Communes », « EDGT2009 » et « Zones_fines_EMD2009 » ne sont associées à aucune zone et elles pourraient être converties en aires, ou en PDI.

Par les macrozones « Regroupements », seuls « Bordeaux », « BxM », « Département gironde » et « SCOT Agglomération bordelaise-2001 » sont associées à des zones. Ce macrozonage est concentrique.

Les autres SCOT couvrent l'ensemble du périmètre du MMM.

La carte suivante présente les zones n'ayant pas de numéro de macrozone.

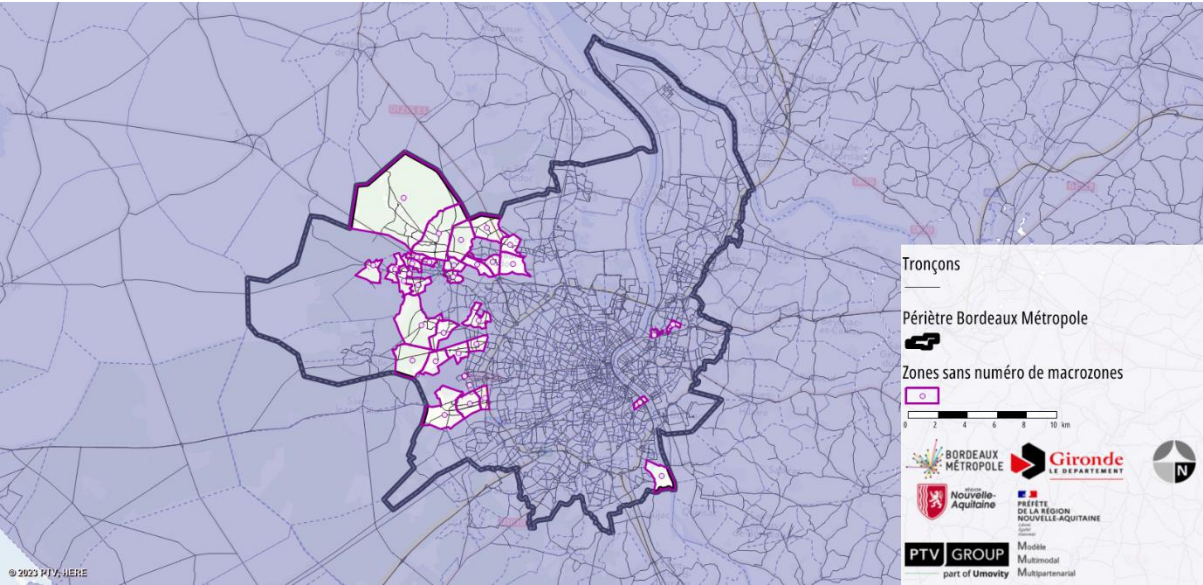


Figure 24 : Zones sans numéro de macrozone

Ces zones ont sans doute fait l’objet d’un découpage à la suite de la création du modèle.

Seuls les macrozones qui présentent un intérêt pour la présentation de résultats à une échelle agrégée devraient être conservés. Quelques zones doivent se voir attribuer un numéro de macrozone.

2.3.5. Modélisation des TI

2.3.5.1. Spécification du temps généralisé

La figure suivante illustre le paramétrage du temps généralisé pour les segments de demande affectés dans le MMM : VL, PL et vélo.

Temps généralisé pour système de transport V (Tronçons)						
Nombre: 2	Coefficient	Attribut	Op.	Coefficient	Attribut	
1	100.000000	tChg-SysTrTI(V)	...			...
2	22500.000000	PEAGE_VL_2009	...			...
Temps généralisé pour système de transport P (Tronçons)						
Nombre: 2	Coefficient	Attribut	Op.	Coefficient	Attribut	
1	100.000000	tChg-SysTrTI(P)	...			...
2	6000.000000	PEAGE_PL_2009	...			...
Temps généralisé pour système de transport R (Tronçons)						
Nombre: 1	Coefficient	Attribut	Op.	Coefficient	Attribut	
1	1.000000	t0-SysTrTI(R)	... *	1.000000	Coeff_Cyclabilité	...

Figure 25 : Paramétrage du temps généralisé VL dans le MMM

Cette formulation intègre classiquement le temps en charge et coût du péage pour les VL et les PL.

Concernant les vélos, le temps à vide est pondéré par un indice de cyclabilité qui vise à rendre plus attractifs les itinéraires aménagés⁵.

Nous proposons de mettre en place une définition du temps généralisé qui ne tient pas seulement compte du temps en charge mais également du différentiel entre le temps en charge et le temps à vide. La formule pourra être du type : $0.85 \times \text{Temps en charge} + 0.15 \times (\text{Temps en charge} - \text{Temps à vide})$. Cela permet de refléter, en moyenne pour tous les usagers, une préférence pour les itinéraires moins soumis à la congestion et donc éventuellement plus fiables en termes de temps de parcours.

Un terme de cout kilométrique peut également être ajouté.

2.3.5.2. Valeur du temps

Rappel du concept de valeur du temps

La valeur du temps permet de convertir des valeurs monétaires en secondes (ou toute autre unité de temps), et donc de les agréger aux autres composantes de la fonction d'utilité ou de temps généralisé.

Plus cette valeur est élevée, plus les individus ont tendance à utiliser les infrastructures de transport à péage, et moins le coût du déplacement est prépondérant dans le choix du mode ou de l'itinéraire.

Le choix de cette valeur est donc déterminant pour la prévision de trafic de projets à péage.

La valeur du temps est fonction de divers facteurs, tels que : le revenu de l'individu, le motif ou encore la distance du déplacement.

Source de données

A défaut de données spécifiques au territoire, nous préconisons de s'appuyer sur « l'Instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 »⁶ présentant le cadre général de l'évaluation des projets d'infrastructures et de services de transport (instruction « Royale »). Nous proposons que l'évolution de ces valeurs soit conforme aux recommandations de cette même instruction et soit donc basées sur le scénario AMS de la SNBC⁷.

Le tableau suivant présente les valeurs prescrites en €₂₀₂₁ pour l'année 2021.

⁵ Ce point est approfondi au 2.3.7.2.

⁶ Note de cadrage du scénario de référence du 3 mai 2019 et fiche outil « Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique ».

⁷ Scénario « Avec Mesures Supplémentaire » de la Stratégie Nationale Bas Carbone.

2 Audit et note de cadrage méthodologique

2.3 Caractéristiques et fonctionnalités du modèle

2.3.5 Modélisation des TI

	Urbain	France entière		
Professionnel		21.0		
Domicile-travail-étude/garderie		12.0		
Autres (achat, soin, visites, loisir, tourisme, etc.)		8.1		
Sans détail du motif		9.5		
	Interurbain	< 20 km	60 km	80 km
Tous motifs		9.5	13.9	15.9
Professionnel		21.0	30.9	35.6
Personnel-vacances		8.1	9.7	10.5
Personnel-autres		8.1	11.5	13.0

Figure 26 : Valeurs prescrites par l'instruction cadre en €₂₀₂₁ pour l'année 2021

Valeur actuelle

La valeur du temps sous-jacente à la pondération des péages dans le temps généralisé utilisé pour l'affectation est actuellement de 16 €/heure pour les VL et de 60€/heure pour les PL.

Valeur proposée

Nous proposons une valeur du temps représentant avant tout les déplacements interurbains internes au périmètre et qui sont ceux susceptibles d'être dans une situation de choix intégrant une infrastructure à péage, comme le projet d'élargissement de l'A63 par exemple.

Pour cela, nous évaluons la distance entre Le Teich et Bordeaux dans la figure suivante.

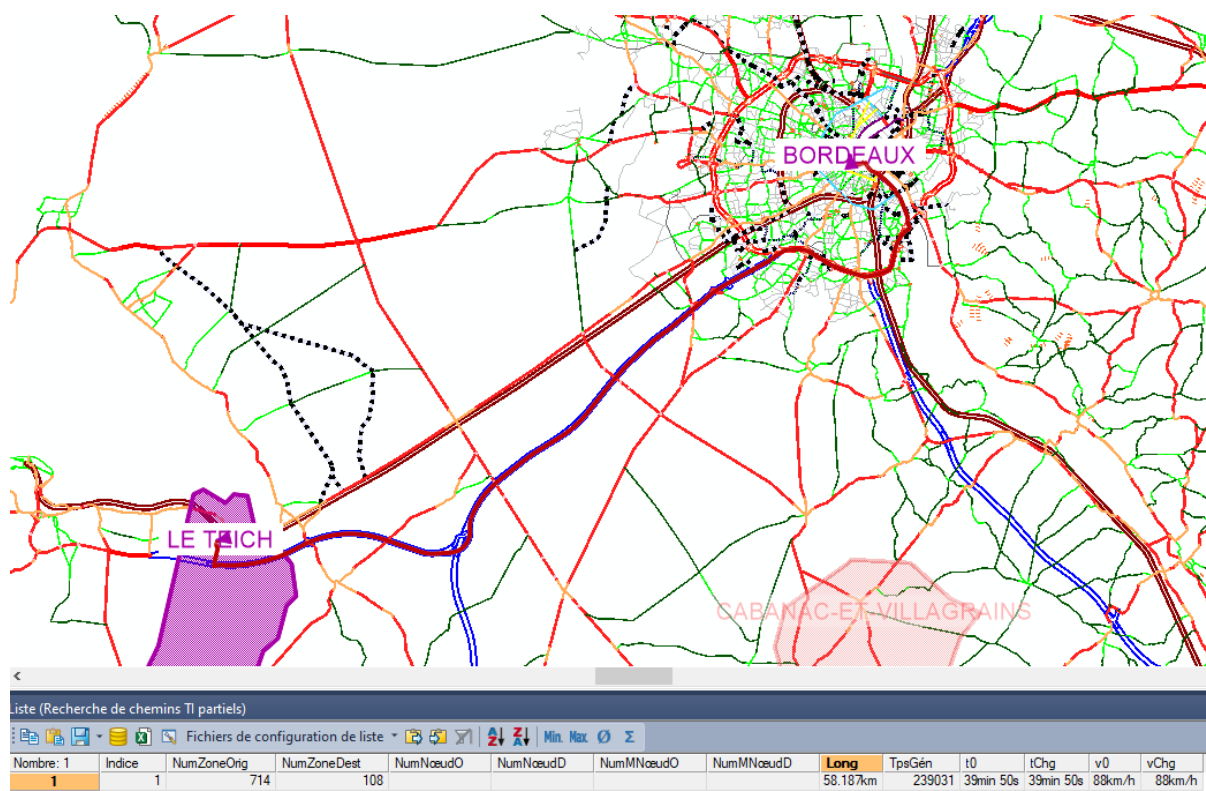


Figure 27 : Distance entre Le Teich et Bordeaux

La distance est d'environ 60 km.

A ce stade, nous proposons donc une valeur de 13,9 €/heure pour les VL (correspondant à cette distance dans l'instruction cadre). Cette valeur pourra être ajustée pendant le processus de calage afin, par exemple, de mieux représenter le partage route / autoroute payante pour les déplacements internes.

Si cette valeur s'avère trop faible pour maintenir les flux VL de grand transit (A89-A10 vers A62-A63), un segment VL en transit sera créé avec une valeur du temps spécifique.

Concernant les PL, nous proposons de se conformer à l'instruction cadre qui préconise une valeur pour l'année 2021 de 44.1 €₂₀₂₁/h pour les transporteurs.

Evolution

Concernant la valeur du temps, il est prévu par l'instruction cadre qu'elle évolue comme le Produit Intérieur Brut (PIB) par tête, avec une élasticité de 0,7.

En pratique, cette évolution aura très peu d'impact sur les résultats. De plus, les projections du PIB à 2050 restent très incertaines dans le contexte actuel.

Nous proposons de simplifier le jeu d'hypothèses du MMM en supposant une stabilité des péages et de la valeur du temps (à euros constant). Un test de sensibilité pourra être réalisé afin de juger de l'impact de ce choix sur les résultats du scénario long terme.

2.3.5.3. Prise en comptes des différents coûts (péages, coût kilométrique)

Valeurs actuelles

Comme montré précédemment, le péage VL et PL est le seul coût pris en compte lors de l'affectation via le temps généralisé.

Le coût kilométrique VP n'est pas modélisé explicitement. Mais la matrice de distance est intégrée à la fonction d'utilité du choix modal, ainsi que la matrice de péage. La pondération de ces deux matrices traduit un coût kilométrique de 10 €/100km.

Aucun coût kilométrique n'est pris en compte pour les PL.

Valeurs proposées

Le tableau suivant présente les valeurs tutélaires préconisées par l'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 concernant les dépenses énergétiques, dépréciation et entretien.

Dépenses énergétiques	2015	2021*	2023*	2030	2035*	2050	2070
parc moyen VP (€/100km)	8.3	9.2	9.5	10.8	8.1	3.5	3.0
parc moyen PL (€/100km)	32.3	35.9	37.2	38.7	29.1	34.0	31.3
Entretien et dépréciation							
VP €/100km	12.8	13.6	13.9	14.9	15.6	18.1	22.1
PL €/100km	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
Coût total							
VP €/100km	21.1	22.8	23.4	25.7	23.7	21.6	25.2
PL €/100km	42.7	46.3	47.6	49.1	39.5	44.4	41.6

En €2021

Instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 - Note de cadrage du scénario de référence

*Reconstitué

Figure 28 : Valeurs tutélaires préconisées par l'Instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 concernant les coûts kilométriques

A défaut d'autres hypothèses, ces valeurs peuvent être utilisées dans le MMM.

La prise en compte des coûts d'entretien et de dépréciation peut entraîner une pénalisation excessive des itinéraires de contournement dans un modèle de mobilité quotidienne comme le MMM.

Il semble plus pertinent, dans le cadre du MMM et en première approche, de ne retenir que les dépenses énergétiques.

Ces valeurs seront intégrées au temps généralisé PL et VL afin d'être prises en compte lors de l'affectation.

2.3.5.4. Codage des valeurs du temps, de péages et de coûts

Actuellement, ces valeurs sont implicites (sauf le péage) et ne peuvent être mises à jour ou consultées facilement.

Un attribut de réseau sera créé pour chacune des valeurs hypothèses : valeur du temps, dépenses énergétiques et péage.

Dans la version de base, la valeur de ces attributs sera vide. Elle sera mise à jour via une ou plusieurs modifications (fichier .tra) intégrées aux différents scénarios. Ces modifications seront regroupées sous un groupe de modification spécifique ; par exemple un groupe intitulé « valeurs tutélaires ».

Cette solution présente plusieurs avantages.

- A l'issue du calcul, les hypothèses sont explicitement inscrites dans chaque scénario, levant toute ambiguïté sur les valeurs utilisées pour tel ou tel scénario.
- Les hypothèses sont clairement affichées dès l'interface du gestionnaire ; facilitant les contrôles.

- Les modifications (fichier .tra) sont facilement duplicables pour créer de nouveaux scénarios faisant varier ces paramètres.
- La gestion des relations d'exclusion/dépendance permise par le gestionnaire évitera des conflits d'hypothèses.

2.3.5.5. Méthode d'affectation

Présentation succincte des différentes méthodes d'affectation

- **Equilibre.** L'affectation à l'équilibre répartit la demande conformément au premier principe de Wardrop : « Chaque usager choisit son itinéraire de manière que son temps de parcours soit identique au temps de parcours sur les autres itinéraires alternatifs et que chaque changement d'itinéraire augmente son temps de parcours personnel (optimum usager) ».

Cette hypothèse de comportement repose sur l'hypothèse non réaliste dans la pratique que chaque usager dispose d'une information exhaustive sur l'état du réseau.

A l'issue d'une affectation à l'équilibre, tous les itinéraires utilisés pour une OD donnée présentent le même temps généralisé.

- **Apprentissage.** Ce type d'affectation n'est plus proposé dans PTV Visum 2024 mais reste accessible en combinaison avec la méthode Tribut (voir plus loin). En partant d'une affectation « tout ou rien », des itinéraires les plus courts sont recherchés à plusieurs reprises au cours d'un processus itératif. A chaque itération, la totalité de la demande de déplacements est affectée sur tous les chemins les plus courts déterminés jusqu'ici. Il en résulte une grande variété de chemins, dont certains supportent une charge de trafic bien qu'ils puissent être significativement plus long en termes de temps généralisé.
- **Bi-conjugate Frank-Wolfe (BFW).** La procédure d'affectation BFW est une alternative à l'affectation à l'équilibre. Elle s'en distingue principalement par la condition de proportionnalité qui est respectée. Cela signifie que la demande sur un maillage (deux chemins complètement différents entre deux nœuds avec un temps généralisé identique) est répartie proportionnellement entre les chemins. Cela évite, par exemple, qu'un périphérique soit traversé par les voitures « bleues » d'un côté et par les voitures « rouges » de l'autre.
- **Tribut Equilibre ou Apprentissage.** Ce type d'affectation correspond à un module optionnel du logiciel. L'affectation Tribut introduit une distribution log normal des valeurs du temps (propension à payer pour un itinéraire à péage). Cette distribution permet, au prix d'un temps de calcul plus important, de mieux représenter la diversité des choix des usagers lors d'une compétition « route vs autoroute payante » notamment. Les autres types d'affectation utilisent une valeur du temps moyenne.
- **Basée sur la simulation (ABS).** Ce type d'affectation correspond à module optionnel du logiciel. L'affectation ABS est une affectation dynamique où la capacité du réseau et les temps de parcours dépendent des comportements de conducteurs (temps de réaction, temps nécessaire à l'insertion...) et non d'une hypothèse de capacité comme pour les autres affectations « dites » statiques. De plus, les véhicules sont simulés

individuellement et introduit sur le réseau selon une répartition temporelle au sein de la période d'affectation ; là où une affectation statique considère que tous les déplacements sont réalisés simultanément. Cette affectation nécessite un codage fin du réseau (notamment des intersections) et engendre des temps de calcul très élevés.

Méthode d'affectation actuelle

La méthode d'affectation actuelle est une affectation équilibre simple. Ce type d'affectation (très rapide) est très répandu dans les modèles comparables aux MMM. La figure suivante présente l'affectation réalisée dans la séquence de procédure d'un scenario de calage à l'heure de pointe du matin (ligne 71).

128		Actif	Procédure	Élément(s) de référence	Variante/Fichier	Messages	HDébut	Durée	MessageRésultat
1		<input checked="" type="checkbox"/>	▼ Groupe Initialisation calcul	1 / 1			31/10/2023 18:15:5	0min	
2		<input checked="" type="checkbox"/>	Supprimer résultats d'affectat		Tous		23/11/2023 10:07:3	0min	
3		<input checked="" type="checkbox"/>	► Groupe sans nom ...	4 / 4			31/10/2023 18:15:5	0min	
8		<input checked="" type="checkbox"/>	► Groupe Initialisation P+R ...	6 / 6			31/10/2023 18:19:3	0min	
15		<input checked="" type="checkbox"/>	► Groupe Modification t0 Vélo ...	2 / 2			31/10/2023 18:19:3	0min	
18		<input checked="" type="checkbox"/>	► Groupe calcul matrices d'indic	4 / 4			31/10/2023 18:19:3	0min	
23		<input checked="" type="checkbox"/>	► Groupe préparation matrices	17 / 17			31/10/2023 20:01:2	0min	
41		<input checked="" type="checkbox"/>	► Groupe Indicateurs P+R ...	5 / 5			31/10/2023 20:01:2	0min	
47		<input checked="" type="checkbox"/>	► Groupe Modèle de demande	11 / 12					
60		<input checked="" type="checkbox"/>	▼ Groupe Affectation TI HPM	14 / 14			31/10/2023 20:06:4	0min	
61		<input checked="" type="checkbox"/>	Combinaison de matrices et c Matrix ((NUM)=10):=Mat...				31/10/2023 20:06:4	0min	
62		<input checked="" type="checkbox"/>	Combinaison de matrices et c Matrix ((NUM)=12):=Mat...				31/10/2023 20:06:4	0min	
63		<input checked="" type="checkbox"/>	Combinaison de matrices et c Matrix ((NUM)=20):=Mat...				31/10/2023 20:06:4	0min	
64		<input checked="" type="checkbox"/>	Combinaison de matrices et c Matrix ((NUM)=1):=Matr...				31/10/2023 20:06:4	0min	
65		<input checked="" type="checkbox"/>	Combinaison de matrices et c Matrix ((NUM)=2):=Matri...				31/10/2023 20:06:4	0min	
66		<input checked="" type="checkbox"/>	Supprimer résultats d'affectat		TI		31/10/2023 20:06:4	0min	
67		<input checked="" type="checkbox"/>	Affectation TI	P PL, VPCon Voiture Con...	Affectation à l'équilibre		31/10/2023 20:06:4	8min 27s	Convergence de la procédure après 36 itérations sur 40 itérations
68		<input checked="" type="checkbox"/>	Retour conditionnel	Procédure 21			31/10/2023 20:15:1	0min	Itération 8 : Nombre maximal d'itérations atteint, pas de converg
69		<input checked="" type="checkbox"/>	Combinaison de matrices et c Matrix((NUM) = 1):=Matr...				31/10/2023 20:15:1	0min	
70		<input checked="" type="checkbox"/>	Supprimer résultats d'affectat		TI		31/10/2023 20:15:1	0min	
71		<input checked="" type="checkbox"/>	Affectation TI	P PL, VPCon Voiture Con...	Affectation à l'équilibre	⚠ 1 Aler	23/11/2023 10:07:5	23s	Convergence de l'affectation après 23 itérations sur 40 itérations
72		<input checked="" type="checkbox"/>	Modifier attribut	Tronçons - Charge_TL_HPM,			31/10/2023 20:22:1	2s	Tronçons: 68884 éléments modifiés.
73		<input checked="" type="checkbox"/>	Modifier attribut	Tronçons - Charge_TL_HPM,			31/10/2023 20:22:2	1s	Tronçons: 68884 éléments modifiés.
74		<input checked="" type="checkbox"/>	Modifier attribut	Tronçons - Charge_TL_HPM,			31/10/2023 20:22:2	1s	Tronçons: 68884 éléments modifiés.
75		<input type="checkbox"/>	► Groupe Affectation TI HC ...	0 / 9					
85		<input type="checkbox"/>	► Groupe Affectation TI HPS ...	0 / 9					
95		<input type="checkbox"/>	► Groupe Calcul Charge TI Jour	0 / 3					
99		<input type="checkbox"/>	► Groupe Affectation Vélo Jour	0 / 2					
102		<input type="checkbox"/>	► Groupe Affectation Vélo Jour ...	0 / 2					
105		<input type="checkbox"/>	► Groupe Affectation TC Jour ...	0 / 2					
113		<input checked="" type="checkbox"/>	► Groupe Affectation TC PPM ...	7 / 7			31/10/2023 20:22:2	0min	
121		<input type="checkbox"/>	► Groupe Affectation TC PPS ...	0 / 2					

Figure 29 : Affectation réalisée dans la séquence de procédure d'un scenario de calage à l'heure de pointe du matin (ligne 71)

Sous PTV Visum 2024, l'affectation converge en 23 itérations et un peu plus de 20 secondes de temps de calcul.

Discussion des options aux regards des attentes

Des attentes assez fortes ont été exprimées au CCTP concernant l'affectation des VL et PL. Ce point a également été évoqué en réunion de démarrage. Ces attentes sont listées et commentées ci-dessous.

- Prise en compte de la non-homogénéité de la demande au sein des périodes de pointe (phénomène d'hyperpointe).
 - Commentaire : la prise en compte de ce phénomène n'est pas compatible avec une affectation statique. Seule une affectation dynamique (ABS) peut prendre en compte une demande variant d'intensité au cours de la période d'affectation (par exemple une demande plus forte sur un quart d'heure au cours de l'heure de pointe du matin).
 - Proposition : Nous proposons de ne pas chercher à reproduire les phénomènes d'hyperpointe dans le MMM pour des raisons de temps calcul qu'impliquerait l'utilisation d'une affectation dynamique ABS (estimés entre 45 à 70 minutes sur le MMM).

- Alternative : L'affectation ABS peut être mise en œuvre de façon hybride (combinée avec un équilibre) uniquement sur la rocade (ou les secteurs présentant des phénomènes d'hyperpointe). Cependant, Bordeaux Métropole a précisé au démarrage de la mission qu'un modèle d'affectation dynamique pour la rocade est en cours de développement par ailleurs et doit permettre de répondre aux enjeux spécifiques de cet axe, limitant l'intérêt de cette alternative.
- Distributions de la valeur du temps selon une distribution log normale et par classes de distance.
 - Commentaire : Cette double distribution des valeurs du temps se justifie empiriquement mais n'est possible qu'avec l'affectation Tribut. L'affectation Tribut est rarement utilisée dans les modèles multimodaux d'agglomération comme le MMM. Elle est plus fréquemment utilisée lors de modélisations dans le cadre de concours de concessions autoroutières afin d'estimer précisément l'optimum de péage permettant de maximiser la recette de l'exploitant.
 - Proposition : Les affectations à l'équilibre ou BFW permettent de modéliser tous types de péage (infrastructure, péage de zone, de cordon...) sur la base d'une valeur du temps moyenne, ce qui semble suffisant pour un modèle du type MMM.
 - Alternative : Tribut apprentissage ou équilibre représente une alternative crédible mais qui demande une évolution des licences de Bordeaux Métropole, du Département de la Gironde et de la Région Nouvelle Aquitaine. L'implication en termes de temps de calcul est évaluée dans la partie suivante.
- Prise en compte des préférences individuelles des usagers en termes de choix d'itinéraire.
 - Commentaire : Dans les années 1960 Anthony Downs a catégorisé les automobilistes en deux classes : les « explorer » (explorateurs) et les « sheep » (moutons). Les premiers cherchent constamment à identifier des alternatives, alors que pour les autres le confort de répéter des rythmes connus est plus important.
 - La démocratisation des outils de navigation a probablement atténué la pertinence de cette catégorisation. Dans tous les cas, il est difficile de quantifier ce phénomène.
 - Par ailleurs, sa prise en compte de façon pertinente nécessiterait une fonction de temps généralisé par usager (ou type d'usager). Ce n'est pas possible dans PTV Visum, sauf à affecter dans des procédures différentes chaque segment de la demande tout modifiant entre chaque affectation la définition du temps généralisé.
 - Proposition : La méthode d'affectation BFW (comme la méthode à l'équilibre) respecte le principe de Wardrop. En ce sens, elle ne produit pas d'itinéraires significativement sous-optimaux. Cependant, le principe de proportionnalité permet de créer pour une OD donnée une plus grande variété de chemins ; ce qui est susceptible de mieux représenter la réalité des choix individuels. Cette variété des chemins produit par l'affectation BFW est évaluée dans la partie suivante.

- Alternative : La méthode affectation de type Tribut apprentissage produit des itinéraires sous-optimaux (en termes de temps généralisés). Cela reflète une rationalité imparfaite des usagers. Compte tenu des gains de temps calcul réalisés ces dernières années par l’optimisation des algorithmes de calcul d’apprentissage, cette solution est désormais envisageable à l’échelle du MMM. L’implication en termes de temps de calcul est évaluée dans la partie suivante.

Options retenues et évaluation

Les options suivantes sont écartées.

- Apprentissage. La méthode n’est plus disponible à partir de PTV Visum 2024.
- ABS. Un modèle d’affectation dynamique pour la rocade est en cours de développement par ailleurs et doit permettre de répondre aux enjeux spécifiques de cet axe. De plus, les temps calcul (estimés entre 45 à 70 minutes sur le MMM) sont incompatibles avec les exigences de la MOA. Enfin, cela nécessiterait une évolution des licences des membres du groupement de commande.

Les options suivantes sont évaluées ci-après en termes de temps de calcul et de production de chemins. On recherche un temps de calcul minimum et une certaine variété de chemins.

- Affectation à l’équilibre.
- Affectation BFW.
- Affectations Tribut Equilibre ou apprentissage.

Les chemins produits par les affectations ont été analysés sur une sélection de relations de zones du MMM afin de limiter le nombre de chemins à analyser. Les 167 zones retenues couvrent tous les types de territoires et de réseaux routiers (y compris des tronçons à péage).

Le tableau suivant présente les résultats des tests réalisés sous PTV Visum 2024 (scenario 32 actuel heure de pointe du matin).

	Temps de calcul	Convergence	Nombre de chemins	Part des OD reliée par plus d'un chemin	Ecart type relatif du temps généralisé
Equilibre	00 min. 23 sec.	23 itérations sur 40 max.	26 085	1.0%	<0.01%
BFW	00 min. 41 sec.	123 itérations sur 200 max.	53 304	37.5%	0.15%
Tribut Equilibre	4 min. 38 sec.	10 itérations sur 500 max.	26 085	<1%	0.80%
Tribut Apprentissage	25 min. 38 sec.	500 itérations sur 500 max.	151 115	79.5%	9.09%

Figure 30 : Résultats des tests d’affectation réalisés sous PTV Visum 2024

L’affectation Tribut apprentissage produit une grande variété de chemins ; dont certains présentent des écarts de temps généralisé significatifs et conforme à l’intuition. Cependant, le temps de calcul s’avère sans doute peu compatible avec un usage courant du MMM.

Les affectations Tribut Equilibre et Equilibre produisent logiquement un ensemble de chemins similaire mais très restrictif. Ainsi, 99% des OD ne sont reliées que par un seul chemin. Une si faible variabilité semble contre intuitive.

L'affectation BFW produit un ensemble de chemins relativement variés (bien que peu de chemins sous-optimaux en termes de temps généralisé) dans un temps maîtrisé.

Préconisation

L'affectation BFW semble la plus adaptée à un modèle comme le MMM. L'analyse des chemins (notamment via des arborescences) sera plus pertinente qu'avec l'équilibre. Elle n'implique pas d'évolution des licences des membres du groupement de commande. Le temps de calcul supplémentaire par rapport à une affectation à l'équilibre sur un ordinateur performant n'est que de quelques secondes en tenant compte du nombre d'itérations du modèle de demande (qui implique généralement 3 à 4 répétitions de l'affectation TI).

2.3.5.6. Typologie des tronçons

PTV Visum offre la possibilité de répartir les tronçons de mêmes caractéristiques en types de tronçons qui possèdent à leur tour des attributs. Chaque tronçon appartient à un type de tronçon par son attribut Numéro Type.

Les types de tronçons servent à la hiérarchisation du réseau et permettent l'attribution de valeurs par défaut pour les attributs de tronçons suivants.

- Liste des systèmes de transport autorisés sur un tronçon.
- Capacité TI (en uvp).
- Vitesse à vide autorisée TI (v_0 TI).
- Nombre de voies.
- Rang, indiquant la valence d'un tronçon.

Une fonction débit-vitesse (fonction D-V) spécifique à chaque type de tronçon peut être définie et s'appliquer ensuite à tous les tronçons de ce type.

Bien qu'il soit possible de renseigner les attributs de chaque tronçon indépendamment de son type de tronçon, il est cependant recommandé d'appliquer exactement les valeurs du type de tronçon au tronçon. Cela permet d'obtenir une modélisation la plus homogène possible et de faciliter la mise à jour ou la modification des attributs d'un grand nombre de tronçons par simple modification des types de tronçon.

Le tableau suivant présente les types de tronçons utilisés dans le MMM.

Num	SurType	Nom	Strict	Rang	EnsSysTr	NbVoies	CapaTI	CapaTI/voie	vOTI	Nb Trç	NumDV	Num	SurType	Nom	Strict	Rang	EnsSysTr	NbVoies	CapaTI	CapaTI/voie	vOTI	Nb Trç	NumDV
0	0		☒	99		1	99999		50	9 986	5	50	5	Voie structurante Niveau 1 en zone agglomérée - 3 voies - 40	☒	50	A,B,BHNS,P,R,V	3	3600	1200	40	36	4
1	0	Autoroutes 4 voies - 130	☒	1	A,P,V	4	8000	2000	130	2	1	51	5	Voie structurante Niveau 1 en zone agglomérée - 2 voies - 50	☒	50	A,B,BHNS,P,R,V	2	2400	1200	50	29	4
2	0	Autoroutes 3 voies - 130	☒	1	A,P,V	3	6000	2000	130	16	1	52	5	Voie structurante Niveau 1 en zone agglomérée - 2 voies - 40	☒	50	A,B,BHNS,P,R,V	2	2400	1200	40	346	4
3	0	Autoroutes 3 voies - 110	☒	1	A,P,V	3	6000	2000	110	13	1	53	5	Voie structurante Niveau 1 en zone agglomérée - 2 voies - 30	☒	50	A,B,BHNS,P,R,V	2	2400	1200	30	28	4
4	0	Autoroutes 3 voies - 90	☒	1	A,P,V	3	6000	2000	90	4	1	54	5	Voie structurante Niveau 1 en zone agglomérée - 1 voie - 50	☒	50	A,B,BHNS,P,R,V	1	1200	1200	50	3 098	4
5	0	Autoroutes 2 voies - 130	☒	1	A,P,V	2	4000	2000	130	97	1	55	5	Voie structurante Niveau 1 en zone agglomérée - 1 voie - 40	☒	50	A,B,BHNS,P,R,V	1	1200	1200	40	1 831	4
6	0	Autoroutes 2 voies - 110	☒	1	A,P,V	2	4000	2000	110	21	1	56	5	Voie structurante Niveau 1 en zone agglomérée - 1 voie - 30	☒	50	A,B,BHNS,P,R,V	1	1200	1200	30	524	4
7	0	Autoroutes 2 voies - 90	☒	1	A,P,V	2	4000	2000	90	13	1	57	5		☒	50	A,B,BHNS,P,R,V	1	1200	1200	50		4
8	0	Autoroutes - Barrière péage	☒	1	A,P,V	2	4000	2000	70	6	1	58	5	Quais Rive Droite 1 voie	☒	50	A,B,BHNS,P,R,V	1	900	900	70	67	4
9	0		☒	1	A,P,V	2	4000	2000	130		1	59	5	Quais Rive Droite 2 voies	☒	59	A,B,BHNS,P,R,V	2	1600	800	70	23	3
10	1	Rocade 4 voies - 90	☒	2	A,B,BHNS,P,V	4	8000	2000	90	9	1	60	6	Boulevards 3 voies	☒	60	A,B,BHNS,P,R,V	3	2700	900	50	2	2
11	1	Rocade 3 voies - 90	☒	2	A,B,BHNS,P,V	3	6000	2000	90	96	1	61	6	Boulevards 2 voies	☒	60	A,B,BHNS,P,R,V	2	1800	900	50	132	2
12	1	Rocade 3 voies - 70	☒	2	A,B,BHNS,P,V	3	6000	2000	70	4	1	62	6	Boulevards 1 voie	☒	60	A,B,BHNS,P,R,V	1	900	900	50	393	2
13	1	Rocade 2 voies - 90	☒	2	A,B,BHNS,P,V	2	4000	2000	90	36	1	63	6	Quais 3 voies	☒	60	A,B,BHNS,P,R,V	3	2400	800	50	19	2
14	1	Rocade 2 voies - 70	☒	2	A,B,BHNS,P,V	2	4000	2000	70	2	1	64	6	Quais 2 voies	☒	60	A,B,BHNS,P,R,V	2	1600	800	50	92	2
15	1		☒	10	A,B,BHNS,P,V	2	4000	2000	90		1	65	6	Quais 1 voie	☒	60	A,B,BHNS,P,R,V	1	900	900	50	199	2
16	1		☒	10	A,B,BHNS,P,V	2	4000	2000	90		1	66	6	Cours 2 voies - 40	☒	60	A,B,BHNS,P,R,V	2	1800	900	40	81	3
17	1		☒	10	A,B,BHNS,P,V	2	4000	2000	90		1	67	6	Cours 1 voie - 40	☒	60	A,B,BHNS,P,R,V	1	900	900	40	201	3
18	1		☒	10	A,B,BHNS,P,V	2	4000	2000	90		1	68	6	Cours 1 voie - 30	☒	60	A,B,BHNS,P,R,V	1	900	900	30	13	3
19	1	Téléphérique	☒	10	T	1	200		90	0	1	69	6	Voie structurante Niveau 2 en zone agglomérée 1 voie - 30 TCS	☒	70	A,B,BHNS,P,R,V	1	500	500	30	15	3
20	2	Bretelle Autoroutes 2 voies - 90	☒	20	A,B,BHNS,P,V	2	3000	1500	90	12	1	70	7	Voie structurante Niveau 2 - 2 voies - 90	☒	70	A,B,BHNS,P,R,V	2	1800	900	90	14	3
21	2	Bretelle Autoroutes 2 voies - 70	☒	20	A,B,BHNS,P,V	2	3000	1500	70	18	1	71	7	Voie structurante Niveau 2 - 1 voie - 40	☒	70	A,B,BHNS,P,R,V	1	1200	1200	40	16	3
22	2	Bretelle Autoroutes 1 voie - 90	☒	20	A,B,BHNS,P,V	1	1500	1500	90	100	1	72	7	Voie structurante Niveau 2 - 1 voie - 90	☒	70	A,B,BHNS,P,R,V	1	900	900	90	5 246	3
23	2	Bretelle Autoroutes 1 voie - 70	☒	20	A,B,BHNS,P,V	1	1500	1500	70	142	1	73	7	Voie structurante Niveau 2 - 1 voie - 70	☒	70	A,B,BHNS,P,R,V	1	900	900	70	823	3
24	2	Bretelles Rocade 2 voies - 90	☒	25	A,B,BHNS,P,V	2	3000	1500	90	12	1	74	7	Voie structurante Niveau 2 - 1 voie - 50	☒	70	A,B,BHNS,P,R,V	1	900	900	50	138	3
25	2	Bretelles Rocade 2 voies - 70	☒	25	A,B,BHNS,P,V	2	3000	1500	70	19	1	75	7	Voie structurante Niveau 2 en zone agglomérée - 2 voies - 40	☒	70	A,B,BHNS,P,R,V	2	1400	700	40	433	3
26	2	Bretelles Rocade 2 voies - 50	☒	25	A,B,BHNS,P,V	2	3000	1500	50	43	1	76	7	Voie structurante Niveau 2 en zone agglomérée 1 voie - 50	☒	70	A,B,BHNS,P,R,V	1	750	750	50	5 675	3
27	2	Bretelles Rocade 1 voie - 90	☒	25	A,B,BHNS,P,V	1	1500	1500	90	56	1	77	7	Voie structurante Niveau 2 en zone agglomérée 1 voie - 40	☒	70	A,B,BHNS,P,R,V	1	750	750	40	9 681	3
28	2	Bretelles Rocade 1 voie - 70	☒	25	A,B,BHNS,P,V	1	1500	1500	70	41	1	78	7	Voie structurante Niveau 2 en zone agglomérée 1 voie - 30	☒	70	A,B,BHNS,P,R,V	1	750	750	30	3 186	3
29	2	Bretelles Rocade 1 voie - 50	☒	25	A,B,BHNS,P,V	1	1500	1500	50	129	1	79	7	Giratoire Voie structurante Niveau 2 - 2 voies - 40	☒	70	A,B,BHNS,P,R,V	2	3000	1500	40	2 152	3
30	3	Voie Rapide 3 voies - 90	☒	30	A,B,BHNS,P,V	3	5400	1800	90	8	2	80	8	Desserte 2 voies - 40	☒	80	A,B,BHNS,P,R,V	2	1200	600	40	16	5
31	3	Voie Rapide 2 voies - 110	☒	30	A,B,BHNS,P,V	2	3600	1800	110	72	2	81	8	Desserte 1 voie 900 - 40	☒	80	A,B,BHNS,P,R,V	1	900	900	40	127	5
32	3	Voie Rapide 2 voies - 90	☒	30	A,B,BHNS,P,V	2	3600	1800	90	31	2	82	8	Desserte 1 voie - 40	☒	80	A,B,BHNS,P,R,V	1	600	600	40	10 087	5
33	3	Voie Rapide 2 voies - 70	☒	30	A,B,BHNS,P,V	2	3600	1800	70	27	2	83	8	Desserte 1 voie - TC	☒	80	A,B,BHNS	1	600		40	2 676	5
34	3	Voie Rapide 1 voie - 90	☒	30	A,B,BHNS,P,V	1	1800	1800	90	38	2	84	8	Desserte - TC Vélo	☒	80	A,B,BHNS,R	1	600		40	305	5
35	3	Voie Rapide 1 voie - 70	☒	30	A,B,BHNS,P,R,V	1	1800	1800	70	19	2	85	8	Voie Itinéraires Bus supprimés dans MT LT	☒	80	A,B,BHNS	1	600		40	0	5
36	3	Bretelles Voie Rapide 1 voie - 90	☒	38	A,B,BHNS,P,V	1	1500	1500	90	82	2	86	8	Desserte - exclu	☒	99		1	600		50	0	5
37	3	Bretelles Voie Rapide 1 voie - 70	☒	38	A,B,BHNS,P,V	1	1500	1500	70	31	2	87	8	Zone 30	☒	80	A,B,BHNS,R,V	1	300	300	30	15	5
38	3	Bretelles Voie Rapide 1 voie - 50	☒	38	A,B,BHNS,P,V	1	1500	1500	50	27	2	88	8	Accès P+R	☒	80	R,V	1	300	300	30	76	5
39	3	Giratoire Voie Rapide	☒	39	A,B,BHNS,P,R,V	2	4000	2000	40	130	3	89	8	Giratoire desserte	☒	89	A,B,BHNS,P,R,V	1	1500	1500	40	533	5
40	4	Voie structurante Niveau 1 - 3 voies - 70	☒	40	A,B,BHNS,P,R,V	3	4200	1400	70	13	4	90	9	Amenagement Cyclable	☒	90	A,B,BHNS,R	1	300		30	432	5
41	4	Voie structurante Niveau 1 - 2 voies - 90	☒	40	A,B,BHNS,P,R,V	2	2800	1400	90	190	4	91	9	Amenagement Cyclable Passage	☒	90	R	1	300		30	0	5
42	4	Voie structurante Niveau 1 - 2 voies - 70	☒	40	A,B,BHNS,P,R,V	2	2800	1400	70	138	4	92	9	Amenagement Cyclable contresens	☒	90	A,B,BHNS,R	1	300		30	110	5
43	4	Voie structurante Niveau 1 - 2 voies - 50	☒	40	A,B,BHNS,P,R,V	2	2400	1200	50	1	4	93	9	Zone Piétonne	☒	93	R	1	300		20	107	5
44	4	Voie structurante Niveau 1 - 2 voies - 40 Intra Métropole	☒	40	A,B,BHNS,P,R,V	2	2400	1200	40	53	4	94	9	Tram	☒	1	T	1	99999		50	422	5
45	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 90	☒	40	A,B,BHNS,P,R,V	1	1400	1400	90	3 036	4	95	9	Train	☒	1	TR	1	99999		50	144	5
46	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 70	☒	40	A,B,BHNS,P,R,V	1	1400	1400	70	1 227	4	96	9	Voie Bus	☒	96	A,B,BHNS,R	1	300		50	763	5
47	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 50	☒	40	A,B,BHNS,P,R,V	1	1400	1400	50	142	4	97	9	Autocar voie supplémentaire	☒	97	A,B,BHNS,R	1	300		50	267	5
48	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 40 Intra Métropole	☒	40	A,B,BHNS,P,R,V	1	1400	1400	40	195	4	98	9	Navette fluvial	☒	98	N	1	99999		50	6	5
49	4	Giratoire Voie structurante Niveau 1	☒	49	A,B,BHNS,P,R,V	1	4000	4000	40	1 363	3	99	9	Projets Routier-TC	☒	99	A,B,BHNS,N,R,T,TR	1	99999		50	605	5

Figure 31 : Types de tronçons utilisés dans le MMM

Les figures suivantes présentent la typologie des tronçons sous forme de cartes.

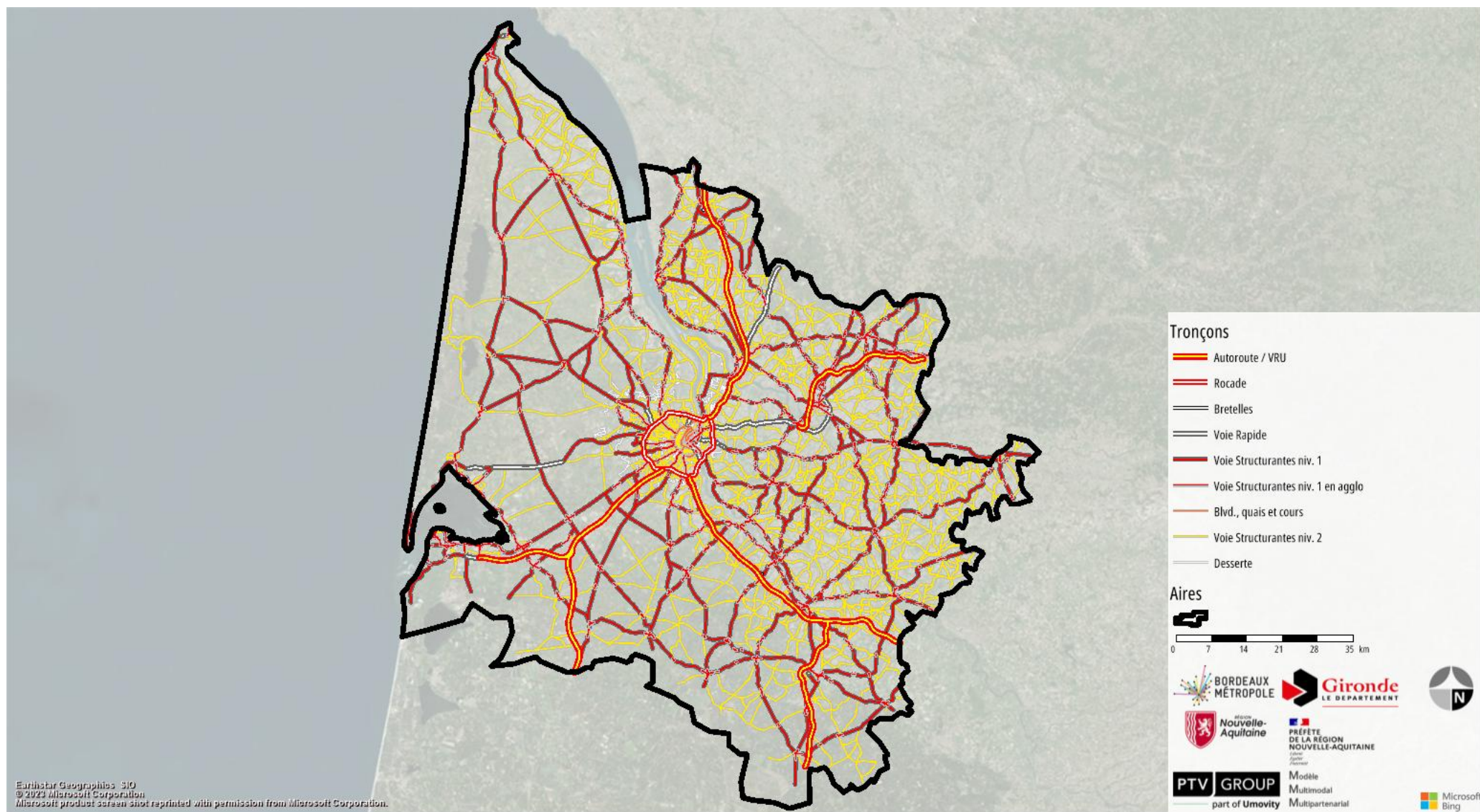


Figure 32 : Typologie des tronçons du MMM à l'échelle du modèle

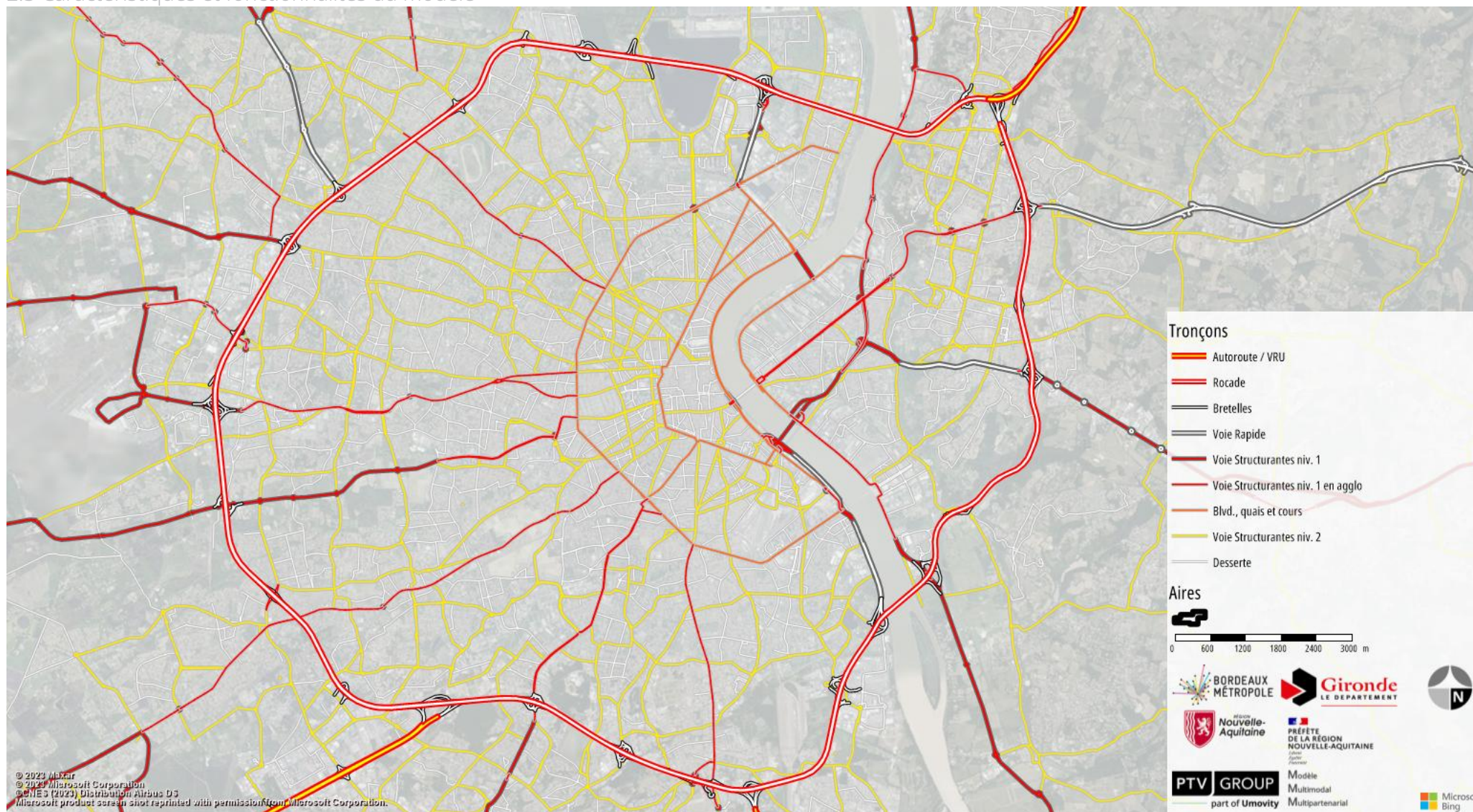


Figure 33 : Typologie des tronçons du MMM à l'échelle intra rocade

La typologie actuelle compte 94 types de tronçons utilisés. Elle permet de traiter différemment les différents niveaux hiérarchiques, et notamment de distinguer la rocade des voies structurantes ou des autoroutes.

Les V0 sont cohérentes avec les libellés et correspondent globalement à la vitesse limite autorisée, ce qui est une approximation facilitant la mise à jour du modèle. Ce choix va de pair avec l'utilisation d'une typologie de pénalités aux nœuds pour bien reproduire les temps de parcours ; ce qui est le cas dans le MMM (voir par la suite).

Le type « zone 30 » ne concerne que 15 tronçons. D'autres type de tronçons ont une V0 à 30km/h. De nombreux types de tronçons ont une vitesse à 40km/h afin, probablement, de mieux représenter la vitesse à vide réelle.

Les types 0 et 69 n'ont pas le bon Sur-Type.

Les capacités par voies sont cohérentes. Seuls les giratoires ont une capacité par voie irréaliste. Cela se justifie dans le cas d'un modèle statique qui n'est pas conçu pour restituer les comportements de conduite qui sont les véritables facteurs déterminant à l'échelle d'un giratoire. Il est donc préférable de ne pas imposer une capacité trop restrictive sur ces tronçons.

Les types sont stricts mais environ 1 000 tronçons ont une vitesse à vide ou une capacité qui n'est pas égale à celle de leur type. La carte suivante présente la localisation de ces tronçons.

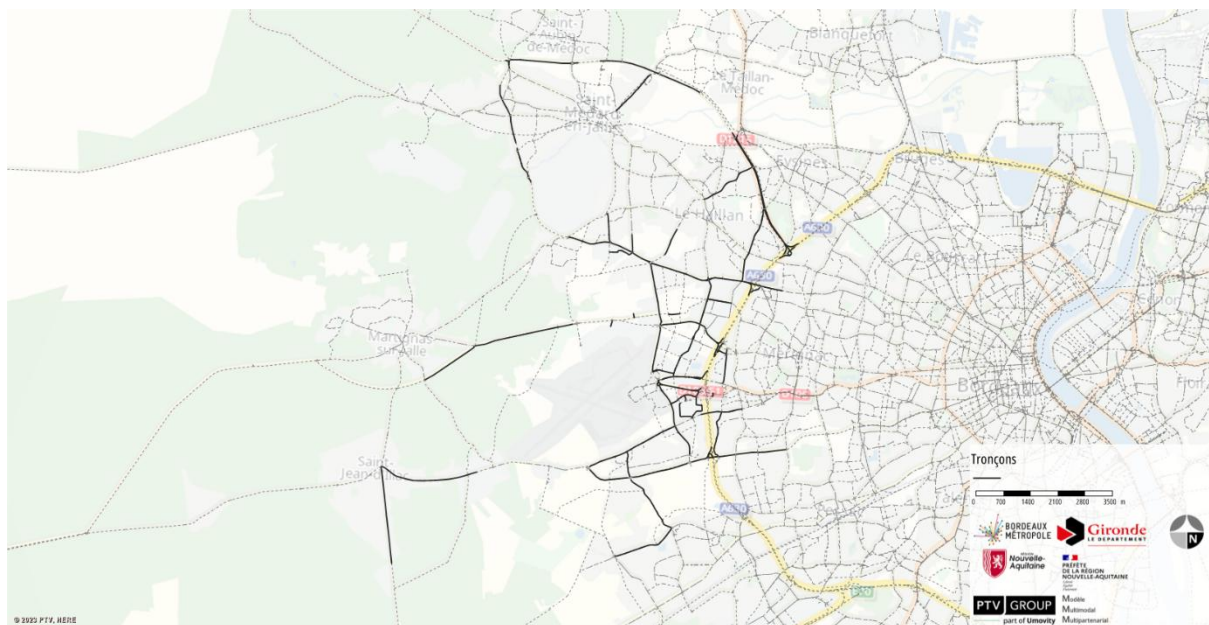


Figure 34 : Tronçons dont la vitesse à vide ou la capacité n'est pas égale à celle de leur type

La typologie des tronçons du MMM est pertinente et conforme aux standards habituels. Lors de la mise à jour du réseau et du calage en temps de parcours, certains ajustements pourront être réalisés et les valeurs par défaut des types réappliquées aux tronçons.

2.3.5.7. Typologie des nœuds et pénalités de temps

La figure suivante présente les pénalités de temps forfaitaires définies lors de la création du MMM.

Type de Nœud	Description	S->S				S->P				P->S				P->P			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		d	td	g	dt	d	td	g	dt	d	td	g	dt	d	td	g	dt
0	Sans type	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Carrefour giratoire	0	0	0	0	10	10	10	10	5	5	5	5	0	0	0	10
20	Carrefour à feux	5	15	20	20	5	10	15	20	5	10	15	20	5	5	5	5
30	Carrefour à feux TRAM	10	30	40	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	10	10	10
40	Cédez le passage / Priorité à droite/ autres	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0

Légende :	
P	voie principale
S	voie secondaire
d	tourne à droite
td	tout droit
g	tourne à gauche
dt	demi tour

Figure 35 : Pénalité de temps définie lors de la création du MMM

Comme le montre le tableau suivant, ces pénalités ont été modifiées lors de la vie du modèle, probablement par les utilisateurs du MMM pour des besoins de recalage ponctuels.

Type de nœud	Description	S->S				S->P				P->S				P->P			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		d	td	g	dt	d	td	g	dt	d	td	g	dt	d	td	g	dt
0	Sans type	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Carrefour giratoire	0	0	0	0	10	10	10	10	5	5	5	5	0	0	0	10
14	?	0	0	0	0	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0	0
20	Carrefour à feux	12	15	20	20	12	15	20	20	10	12	15	20	5	10	15	10
29	?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
30	Carrefour à feux TRAM	15	20	30	30	15	15	20	30	15	15	20	30	20	20	20	30
31	?	10	20	25	25	10	15	20	25	10	15	17	25	0	0	0	0
41	?	0	0	0	0	10	10	10	10	5	5	5	5	0	0	0	10
51	?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Figure 36 : Pénalités aux nœuds actuellement utilisées dans le MMM

Le type 14 n'est pas utilisé dans le MMM.

Le type 29 présente peu d'intérêt par rapport au type 51 (seulement 5 secondes d'écarts).

Le type 41 est identique au type 10.

Le type 31 interroge car il concerne plus de 3 600 nœuds qui ne correspondent pas à une catégorie bien définie (ni carrefours à feux, ni à des cédez-le-passage...) Pourtant, des pénalités importantes sont appliquées. Ces nœuds sont représentés sur la carte suivante.

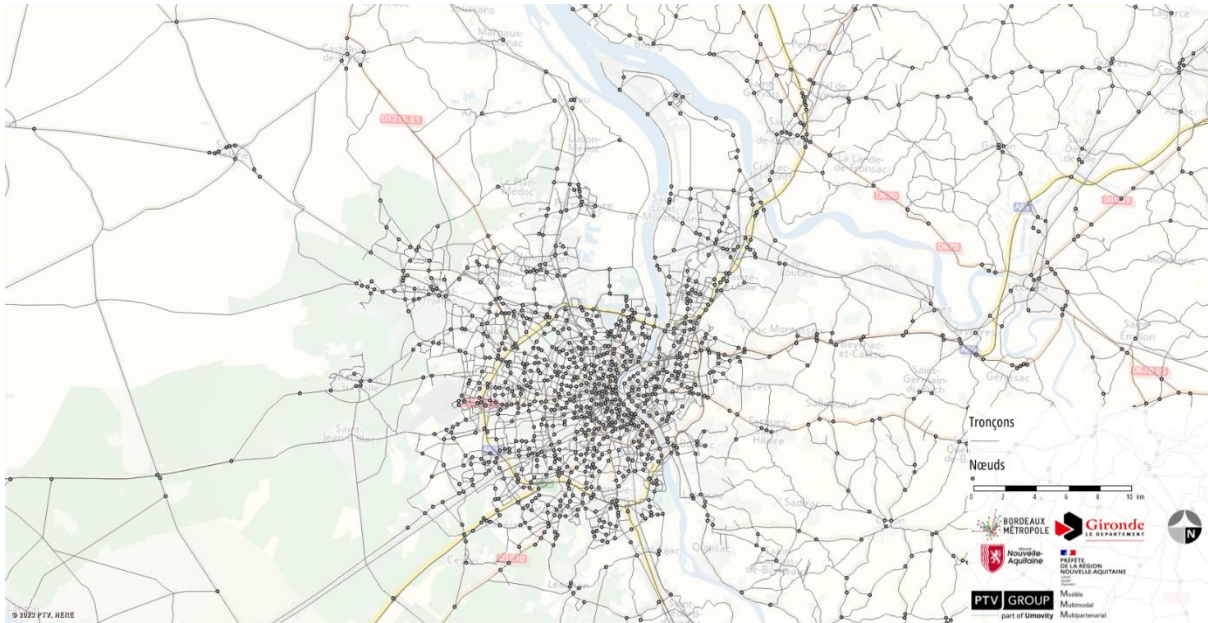


Figure 37 : Nœuds de type 31 pour lesquels la somme des pénalités est non nulle

Nous préconisons de simplifier cette typologie lors de la mise à jour du réseau, en particulier lors du calage en temps de parcours.

2.3.5.8. Les connecteurs

Le tableau suivant présente le nombre de connecteurs TI par type de zone, leur longueur moyenne et le niveau hiérarchique de connexion.

Type de zones (hors zones externes et P+R)	SurType du tronçon de connexion	Nombre de connecteurs	Longueur moyenne	Nombre de zones	Nombre moyen de connecteurs par zone
Bordeaux	5	1	0.286		
	6	6	0.205		
	7	66	0.296		
	8	107	0.224		
	9	22	0.233		
Total Bordeaux		202	0.248	94	2.1
Reste de Bordeaux Métropole	4	5	0.551		
	5	8	0.234		
	7	120	0.487		
	8	300	0.451		
	9	17	0.507		
Total Reste de Bordeaux Métropole		450	0.460	222	2.0
Reste de la Gironde	4	16	1.380		
	5	84	1.745		
	7	213	1.896		
	9	9	1.641		
Total Reste de la Gironde		322	1.824	223	
Total général		974	0.867	539	1.8

Figure 38 : Nombre de connecteurs TI par type de zone, leur longueur moyenne et le niveau hiérarchique de connexion sur le réseau

Le MMM compte 974 connecteurs TI pour 539 zones administratives (zones externes et P+R exclues), soit une moyenne d'environ 1,8 connecteurs TI par zones. Le nombre de connecteurs est un peu plus important dans la ville de Bordeaux.

La longueur moyenne des connecteurs est cohérente avec la finesse du zonage. Elle est croissante avec l'éloignement au centre du modèle.

Les connecteurs sont connectés sur un niveau hiérarchique inférieur ou égale à une voie structurante de niveau 1, le plus souvent sur une voie structurante de niveau 2 ou de desserte.

La répartition de la charge TI par connecteurs d'une même zone n'est pas contrainte.

La modélisation des connecteurs TI est satisfaisante (nombre suffisant et connexion adéquate au réseau TI).

2.3.6. Modélisation des TC

2.3.6.1. Définition du temps généralisé

La figure suivante présente la définition du temps généralisé et du temps de déplacements perçu dans le MMM.

Paramètres affectation : selon les horaires

- Base
 - Recherche
 - Recherche Branch and Bound
 - Dominance
 - Recherche plus court chemin
 - Dominance des liaisons équivalentes
 - Présélection
 - Tps gén.**
 - Choix
 - Matrices d'indicateurs
 - Considération avancée offre de transport
 - Offre selon la cadence
 - Exportation de liaisons
 - Risque de retard
 - Montée impossible en raison de dépassement de capacité

Tps gén.

Temps de déplacement perçu (TDP) =

nbre	Coefficient	Attribut		BoxCox	Lambda
	1.00	Tps en véhicule	*	1.0	<input type="checkbox"/> 1.00
+	1.00	Tps parcours TC-Aux	*	1.0	<input type="checkbox"/> 1.00
+	2.00	Tps rabattement			<input type="checkbox"/> 1.00
+	2.00	Tps accès dest.			<input type="checkbox"/> 1.00
+	2.00	Tps marche à pied			<input type="checkbox"/> 1.00
+	2.00	Tps attente départ	Paramètres		<input type="checkbox"/> 1.00
+	4.00	Tps attente corresp.	Paramètres		<input type="checkbox"/> 1.00
+	8min	NbRuptures	*	Formule	<input type="checkbox"/> 1.00
+	10min	Nb changements Expl.	Paramètres		<input type="checkbox"/> 1.00
+	0.00	Temps généralisé avancé	Paramètres		<input type="checkbox"/> 1.00

☒ Tenir compte des liaisons avec DeltaT > 0 s'il existe des liaisons avec DeltaT = 0 (recommandé)
DeltaT = écart de temps entre l'heure de départ ou d'arrivée souhaitée et actuelle

Temps généralisé =

nbre	Coefficient	Attribut		BoxCox	Lambda
	1.00	TDP [min]		<input type="checkbox"/>	1.00
+	6.00	Tarif		<input type="checkbox"/>	1.00
+	10.00	DeltaT(avance) [min]		<input type="checkbox"/>	1.00
+	10.00	DeltaT(retard) [min]		<input type="checkbox"/>	1.00

Calcul du temps généralisé en fonction du temps

☐ Intervalles de courbes distri plus détaillés

Longueur d'intervalle maximale : 24h

OK

Annuler

Figure 39 : Définition du temps généralisé et du temps de déplacements perçu dans le MMM

Cette définition, et notamment la pondération des temps d'attentes et de marche à pied, est conforme à l'usage.

Outre les valeurs usuelles dans ce type de modèle, ces valeurs de pondération sont dans le même ordre de grandeur que les valeurs préconisées par le CGSP⁸ 2013.

Type de temps hors véhicule	coefficient multiplicatif
Temps d'attente	1,5
Temps de marche en pré/post acheminement	2
Temps de correspondance	2

Figure 40 : Facteurs de pondération des temps d'attente, de marche en pré-post acheminement et de correspondance (Source : CGSP, 2013)

Toutefois, la pénalisation des correspondances (notamment le temps d'attente) est dans la fourche haute. Ces valeurs feront l'objet d'une attention particulière lors du calage.

Le temps en véhicule n'est pas pondéré par système de transport, comme c'est le cas lors du choix modal. Cela a le mérite de moins déformer les hypothèses de temps de parcours. Cependant, il est probable qu'une minute en bus ne soit pas perçue par les usagers comme une minute en tramway. Le choix pourrait être fait de réintroduire le bonus par système de transport TC lors de l'affectation, notamment si cela permet d'améliorer le calage.

Enfin, la valeur du temps sous-jacente à la pondération du temps perçu et du tarif est de 10 euros. Cette valeur ne fait l'objet d'aucune préconisation pour les déplacements urbains. Toutefois, il est logique qu'elle soit inférieure à celle utilisée pour les VL.

Le paramétrage du temps généralisé TC est conforme aux valeurs attendues. La pénalisation des correspondances et l'utilisation du bonus par système de transports seront requestionnées lors du calage.

2.3.6.2. Méthode de calcul d'indicateurs TC

La procédure de calcul d'indicateurs du MMM est utilisée pour générer 18 matrices d'indicateurs utilisées ensuite pour le calcul de la demande. Elle est basée sur un algorithme de type « Branch & Bound ».

Cette étape de la procédure est actuellement la plus importante en termes de temps de calcul. Elle représente à elle seule plus de 20% du temps total d'un calcul de scénario (incluant les différentes itérations du modèle de demande).

Avec PTV Visum 2024, il est désormais possible d'utiliser un nouvel algorithme, bien plus rapide que par le passé, basé sur la recherche de plus court chemin pour le calcul d'indicateur TC⁹.

⁸ Commissariat général à la stratégie et à la prospective

⁹ Concernant les affectations, l'algorithme « Branch & Bound » reste conseillé car conservant une plus grande variété de chemins TC et donc a priori plus pertinent.

Avec ce nouvel algorithme de recherche de plus court chemin, le temps de calcul des 18 matrices d'indicateur passe de 5 minutes 37 secondes à 1 minute et 11 secondes, soit un gain potentiel de près de 4 minutes 30 secondes par scénario.

Le tableau suivant présente les écarts de résultat pour l'indicateur de temps de déplacement entre les deux méthodes de calcul des indicateurs TC en rappelant le nombre de déplacements TC jour concernés par chaque classe d'écart¹⁰.

Ecart de l'indicateur Temps de déplacement TC_PPM	Somme de déplacements	% Déplacements
- inf. ; -10%[	14 827	3.04%
[-10%;-5%[	16 149	3.31%
[-5%;-1%[	36 988	7.59%
[-1%;1%[	359 848	73.86%
[1%;5%[	39 119	8.03%
[5%;10%[	10 210	2.10%
[10%;100%[	9 981	2.05%
[100% ; + inf.	63	0.01%
Total général	487 183	100.00%

Figure 41 : Ecart de résultat entre les deux méthodes de calcul des indicateurs TC pour l'indicateur de temps de déplacement

Les deux méthodes de calcul donnent un résultat d'indicateur de temps de déplacements TC identique à +/- 1% pour près de ¾ des déplacements à affecter. Seuls 5% des déplacements à affecter correspondent à des OD pour lesquelles les écarts de temps de déplacements sont supérieurs à +/- 10%.

L'utilisation de l'algorithme de recherche de plus court chemin pour le calcul des indicateurs TC permettrait d'optimiser le temps de calcul sans perte significative sur la pertinence des indicateurs. Elle sera testée lors du calage.

2.3.6.3. Méthode d'affectation TC

Choix d'une affectation à l'horaire ou à la cadence

L'affectation TC se fait à l'horaire simple. Les horaires de chaque service sont codés dans le modèle. Ce codage est facilité par la disponibilité des données (fichier GTFS) en situation actuelle. Cela améliore la modélisation et donc le calage des correspondances en situation actuelle.

Pour une offre future, cela nécessite de générer des services à partir d'une hypothèse de cadence. Il est possible depuis PTV Visum 2022 d'utiliser une affectation hybride horaire et

¹⁰ Seules les relations OD TC avec une demande au moins égale à 1 déplacement ont été prises en compte afin de limiter le nombre de relations à analyser. Cela représente plus de 95% de la demande TC jour du scénario 31 du MMM.

cadence ; alliant une modélisation fine des correspondances en actuelle et une facilité de codage pour les évolutions d'offre TC.

Fonction de répartition

La fonction de répartition permet de répartir la charge entre les différents chemins TC possibles. Elle est de type Logit. La charge est répartie au prorata des temps généralisés de chaque chemin. Ce type de répartition est habituel mais rarement questionné dans les modèles.

La figure suivante illustre les différences entre la répartition des charges par chemins entre une fonction de type Logit et une fonction de type Kirchhoff.

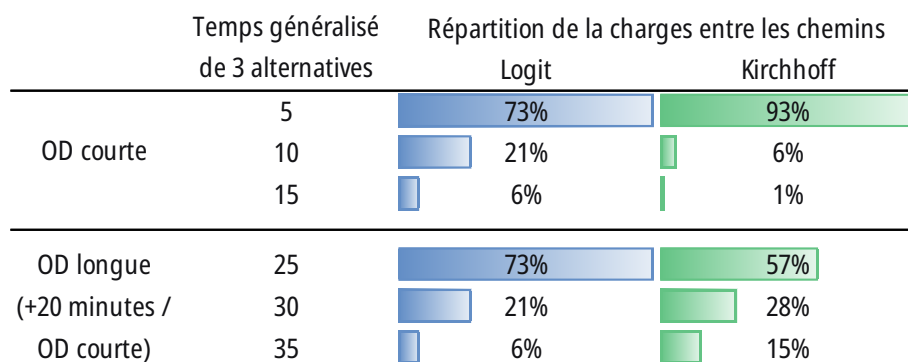


Figure 42 : Répartition des charges par chemins entre une fonction de type Logit et une fonction de type Kirchhoff

La répartition de type Logit n'est sensible qu'aux écarts en valeur absolue (même répartition entre OD courte et OD longue) alors que la répartition de type Kirchhoff est sensible aux écarts relatifs.

Nous proposons de tester d'autres formulations que Logit lors du calage des affectations TC, notamment sur la base d'affectation des résultats de l'ODTC et/ou de la matrice TC issue de l'EMC².

Prise en compte de la capacité et des conditions TI

Il n'y a pas de prise en compte de la capacité du matériel roulant et des conditions TI.

Dans les deux cas, cela revient à utiliser le modèle de demande afin de déterminer le potentiel de fréquentation d'une offre TC en faisant l'hypothèse que l'exploitant et l'AOM mettront en place le matériel et les aménagements nécessaires pour répondre à la demande.

La réintégration de ces contraintes (capacité, congestion) dans le modèle de demande conduit à réintégrer le calcul des indicateurs TC à chaque itération de ce dernier, ce qui aurait un impact important sur le temps de calcul et compliquerait la convergence du modèle de demande.

La fonction de prise en compte de la capacité (ou l'analyse de la congestion) peut être utilisée lors de l'affectation (après le calcul de la demande) pour révéler les éventuels points bloquants (volume de voyageurs n'ayant pas réussi à monter par exemple).

L'affectation hybride horaire et cadence pourrait être utilisée, facilitant l'usage prospectif du modèle par rapport à l'affectation horaire actuellement utilisée.

La fonction de répartition peut être requestionnée lors du calage afin d'améliorer le choix des chemins.

La prise en compte de la capacité et de l'impact de la congestion devrait être reportée lors de l'étape d'affectation uniquement afin de préserver le temps de calcul et fournir des potentiels de fréquentation TC non captés par ce type d'hypothèses.

2.3.6.4. Connecteurs TC

Nombre par zone

Le MMM compte 1 766 connecteurs TC pour 582 zones connectées, soit, en moyenne, trois connecteurs par zone, ce qui est révélateur d'une connexion normale pour ce type de modèle.


Longueur moyenne

Le temps de parcours sur le connecteur est, sauf modification, calculé par défaut par le logiciel en fonction de la longueur de ce dernier.

Compte tenu de la faible densité du zonage du MMM en dehors de Bordeaux Métropole et de la localisation approximative des centroïdes de zones, la longueur des connecteurs reliant une zone à un service ferroviaire a été redéfinie par PTV lors d'une étude spécifique lors de la création du modèle. Cette étude avait pour but de définir une longueur représentative des connecteurs en exploitant le carroyage INSEE d'une résolution de 200 mètres et les fichiers d'abonnés TER. Le temps de parcours à ensuite était défini sur la base d'une hypothèse de vitesse et d'un temps d'accès forfaitaire.

Dans l'hypothèse d'un repositionnement des centroïdes et d'un redécoupage de certaines zones, les longueurs moyennes recalculées par défaut seront plus fiables.

Le tableau suivant présente la longueur moyenne des connecteurs¹¹ en fonction du système de transport de la zone d'arrêt desservie.

Système de transport TC 	Longueur moyenne (km)
Autocars	1.700
Bus	0.437
BHNS	0.538
Tram	0.442
Train	4.264
Total général	1.504

¹¹ Seuls les connecteurs dédiés à un système de transports unique sont pris en compte sur cette analyse. Les connecteurs reliant à la fois une zone d'arrêt bus et train sont écartés.

Figure 43 : Longueur moyenne des connecteurs en fonction du système de transport de la zone d'arrêt desservie

Les aires de chalandises des zones d'arrêt bus et tramway sont comprises entre 400 et 500 mètres, ce qui est conforme aux aires de chalandise observées dans la réalité. Les aires de chalandises des zones d'arrêt desservies par le train et, dans une moindre mesure, les autocars sont logiquement bien supérieurs.

2.3.6.5. Organisation point d'arrêt/zone d'arrêt/arrêt

Des zones d'arrêts distinctes sont systématiquement codées pour les systèmes de transports Tramway, Train, et navette. Les systèmes Bus, BHNS et autocars peuvent être regroupés au sein d'une même zone d'arrêt.

Ces zones sont ensuite regroupées au sein d'arrêt afin de définir les temps de correspondance.

Cette codification permet de bien organiser les correspondances et pourra être reprise.

Quelques zones d'arrêt bus n'ont pas été dupliquées et sont également desservies par un tramway en situation future. Ces zones pourraient être dupliquées lors de la mise à jour. Il s'agit des zones d'arrêt n° 5701 « Poumey », n° 2000053 « Beausoleil », n° 626 « Les 3 Tours » et n° 1648 « Lycée des Graves ».

Comme le montre la carte suivante, quelques tronçons sont ouverts à la marche à pied TC et utilisaient pour réaliser des correspondances entre arrêts ou atteindre un arrêt depuis un connecteur.

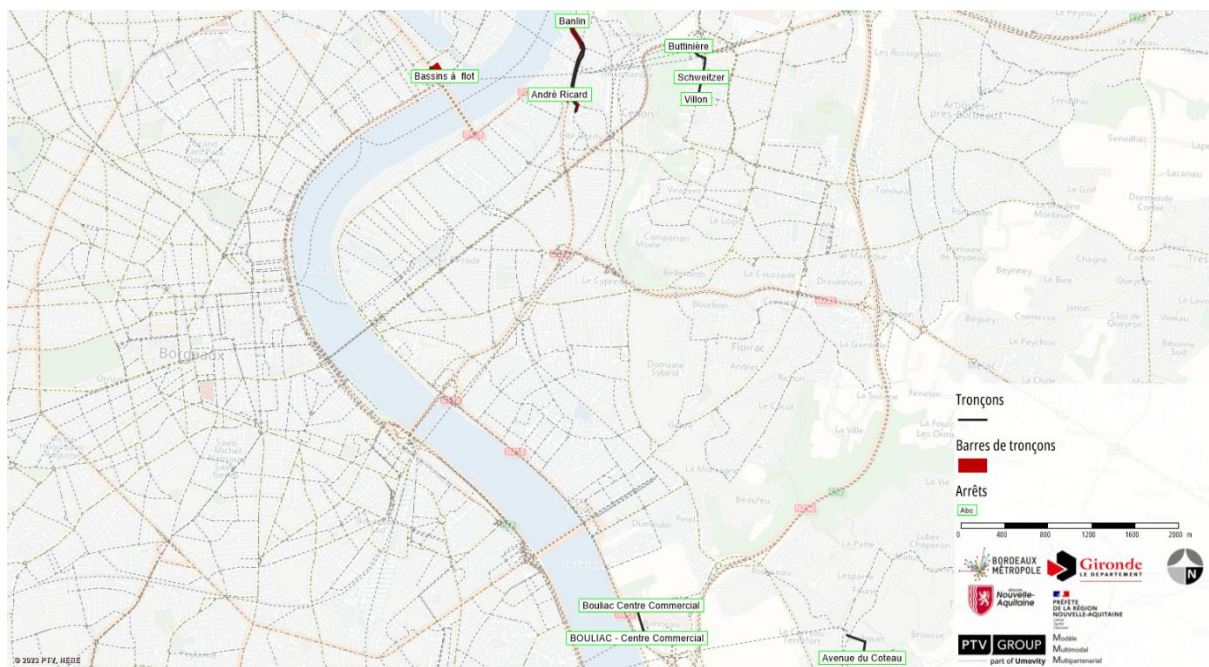


Figure 44 : Exemple de tronçons ouverts à la marche à pied TC

Les liaisons marche à pied TC permettent des correspondances entre arrêt qui ne seraient pas possibles autrement. La pertinence de ces liaisons est à vérifier lors de la mise à jour.

2.3.6.6. Temps de marche à pied en correspondance

Le tableau suivant présente la distribution des temps moyens de marche à pied en correspondance.

Temps ▾	Nombre d'occurrences
0	565
1	47
2	392
3	62
4	54
5	3095
6	46
7	34
8	29
9	11
10	80
11	2
12	10
15	4
16	3
20	2
25	4
1440	16
10s	2
30s	1
Total général	4459

Figure 45 : Distribution des temps moyens de marche à pied en correspondance (minutes)

Des valeurs par défaut définies par le modélisateur ont été utilisées à la création du modèle, notamment les temps de 5 minutes et 2 minutes. Ces valeurs se retrouvent le plus souvent respectivement pour les correspondances Bus-Bus et Tram-Tram.

Les valeurs de 0 minutes sont probablement dues à des recodages ultérieurs avec des valeurs par défaut du logiciel non reparamétrées.

Les valeurs de 1 440 minutes correspondent aussi à des erreurs de codage. Par défaut, une durée de 24 heures est appliquée lorsqu'une zone d'arrêt change d'arrêt de référence.

Quelques valeurs extrêmes sont à questionner, par exemple les valeurs de 25 minutes qui correspondent à une pénalisation excessive des correspondances Tram-Train à l'arrêt Fontaine d'Arlac (cf. carte suivante).

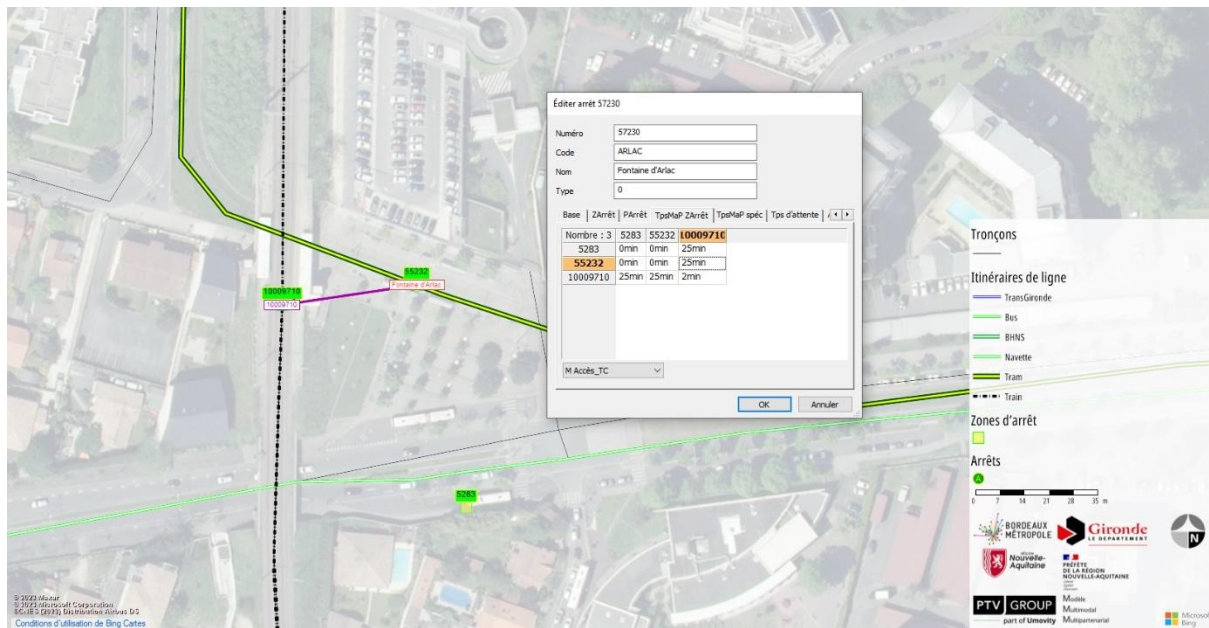


Figure 46 : Codage des correspondances à l'arrêt Fontaine d'Arzac

Les autres valeurs correspondent à un calage manuel des temps de marche à pied en correspondance.

Les temps ne sont pas calculés par rapport à la distance à parcourir.

Outre les erreurs de codage à corriger, il semble préférable de réintroduire une corrélation entre les temps de marche à pied en correspondance et la distance entre zones d'arrêt plutôt que des valeurs par défaut. Cette distance est disponible dans le logiciel à vol d'oiseau et suppose un travail SIG supplémentaire et une vérification de la localisation géographique des zones d'arrêt (qui semble être assez fidèle à la réalité).

Ces valeurs seront ajustées manuellement sur les principaux pôles de correspondance au regard de la configuration réelle du lieu (visite terrain).

2.3.6.7. Nom des lignes TC

Les lignes sont nommées sous le format : RESEAUTDATE_NOMLIGNE.

La date correspond à l'année du tracé, et non à l'horizon de modélisation. Ainsi, la ligne TBM2019_10 est activée¹² dans les scénarios moyen terme et long terme.

Un signe « _ » pourrait être introduit entre le nom du réseau et l'année du tracé.

¹² Pour rappel, lors d'un calcul de scénario, seules les lignes « actives » sont prises en compte (attribut ACTIVATION_LIGNE = 1).

Certaines lignes sont nommées « Z_Archives » ou « Z- » ou « Z-téléphérique ». Aucune de ces lignes n'est active dans la version de base, ni n'est activée par une modification.

Certaines, lignes « Z » peuvent être supprimées si elles ne font plus référence à des projets ou variantes possiblement à tester. Si des variantes de tracé sont à conserver, il semble plus lisible de les nommer comme les autres.

2.3.6.8. Tarification

Il y a 32 types de titres de transport qui sont définis dans le MMM.

Numéro	Nom	Rang	Structure tarifaire
1	TBC_2009_Plein_Tarif	1	Tarification par zones
2	TBC_2009_Abo_tout_public	1	Tarification par zones
3	TBC_2009_Abo_preferentiel	1	Tarification par zones
4	TBC_2009_Scolaire	1	Tarification par zones
5	TER_2009_Plein_Tarif	1	Tarification selon distance
6	TER_2009_Abo_tout_public	1	Tarification selon distance
7	TER_2009_Abo_preferentiel	1	Tarification selon distance
8	TER_2009_Scolaire	1	Tarification selon distance
9	TRG_2009_Plein_Tarif	1	Tarification selon distance
10	TRG_2009_Abo_tout_public	1	Tarification selon distance
11	TRG_2009_Abo_preferentiel	1	Tarification selon distance
12	TRG_2009_Scolaire	1	Tarification selon distance
13	Modalis_2009_TBC_TER_tout_public	1	Tarification selon distance
14	Modalis_2009_TBC_TER_Abo_preferentiel	1	Tarification selon distance
15	Modalis_2009_TBC_TRG_tout_public	1	Tarification selon distance
16	Modalis_2009_TBC_TRG	1	Tarification selon distance
17	TBC_2013_Plein_Tarif	1	Tarification par zones
18	TBC_2013_Abo_tout_public	1	Tarification selon distance
19	TBC_2013_Abo_preferentiel	1	Tarification par zones
20	TBC_2013_Scolaire	1	Tarification par zones
21	TER_2013_Plein_Tarif	1	Tarification selon distance
22	TER_2013_Abo_tout_public	1	Tarification selon distance
23	TER_2013_Abo_preferentiel	1	Tarification selon distance
24	TER_2013_Scolaire	1	Tarification selon distance
25	TRG_2013_Plein_Tarif	1	Tarification par zones
26	TRG_2013_Abo_tout_public	1	Tarification par zones
27	TRG_2013_Abo_preferentiel	1	Tarification par zones
28	TRG_2013_Scolaire	1	Tarification par zones
29	Modalis_2013_TBC_TER_tout_public	1	Tarification selon distance
30	Modalis_2013_TBC_TER_Abo_preferentiel	1	Tarification selon distance
31	Modalis_2013_TBC_TRG_tout_public	1	Tarification par zones
32	Modalis_2013_TBC_TRG_preferentiel	1	Tarification par zones

Figure 47 : Liste des types de titres de transport du MMM

Il faut toutefois noter que la moitié de ces titres correspond à des données de 2009 et n'est plus utilisée. De même une partie des titres de 2013 n'est pas utilisée (on n'utilise qu'un seul type de tarif quand plusieurs ont été définis pour un réseau). Ainsi, les 5 tarifs réellement utilisés sont les titres pleins tarifs pour les 3 réseaux (urbain, car, TER) et les titres tout public pour les tarifications combinées (urbain + car, urbain + TER).

De plus il semble que le titre plein tarif urbain n'est pas disponible pour les scénarios PPM. Seuls les titres combinés le sont.

Il nous paraît donc nécessaire de :

- Mettre à jour les valeurs utilisées pour être en cohérence avec l'horizon de calage ;
- Intégrer les tarifs « abonnement » en utilisant un tarif moyen qui combine les tarifs des tickets unités et le cout moyen d'un déplacement pour les détenteurs d'un abonnement ;
- Simplifier la liste des titres (supprimer les chiffres 2009, ainsi que ceux qui ne sont pas utilisés), notamment pour éviter les risques d'erreurs.

Nous préconisons de mettre à jour le système de gestions des tarifs TC, en le mettant à jour avec des valeurs plus récentes, en supprimant les éléments qui sont devenus inutiles, et en intégrant le cout de l'abonnement, et pas seulement celui du ticket unité.

2.3.7. Modélisation des modes doux

2.3.7.1. Marche à pied

Les indicateurs du mode marche à pied sont basés sur une hypothèse de vitesse de 3 km/h appliquée à la distance vélo. L'hypothèse implicite est donc que tous les tronçons autorisés aux vélos le sont également à la marche à pied.

En fonction des sous-modes issus de l'EMC² (trottinette, skate-board...) qui seront reversés dans le mode « marche à pied » du MMM et des résultats de calage, l'hypothèse de vitesse pourrait être revue à la hausse.

Comme celle du vélo, l'utilité marche à pied dépend de la contrainte de stationnement. La sensibilité de l'utilité marche à pied à cette contrainte est trois fois plus forte que la sensibilité de l'utilité vélo. Cela explique que les tests de sensibilités réalisés lors de cet audit mettent en évidence un fort report de la VP vers la marche à pied en cas d'augmentation de la contrainte.

Le lien entre marchabilité et contrainte de stationnement est faible théoriquement et conduit à sous-estimer le report modal vers d'autres modes que la marche,

notamment vers le vélo. Ce lien entre marche à pied et contrainte de stationnement pourrait être supprimé.

2.3.7.2. Vélo

La vitesse vélo de base est de 15km/h. Cette vitesse est adaptée en fonction de la présence d'un aménagement ou pas (de 10km/h pour les départemental sans aménagement à 22km/h sur les pistes cyclables).

Les données Geovelo permettront de fiabiliser ces hypothèses et d'introduire une nouvelle variable liée au type de vélos (électriques ou mécaniques) dans cette typologie.

L'affectation des vélos se fait à l'équilibre, générant une très faible diversité de chemins par OD alors que les choix des cyclistes sont justement caractérisés par une forte hétérogénéité.

Depuis, l'affectation stochastique vélo a été améliorée et prend en compte plus de paramètres.

Nous prévoyons de paramétrer cette affectation qui est déjà une option de la procédure du MMM. Ce type d'affectation prend en compte de manière stochastique des itinéraires non-optimaux. Cette affectation est probablement plus réaliste qu'une affectation à l'équilibre.

Le MMM intègre des constantes vélos différentes pour l'horizon 2030. Une telle évolution est censée traduire une évolution des représentations sociales liées au vélo. A l'époque, ces évolutions ont été définies sans méthodologie spécifique.

La sensibilité au temps de parcours n'évolue pas.

Dans la nouvelle version, cette approche sera développée et mieux justifiée en basant l'évolution des paramètres (constante et sensibilité au temps de parcours) sur les comportements d'une agglomération de référence (Strasbourg) pour laquelle ces paramètres traduisent déjà une appétence plus nette pour ce mode.

2.3.8. Stationnement

Dans le modèle, la contrainte de stationnement est représentée par un attribut de zone « Stationnement_pression » allant de 0 à 12 : 0 ne représentant aucune pression sur le stationnement (places immédiatement disponibles et gratuites) et 12 une contrainte très forte.

Cette contrainte sera mise à jour à partir de l'EMC², mais aussi en fonction des projets d'extension de la zone payante.

2.3.9. Démotorisation

Le MMM prend en compte un effet de démotorisation via l'augmentation des parts des groupes des personnes sans voitures.

Il est estimé être plus fort intra-cours et intra-boulevards que hors boulevards. De plus, le report est estimé être deux fois plus fort en 2030 qu'en 2020 (par rapport à 2013). Les valeurs absolues de report d'un groupe avec voiture vers un groupe sans voiture sont estimées en situation actuelle mais ne sont pas fonction d'une variable endogène du modèle.

Le taux de démotorisation peut être rendu dépendant de l'évolution d'un indicateur d'accessibilité TC depuis la zone. Cela permettra une meilleure prise en compte de cet effet.

2.3.10. La segmentation de la demande

La segmentation actuelle représente très probablement assez bien la variété des programmes d'activité de la population, et de leur propension intrinsèque à l'usage de la VP notamment.

En effet, les programmes d'activité et la propension à utiliser la VP sont très corrélés à l'occupation (actif, inactif, étudiant...) mais aussi la localisation en zone centre ou périphérique ou encore la motorisation.

Le tableau suivant présente la segmentation du MMM.

Code	Groupes
AaV_C	Actifs temps plein avec Voiture - CUB
AaV_D	Actifs temps plein avec Voiture - hors CUB
AsV_C	Actifs temps plein sans Voiture - CUB
AsV_D	Actifs temps plein sans Voiture - hors CUB
EaV_C	Etudiants avec Voiture
EaV_D	Etudiants avec Voiture
eprim_C	Elèves primaire
eprim_D	Elèves primaire
esec_C	Elèves secondaire
esec_D	Elèves secondaire
EsV_C	Etudiants sans Voiture
EsV_D	Etudiants sans Voiture
IaV_C	Inactifs avec Voiture
IaV_D	Inactifs avec Voiture
IsV_C	Inactifs sans Voiture
IsV_D	Inactifs sans Voiture
Mig	Migrants
PaV_C	Actifs temps partiel / Personne au foyer avec Voiture - CUB
PaV_D	Actifs temps partiel / Personne au foyer avec Voiture - hors CUB
RaV_C	Retraités / Chômeurs avec voiture
RaV_D	Retraités / Chômeurs avec voiture
RsV_C	Retraités / Chômeurs sans Voiture
RsV_D	Retraités / Chômeurs sans Voiture

Figure 48 : Segmentation du MMM

La pertinence CUB/hors CUB sera vérifiée (renommée en fonction du critère choisi).

Afin de maîtriser le nombre de groupes, certaines distinctions territoriales seront questionnées.

La pertinence de croiser systématiquement la segmentation du territoire avec la possession de la voiture (surtout en dehors de Bordeaux Métropole) sera vérifiée.

La segmentation par territoire pourrait être fonction d'une variable du modèle (densité, accessibilité) afin de traduire d'éventuels changements dans la génération des déplacements ou les seuils de décisions du choix modal avec l'évolution urbaine (densification, meilleure desserte TC...).

Deux groupes de retraités (mobile – immobile) pourraient être créés pour permettre notamment de prendre en compte les effets dit générationnels.

Enfin, il pourrait être envisager de distinguer les actifs entre télétravailleurs réguliers ou non afin de mieux reproduire les comportements actuels et pouvoir faire des tests prospectifs sur la proportion de télétravailleurs.

2.3.11. La séquence de procédures et matrices

2.3.11.1. Remarques de forme

Si la séquence de procédure est relativement « propre » par rapport à d'autres modèles quelques remarques de formes peuvent néanmoins être faites.

- Le champ « remarques » n'est pas renseigné systématiquement. Ce qui peut nuire à la lisibilité de la séquence.
- Il existe une procédure « répartition des chemins partiels » qui n'est plus utilisée et qui pourrait être supprimée.
- Il existe deux blocs pour l'affectation vélo, avec deux algorithmes différents (équilibre et stochastique). Un des deux semble superflu.

Nous préconisons un nettoyage léger (suppression de procédures inutiles, et commentaires plus systématiques) de la séquence de procédure pour la rendre plus lisible.

2.3.11.2. Indicateurs

Les matrices d'indicateurs se basent sur des matrices fixes pour calculer les valeurs intrazonales. Ce système alourdi plusieurs éléments du modèle tels que la séquence de procédures ou la liste de matrices. De plus, l'expérience récente de PTV montre qu'un système de calcul des distances intrazonales basé sur les surfaces bâties est plus pertinent et pourrait le remplacer avantageusement.

Il existe également un certain nombre de matrices fixes (matrice « commune VPP », n°269, par exemple) utilisées notamment pour le calcul du choix modal. Il est, de ce fait, difficile de les mettre à jour au cours de la vie du modèle.

Nous préconisons de redéfinir les indicateurs intrazonaux à partir d'indicateurs de distance basés sur les surfaces bâties.

Nous préconisons de réduire au maximum l'usage de matrices fixes.

2.3.11.3. Add-in ou scripts sans maintenance ou qui pourraient être remplacés

Il n'y a pas de script ou d'Add-In ou de script qui nécessiteraient d'être remplacés.

2.3.11.4. Procédure de calcul de la demande

Le calcul de la demande se fait avec Visem, et utilise un Logsum des utilités du choix modal pour calculer l'impédance, ainsi que l'option du Rubberbanding.

La procédure de calcul de la demande correspond à l'état de l'art.

2.3.11.5. Présence d'un modèle TMV

Actuellement la matrice PL est précalculée.

Nous proposons de mettre en place un module de calcul de la matrice PL qui réagisse à la localisation et au volume des emplois. La fiabilité de ce module est moindre que le modèle de déplacements de personnes. Toutefois, il permettra que la matrice PL interne réagisse à la création/extension d'une zone d'activité ou d'une zone logistique par exemple.

2.3.11.6. Convergence des affectations et de la demande et critère de rebouclage

Le scénario utilisé pour l'audit ne converge pas pour le calcul de la demande, et va au bout des 8 itérations, malgré des critères un peu plus larges que la moyenne (retour conditionnel sur la matrice VL, avec les paramètres 0,02, 5, 20). Cette absence de convergence n'est probablement pas le signe d'un problème grave du modèle, puisque d'autres scénarios convergent sans problème, et que le recalcul du même scénario en Visum 24 converge également. Il n'est cependant pas souhaitable qu'un scénario, a fortiori un scénario de référence/calage ne converge pas.

Pour les affectations TI, le gap choisi est de 10^{-4} , ce qui est cohérent avec l'état de l'art et les différentes affectations convergent sans problème particulier (au maximum 36 itérations sur 40 pour la PPM).

Lors du recalage, une attention particulière sera apportée au suivi des indicateurs de convergence de la demande.

2.3.11.7. Poids des matrices fixes et leur distribution

Il n'y a pas de matrice additionnelle dans le modèle.

2.3.12. Gestionnaire

2.3.12.1. Codage des modifications

De manière générale, le gestionnaire du MMM est relativement propre. Il y a en effet un nombre relativement restreint de scénarios et de modifications différents.

Cela étant dit, un travail de nettoyage pourrait être réalisé sur les modifications. En effet, certaines modifications

- créent des nouveaux objets,

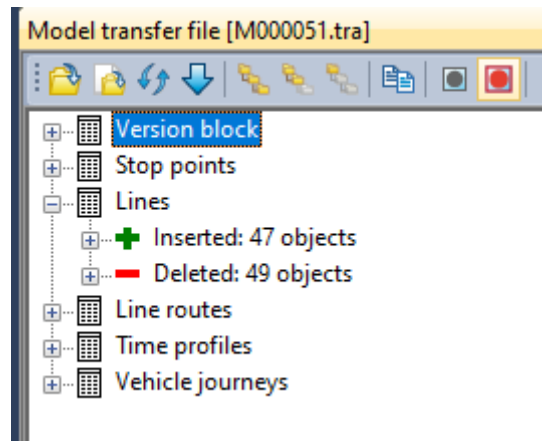


Figure 49 : Exemple de modification créant des lignes

- modifient à la fois les TI et les TC,

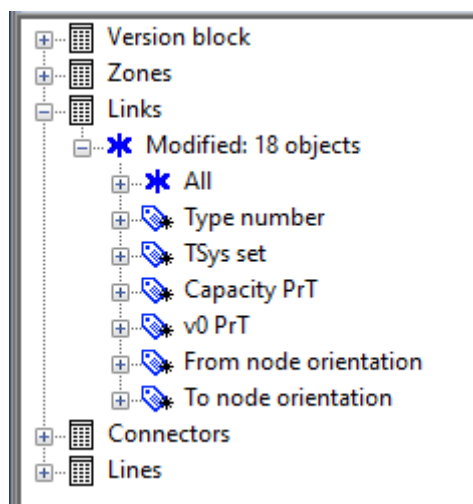


Figure 50 : Exemple de modification impactant à la fois les TI et les TC

- renvoient des messages d'erreur,

File: "M000019.tra" Table: "TURN Row: 53 The network does not contain a turn from node 6142973 to node 6142974 via node 4747654. Data row is ignored.

Figure 51 : Exemple de modification générant un message d'erreur à l'ouverture

- ne sont pas utilisées (n°16 et 17 par exemple).

De plus certaines modifications obsolètes semblent toujours présentes dans l'architecture du gestionnaire.

EX_M000020.tra
EX_M000021.tra
EX_M000026.tra
EX_M000032.tra
EX_M000039.tra
EX_M000046.tra

Nous préconisons de réaliser un nettoyage du gestionnaire, notamment sur les modifications.

2.3.13. Calage

Il n'y a pas de matrice additionnelle pour l'affectation VP dans la version actuelle du MMM.

Fondamentalement, l'intérêt d'une telle matrice est de générer les déplacements supplémentaires qui ne sont pas générés par le modèle (touristes, taxi, etc.) mais qui sont quand même comptés dans les comptages. Le but principal n'est pas tant de modifier les charges que de s'assurer que les temps de parcours qui sont utilisés dans le modèle de demande sont les plus proches possible de la réalité. Sans cette option, on se retrouve à devoir, plus ou moins fortement, tordre le calage de la demande pour que le modèle interne génère ces déplacements. C'est pourquoi nous préconisons d'utiliser une matrice additionnelle.

Il faut toutefois noter que ces matrices additionnelles sont généralement estimées de manière automatique via des procédures de correction de matrice (TFlow ou moindres carrés), qui si elles ne sont pas utilisées correctement peuvent conduire à des modifications beaucoup trop impactantes, et ainsi à des changements conséquents sur la structure de la matrice, ou sur des problèmes de réduction de la sensibilité du modèle. C'est pourquoi il est important, de toujours vérifier l'impact d'une telle matrice additionnelle pour s'assurer qu'il reste minimal.

Nous préconisons d'introduire une matrice additionnelle, tout en maîtrisant et affichant ses effets.

2.3.14. Analyse des fonctions d'utilité

L'analyse des fonctions d'utilité porte sur deux points¹³ : la forme et la valeur des principaux coefficients de la distribution et du choix modal.

Sur la forme, l'image suivante montre que certaines fonctions d'utilités ont été modifiées ponctuellement de manière successive sans remise à plat des formules (au lieu d'avoir le format « Coef x Matrice », on a « Coef x Coef x Matrice » ou « Coef x (Matrice + Matrice) ».

$1.4+0.27*Matrix(81)-0.03*(0.8*Matrix(98)+Matrix(302))$
$-2.45+0.06*Matrix(83)*Matrix(84)+0.1*(450/Matrix(85)+5*Matrix(278))+0.8*Matrix(86)+0.7*Matrix(87)+0.2*Matrix(88)+0.08*(Matrix(89)+M$
$-0.9+0.05*Matrix(94)+0.03*Matrix(96)+0.3*Matrix(97)+0.38*(0.8*Matrix(98)+Matrix(302))-0.6*Matrix(268)$
$2.8+0.1*Matrix(94)+0.035*Matrix(91)+0.25*(0.8*Matrix(98)+Matrix(302))-0.2*Matrix(269)$
$-2.87+0.09*Matrix(80)-0.1*(1.5*Matrix(98)+Matrix(302))$

¹³ N.B. du fait de leur construction différente (dans la séquence de procédures et non dans Visem), les utilités P+R n'ont pas été intégrées à l'audit.

Figure 52 : Exemples de fonctions d'utilité

Si cela n'a pas d'impact sur les résultats de calcul, cela rend les fonctions d'utilité peu lisibles, et complique l'accès au modèle et sa compréhension.

Toujours sur la forme, un certain nombre de matrices fixes sont utilisées dans les utilités du choix modal. Si cela est légitime dans certains cas, par exemple, avec la matrice « Garonne »¹⁴ pour représenter les effets de coupure, c'est plus questionnable dans le cas de matrices servant à définir des indicateurs intrazonaux, ou juste des coefficients de calage.

Nous préconisons de remettre à plat les formules des utilités pour rendre les fonctions plus lisibles.

Nous préconisons également, de réduire au maximum l'utilisation de matrices fixes, et au cas où cela s'avèrerait nécessaire, au moins d'être explicite sur la manière dont elles sont calculées.

Concernant les valeurs des principaux paramètres, 4 analyses ont été menées.

- Une pour la distribution :
 - Valeurs des paramètres alphas (i.e. la sensibilité à l'impédance),
- Trois pour le choix modal :
 - Coefficient du temps de parcours,
 - Constante,
 - Valeurs du temps implicites (i.e. ratio entre les coefficients du temps de parcours et du cout).

Alphas	AaV_C	AaV_D	AsV_C	AsV_D	EaV_C	EaV_D	EsV_C	EsV_D	IaV_C	IaV_D	IsV_C	IsV_D	Mig	PaV_C	PaV_D	RaV_C	RaV_D	RsV_C	RsV_D	eprim_	eprim_	esec_C	esec_D
T	0.198	0.35	0.253	0.63	0.275	0.5	0.33	0.6	0.275	0.5	0.275	0.5	0.6	0.33	0.4	0.275	0.5	0.275	0.5	0.385	0.7	0.275	0.5
S	0.6	0.38	0.5	0.63	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.48	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5
U	0.36	0.5	0.36	0.65	0.36	0.6	0.42	0.7	0.3	0.5	0.3	0.5	0.7	0.36	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.42	0.7	0.36	0.6
C	0.6	0.5	0.6	0.65	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.48	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5
P	0.51	0.5	0.51	0.65	0.425	0.5	0.51	0.6	0.425	0.5	0.425	0.5	0.6	0.51	0.5	0.425	0.5	0.425	0.5	0.595	0.7	0.425	0.5
L	0.28	0.34	0.28	0.63	0.256	0.32	0.28	0.35	0.28	0.35	0.36	0.45	0.35	0.36	0.48	0.32	0.4	0.32	0.4	0.36	0.45	0.28	0.35
A	0.383	0.34	0.383	0.63	0.298	0.35	0.383	0.45	0.298	0.35	0.298	0.35	0.45	0.468	0.48	0.383	0.45	0.383	0.45	0.468	0.55	0.425	0.5
X	0.315	0.34	0.315	0.63	0.245	0.35	0.35	0.5	0.28	0.4	0.245	0.35	0.5	0.385	0.48	0.28	0.4	0.28	0.4	0.385	0.55	0.28	0.4
Z	0.6	0.5	0.6	0.65	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5

Figure 53 : Alphas de la distribution, par groupe et motif

Si les alphas ont des valeurs relativement standard, on constate néanmoins que pour certains groupes (AsV_D, IsV_d, RaV_D) les coefficients sont très homogènes, ce qui peut nuire à la finesse du modèle. Il faut cependant noter que cette homogénéité n'est pas forcément un souci pour tous les groupes (par exemple, les coefficients « Travail » et « Université » pour les élèves du primaire ne sont, en pratique, pas utilisés).

¹⁴ Matrice qui a des valeurs non nulles sur les OD qui traversent la Garonne et nulle pour les autres.

Coef. tps	AaV_C	AaV_D	AsV_C	AsV_D	EaV_C	EaV_D	EsV_C	EsV_D	IaV_C	IaV_D	IsV_C	IsV_D	Mig	PaV_C	PaV_D	RaV_C	RaV_D	RsV_C	RsV_D	eprim	eprim	esec_C	esec_D
MàP	0.14	0.14	0.09	0.1	0.1	0.1	0.07	0.07	0.14	0.14	0.1	0.1	0.07	0.14	0.14	0.14	0.14	0.1	0.1	0.07	0.07	0.07	0.07
Velo	0.25	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.27	0.27	0.27	0.27	0.14	0.14	0.14	0.14
TC	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
VPCon	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
VPPas	0.12	0.1	0.12	0.1	0.12	0.1	0.12	0.1	0.12	0.1	0.12	0.1	0.1	0.12	0.1	0.12	0.1	0.12	0.1	0.12	0.1	0.12	0.1

Figure 54 : Coefficients du temps de parcours, par groupe et par mode

Par rapport à d'autres modèles les coefficients manquent de variabilité à l'intérieur d'un mode, mais semblent à contrario un peu trop différenciés au sein d'un groupe (pour les AaV_C, 1 minute à vélo est équivalent à 5 en voiture).

Constante	AaV_C	AaV_D	AsV_C	AsV_D	EaV_C	EaV_D	EsV_C	EsV_D	IaV_C	IaV_D	IsV_C	IsV_D	Mig	PaV_C	PaV_D	RaV_C	RaV_D	RsV_C	RsV_D	eprim	eprim	esec_C	esec_D
MàP	-1.92	-3.055	-2.87	-1.3	-2.57	-2.2	-3.57	-3.2	-2.57	-2.2	-4.07	-3.7	-3.4	-2.27	-2.9	-2.42	-2.05	-3.92	-3.55	-3.22	-2.85	-3.47	-3.1
Velo	1.24	1.4	-0.4	1.4	-0.16	0.2	-0.72	-0.5	1.96	2.85	0.56	1.1	-0.4	1.28	2.65	1.8	2.65	0.56	1.1	-0.24	0.1	-0.64	-0.4
TC	1.27	-2.45	-2.08	-0.75	-0.58	-1.6	-4.03	-5.05	2.02	1	-2.18	-3.2	-4.95	0.07	-1.9	1.47	0.45	-1.38	-2.4	-1.93	-2.95	-2.78	-3.8
VPCon	-0.1	-0.9	2.25	2.5	-0.35	-0.6	1.05	0.8	0.55	0.3	1.75	1.5	0.8	-0.55	-0.8	0.75	0.5	3.35	3.1	99.25	99	1.65	1.4
VPPas	3.2	2.8	1.1	0.6	1.8	1.6	-1.3	-1.5	2.7	2.5	-0.2	-0.4	-1.5	2.7	2.2	2.7	2.5	-0.1	-0.3	-2.65	-2.85	-1.2	-1.4

Figure 55 : Constantes, par groupe et mode

Les constantes du choix modal ont des valeurs et des signes (bonus pour les TC pour les groupes de scolaires, par exemple) conformes à l'état de l'art.

VdT	AaV_C	AaV_D	AsV_C	AsV_D	EaV_C	EaV_D	EsV_C	EsV_D	IaV_C	IaV_D	IsV_C	IsV_D	Mig	PaV_C	PaV_D	RaV_C	RaV_D	RsV_C	RsV_D	eprim	eprim	esec_C	esec_D
TC	5	4.5	8.333	7.5	8.333	7.5	6.667	6	4.167	3.75	5.333	4.8	6	4.167	3.75	4.167	3.75	6.667	6	2.667	2.4	3.333	3
VPCon	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Figure 56 : Valeurs du temps implicites, par groupe et mode

Si la valeur du temps VP est homogène à 10€ de l'heure (ce qui est une hypothèse habituelle) elle est néanmoins incohérente avec celle de l'affectation (16€). Les valeurs du temps estimées pour les TC semblent faibles.

Nous préconisons de vérifier qu'il existe une vraie variabilité des paramètres entre les différents groupes/activités/modes. Dans le cas contraire, une simplification de la segmentation pourrait être envisagée.

Nous préconisons également d'utiliser des coefficients dont le poids relatif garde un sens physique (cf. valeurs du temps implicite).

2.3.15. Tests de sensibilité

Pour évaluer la sensibilité du MMM, 6 calculs d'élasticités ont été réalisés. Ces tests consistent à augmenter de 10% une des variables du choix modal puis à regarder la variation du nombre de déplacements du mode liée à cette variable.

Les différentes variables testées sont les suivantes.

- Temps de déplacement VP
- Temps de déplacement TC
- Temps de déplacement Vélo
- Temps de déplacement Marche à pied
- Pression du stationnement

- Fréquence de desserte TC

Les résultats des tests sont synthétisés dans la figure et le tableau suivants.

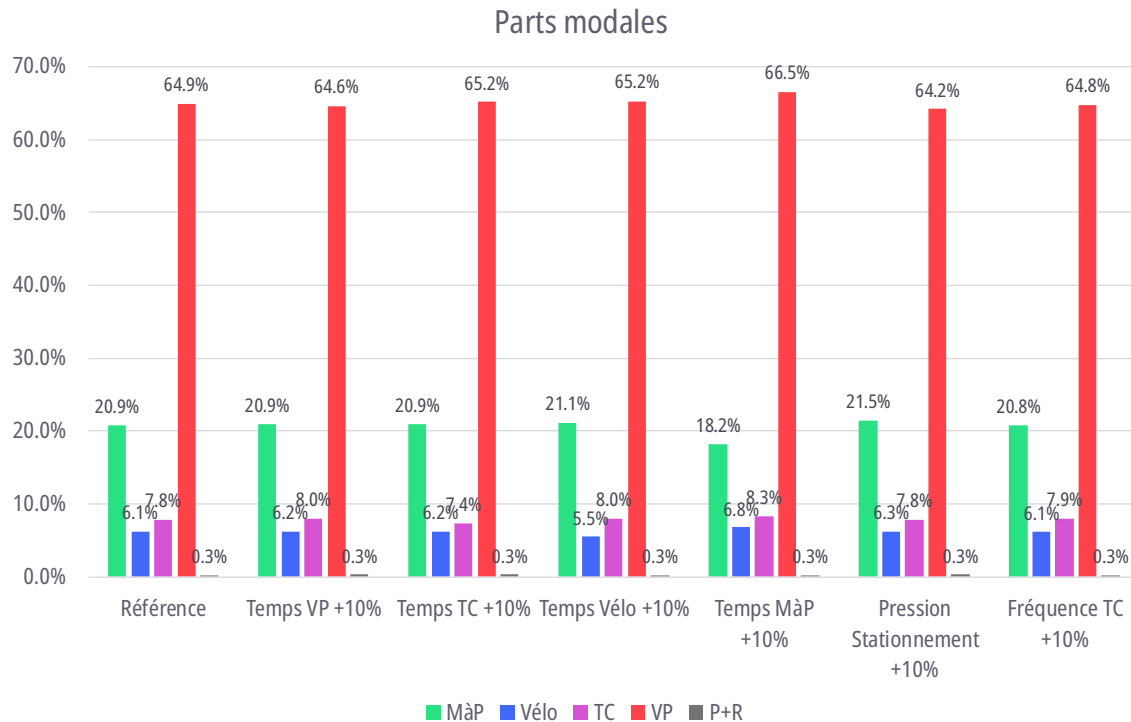


Figure 57 : Parts modales des tests d'élasticités sur le MMM

Code Test	Mode	Elasticité	Evol Nb Depl	Déplacements reportés de/vers				
				MàP	Vélo	TC	VP	P+R
Temps VP +10%	VPCon + VPPas	-0.06	-22 200	15%	18%	61%	x	6%
Temps TC +10%	TC	-0.50	-23 600	17%	16%	x	64%	3%
Temps Vélo +10%	Vélo	-1.10	-40 900	34%	x	24%	41%	1%
Temps MàP +10%	MàP	-1.28	-161 200	x	23%	17%	60%	0%
Pression Stationnement +10%	VPCon + VPPas	-0.11	-43 900	84%	15%	-3%	x	4%
Fréquence TC +10%	TC	0.19	8 800	14%	11%	x	73%	1%

Figure 58 : Résultats d'élasticités et reports modaux

N.B. : Exemple de lecture

Pour le test d'augmentation du temps VP de 10% (Temps VP +10%), le mode utilisé pour calculer l'élasticité est la somme des modes VP (VP Conducteur et VP Passager).

L'élasticité pour ce test est de -0,06. Une élasticité négative signifie que les variables ne varient pas dans le même sens (une augmentation du temps de parcours VP fait baisser le nombre de déplacements). La valeur de 0,06 signifie que la variation du nombre de déplacements est de 0,6% ($0,6\% / 10\% = 0,06$).

L'augmentation du temps a eu pour conséquence une baisse de 22 000 déplacements. Sur ces 22 200 déplacements, 15% se sont reportés sur la MàP, 18% sur les vélos, 61% sur les TC et 6% sur les P+R.

L'élasticité de la demande VP au temps de parcours (-0,06) est assez faible. En général dans les modèles de déplacements une valeur de -0,3 est plutôt visée, même si dans la pratique

le résultat est plus souvent entre -0,15 et -0,2. Cela signifie que dans son état actuel le MMM va avoir tendance à sous réagir aux variations de temps de parcours routiers.

L'élasticité au temps TC est dans les standards habituels (entre -0,5 et -0,6).

Les élasticités Vélo et MâP sont plus élevées (resp. -1,1 et -1,28) ce qui également assez courant, mais cela signifie que ces modes vont être assez sensibles à des variations de leur temps de parcours.

L'analyse des reports sur les tests de temps de parcours montre une capacité du mode VP à absorber les variations sur les autres modes qui est plus élevée que ce qu'on observe dans d'autres modèles (par exemple dans les tests d'augmentation du temps TC de 10% les déplacements ont généralement plus tendance à se reporter vers la MâP et les vélos).

Concernant la pression sur le stationnement, il est plus difficile de comparer avec d'autres modèles, étant donné que ce test n'est pas réalisé de manière systématique. Néanmoins, cette valeur est cohérente avec les ordres de grandeur des cibles pour les élasticités au temps de parcours. Il faut également noter que le fort report vers la MâP s'explique par le fait que cette pression stationnement est utilisée comme un bonus pour l'utilité MâP.

Concernant l'élasticité à la fréquence de desserte, elle est également un peu faible. S'il est naturel que les élasticités des modèles sur ce point soient relativement basses (le modèle ne prend en compte que l'impact sur les temps d'attente, et pas l'augmentation de la capacité globale du système), des valeurs entre 0,4 et 0,6 devraient plutôt être visées.

Le MMM a tendance à sous-réagir aux variations de temps VP et à sur-réagir aux variations de temps Vélo et MâP, même si c'est une tendance largement partagée avec les autres modèles comparables.

Ces valeurs d'élasticités feront l'objet d'une attention particulière pendant le recalage de la demande pour essayer de tendre vers les valeurs cibles.

2.4. Conclusion de l'audit

En conclusion, l'audit a montré que le MMM, dans son état actuel est propre et bien structuré et permet de répondre aux principales attentes attendues d'un modèle stratégique multimodal.

Les analyses ont porté sur un certain nombre de préconisation pour continuer son amélioration.

De plus, il a permis aussi de mettre en évidence les modifications à y apporter afin de répondre aux dernières attentes des partenaires quant à des sujets d'enjeux pour le périmètre, tel que le covoiturage par exemple, pour lequel il n'est actuellement pas configuré.

Ces préconisations n'ont pas été intégrées au modèle lors de cet audit, et seront rediscutées et validées avec les partenaires au cours des étapes propres à chaque thème.

Les zones doivent être chacune homogène c'est-à-dire qu'elles ne doivent pas contenir plusieurs pôles géographiques distincts (un pôle d'habitation d'un côté et un bassin d'emplois de l'autre) car in fine, les déplacements sortants et entrants sur la zone seront tous issus d'un même centroïde représenté par un point.

3.2.2. Découpage

Les zones sont généralement basées soit sur les zones IRIS de l'INSEE, soit sur les zones fines de l'EMC². Ici, ces deux zonages sont très proches. Le périmètre contient 838 IRIS et 872 zones fines.

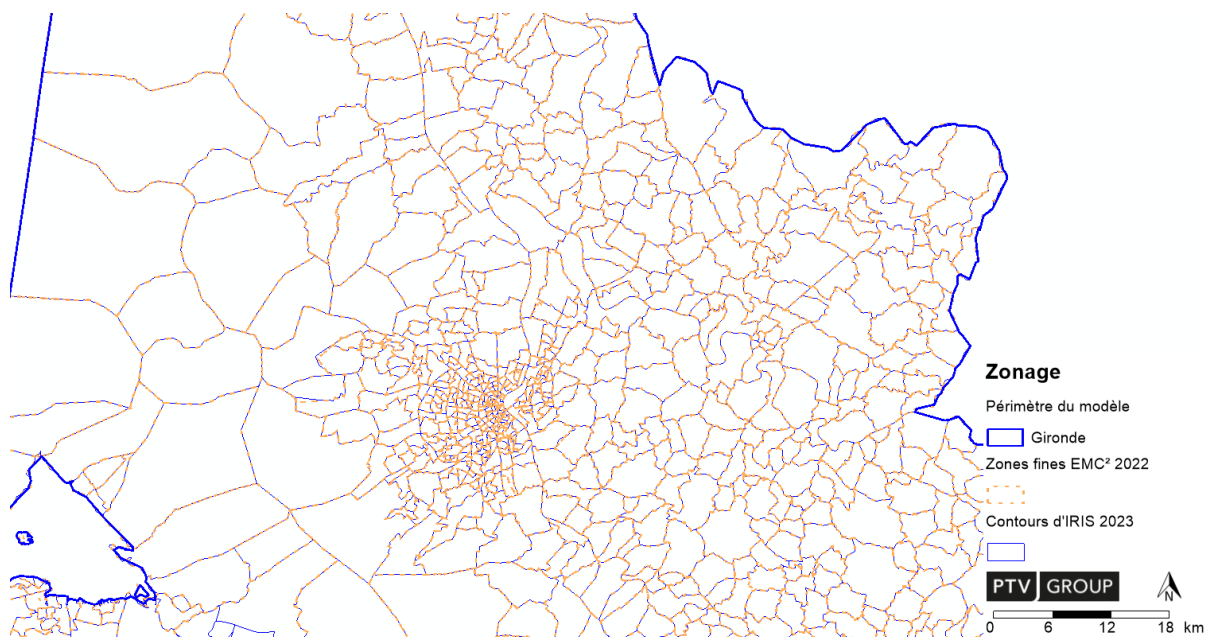


Figure 60 : Comparaison des zonages IRIS et EMC2

Ce nombre de zones est un peu élevé par rapport au nombre de zones finales souhaitées car il faut y ajouter les zones externes et les zones spéciales (P+R, aires de covoiturage).

De plus, en milieu rural, il n'est pas nécessaire de rester aussi fin.

Les choix faits pour le zonage sont donc les suivants :

- Dans la métropole, les zones correspondent aux zones fines de l'EMC² 2022 : 350 zones ;
- Hors métropole, les zones correspondent à des communes ou regroupement de commune (en fonction des enjeux, notamment des lignes express prévues) : 270 zones ;
- Les P+R et aires de covoiturage sont des zones ponctuelles : 185 zones ;
- Les zones externes sont des zones ponctuelles aux entrées et sorties du périmètre : 30 zones.

La carte suivante présente le zonage avec les principaux axes : ferroviaires et lignes de car express prévues.

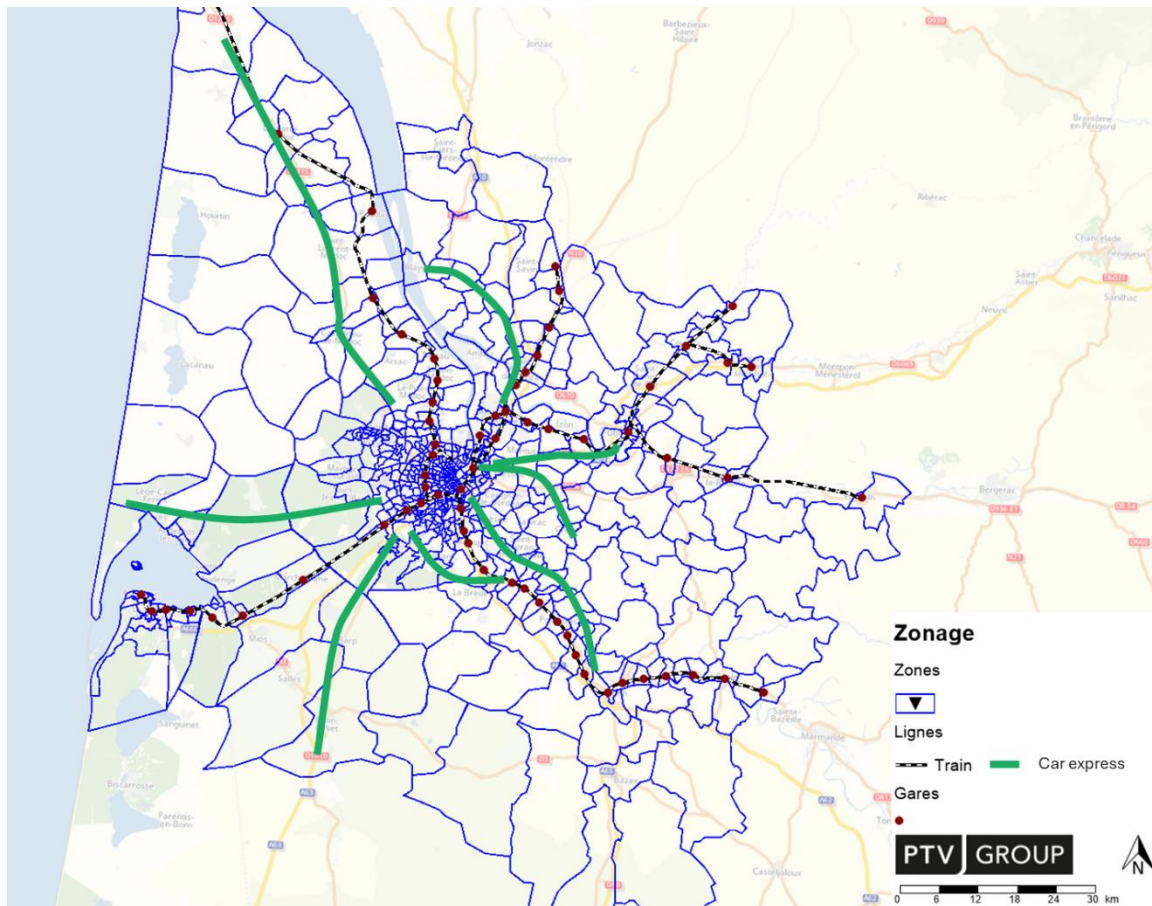


Figure 61 : Zonage du modèle

Le détail de la numérotation des zones est présenté dans le tableau suivant.

Zones		Numéro de zones
Macrozone 1	Bordeaux	1 à 113
Macrozone 2	Métropole	200 à 437
Macrozone 3	Aire d'influence de la métropole	500 à 577
Macrozone 4	Reste du département	600 à 791
Zones externes		800 à 829
Zones P+R		900 à 936
Aires de covoiturage		1000 à 1148

Figure 62 : Numérotation des zones

Les cartes suivantes présentent l'appartenance des zones aux catégories de numérotation.

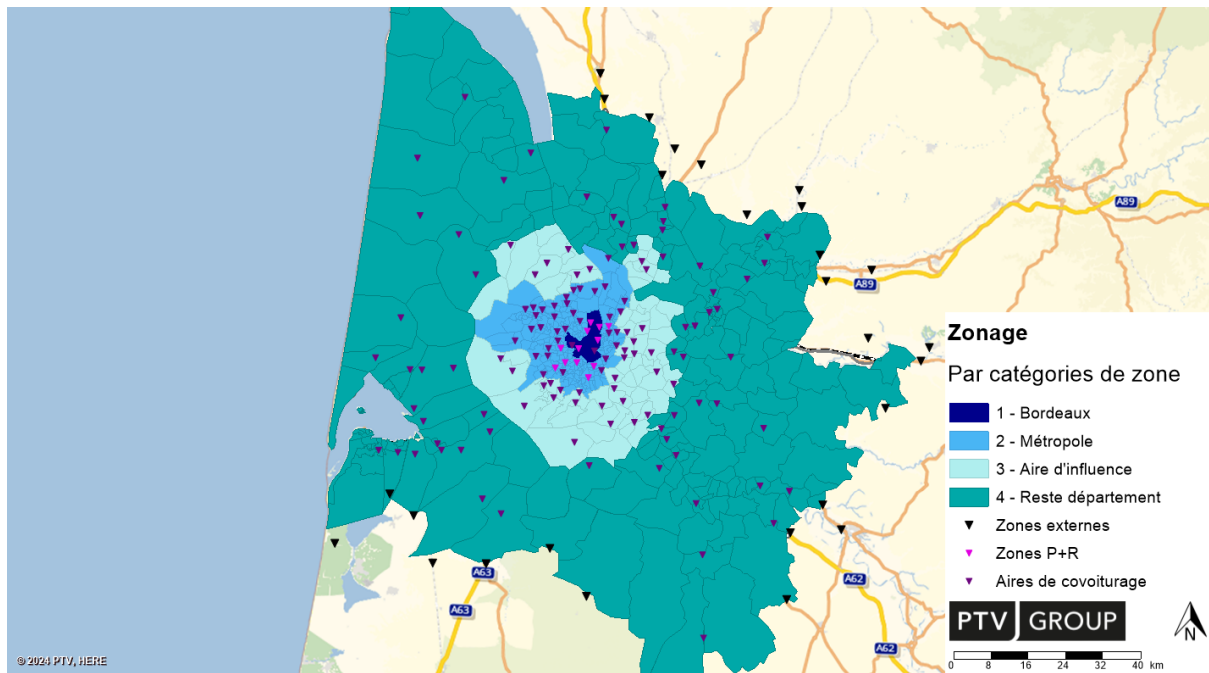


Figure 63 : Carte du zonage selon les catégories de zone

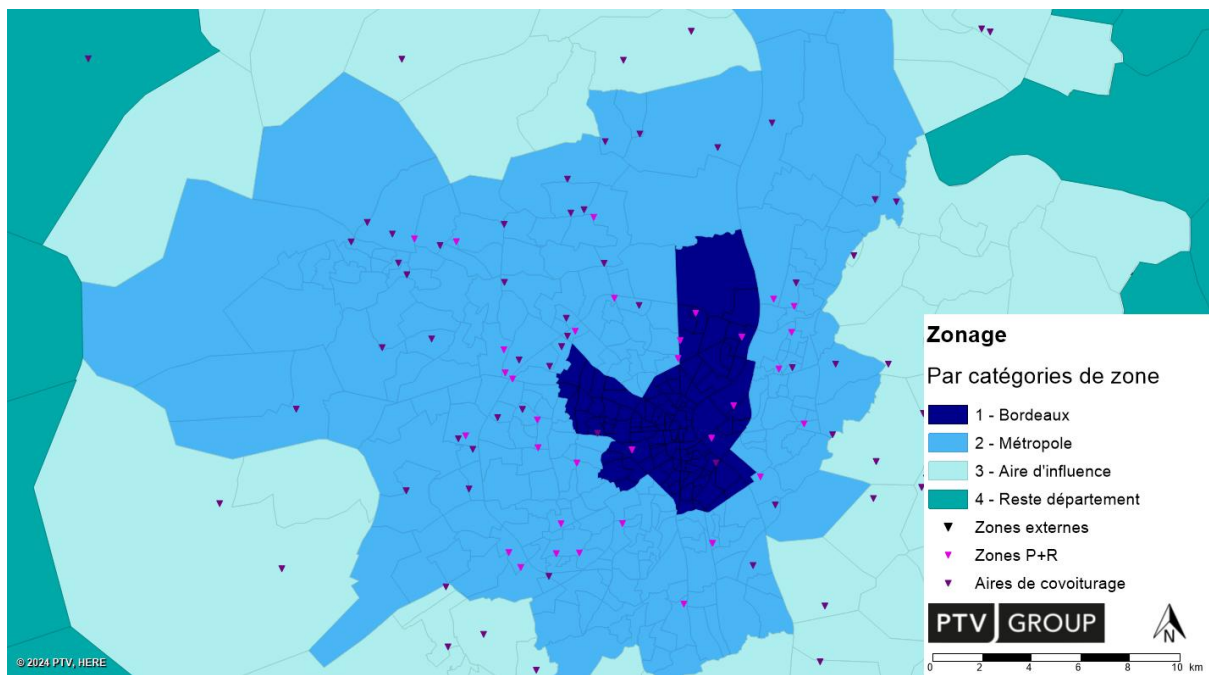


Figure 64 : Carte du zonage selon les catégories de zone - zoom sur la métropole

3.2.3. Les centroïdes

Le positionnement des centroïdes a été calculé automatiquement à partir du nombre d'habitants du carroyage INSEE à 200m. Le centroïde d'une zone est le barycentre des centroïdes des carreaux INSEE pondérés par le nombre d'habitants de chaque carreau.

Cela permet un bon positionnement des centroïdes sur les zones peu denses, par exemple sur la figure suivante.

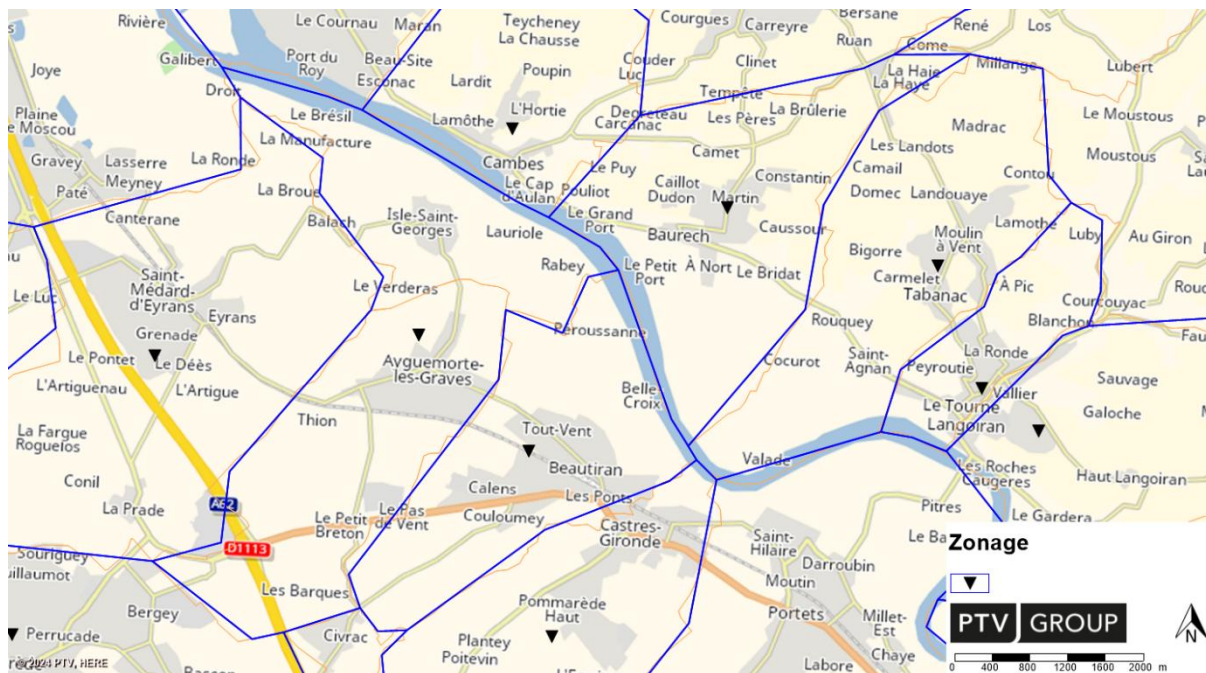


Figure 65 : Exemple de positionnement des centroïdes de zone en secteur peu dense

3.3. Le macrozonage

Le périmètre du modèle est découpé en 5 macrozones suivant le découpage D10 :

- Nord Gironde ;
- Ouest Gironde ;
- Est Gironde ;
- Bordeaux Métropole rive droite ;
- Bordeaux Métropole rive gauche.

Ce macrozonage est utilisé notamment pour calculer les répartitions des groupes selon les classes d'âges et pour représenter certains résultats et indicateurs de manière agrégée territorialement. Il est présenté dans la carte ci-dessous.

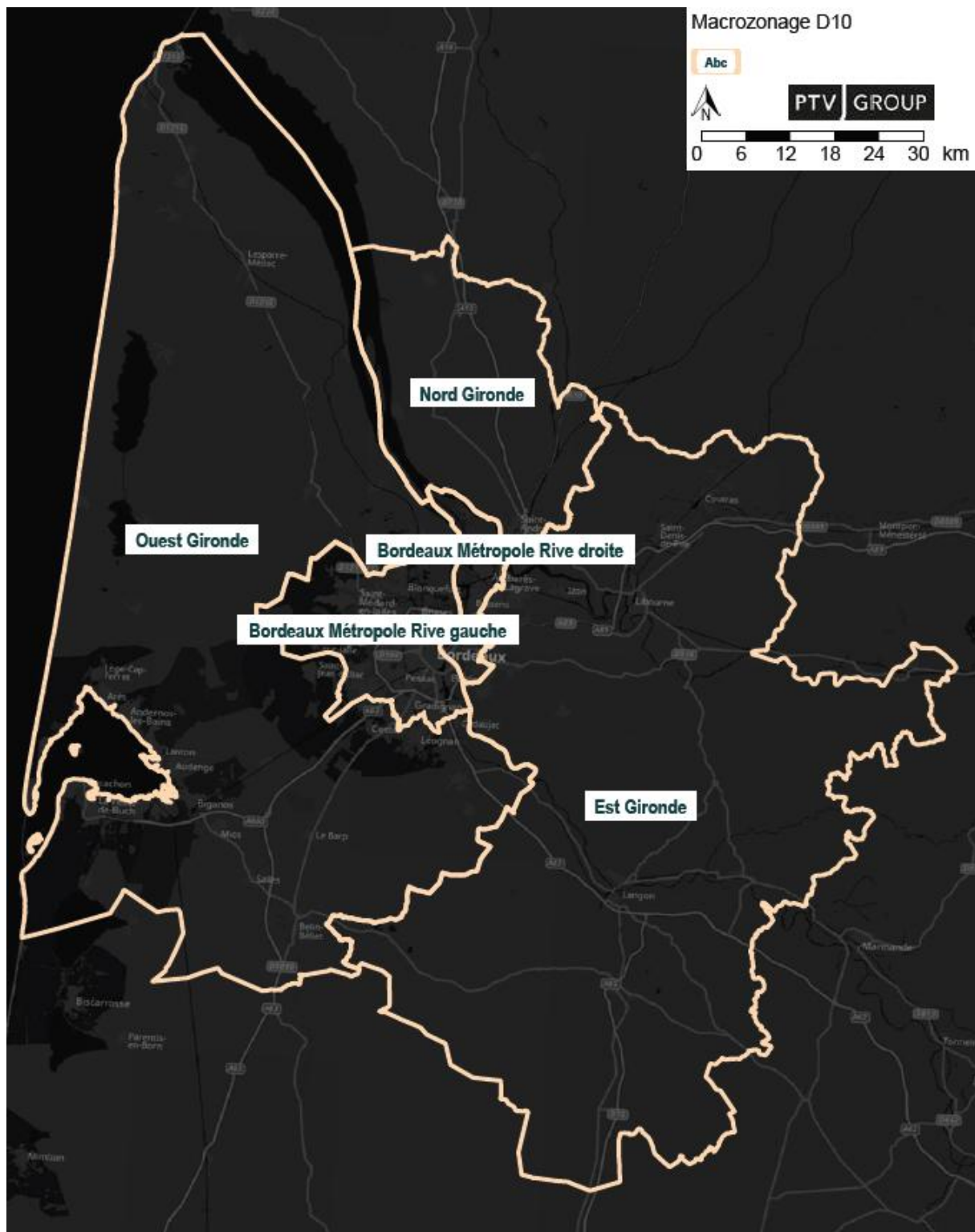


Figure 66 : Macrozonage suivant le découpage D10 (5 macrozones)

4. Modélisation des réseaux

Ce chapitre présente les améliorations apportées au MMM33 pour les différents types de réseaux modélisés.

4.1. Réseau de transport individuel motorisé (TI)

Le réseau de transport individuel motorisé concerne le réseau emprunté par les véhicules motorisés : VL et PL.

4.1.1. Fonctionnement par type de tronçons

Les tronçons du réseau sont classés par typologie, on appelle cela la hiérarchisation. Cela a plusieurs fonctions :

- Tout d'abord une simplification pour l'utilisateur : il existe une petite centaine de types de tronçons, qui correspondent chacun à des caractéristiques propres : niveau de voirie, vitesse, nombre de voies, systèmes de transports autorisés ... Chaque tronçon de réseau appartient à une de ces catégories et la modification de caractéristiques d'une catégorie modifiera l'ensemble des tronçons lui appartenant.
- Ensuite à chaque type de tronçons est associé une courbe débit-vitesse permettant de définir comment évolue la vitesse sur la voirie en fonction de son niveau de saturation.
- Enfin, lors de la hiérarchisation des tronçons, chaque type comporte un rang permettant de gérer les priorités aux carrefours.

La typologie proposée compte actuellement 88 types différents, ce qui laisse la possibilité d'en ajouter si le besoin se présente.

Les cartes suivantes montrent la hiérarchie du réseau.

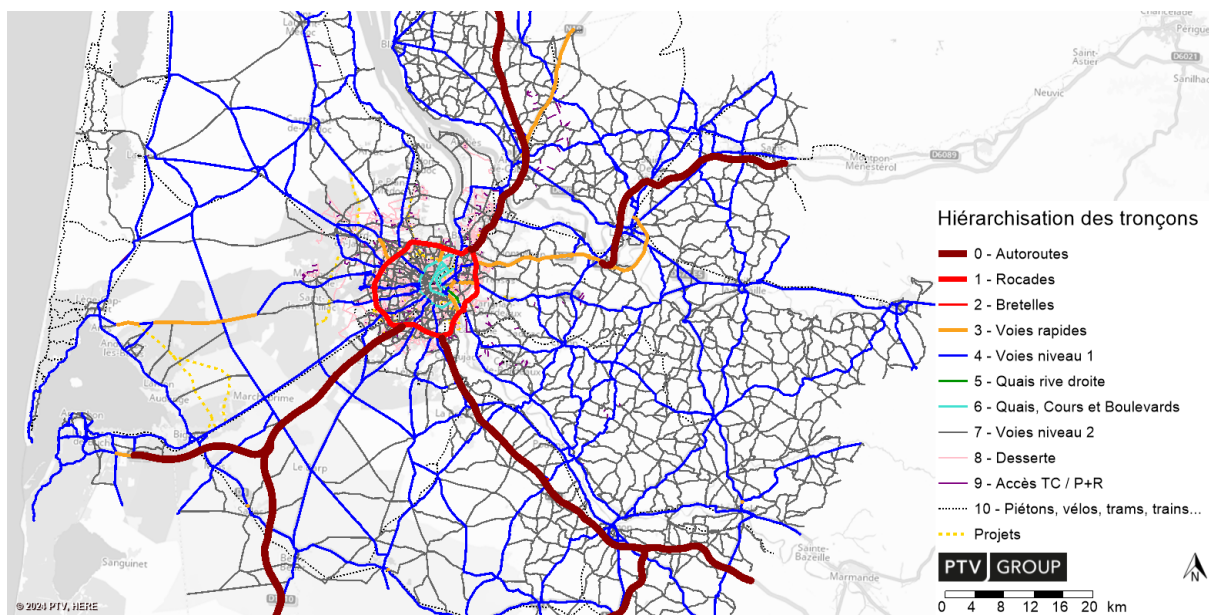


Figure 67 : Carte de la hiérarchisation des tronçons

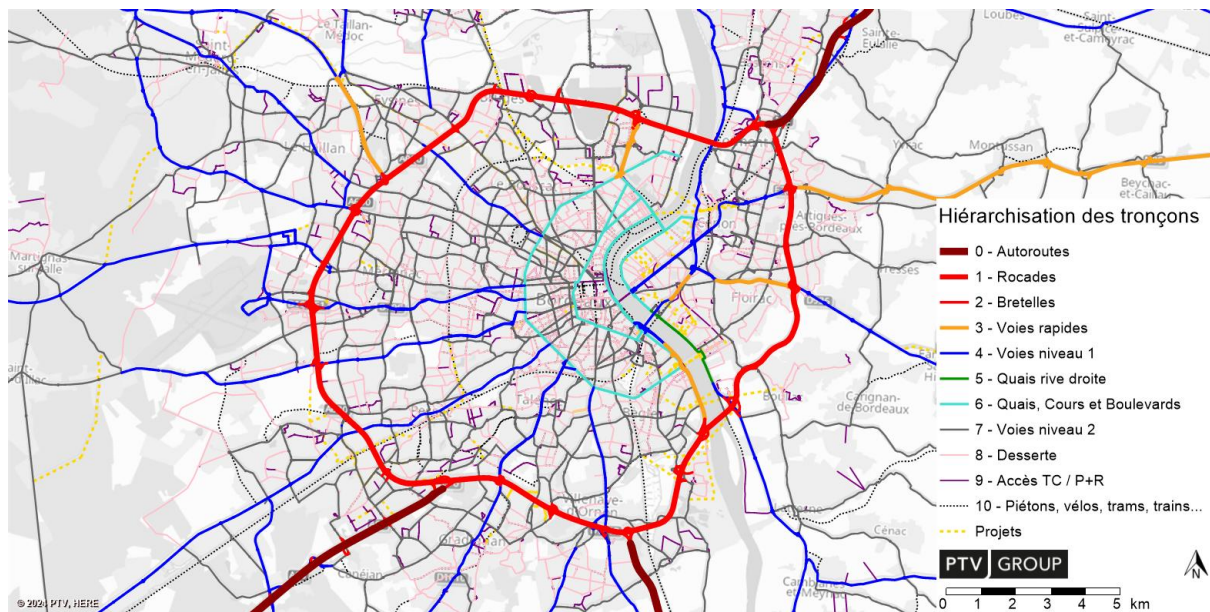


Figure 68 : Carte de la hiérarchisation des tronçons - zoom sur la métropole

Voici le tableau présentant les différents types, leurs caractéristiques ainsi que le nombre de tronçons concernés pour chacun.

Type	Sur-type	Nom	Fonction Débit- vitesse	Rang	Système de transport autorisés	Nombre de voies	Capacité	Vitesse à vide	Nombre de tronçons
0	99		5	99		0	0	0km/h	2087
1	0	Autoroutes 3 voies - 130	1	1	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	3	5400	118km/h	18
2	0	Autoroutes 3 voies - 110	1	2	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	3	5400	100km/h	13
3	0	Autoroutes 2 voies - 130	1	3	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3600	118km/h	93
4	0	Autoroutes 2 voies - 110	1	4	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3600	100km/h	28
5	0	Autoroutes 2 voies - 90	1	5	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3600	80km/h	10
6	0	Autoroutes - Barrière péage	1	6	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3600	40km/h	8
7	0	Autoroutes 4 voies - 110	1	2	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	4	6400	100km/h	1
10	1	Rocade 4 voies - 90	2	10	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	4	5400	86km/h	4
11	1	Rocade 3 voies - 90	2	11	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	3	4800	86km/h	44
12	1	Rocade 3 voies - 70	2	12	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	3	4500	70km/h	5
13	1	Rocade 2 voies - 90	2	13	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3200	86km/h	12
14	1	Rocade 2 voies - 70	2	14	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3200	70km/h	9
21	1	Rocade 4 voies - 90	13	10	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	4	6400	86km/h	9
22	1	Rocade 3 voies - 90	13	11	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	3	5400	86km/h	72
23	1	Rocade 3 voies - 70	13	12	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	3	5400	70km/h	0
24	1	Rocade 2 voies - 90	13	13	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3400	86km/h	4
25	1	Rocade 2 voies - 70	13	14	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3400	70km/h	0
15	2	Bretelles 2 voies - 90	6	99	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	2500	90km/h	22
16	2	Bretelles 2 voies - 70	6	99	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	2500	70km/h	42
17	2	Bretelles 2 voies - 50	6	99	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	2500	50km/h	41
18	2	Bretelles 1 voie - 90	6	99	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	1	1300	90km/h	155
19	2	Bretelles 1 voie - 70	6	99	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	1	1300	70km/h	184
20	2	Bretelles 1 voie - 50	6	99	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	1	1300	45km/h	128
29	3	Voie Rapide 3 voies - 70	7	30	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	3	5400	70km/h	1
30	3	Voie Rapide 3 voies - 90	7	30	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	3	5400	85km/h	4
31	3	Voie Rapide 2 voies - 110	7	31	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3600	105km/h	110
32	3	Voie Rapide 2 voies - 90	7	32	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3600	85km/h	25
33	3	Voie Rapide 2 voies - 70	7	33	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3600	70km/h	25
34	3	Voie Rapide 1 voie - 90	7	34	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	1	1800	85km/h	43
35	3	Voie Rapide 1 voie - 70	7	35	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	1	1800	65km/h	18
36	3	Bretelles Voie Rapide 1 voie - 90	6	36	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	1	1300	80km/h	82
37	3	Bretelles Voie Rapide 2 voies - 70	6	37	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	2600	60km/h	9
38	3	Bretelles Voie Rapide 1 voie - 70	6	38	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	1	1300	60km/h	35
39	3	Bretelles Voie Rapide 2 voies - 50	6	39	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	2600	45km/h	32
40	3	Bretelles Voie Rapide 1 voie - 50	6	40	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	1	1300	45km/h	39
41	3	Giratoire Voie Rapide	7	1	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	4000	40km/h	96
42	3	Voie Rapide 2 voies - 50	7	41	A,B,BHNS,C,P,V,V2+	2	3000	50km/h	11

Type	Sur-type	Nom	Fonction Débit- vitesse	Rang	Système de transport autorisés	Nombre de voies	Capacité	Vitesse à vide	Nombre de tronçons
44	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 80 - réservée VR2+	3	58	A,B,BHNS,C,MaP,R,V2+	1	1600	80km/h	0
45	4	Voie structurante Niveau 1 - 2 voies - 90	3	45	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	2600	90km/h	41
46	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 90	3	46	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	1600	90km/h	441
47	4	Voie structurante Niveau 1 - 2 voies - 80	3	47	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	2600	80km/h	101
48	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 80	3	48	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	1600	80km/h	2602
49	4	Voie structurante Niveau 1 - 3 voies - 70	3	49	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	3	3600	70km/h	7
50	4	Voie structurante Niveau 1 - 2 voies - 70	3	50	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	2600	70km/h	48
51	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 70	3	51	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	1600	70km/h	1255
52	4	Voie structurante Niveau 1 - 3 voies - 50	8	52	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	3	3000	48km/h	11
53	4	Voie structurante Niveau 1 - 2 voies - 50	8	53	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	2200	48km/h	392
54	4	Voie structurante Niveau 1 - 2 voies - 30	8	54	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	2200	30km/h	31
55	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 50	8	55	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	1200	48km/h	6058
56	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 30	8	56	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	1200	30km/h	630
57	4	Giratoire Voie structurante Niveau 1	8	1	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	4000	30km/h	1466
58	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 70 - réservée VR2+	3	58	A,B,BHNS,C,MaP,R,V2+	1	1400	60km/h	0
59	4	Voie structurante Niveau 1 - 1 voie - 50 - réservée VR2+	8	59	A,B,BHNS,C,MaP,R,V2+	1	1200	43km/h	16
60	5	Quais Rive Droite 1 voie	3	60	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	900	50km/h	68
61	5	Quais Rive Droite 2 voies	3	61	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	1600	50km/h	35
62	6	Boulevards 2 voies	8	62	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	1800	48km/h	133
63	6	Boulevards 1 voie	8	63	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	1100	48km/h	398
64	6	Quais 3 voies	5	64	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	3	2200	42km/h	21
65	6	Quais 2 voies	5	65	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	1500	42km/h	76
66	6	Quais 1 voie	5	66	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	800	42km/h	227
67	6	Cours 2 voies - 50	8	67	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	1800	45km/h	12
68	6	Cours 1 voie - 50	8	68	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	900	45km/h	276
69	6	Cours 1 voie - 30	8	69	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	900	30km/h	13
70	7	Voie structurante Niveau 2 - 2 voies - 70	4	73	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	1800	60km/h	17
71	7	Voie structurante Niveau 2 - 1 voie - 90	4	71	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	900	80km/h	24
72	7	Voie structurante Niveau 2 - 1 voie - 80	4	72	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	900	70km/h	5374
73	7	Voie structurante Niveau 2 - 1 voie - 70	4	73	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	900	60km/h	838
74	7	Voie structurante Niveau 2 - 2 voies - 50	9	74	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	1600	45km/h	401
75	7	Voie structurante Niveau 2 - 1 voie - 50	9	75	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	800	40km/h	15172
76	7	Voie structurante Niveau 2 - 1 voie - 30	9	76	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	800	30km/h	3138
77	7	Giratoire Voie structurante Niveau 2 - 2 voies - 40	9	1	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	3000	30km/h	2123
80	8	Desserte 2 voies - 40	5	80	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	2	1200	35km/h	17
81	8	Desserte 1 voie - 40	5	81	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	600	30km/h	10262
82	8	Desserte 1 voie - 30	5	82	A,B,BHNS,C,MaP,R,V,V2+	1	300	25km/h	15
83	8	Giratoire desserte	5	1	A,B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	1500	25km/h	502
86	11	Desserte 1 voie - TC - Voie vélo	5	86	A,B,BHNS,C,MaP,R	1	600	40km/h	3127
87	9	Accès P+R	1	87	B,BHNS,C,MaP,P,R,V,V2+	1	600	30km/h	74
89	10	Passage piéton, interdit aux cyclistes	5	89	MaP	1	300	30km/h	642
90	10	Zone piétonne / Aménagement Cyclable	5	90	MaP,R	1	300	30km/h	9572
91	10	Correspondance MaP-TC	5	91	M	1	99999	50km/h	12
93	11	Autocar voie supplémentaire	5	93	A,B,BHNS,C,MaP,R	1	300	50km/h	289
94	12	Tram	5	1	T	1	99999	50km/h	430
95	13	Train	5	1	TR,U	1	99999	50km/h	146
96	14	Navette fluvial	5	96	N	1	99999	50km/h	40
97	14	Téléphérique	5	97	T	1	99999	50km/h	0
98	14	BAC	5	98	MaP,P,R,V,V2+	1	100	13km/h	2
99	99	Projets Routier-TC	5	99	A,B,BHNS,C,N,T,TR,U	0	0	0km/h	1212

Figure 69 : Liste des typologies de tronçons

A noter les types 44, 58 et 59 correspondent à des voies réservées aux voitures avec au moins 2 personnes : les systèmes de transport V (voiture) et P (poids-lourds) n'y sont pas autorisés, ils sont notamment utilisés dans les scénarios prospectifs.

Les vitesses à vide sont parfois plus basses que les vitesses limites autorisées afin de mieux représenter les temps de parcours réels observés.

Voici la signification des codes de systèmes de transport :

Code	Nom	Modes
A	Autocar	TC
B	Bus	TC
BHNS	BHNS	TC
C	Car Express	TC
M	Marche à pied d'accès aux TC	TC
N	Navette	TC
U	Métro	TC
T	Tram	TC
TR	Train	TC
MaP	Marche à pied	MaP
P	Poids-lourds	P
R	Vélo	R
V	Voiture	VPCond, VPPass, P+R
V2+	Voiture avec passager(s)	VP2+

Figure 70 : Systèmes de transport intégrés dans le modèle

4.1.2. Calage des temps de parcours

Le réseau de transport individuel doit permettre de reproduire des temps de parcours corrects. Cela garantit que les courbes débit-vitesses notamment reproduisent bien la réalité de ce qui se passe dans le réseau sur les différents types de voiries. Cela permet également de contrôler le codage de la voirie ainsi que des pénalités aux carrefours.

Afin de caler les temps de parcours, 5 itinéraires aller-retour ont été comparés entre données observées (source TomTom 2021 et 2023) et données modélisées. Ces itinéraires recouvrent les principales pénétrantes et différents types de voirie, ils sont présentés dans les cartes suivantes.

Les requêtes TomTom réalisées sont les suivantes :

- 3 derniers mois de 2021 (hors WE, vacances scolaires, 11 et 12 novembre)
- 3 derniers mois de 2023 (hors WE, vacances scolaires et 11 novembre)
- temps de parcours en heures creuses (20h-6h)
- temps de parcours en heure de pointe matin (8h-9h)
- temps de parcours en heure de pointe du soir (17h-18h).

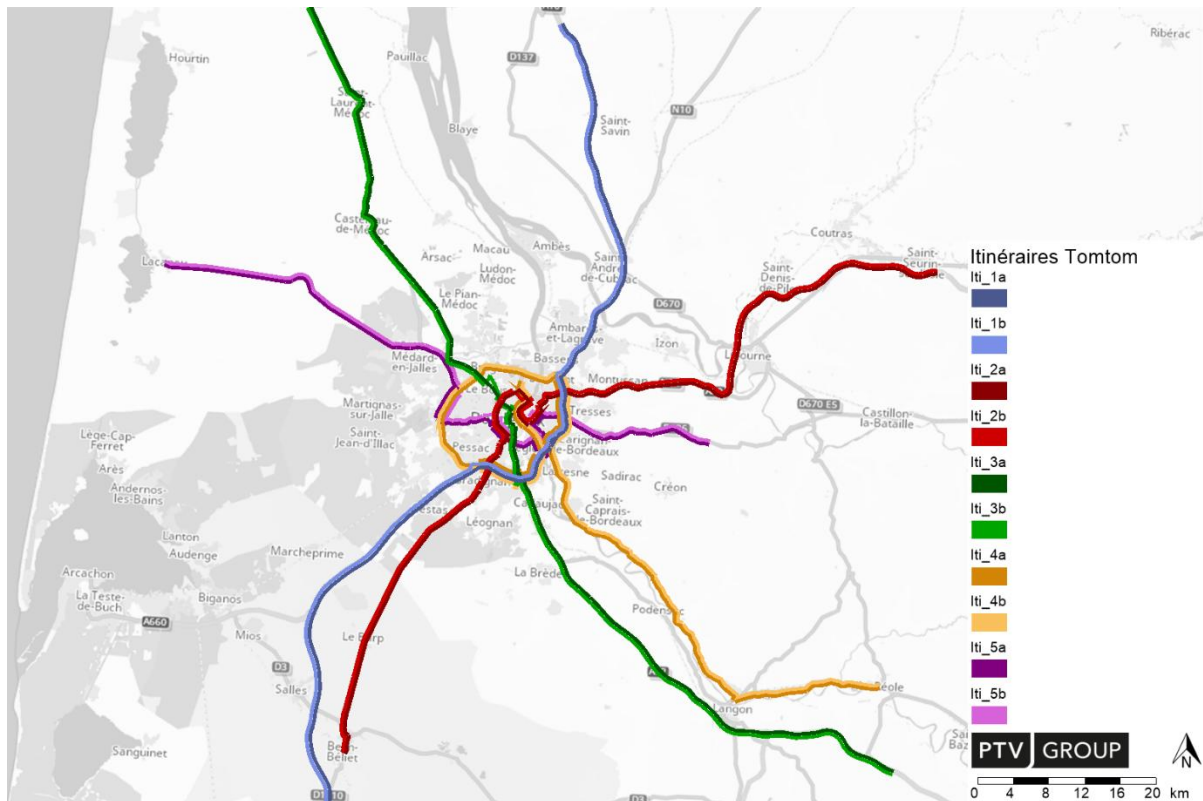


Figure 71 : Itinéraires TomTom utilisés pour le calage des temps de parcours

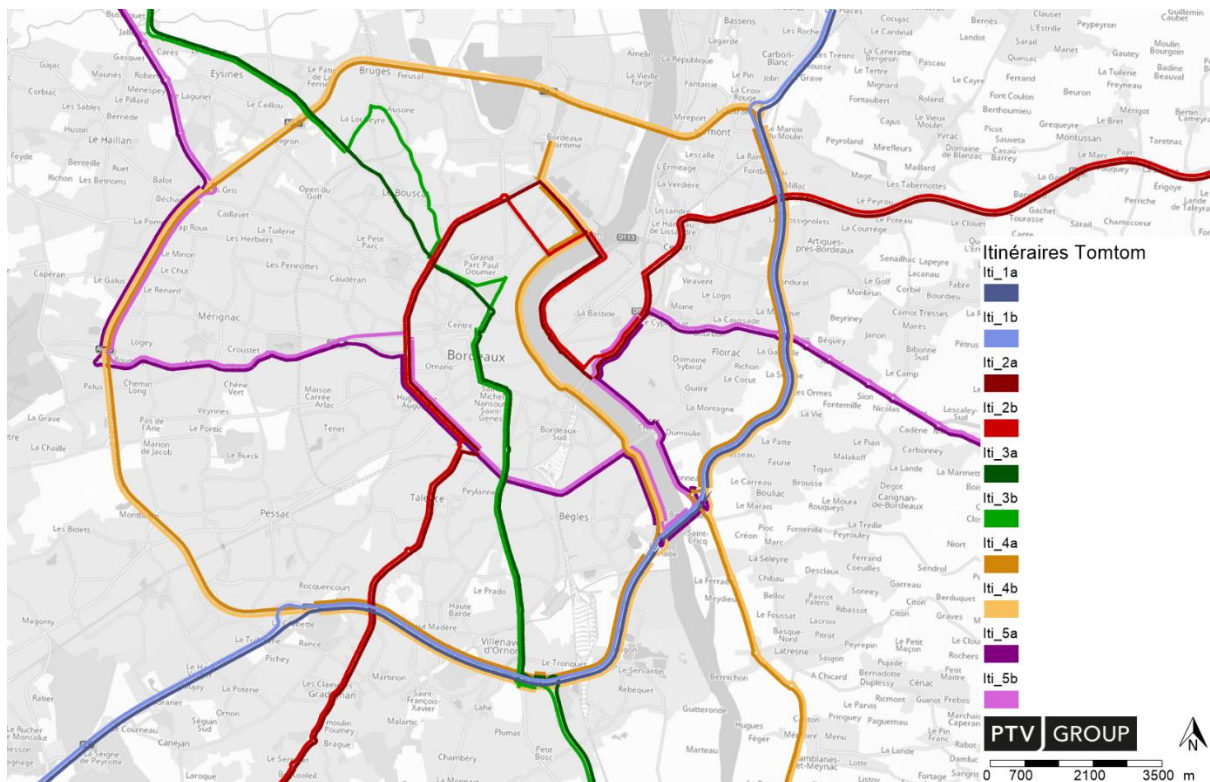


Figure 72 : Itinéraires TomTom utilisés pour le calage des temps de parcours : zoom sur la métropole

Les temps reproduits par le modèle sont satisfaisants en 2021 comme en 2023 avec moins de 10% d'écart sur chaque itinéraire en temps cumulé (seuil accepté à 15%). Voici le détail.

		TomTom	Modèle	écart
		temps à vide (min)		
A63 - A10 par périph Est	Itinéraire 1a	63	58	-7%
A10 - A63 par périph Est	Itinéraire 1b	58	55	-5%
D1010 - A89 par Bvds Nd	Itinéraire 2a	99	103	5%
A89 - D1010 par Bvds Nd	Itinéraire 2b	100	106	6%
A62 - D1215 par Cours	Itinéraire 3a	104	108	4%
D1215 - A62 par Cours	Itinéraire 3b	108	111	3%
Quais - D1113 tour périph	Itinéraire 4a	98	99	1%
D1113 - Quais tour périph	Itinéraire 4b	97	98	1%
D6 - D936 par Bvds Sud	Itinéraire 5a	85	91	6%
D936 - D6 par Bvds Sud	Itinéraire 5b	84	87	4%

Figure 73 : Comparaison des temps à vide TomTom et modèle 2021

		TomTom	Modèle	écart
		temps à vide (min)		
A63 - A10 par périph Est	Itinéraire 1a	64	58	-8%
A10 - A63 par périph Est	Itinéraire 1b	59	55	-6%
D1010 - A89 par Bvds Nd	Itinéraire 2a	101	104	3%
A89 - D1010 par Bvds Nd	Itinéraire 2b	103	106	3%
A62 - D1215 par Cours	Itinéraire 3a	106	108	1%
D1215 - A62 par Cours	Itinéraire 3b	110	111	2%
Quais - D1113 tour périph	Itinéraire 4a	99	100	1%
D1113 - Quais tour périph	Itinéraire 4b	98	99	1%
D6 - D936 par Bvds Sud	Itinéraire 5a	87	91	5%
D936 - D6 par Bvds Sud	Itinéraire 5b	86	88	3%

Figure 74 : Comparaison des temps à vide TomTom et modèle 2023

Des graphes permettent de visualiser les éventuels écarts, ils sont disponibles en annexe 17.1.

4.1.3. Courbes débit-vitesse

9 courbes débit-vitesse sont utilisées pour caractériser les différents types de voiries. Les courbes débit-vitesse définies sont dites biunivoques : à une charge donnée est associée une seule vitesse et inversement. Voici leur représentation dans la figure suivante.

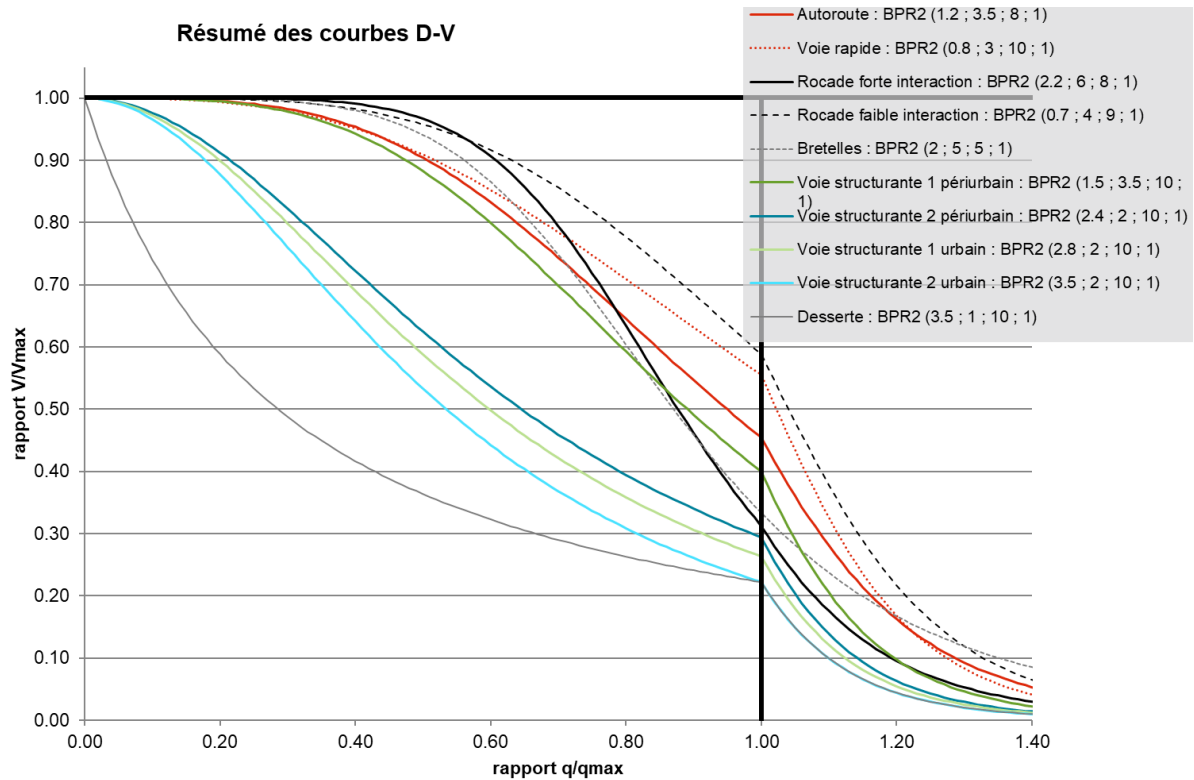


Figure 75 : Courbes débit-vitesse du modèle

Il s'agit de courbes BPR2, dont la vitesse diminue plus rapidement une fois la saturation atteinte. Le débit de véhicule est encore possible après saturation pour éviter que la vitesse devienne nulle, ce qui produirait des temps de parcours trop longs (infinis) et ainsi des effets de seuil indésirables.

Il est à noter que deux courbes débit-vitesse sont définies pour la rocade, afin de mieux reproduire les différences de comportements observées : facilités d'insertion et probabilité de congestion variables selon la proximité des échangeurs, longueurs de voies d'insertion, etc. La carte suivante présente les localisations des deux états sur la rocade.

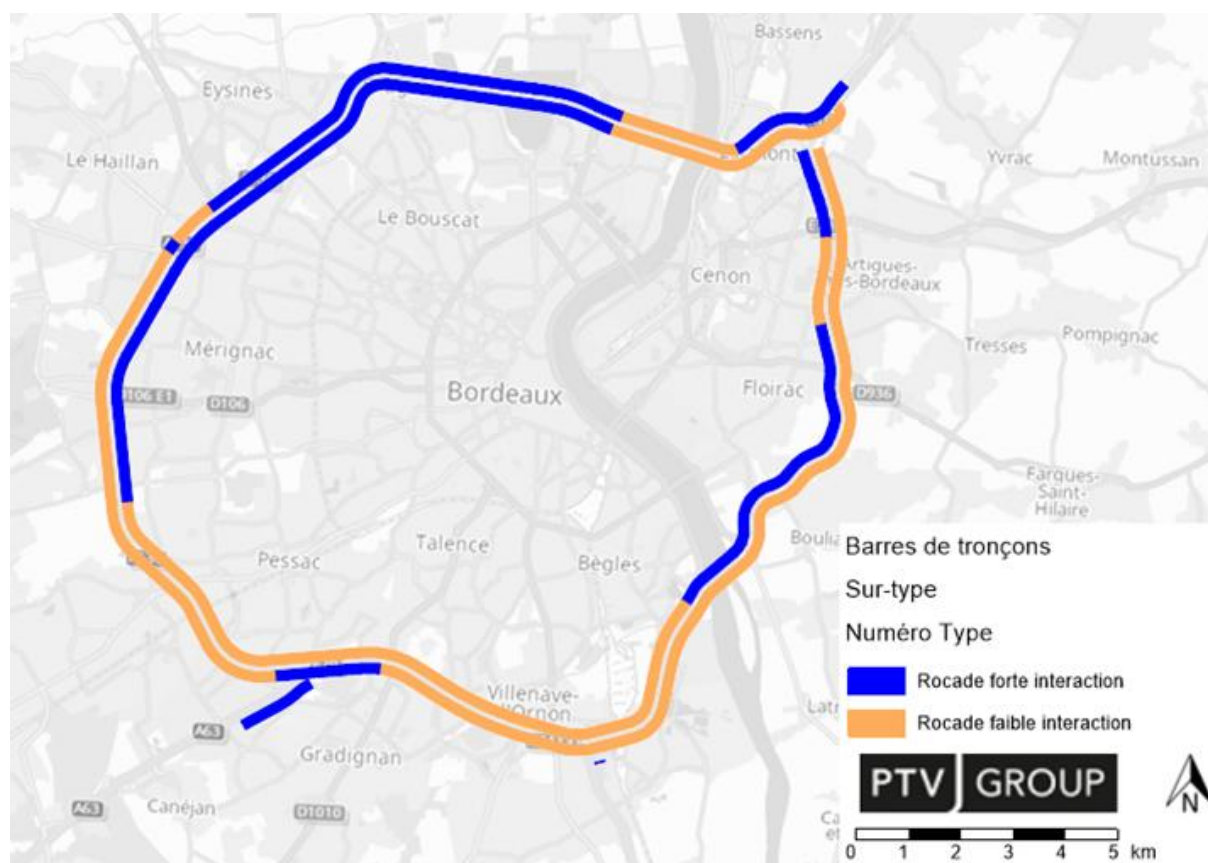


Figure 76 : Distinction des types d'interaction sur la rocade bordelaise

4.1.4. Pénalités aux carrefours

Les temps de traversées des carrefours sont dans le modèle pris en compte sous formes de pénalités forfaitaires et ne tiennent pas compte des flux en présence : les pénalités réseau à vide sont les mêmes que les pénalités réseau chargé. Cette pénalité est définie en fonction des éléments suivants :

- Type de carrefour, qui renseigne sur le type et la taille de régulation ;
- Le type de mouvement et sa hiérarchie.

Le traitement des carrefours a été mis à jour lors du calage des temps à vide et les pénalités ont été adaptées au réseau. Notamment pour les carrefours tram, en fonction du nombre de feux traversés par un véhicule sur le même carrefour, les temps sont abaissés pour ne reproduire que l'effet d'un temps long au premier feu, puis plus de temps de feu dans le même carrefour.

Les pénalités suivantes sont retenues selon les types de carrefours et types de mouvements.

Type de carrefour	Type de nœud	P->P				P->S				S->P				S->S			
		tad	td	tag	dt	tad	td	tag	dt	tad	td	tag	dt	tad	td	tag	dt
Inconnu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Giratoire	10	0	0	0	10	0	0	0	0	5	5	5	10	0	0	0	0
Feux	20	5	10	15	10	10	12	15	20	12	15	20	20	12	15	20	20
Feux tram	30	10	15	20	20	15	17	20	20	17	20	25	20	17	20	25	20
Cédez-le-passage	31	0	0	0	0	5	5	5	25	7	12	15	25	10	20	25	25
Feux tram (pls tout droit)	34	10	15	10	30	10	20	10	30	17	20	15	30	17	10	15	30
Feux multiples (tram)	35	7	7	7	10	10	5	7	10	5	5	10	10	17	10	25	30
Voies d'insertions	41	0	0	0	10	5	5	5	5	10	10	10	10	0	0	0	0
Carrefour modes doux	51	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Figure 77 : Pénalités par défaut aux mouvements tournants

P	Voie Principale
S	Voie Secondaire
tad	tourne à droite
td	tout droit
tag	tourne à gauche
dt	demi-tour

Figure 78 : Définition des mouvements

Les pénalités par défaut sont appliquées sur l'ensemble du réseau de manière automatique au début des calculs selon la définition des types de nœuds.

Pour les voies d'insertion, une pénalité supplémentaire est calculée en fonction de la charge, via l'utilisation d'une courbe débit-vitesse, lorsque la charge dépasse la capacité d'écoulement du tronçon aval, afin d'aider dans la reproduction des temps de parcours fortement impactés par la congestion.

Les carrefours à feux (types de nœuds) ont été mis à jour sur la base des positions de carrefours à feux disponibles sur l'OpenData de Bordeaux Métropole, telles que présentées dans la carte ci-dessous.

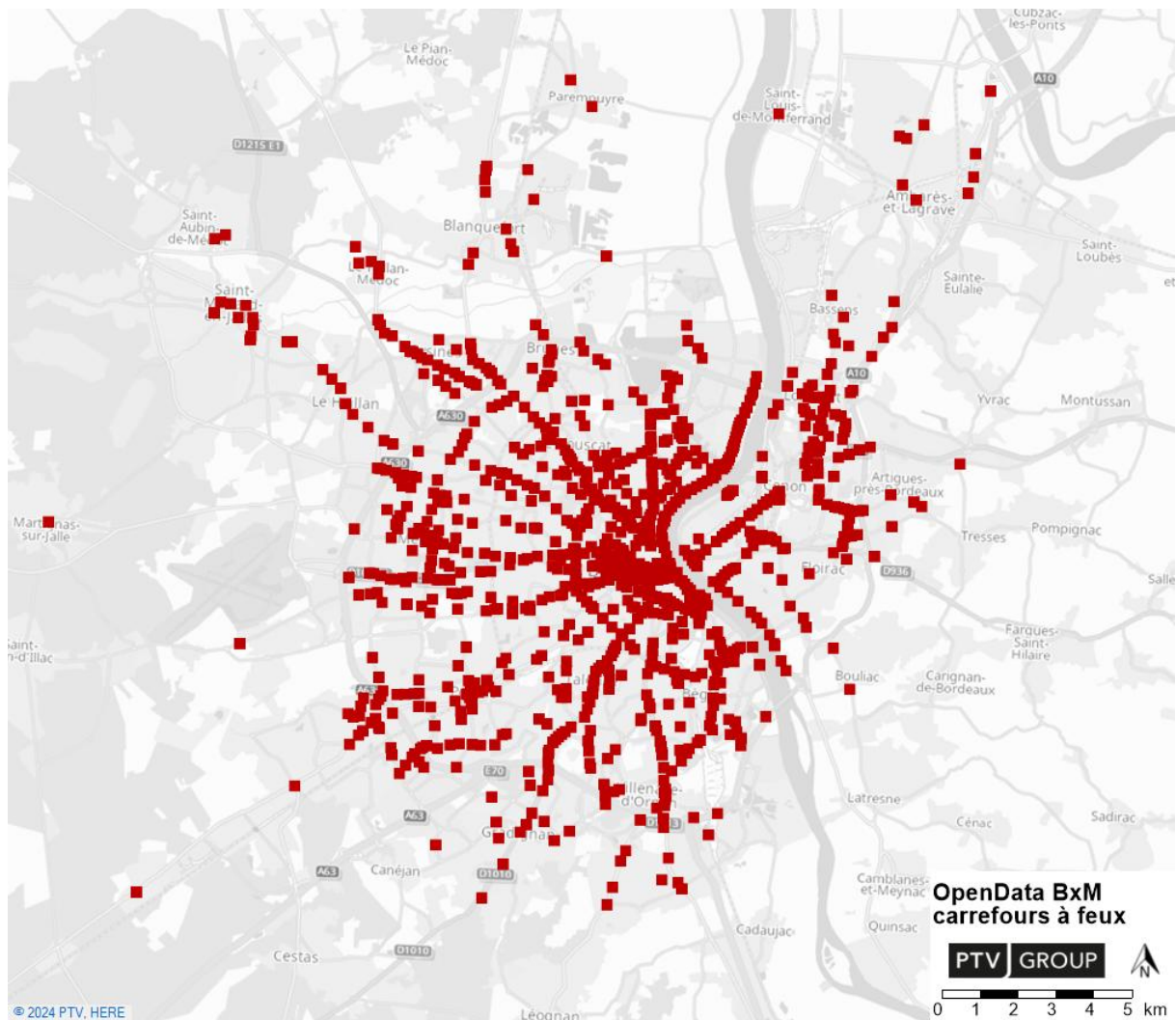


Figure 79 : Position des carrefours à feux dans l'OpenData de Bordeaux Métropole

La mise à jour des carrefours dans le modèle se traduit par des modifications de types de nœuds :

- Activation : des nœuds ayant des types hors carrefours à feux sont passés en type 20, 30, 34 ou 35 selon leur configuration ;
- Désactivation : des nœuds ayant des types de carrefours à feux sont passés en type hors carrefours à feux.

Le positionnement des nœuds activés ou désactivés est présenté dans la carte ci-dessous.

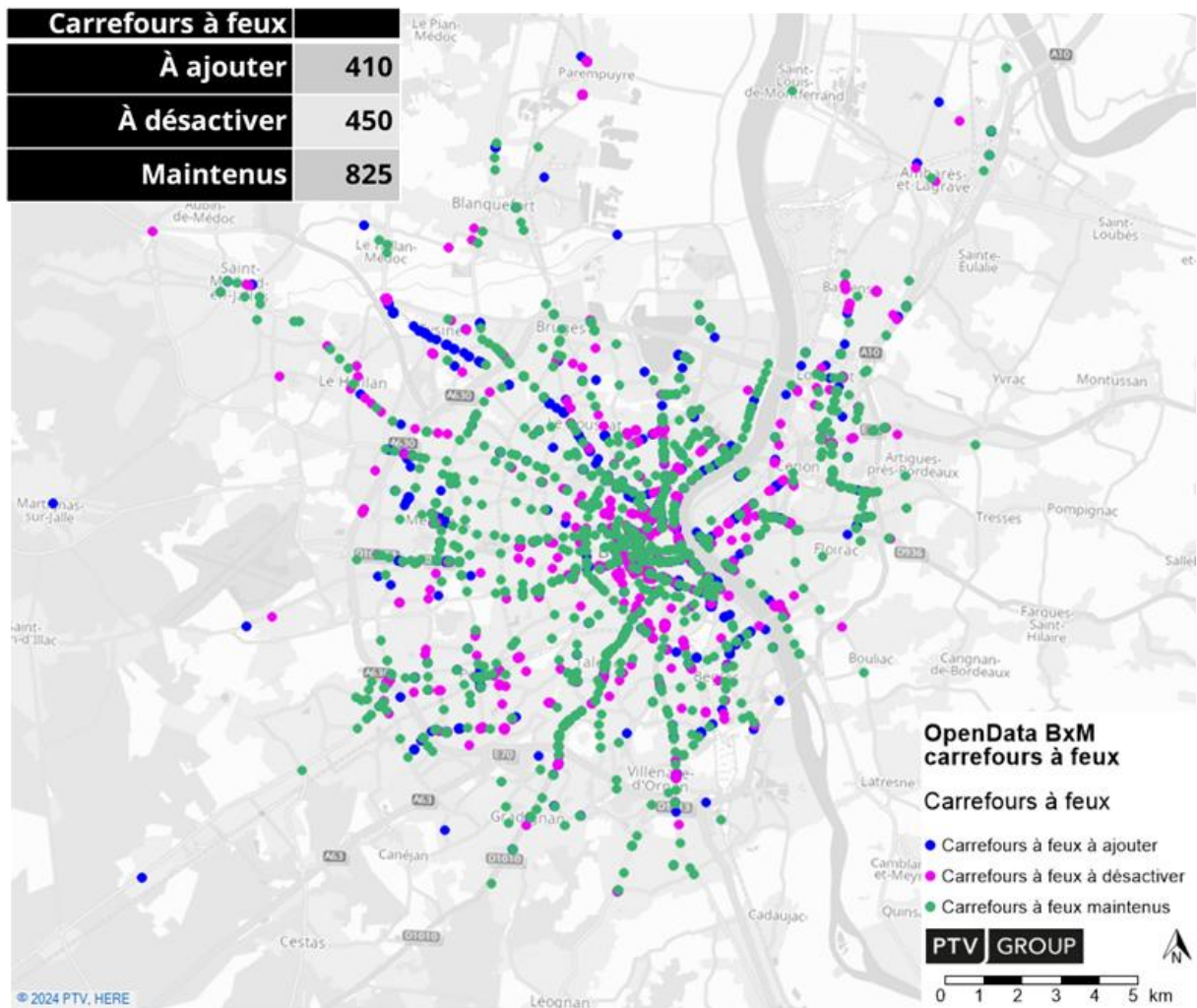


Figure 80 : Position des carrefours modifiés dans le MMM33

Les autres types d'intersection n'ont pas été mis à jour étant donné l'absence de source de données permettant la mise à jour.

4.1.5. Connecteurs TI

Chaque zone du modèle est reliée au réseau TI par des connecteurs. Un connecteur est un lien entre un centroïde et un nœud ordinaire du réseau, représentant les différents chemins possibles à l'intérieur d'une zone pour rejoindre le réseau modélisé. Plusieurs connecteurs sont souvent nécessaires pour relier une zone donnée au réseau.

Il existe 1293 connecteurs ouverts aux VP (dans les deux sens) pour 835 zones, cela représente à peu près 1.5 connecteurs VP par zone. La longueur des connecteurs varie entre 0 et 11 km.

La grande majorité ont des longueurs courtes (médiane à 290 mètres) car le réseau est rapidement accessible en voiture. Cependant, pour les zones plus rurales dans lesquelles le réseau est moins maillé, les connecteurs peuvent être plus longs. Cela arrive également lorsqu'une zone rurale contient plusieurs polarité (le cas est rare) et que les connecteurs arrivent dans ces différents lieux. La carte suivante illustre un exemple.

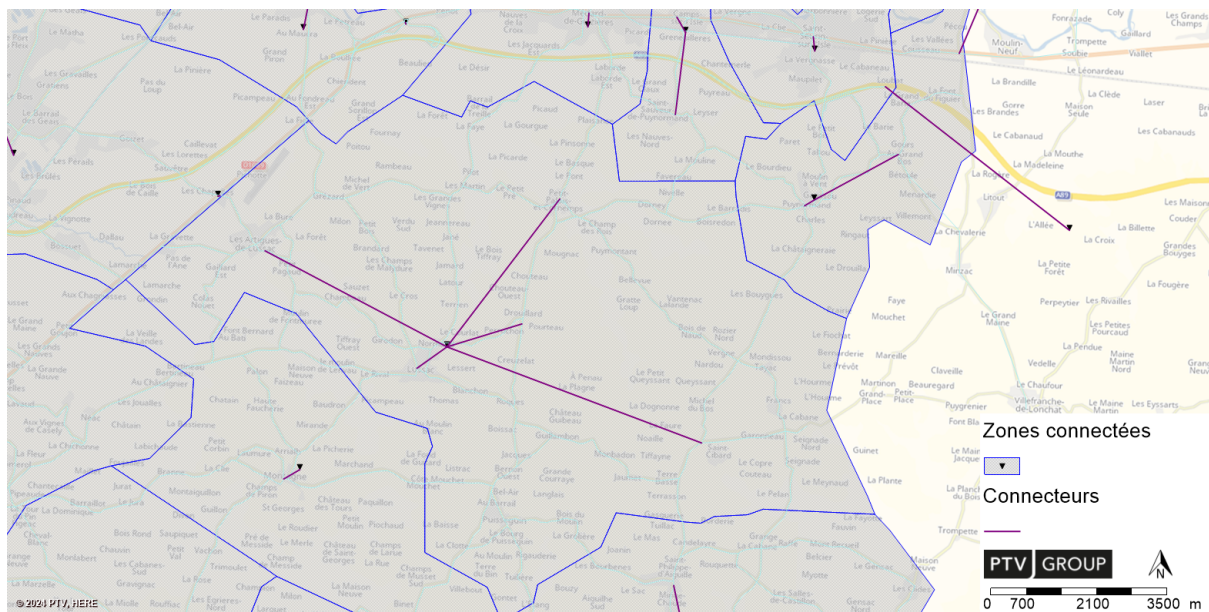


Figure 81 : Exemple de zone avec plusieurs polarités

Une vitesse unique par système de transport est utilisée :

- Marche à pied : 4 km/h ;
- Vélo : 12 km/h ;
- Voiture et Poids Lourd : 20 km/h.

Ces valeurs sont issues de notre expérience dans différents modèles et servent de point de départ avant d'être modifiées ponctuellement et localement sur certains connecteurs lors du calage du choix modal et des affectations.

La capacité est infinie sur les connecteurs, les phénomènes de congestion ne sont donc pas représentés sur la voirie locale à l'intérieur des zones.

4.1.6. Péages

Il existe plusieurs routes à péage sur le périmètre (A10, A62, A65 et A89). Les valeurs de péages sont renseignées sur les tronçons et dépendent du type de véhicules (VL ou PL). Les valeurs correspondent aux prix 2024.

La carte suivante présente les routes à péages du périmètre du MMM33.

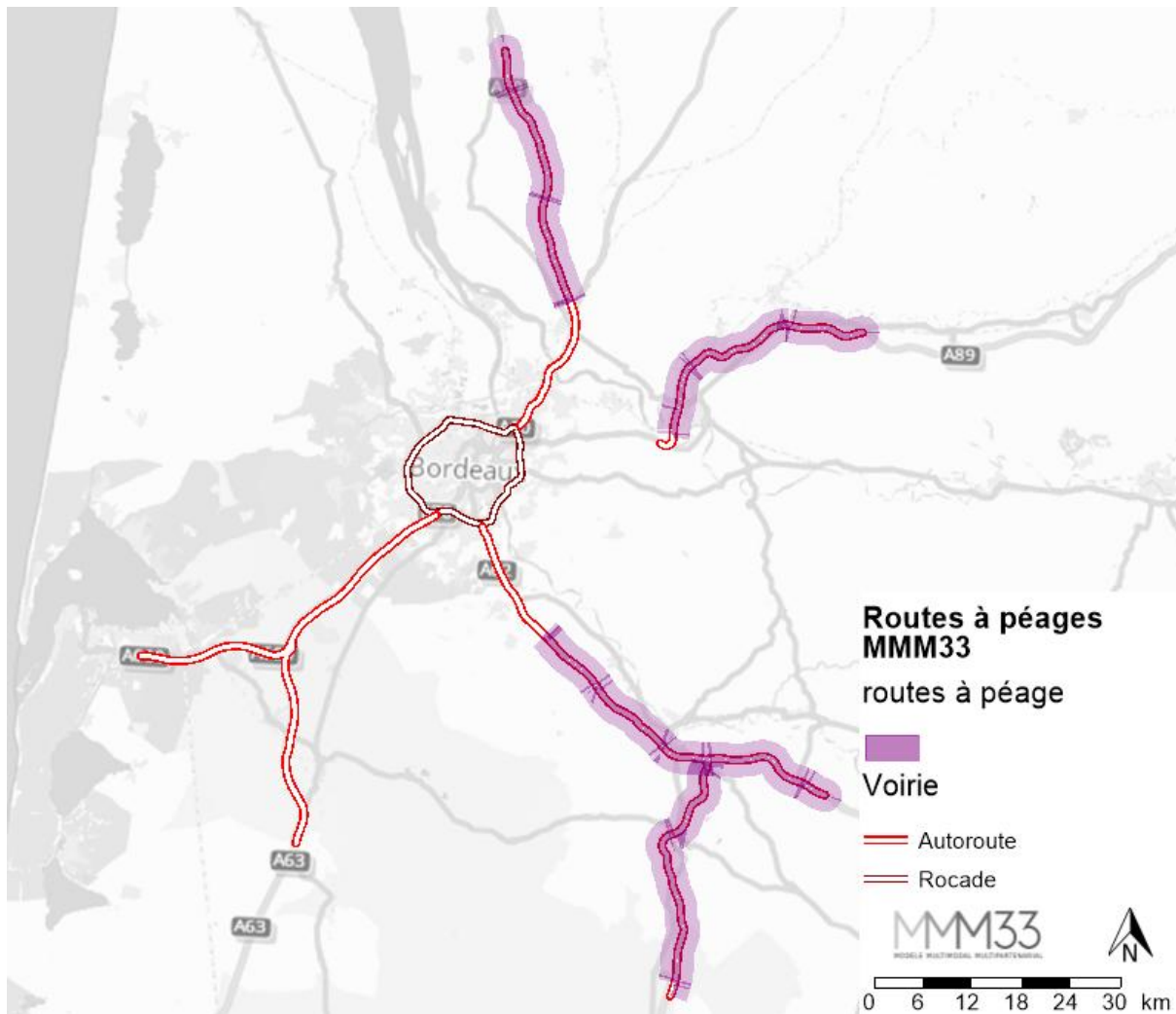


Figure 82 : Routes à péage du MMM33

Des valeurs du temps sont attribuées pour chaque segment de la demande pour le calcul du temps généralisé (cf. chapitre sur l'affectation TI 11.2.1).

4.1.7. Stationnement

Les contraintes liées au stationnement (payant ou gratuit, difficulté de trouver une place : forte demande ou faible offre, etc.) sont renseignées sous forme de pénalités forfaitaires dans un attribut zonal.

Anciennement, cette pénalité était calculée selon la méthode CERTU qui se base sur des questions spécifiques de l'EMC². La mise à jour de cette formule n'est pas possible à partir de la nouvelle enquête et ne donne pas de résultat satisfaisant :

- Evolution de la contrainte entre 2009 et 2021 incohérente ;
- Pas de prise en compte directe du secteur payant ;
- Difficulté de mise à jour en situation prospective.

La pénalité est mise à jour dans le MMM33 en se basant sur des données d'entrée présents sur les zones et évolutives dans le temps :

- Population, nombre d'emplois et effectifs étudiants ;
- Secteur payant (attribut utilisateur de zone).

La carte suivante présente la contrainte de stationnement mise à jour pour l'horizon de calage 2021.

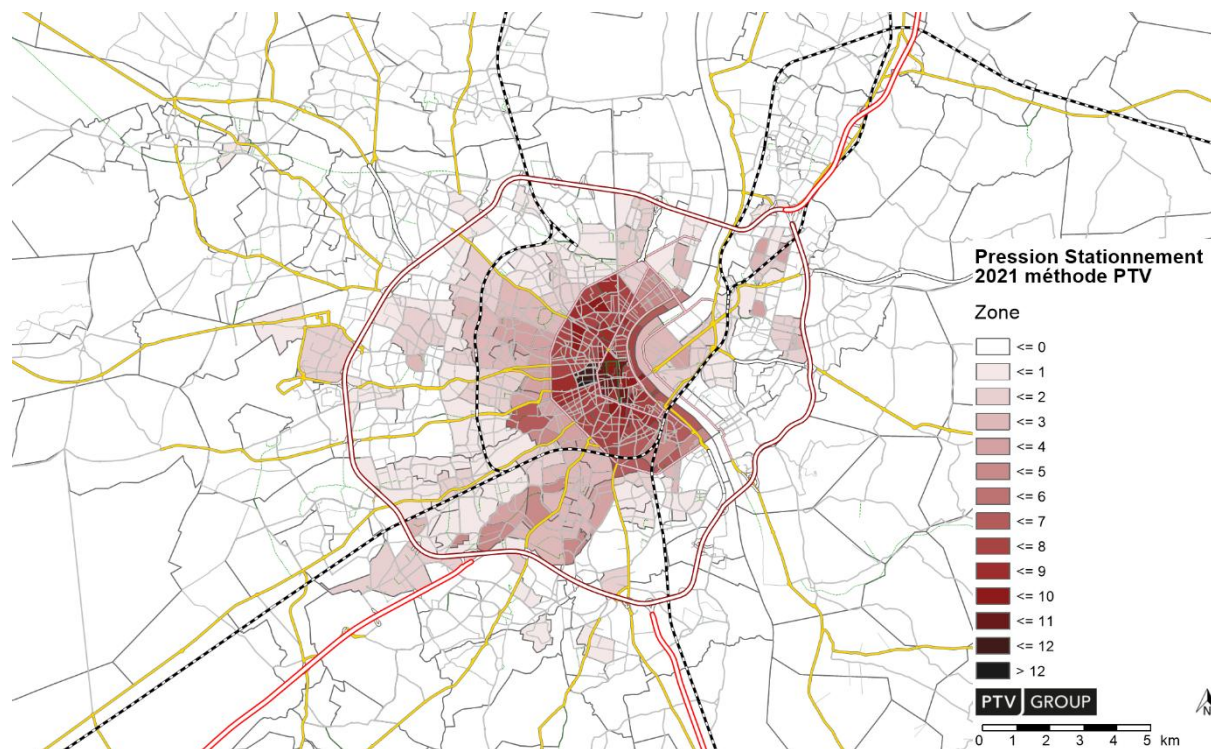


Figure 83 : Pression de stationnement de l'horizon 2021

4.2. Les réseaux de transports en commun (TC)

4.2.1. Codage des lignes

En situation actuelle, le réseau TBM était déjà présent dans le modèle, il est donc repris après vérification et mise à jour des lignes utilisées :

Réseau	Nom
TBM	TBM2019_01
TBM	TBM2019_03
TBM	TBM2019_04
TBM	TBM2019_05S
TBM	TBM2019_07
TBM	TBM2019_08
TBM	TBM2019_09
TBM	TBM2019_10
TBM	TBM2019_15
TBM	TBM2019_16
TBM	TBM2019_20
TBM	TBM2019_21
TBM	TBM2019_22
TBM	TBM2019_23
TBM	TBM2019_24
TBM	TBM2019_25
TBM	TBM2019_27
TBM	TBM2019_28
TBM	TBM2019_31
TBM	TBM2019_32
TBM	TBM2019_34
TBM	TBM2019_36
TBM	TBM2019_37
TBM	TBM2019_39
TBM	TBM2019_40
TBM	TBM2019_54
TBM	TBM2019_57
TBM	TBM2019_63
TBM	TBM2019_64
TBM	TBM2019_67
TBM	TBM2019_73
TBM	TBM2019_74
TBM	TBM2019_76
TBM	TBM2019_77
TBM	TBM2019_78
TBM	TBM2019_79
TBM	TBM2019_80
TBM	TBM2019_81
TBM	TBM2019_82
TBM	TBM2019_85
TBM	TBM2019_86
TBM	TBM2019_87
TBM	TBM2019_88
TBM	TBM2019_89
TBM	TBM2019_90
TBM	TBM2019_91
TBM	TBM2019_92
TBM	TBM2019_93
TBM	TBM2019_94
TBM	TBM2019_95
TBM	TBM2019_96
TBM	TBM2019_BAT
TBM	TBM2019_Navette
TBM	TBM2019_tramA
TBM	TBM2019_tramB
TBM	TBM2020_02

Réseau	Nom
TBM	TBM2020_12
TBM	TBM2020_26M
TBM	TBM2020_29
TBM	TBM2020_30
TBM	TBM2020_33
TBM	TBM2020_35
TBM	TBM2020_38
TBM	TBM2020_41
TBM	TBM2020_45
TBM	TBM2020_52
TBM	TBM2020_71
TBM	TBM2020_72
TBM	TBM2020_83
TBM	TBM2020_84
TBM	TBM2020_tramC
TBM	TBM2020_tramD

Figure 84 : Lignes TBM utilisées pour le scénario actuel 2021

Les réseaux TNA et TER en revanche étaient mal codés et/ou obsolètes dans le modèle, les données GTFS de ces deux réseaux à horizon 2021 ont donc été réintégrés proprement. De plus, la ligne de Car Express Bordeaux Créon a été ajoutée à la place de la ligne 407.

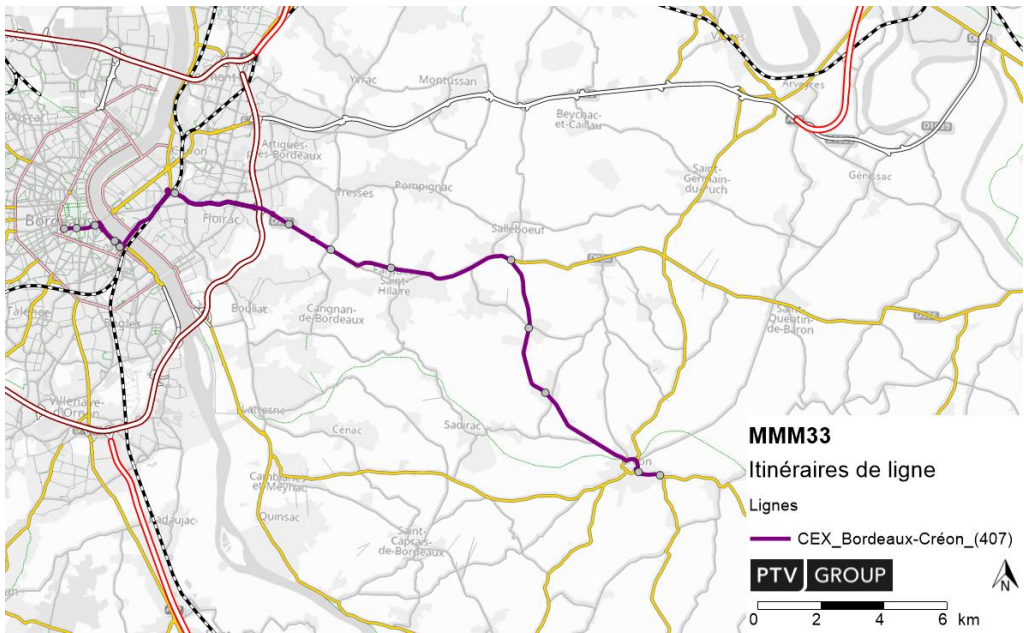


Figure 85 : Desserte de la ligne de Car Express Bordeaux-Créon

Nom ligne	Départ	Arrivée	Fréquence HPM	Fréquence HPS	Fréquence HC
CEX_Bordeaux-Créon_(407)	Centre Commercial	République	15 min	30 min	60 min
	République	Centre Commercial	30 min	15 min	60 min

Figure 86 : Fréquence de desserte de la ligne de Car Express Bordeaux-Créon

Voici les lignes prises en compte en 2021 :

Réseau	Nom
TNA	CEX_Bordeaux-Créon_(407)
TNA	TNA2020_201
TNA	TNA2020_202
TNA	TNA2020_210
TNA	TNA2020_212
TNA	TNA2020_213
TNA	TNA2020_214
TNA	TNA2020_215
TNA	TNA2020_281
TNA	TNA2020_282
TNA	TNA2020_301
TNA	TNA2020_302
TNA	TNA2020_303
TNA	TNA2020_304
TNA	TNA2020_310
TNA	TNA2020_313
TNA	TNA2020_314
TNA	TNA2020_315
TNA	TNA2020_316
TNA	TNA2020_317
TNA	TNA2020_318
TNA	TNA2020_320
TNA	TNA2020_381
TNA	TNA2020_382
TNA	TNA2020_383
TNA	TNA2020_401
TNA	TNA2020_402
TNA	TNA2020_403
TNA	TNA2020_404
TNA	TNA2020_405
TNA	TNA2020_406
TNA	TNA2020_481
TNA	TNA2020_501
TNA	TNA2020_502
TNA	TNA2020_503
TNA	TNA2020_504
TNA	TNA2020_505
TNA	TNA2020_506
TNA	TNA2020_510
TNA	TNA2020_511
TNA	TNA2020_512
TNA	TNA2020_514
TNA	TNA2020_521
TNA	TNA2020_581
TNA	TNA2020_582
TNA	TNA2020_601
TNA	TNA2020_602
TNA	TNA2020_610
TNA	TNA2020_684
TNA	TNA2020_685
TNA	TNA2020_701
TNA	TNA2020_702
TNA	TNA2020_703
TNA	TNA2020_704
TNA	TNA2020_705
TNA	TNA2020_710
TNA	TNA2020_711
TNA	TNA2020_712
TNA	TNA2020_713

Figure 87 : Lignes TNA utilisées pour le scénario actuel 2021

Réseau	Nom
TER	TER2021_Ligne_Aquitaine
TER	TER2021_Ligne_Arcachon-Bordeaux-Coutras
TER	TER2021_Ligne_Bordeaux-Agen
TER	TER2021_Ligne_Bordeaux-Angoulême
TER	TER2021_Ligne_Bordeaux-Arcachon
TER	TER2021_Ligne_Bordeaux-Hendaye
TER	TER2021_Ligne_Bordeaux-Langon
TER	TER2021_Ligne_Bordeaux-Libourne-Coutras
TER	TER2021_Ligne_Bordeaux-Mont de Marsan
TER	TER2021_Ligne_Bordeaux-Pau-Tarbes
TER	TER2021_Ligne_Bordeaux-Pointe de Grave
TER	TER2021_Ligne_Bordeaux-Sarlat
TER	TER2021_Ligne_La Rochelle-Bordeaux
TER	TER2021_Ligne_Limoges-Périgueux-Bordeaux
TER	TER2021_Ligne_Pessac-Macau
TER	TER2021_Ligne_Périgueux-Bordeaux
TER	TER2021_Ligne_St Mariens-Bordeaux
TER	TER2021_Ligne_Ussel-Tulle-Brive-Perigueux-Bordeaux

Figure 88 : Lignes TER utilisées pour le scénario actuel 2021

4.2.2. Connecteurs TC

Pour accéder au mode TC, les connecteurs entre les centroïdes de zone et le réseau sont assignés aux systèmes de transport « Marche à pied d'accès aux TC ». Ce système de transport représente effectivement de la marche à pied en milieu urbain dense, mais il peut également être assimilé à un système de transport de rabattement sur les TC autre (vélo ou voiture notamment). De ce fait, les temps sur les connecteurs sont définis comme suit :

- Si distance < 1 km : le temps est calculé d'après une vitesse de 4 km/h :
 - temps (en heure) = distance/4
- Si distance ≥ 1 km : le temps est calculé d'après une vitesse de 16 km/h (on suppose en rabattement avec un autre mode : vélo, voiture...) :
 - temps = [temps pour parcourir 1 km à 4 km/h] – [temps pour parcourir 1 km à 16 km/h] + distance/16 km/h
 - temps (en heure) = 1/4 – 1/16 + distance/16

Le graphique suivant présente les temps et vitesses sur un connecteur en fonction de sa longueur.

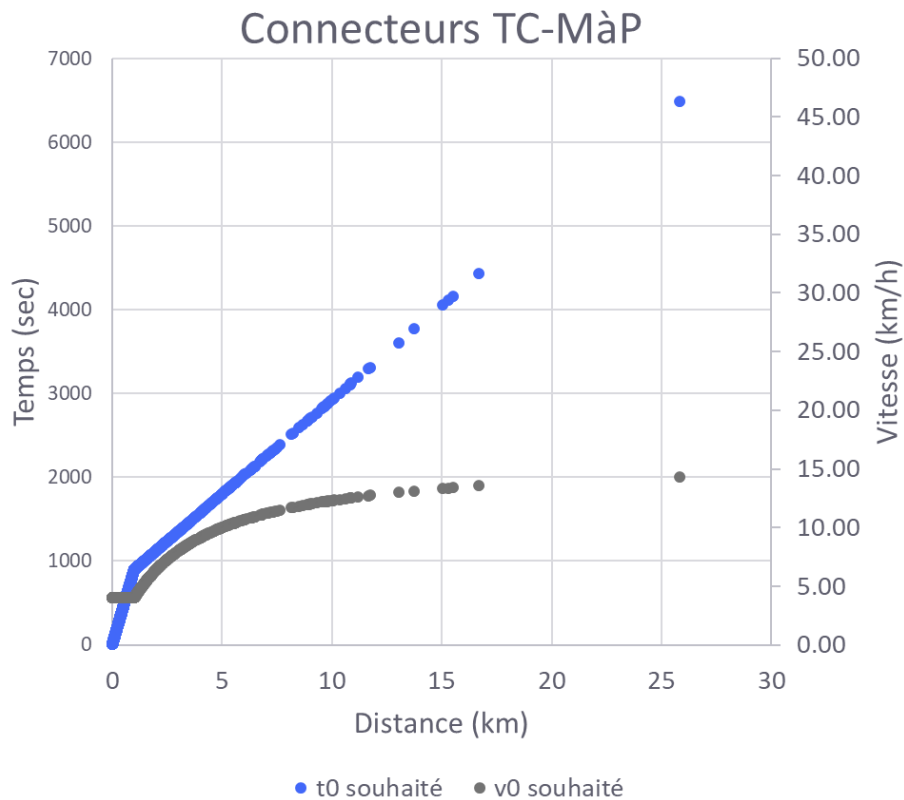


Figure 89 : Temps et vitesses sur les connecteurs TC en fonction de leur longueur

Plusieurs points d'attention sont soulevés :

- le connecteur TC est relié à un nœud qui est le nœud de référence de la zone d'arrêt de laquelle partira l'utilisateur ;
- Les connecteurs TC doivent éviter de traverser des barrières physiques (cours d'eau, autoroutes, voies ferrées) qui sont réellement des obstacles pour atteindre un arrêt de transport en commun.

La carte suivante montre un exemple de prise en compte de la barrière physique que représente la Garonne pour accéder aux gares TER.



Figure 90 : Exemple de prise en compte des barrières physiques dans le positionnement des connecteurs TC

Des vérifications visuelles des aires de chalandises sont réalisées par systèmes de transport ou par lignes pour les plus importantes.

Voici les aires de chalandises des systèmes de transports Train et Tram présentées dans les cartes suivantes.

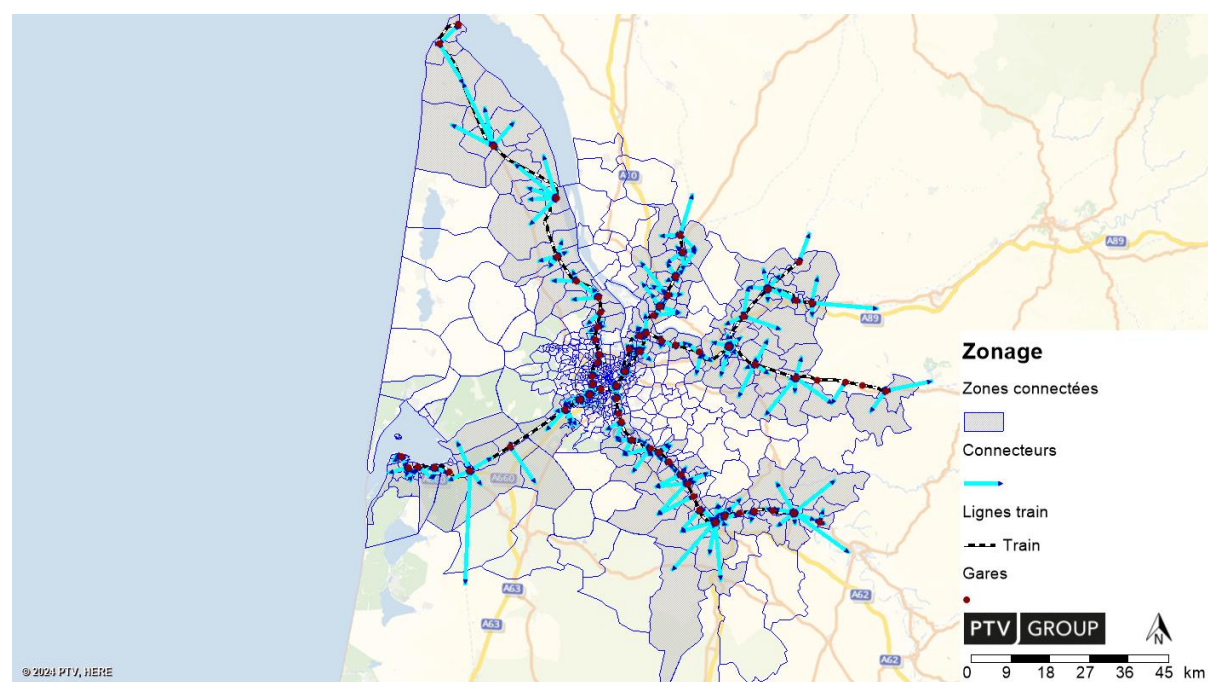


Figure 91 : Zones connectées au réseau de trains

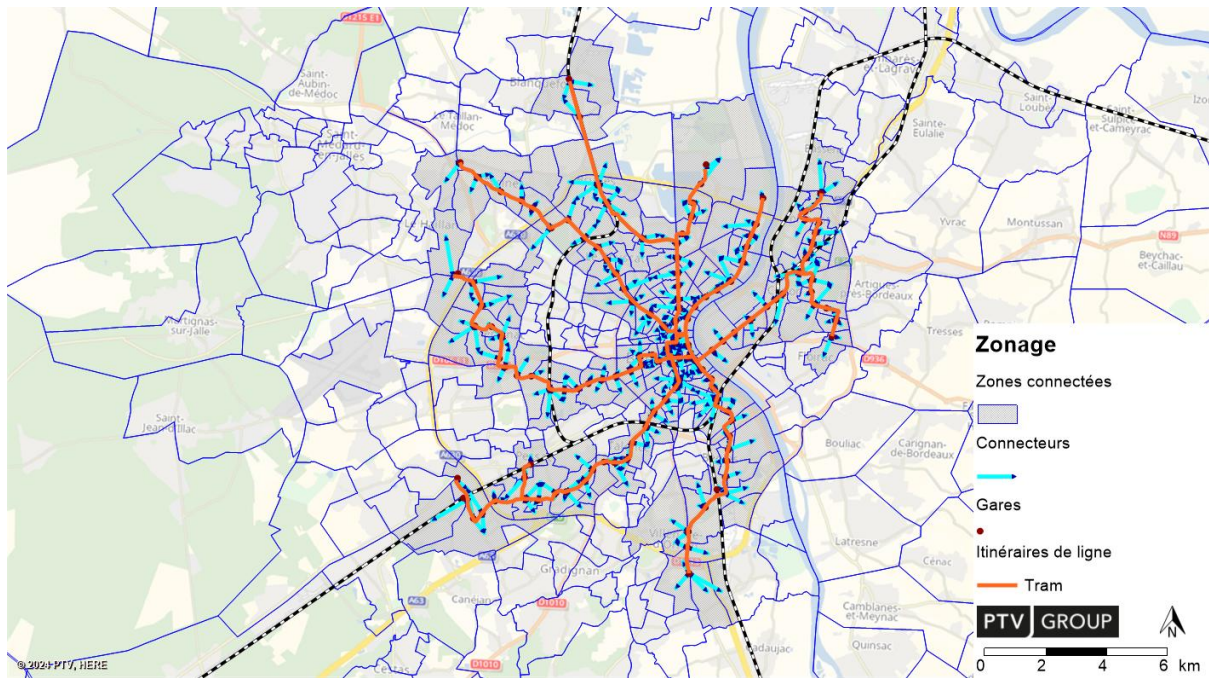


Figure 92 : Zones connectées au réseau de trams

4.2.3. Tarification TC

Les tarifs TC ont été entièrement mis à jour : 6 systèmes de tarification sont intégrés au modèle et se basent sur les tarifications 2024 (données disponibles).

Dans un premier temps, un tarif est estimé pour chaque système de tarification existant. La Maîtrise d'ouvrage a souhaité se baser sur les abonnements mensuels afin d'avoir une base commune pour tous les systèmes. Les tarifs mensuels ont été divisés par 3.5 (nombre de semaine travaillées par mois) et par 5 (nombre de jours travaillés par semaine), puis par 2 (aller-retour quotidien) pour obtenir un équivalent tarif du trajet.

Titre	Type de titre	Tarif		Remarque
TBM_actuel	abonnement mensuel	1.48 €	/trajet	51.80 € /mois
TNA	abonnement mensuel	1.23 €	/trajet	43.00 € /mois
TER (plein tarif)	tarif à la distance	3km	1.60 €	interpolation linéaire du tarif entre 3km et 150km
		75km	16.00 €	
		150km	26.00 €	
TBM + TER en métropole	pass mensuel	1.53 €	/trajet	53.50 € /mois
TBM + TNA	pass mensuel	1.81 €	/trajet	63.47 € /mois
TBM + TER hors métropole (pass TER+TBM mensuel)	tarif à la distance	3km	1.00 €	interpolation linéaire du tarif entre 3km et 150km
		75km	10.00 €	
		150km	20.00 €	

Figure 93 : Tarifs par trajet appliqués aux réseaux TC

Les tarifs des TER dépendent de la distance parcourue, une dizaine d'origine-destinations en étoile autour de Bordeaux ont permis de retrouver une courbe de prix adéquat.

Le tarif TER présenté dans le tableau correspond au tarif sans réduction, alors que le tarif TBM+TER est uniquement disponible via un abonnement et permet d'obtenir de 50% à 75% de réduction selon les OD. D'où des tarifs plus élevés pour le TER simple, hors combinaison avec TBM.

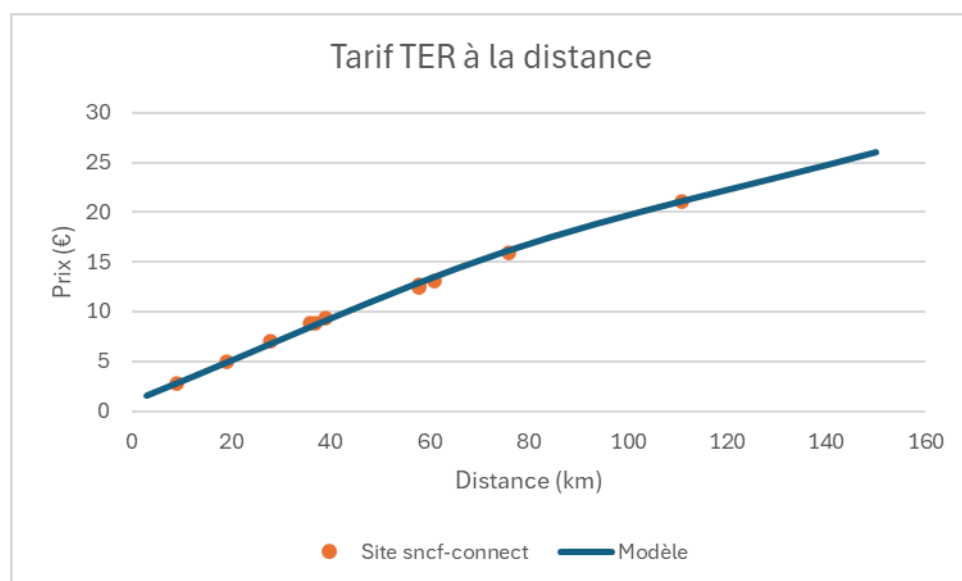


Figure 94 : Comparaison entre tarifs observés sur le site de sncf-connect et dans le modèle

A chaque arrêt du modèle est ensuite attribué une zone tarifaire et à chaque ligne TC un ou plusieurs systèmes tarifaires possibles. Ainsi, par exemple, la tarification TNA n'est disponible que pour les lignes du réseau TNA, mais les voyageurs des lignes TNA peuvent choisir soit le système de tarification TNA, soit le système TBM + TNA. Le choix se fait en fonction d'un rang déterminé sur chaque système, puis en fonction du tarif le plus intéressant.

Numéro	Nom	Rang
1	TBM_2024_plein tarif	1
2	TNA_2024_plein tarif	3
3	TER_2024_plein tarif	2
4	TBM+TER en métropole_2024_plein tarif	2
5	TBM+TNA_2024_plein tarif	3
6	TBM+TER hors métropole_2024_plein tarif	3

Figure 95 : Rang des systèmes de tarification

Les limites de sections tarifaires qui permettent de calculer les tarifs selon la distance ont été recalculées, et la liste des exploitants nettoyée pour n'en garder que trois qui sont nommés ainsi dans le modèle : TBM, Gironde et SNCF.

4.3. Réseau cyclable

Le réseau cyclable est intégré au modèle afin de bien prendre en compte les itinéraires vélo intéressants notamment pour le choix modal des usagers.

Les différents types d'aménagement sont renseignés dans le modèle et permettent d'alimenter le modèle de vitesse spécifique aux vélos détaillé dans le chapitre 5.

Les aménagements présents dans le modèle sont présentés dans les cartes ci-dessous.

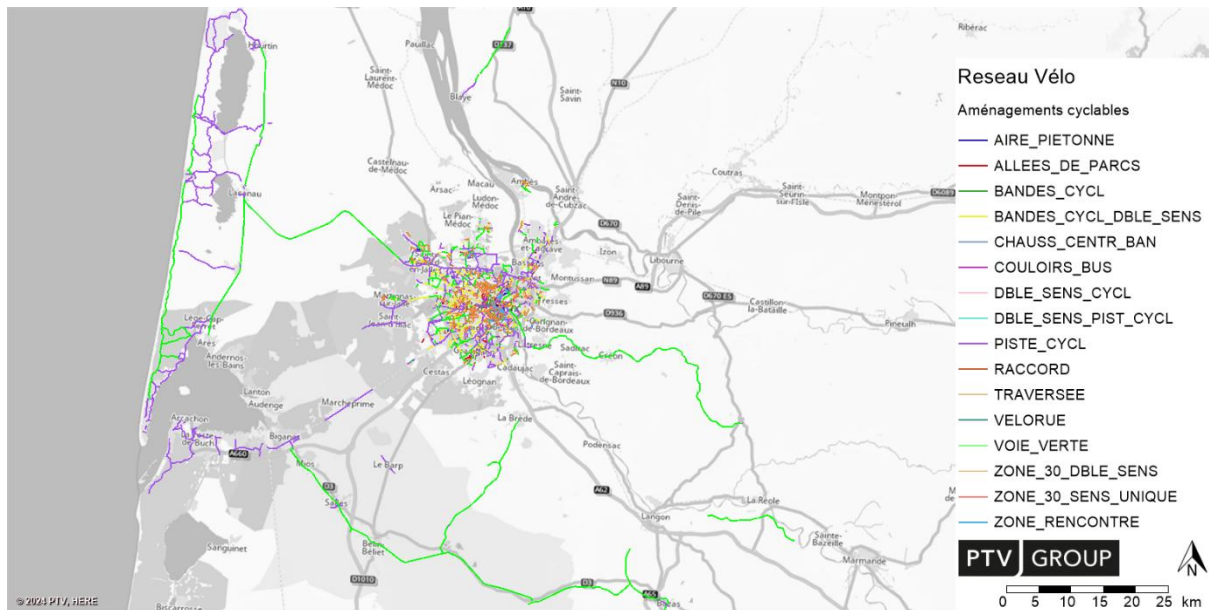


Figure 96 : Réseau de voies cyclables aménagées - Gironde

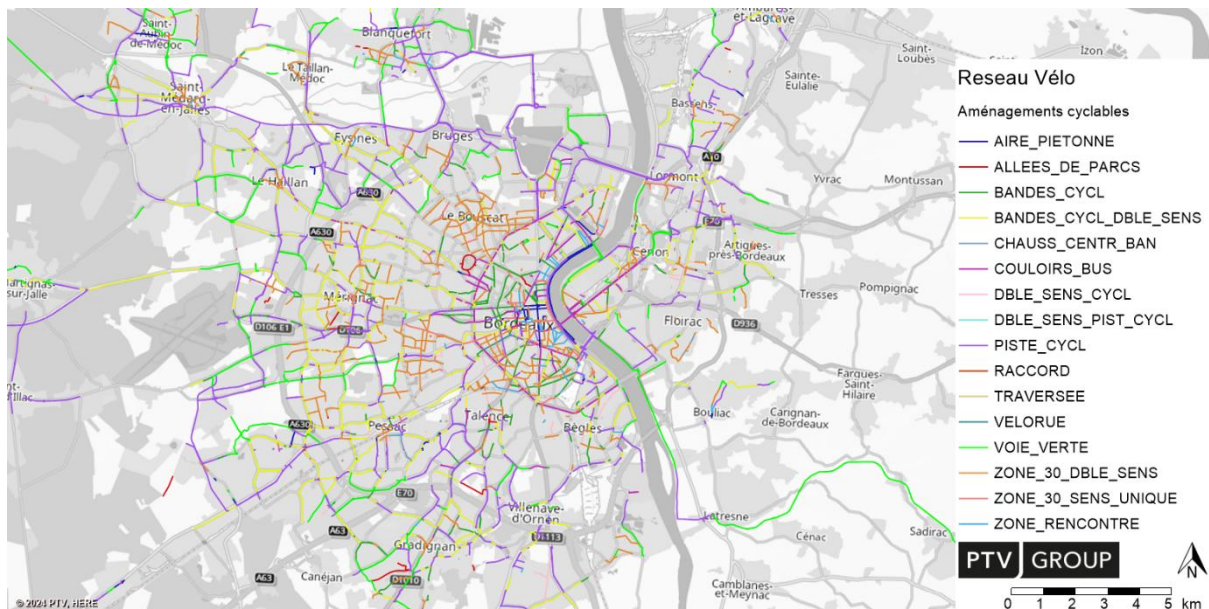


Figure 97 : Réseau de voies cyclables aménagées – Métropole

En complément des voiries aménagées, l'ensemble des voiries routières (sauf autoroute, rocade, voies rapides et leurs bretelles) sont autorisées aux cyclistes. De plus, les voies en sens uniques sont autorisées à contre-sens aux cyclistes pour représenter la réalité des comportements.

De plus, les données d'altitude sont renseignées à chaque nœud du réseau et permettent ainsi de déterminer une pente par tronçon qui pourra être prise en compte dans la fonction de temps généralisé pour les cyclistes. Les altitudes sont issues de la base de données IGN et sont présentées sur la carte suivante.

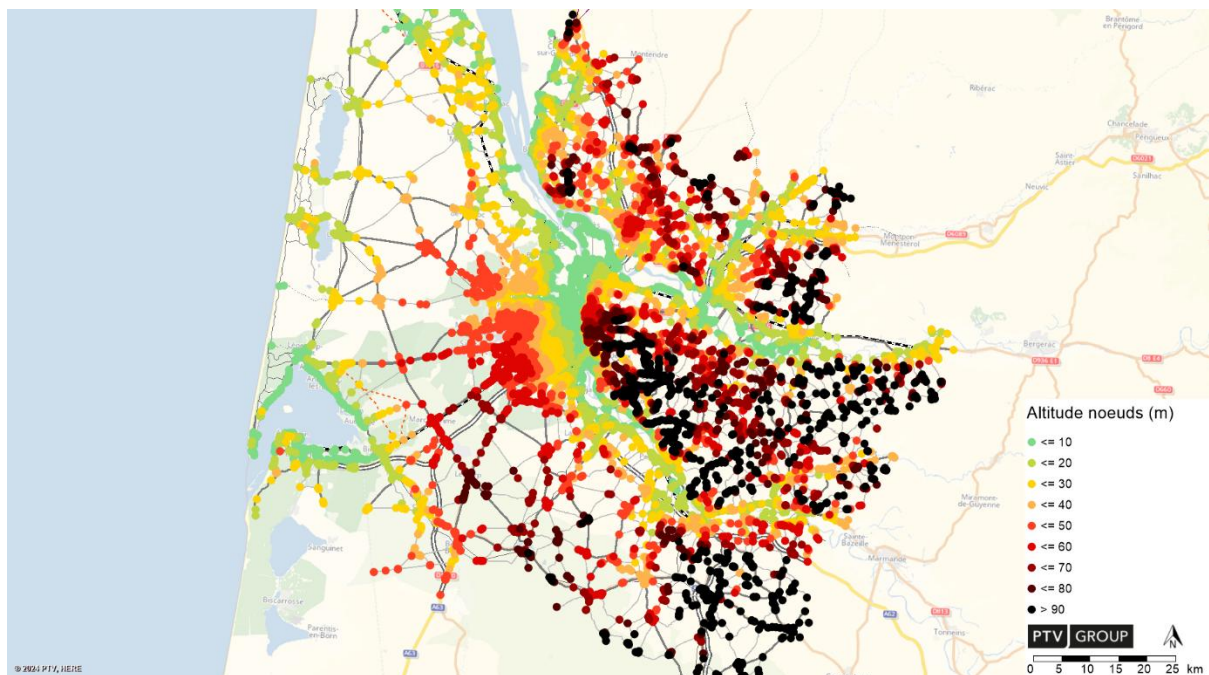


Figure 98 : Altitude des nœuds

4.4. Parcs relais

A l'horizon 2021 de calage, 30 parking relais sont intégrés au modèle, pour une capacité globale de 8 158 places. La carte suivante présente la localisation et capacité retenue pour chaque parking.

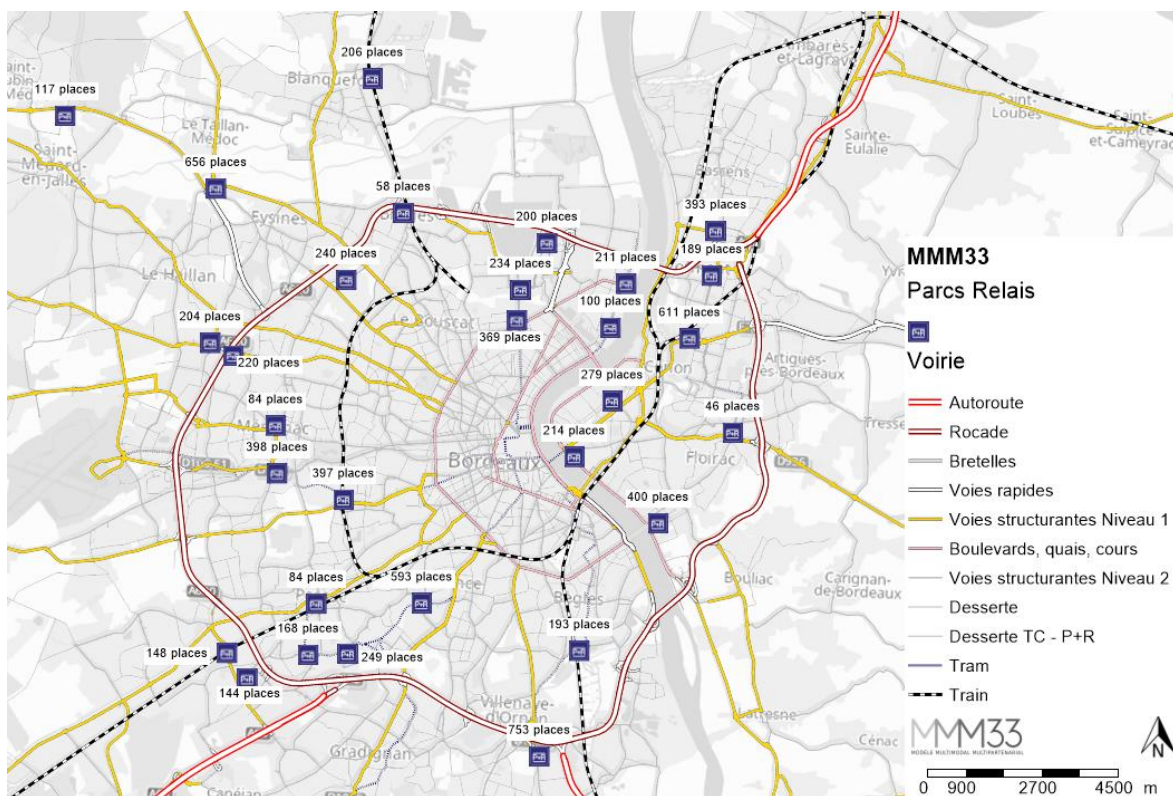


Figure 99 : Localisation et capacité des P+R, 2021

5. Modélisation de la vitesse des vélos

5.1. Introduction

5.1.1. Objet de la modélisation

Dans certains modèles, comme le MMM33, un indice de cyclabilité, lié à la présence d'un aménagement, est associé à un surcroît de vitesse, mais sans expliciter si cela se justifie par un gain de vitesse objective ou un gain de confort / sécurité valorisé par les individus (modélisé sous la forme d'un gain de vitesse perçue).

Dans les faits, compte tenu de l'ordre de grandeur et de la hiérarchie des valeurs absolues de ce bonus de cyclabilité, il vise clairement à prendre en compte un gain de vitesse perçue.

C'est par exemple le cas dans le MMM33. La vitesse y est basée sur une hypothèse de vitesse objective moyenne fixe, déclinée en fonction du type d'aménagement via un bonus de vitesse (et donc temps) perçue, non étayée empiriquement.

Cette confusion entre vitesse objective et perçue ne permet pas une détermination plus précise des deux composantes et conduit à négliger la modélisation de la vitesse objective.

L'objet de cette modélisation est donc bien la vitesse objective : c'est-à-dire de déplacement physique sur le réseau. La question du bonus de cyclabilité est traitée par ailleurs (cf. 5.8).

Le temps de parcours objectif d'un déplacement réalisé à vélo dépend essentiellement de la vitesse en section courante¹⁵ et des temps perdus aux intersections.

L'objet de la présente modélisation est la vitesse uniquement. Les temps d'arrêts sont donc exclus de cette modélisation des vitesses¹⁶.

Cette modélisation a été réalisée à partir de données empiriques collectées à dessein sur le département de la Gironde (principalement à Bordeaux Métropole) dans le cadre de la mise à jour du MMM33.

5.1.2. Contexte

La vitesse vélo comme élément central d'un modèle multimodal

La part modale du vélo croît significativement en France, au moins dans les zones urbaines. Par exemple, la part modale du vélo est passée de 4% en 2009 à 8% en 2021 à l'échelle de Bordeaux Métropole (EMC² de 2021).

De plus, cette part modale devrait continuer à croître, notamment sous l'effet des nombreuses politiques publiques mises en œuvre pour favoriser ce mode ; mais aussi de la démocratisation du vélo à assistance électrique (VAE).

Par ailleurs, la vitesse est la variable prépondérante dans la modélisation des déplacements des cyclistes. Elle intervient à la fois à l'étape de choix modal, de distribution et d'affectation.

¹⁵ Vitesse fait bien ici référence à la vitesse « en mouvement » ; par opposition à une vitesse moyenne qui inclurait les temps d'arrêt. Dans la suite de cette section, nous utiliserons le terme de « vitesse ».

¹⁶ Cf. 5.7 Temps perdus aux intersections pour l'évaluation de ces temps de franchissement des intersections.

Ainsi, le vélo ne peut plus être considéré comme un mode secondaire dans la modélisation des déplacements ; et la vitesse de ce mode est plus que jamais un paramètre central qui doit être modélisé avec autant d'attention que la vitesse des modes concurrents.

Une hypothèse difficile à déterminer

La vitesse et les temps de parcours des transports en commun sont relativement bien connus, notamment via les grilles horaires, et sont indépendants des caractéristiques des individus.

La vitesse des VL/PL est régulée (limitation de vitesse), peu influencée par les variables individuelles ou environnementales (à l'exception notable de la congestion) et plus facilement observable via les fournisseurs de données FCD, la technologie de capteur Bluetooth...

La vitesse de marche à pied peut varier d'un individu à l'autre mais n'est pas soumise à des évolutions technologiques (les trottinettes électriques sont modélisées comme des vélos) et n'est pas significativement influencée par l'infrastructure ou l'environnement. De plus, compte tenu de la distance des déplacements réalisés en marche à pied, les variations de vitesse ont un impact faible en valeur absolue sur le temps de parcours et donc le choix modal. Enfin, les déplacements en marche à pied ne font généralement pas l'objet d'une affectation.

A l'inverse, la vitesse des vélos est :

- non régulée (à l'exception de rares espaces piétons où il est prescrit de rouler au pas) ;
- dépendante de nombreuses variables environnementales (infrastructure, mixité avec d'autres véhicules ou piétons) ou individuelles, dont certaines sont hétérogènes spatialement et/ou peuvent évoluer dans le temps ;
- influencée par l'évolution technologique (électrification de la mobilité).

De plus, les données de vitesses pratiquées disponibles sont, encore aujourd'hui, moins abondantes et moins détaillées que pour les VL/PL. Seules quelques fournisseurs existent et les données brutes détaillées ne sont pas directement disponibles dans leurs offres.

La part croissante de la population équipée de smartphone (30% en 2013 et 80% en 2023) est, à ce titre, une opportunité. Ces appareils sont généralement équipés de GPS pouvant enregistrer de manière précise un déplacement.

Prise en compte insatisfaisante dans les modèles

Ainsi, en raison du manque de données et d'une faible part modale, la vitesse des vélos se résume souvent à une hypothèse fixe dans de nombreux modèles multimodaux. Et cette hypothèse est peu ou pas étayée empiriquement.

Cet état de fait est en contradiction avec la part croissante du vélo dans les déplacements urbains, la démocratisation du VAE, les investissements en matière d'aménagements cyclables et, de façon plus générale, le rôle central attendu du vélo dans la transition écologique.

5.1.3. Enjeux

Dans ce contexte, l'enjeu est la crédibilité et la pertinence des modèles de déplacements, et notamment la crédibilité du MMM33. En asseyant les hypothèses de vitesses des vélos sur des données empiriques et en prenant explicitement en compte l'impact des VAE, la crédibilité du MMM33 et de ses résultats sera renforcée.

La pertinence des prévisions et des études basées sur le MMM33, en particulier à long terme, sera meilleure pour tous les modes de transports si la vitesse des vélos est mieux prise en compte. En effet, le choix modal est un équilibre entre tous les modes modélisés. L'amélioration de la modélisation des vélos va fiabiliser les résultats sur les autres modes (transport en commun, voiture, marche à pied...).

En particulier, l'élaboration et la mise en œuvre rationnelle d'une politique en faveur du vélo ambitieuse seront facilitées par la possibilité d'anticiper l'impact, non seulement des aménagements, mais aussi des VAE ; par exemple en testant des hypothèses de croissance de la part des VAE dans le parc roulant.

Objectifs

L'objectif prioritaire est de disposer dans le MMM33 d'un modèle « prédictif » de la vitesse des vélos en fonction, a priori, de la présence d'un aménagement, de la pente, du type de vélo... Il s'agit donc de faire de la « vitesse à vélo » une variable endogène au modèle, tenant compte de l'évolution de la part des VAE dans le parc roulant.

L'objectif secondaire est de présenter un modèle « explicatif » intégrant des variables n'étant pas intégrées au modèle « prédictif » mais contribuant à une meilleure connaissance de ce mode de déplacement.

Ainsi, après avoir présenté les données utilisées, les paragraphes suivants présentent le modèle explicatif et le modèle prédictif.

5.2. Données et méthodologie de recueil

Le projet vise à recueillir et analyser des traces GPS de déplacements réalisés à vélo lorsque ce mode est utilisé comme un moyen de déplacements utilitaire. Ainsi, les participants ont reçu la consigne de ne pas renvoyer des traces GPS relatives à d'autres pratiques (balade, tourisme ou sport). Le respect de cette consigne n'a pas pu faire l'objet d'un réel contrôle ex-post.

5.2.1. Recrutement des participants

Deux canaux de recrutements ont été utilisés : via une agence de marketing (nommée Avenir Focus) et en interne à Bordeaux Métropole.

Le recrutement via une agence de marketing devait permettre le recrutement d'un panel d'une centaine de cyclistes.

Les critères de recrutement étaient les suivants.

- Fréquence. Ce critère se justifie afin de s'assurer que les participants auront l'opportunité de « produire » des traces régulièrement.
 - Utilisateurs quotidiens ou quasi quotidiens.

De ce fait, les utilisateurs occasionnels sont exclus du recueil. Bien que la fréquence de pratique du vélo pourrait probablement avoir une influence positive sur la vitesse, et donc être une variable intéressante dans le cadre d'un modèle « explicatif », la difficulté de recrutement de cyclistes occasionnels a conduit initialement à ce choix.

- Genre. Ce critère se justifie afin de contrôler l'influence d'un éventuel différentiel de capacité physique, de désir de vitesse, ou un mode de conduite plus ou moins « risqué » entre homme et femme.
- Âge. Ce critère se justifie afin de contrôler l'influence d'un éventuel différentiel de capacité physique.
- Type de vélo. Ce critère se justifie afin de contrôler l'influence du véhicule (et notamment de la présence d'une assistance).
- Propriété du vélo. Ce critère se justifie afin d'éviter le recrutement majoritaire d'utilisateurs de vélo en libre-service dont la vitesse de déplacement peut ne pas être représentative de la moyenne ; par exemple en raison d'un moins bon état général de ces vélos.
- Lieu de résidence. Ce critère se justifie afin de contrôler l'influence de l'environnement (urbain dense ou autre).

Les participants recrutés via ce canal se sont vu octroyer un dédommagement de 100 euros à conditions de renvoyer un minimum de 10 traces GPS. Le recrutement s'est fait par téléphone et relance courriel sur un mois (avril 2024).

En complément, et à la même période, Bordeaux Métropole et les partenaires ont souhaité recruter par communication interne des volontaires afin d'augmenter la quantité de données collectées. Une communication par voie de presse a été faite afin d'augmenter la diffusion de l'enquête.

Dans ce cadre, aucun critère de recrutement n'a été imposé. Aucun dédommagement n'a été offert aux participants.

5.2.2. Questions

Lors du recrutement, les participants ont dû répondre à des questions complémentaires.

Ce questionnaire a été administré par téléphone par Avenir Focus et, dans le cas du recrutement complémentaire organisé par Bordeaux Métropole, via un questionnaire en ligne.

Ces questions visent à contrôler des variables individuelles supplémentaires pouvant exercer une influence sur la vitesse : l'antériorité de la pratique, la pratique d'une activité sportive, le respect du code de la route.

Les questions sont les suivantes.

1. Depuis combien de temps utilisez-vous le vélo comme mode de déplacement utilitaire ?
 - Moins d'un an
 - Plus d'un an
2. Pratiquez-vous une activité sportive régulière en dehors des déplacements utilitaires effectués à vélo ?
 - Oui
 - Non
 - Ne se prononce pas
3. Aux intersections, pensez-vous que le respect strict du code de la route à vélo est indispensable ?
 - Oui
 - Non
 - Ne se prononce pas
4. Si vous utilisez un vélo à assistance électrique, est-ce principalement pour ?
 - Gagner du temps de trajet
 - Fournir moins d'effort
 - Les deux
 - Autre
5. Privilégiez-vous les itinéraires aménagés pour les cyclistes (bande, piste...) ?
 - Le plus souvent possible, pour un gain de confort et sécurité.
 - Le plus souvent possible, pour un gain de vitesse.
 - Pas spécialement.

5.2.3. Mise à disposition d'une application

Les traces ont été produites via une application pour smartphone Android à télécharger et installer par chaque participant. L'application est GPS LOGGER, développée par BasicAirData, sous licence GPU. Cette application est gratuite, ne nécessite pas la création d'un compte, ne collecte aucune donnée personnelle, sans communication à des tiers, sans

publicité, et n'utilise pas de connexion Internet. Les données des traces GPS sont stockées directement sur le téléphone (et non pas sur un serveur distant).

Afin de faciliter le recrutement il s'est avéré nécessaire de permettre l'utilisation d'une application IOS : GPSTONE. Cette application remplit les mêmes critères mais est moins pratique à l'usage. Par exemple, elle ne permet pas l'envoi de plusieurs traces à la fois.

5.2.4. Déroulé

À la suite du recrutement, les participants se sont vu remettre par courrier électronique les éléments suivants.

- Le lien de téléchargement de l'application.
- Un bref mode d'emploi et un rappel des consignes sous la forme d'une vidéo de 3 minutes accessible en ligne.
- L'adresse de courrier électronique à laquelle renvoyer les traces produites.

5.2.5. Respect de la vie privée et anonymisation

L'ensemble du processus de traitement a fait l'objet d'un PIA via le logiciel dédié de la CNIL.

Outre la création d'un identifiant alphanumérique, les traces GPS reçues ont été anonymisées à l'aide d'un script supprimant les points dans un tampon de 100 mètres de rayon autour des points de départ et d'arrivée (premier et dernier points enregistrés).

Les figures suivantes illustrent ce traitement.



Figure 100 : Exemple d'anonymisation des traces



Figure 101 : Exemple d'anonymisation des traces

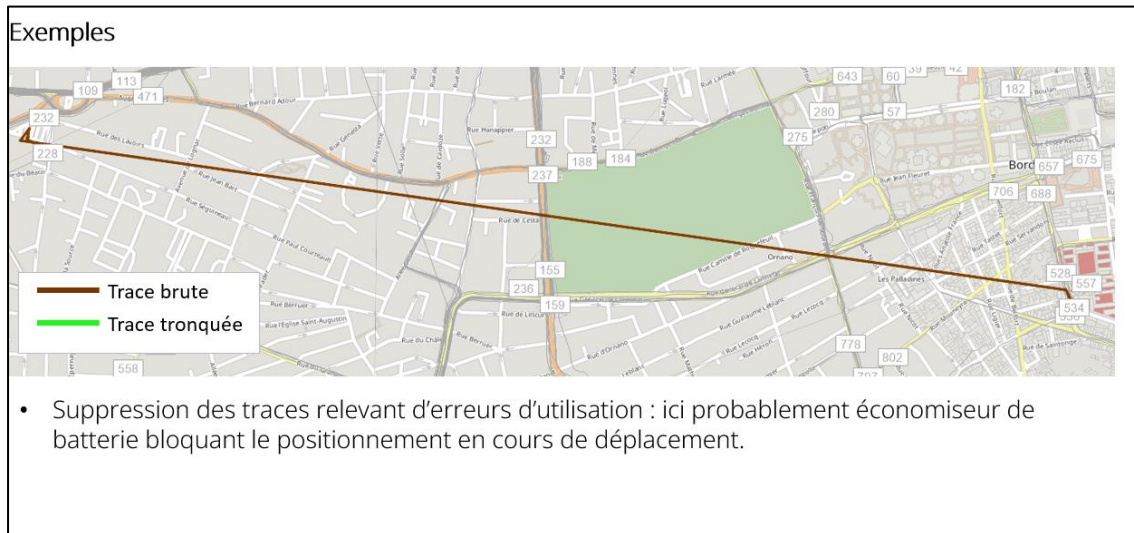


Figure 102 : Exemple d'anonymisation des traces

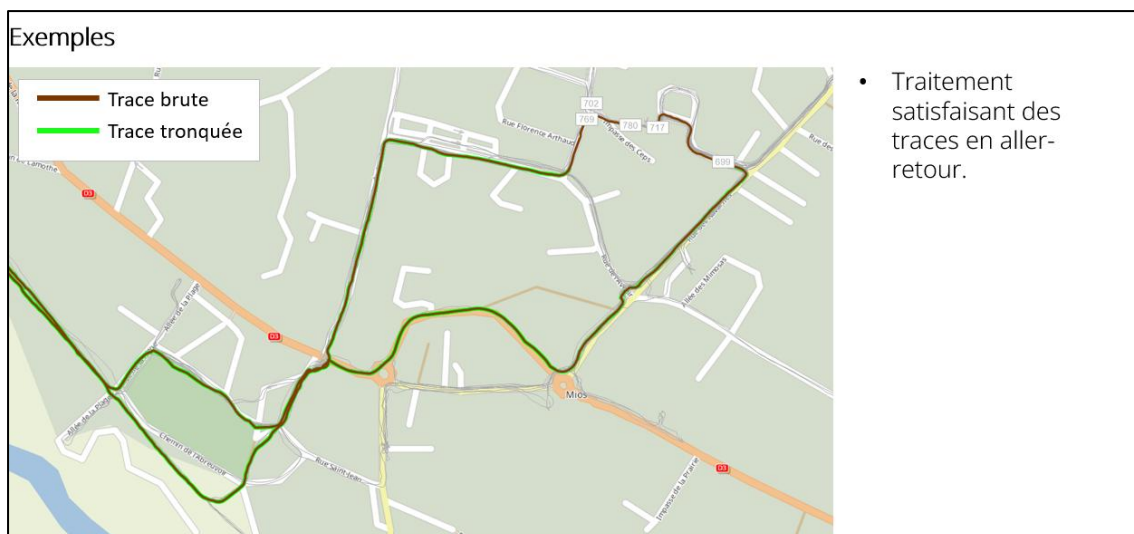


Figure 103 : Exemple d'anonymisation des traces

5.2.6. Projection des traces sur un réseau

Le réseau utilisé pour la projection des traces est le réseau OSM.

Les aménagements cyclables et leur catégorisation sont issus de la Base Nationale des Aménagements Cyclables (BNAC). La BNAC utilise le filaire OSM. La correspondance a donc pu être réalisée par simple intersection spatiale avec le réseau complet OSM.

Le tableau suivant présente les regroupements de catégories d'aménagements qui ont été réalisés.

Type	Regroupement
VELO RUE	AUTRE
CHAUSSÉE A VOIE CENTRALE BANALISÉE	AUTRE
DOUBLE SENS CYCLABLE PISTE	AUTRE
GOULOTTE	AUTRE
COULOIR BUS+VELO	COULOIR BUS+VELO
AMENAGEMENT MIXTE PIETON VELO HORS VOIE VERTE	AMENAGEMENT MIXTE PIETON VELO HORS VOIE VERTE
AUTRE	AUTRE
DOUBLE SENS CYCLABLE BANDE	BANDE CYCLABLE
VOIE VERTE	VOIE VERTE
BANDE CYCLABLE	BANDE CYCLABLE
DOUBLE SENS CYCLABLE NON MATERIALISE	DOUBLE SENS CYCLABLE NON MATERIALISE
PISTE CYCLABLE	PISTE CYCLABLE

Figure 104 : Catégories d'aménagements

Le réseau a été enrichi par les données d'altitude de la BD ALTI à 5 m.

La projection des traces a été réalisée via la fonction d'appariement de carte du logiciel PTV Visum dont la figure suivante donne un aperçu des paramètres disponibles.

Importation GPX

Fichiers GPX

☐ Enregistrer fichier réseau généré (*.net) ?

Fichier réseau de sortie C:\Users\bastien.guichardaz\AppData\Local\Temp\2024-08-28_081139.net

Chemins PDI linéaires

☒ Importer les traces en tant que chemins

Ensemble de chemins

Recherche plus court chemin

☐ Routage via tronçons autorisés uniquement

☐ Routage via mouvements au nœud autorisés uniquement

Attribut de coût tronçons Longueur

Attribut de coût mouvement au nœud 0.0

Recherche du plus court chemin interrompue lorsque les coûts dans le réseau cible > 10 * Longueur de voie (DVO) + 100

Appariement de cartes (map matching)

Rayon de capture pour la recherche géographique de candidats (points de trace) 50,00m

Nombre maximal de candidats par point de trace 10

Écart-type (plus la valeur est élevée, plus les points de traces sont placés de manière moins précise si le chemin devient ainsi plus court.) 10,00m

Système de transport des tronçons et mouvements au nœud sur lesquels les traces sont représentées

☐ BIKE Bike

☐ BUS Bus

☐ CAR Car

☐ HGV HGV

OK Annuler

Figure 105 : Fonction d'appariement de carte du logiciel PTV Visum (valeurs par défaut)

La fonctionnalité repose sur la recherche de plus courts chemins entre les points du fichier GPX.

Les tronçons interdits au vélo ont été autorisés mais pénalisés par un facteur 1,5 appliqué à la longueur.

Le paramètre d'écart-type correspond à un degré de liberté dans le positionnement du point GPS ; permettant la détermination d'un chemin plus court. La valeur de 40 mètres a été utilisée.

La figure suivante présente un exemple de chemin reconstitué (rouge) par rapport à la trace GPX (vert).



Figure 106 : exemple de chemin reconstitué (rouge) par rapport à la trace GPX (vert)

Le décalage vers l'ouest des points GPS dû à l'appareil est bien corrigé. La remontée à contre sens après le premier tourne à gauche est reconstituée. Toutefois, le chemin trouvé emprunte la route (équipée d'une bande cyclable) alors que la trace semble emprunter au moins partiellement le trottoir.

Les cyclistes (comme les piétons) se déplacent dans l'espace urbain en s'affranchissant en partie du réseau de voirie et en utilisant les trottoirs, places, parking, contresens... Cela implique une nécessaire approximation de l'appariement ; non pas uniquement du fait de l'imperfection de l'algorithme mais également du fait de la modélisation nécessairement partielle du réseau supportant les déplacements des cyclistes.

La figure suivante présente une régression entre les distances des traces (observations) et celles des chemins issus de la projection de ces traces sur le réseau OSM.

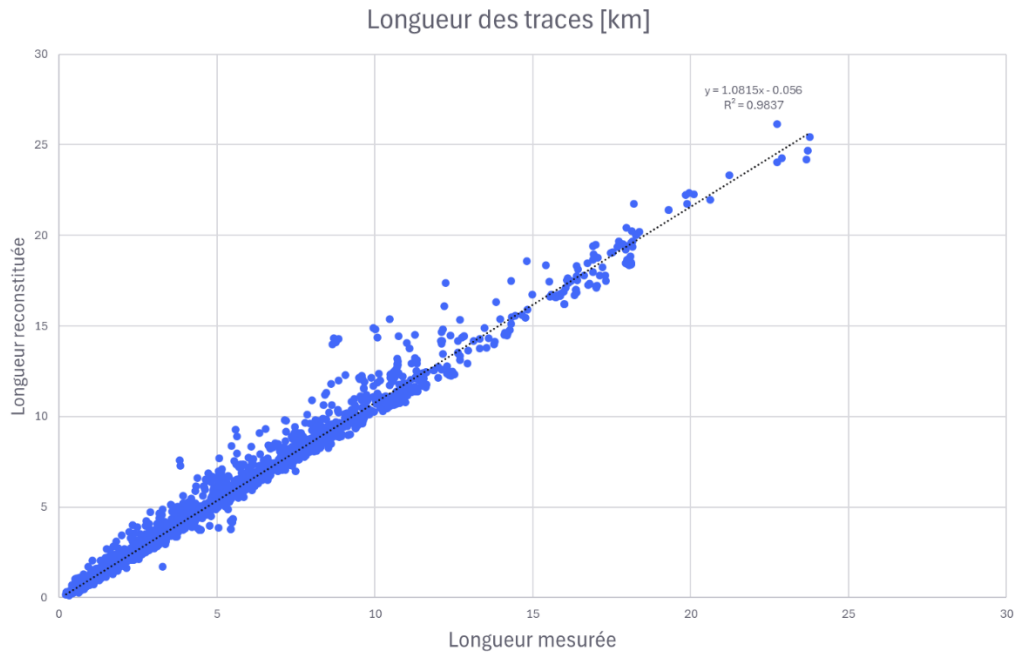


Figure 107 : Régression entre les distances des traces (observations) et celles des chemins issus de la projection de ces traces sur le réseau OSM

Malgré un bon ajustement, on observe une surestimation de la distance d'environ 8% en moyenne. Cela s'explique notamment par des détours pour compenser des traces directes réalisées hors voiries modélisées.

5.2.7. Epurement des données

Parmi les fichiers GPX reçus par mail, seuls les fichiers correspondant à un individu ayant répondu au questionnaire ont été exploités. Les fichiers vides ont été éliminés.

Le nombre de traces reçues et acceptées était donc de 3 984 traces, produites par 353 personnes.

Le choix a été fait de retenir les traces dont :

- le nombre de points était égal au nombre de secondes du temps de parcours total (afin d'éviter les mises en pauses volontaires ou non au cours du déplacement) avec un seuil de tolérance de 5% ;
- le nombre de points était supérieur à 60 points (donc un déplacement d'au moins une minute) ;
- la vitesse moyenne était comprise entre 5 et 35 km/h (bornes incluses). Les autres traces sont considérées réalisées avec un autre mode.

Les 3 184 traces restantes (317 personnes) constituent la base ayant servies aux analyses réalisées à l'échelle spatiale des traces. Un apurement supplémentaire a été réalisé pour les analyses réalisées à l'échelle des tronçons (voir plus loin).

5.2.8. Effectifs et redressement des 3 184 traces

La figure suivante présente les effectifs pour les variables qui ont été envisagées comme pouvant servir pour le redressement.

Recrutement	Nombre de ID	Nombre de ID2	Classe d'age	Nombre de ID	Nombre de ID2
BM	251	79%	]min;49]	230	73%
PTV	66	21%	[50;max[	87	27%
Total général	317	100%	Total général	317	100%

Genre	Nombre de ID	Nombre de ID2	Résidence	Nombre de ID	Nombre de ID2
H	180	57%	Bordeaux Métropole	287	91%
F	137	43%	Gironde	30	9%
Total général	317	100%	Total général	317	100%

Figure 108 : Effectifs (1/2)

Les personnes recrutées par Bordeaux Métropole représentent 80% de l'effectif. Il s'agit donc un apport important du point de vue du volume d'observations. Cependant, comme le montre la figure suivante, il existe un différentiel de vitesse et de distance : + 13% pour la vitesse (alors que la proportion de VAE est plus importante dans l'échantillon PTV) et + 82% pour la distance en faveur de l'échantillon de Bordeaux Métropole.

Recrutement	Moyenne de DISTANCE_MOYENNE	Moyenne de VITESSE_MOYENNE_D EPLACEMENT
BM	5.88	19.21
PTV	3.24	16.99

Figure 109 : Vitesse et distance en fonction du canal de recrutement

Un redressement de l'échantillon semble préférable car les distances parcourues sont beaucoup plus importantes pour l'échantillon de Bordeaux Métropole et surtout significativement supérieures à la distance moyenne des déplacements à vélo dans l'EMC² de 2021(de l'ordre de 3 km).

Evidemment, la proportion dans la population totale de la Gironde représentative de l'un ou l'autre des canaux de recrutement n'est pas connue. Par défaut, un redressement 50% / 50 % a été réalisé.

Les femmes sont légèrement sous-représentées (43%) mais l'effectif reste important. Comme le montre la figure suivante, les femmes ont une vitesse plus faible de 13%. Il semble donc préférable de redresser l'échantillon selon ce critère ; d'autant que la proportion de femme et d'homme est évidemment connue dans la population totale.

Genre	Moyenne de DISTANCE_MOYENNE	Moyenne de VITESSE_MOYENNE_D EPLACEMENT
H	6.28	19.90
F	4.09	17.25

Figure 110 : Vitesse et distance en fonction du canal du genre

Par ailleurs, les personnes de plus de 50 ans sont sous-représentées (27% dans l'échantillon contre 39% dans la population selon l'INSEE).

Cependant, le différentiel de vitesse n'est que de +2% en faveur des moins de 50 ans.

De plus, l'âge détaillé n'est pas disponible pour la partie Bordeaux Métropole de l'échantillon. Seule la classe d'âge (plus ou moins de 50 ans) est disponible.

Il ne semble donc pas nécessaire d'effectuer un redressement suivant ce critère.

Les participants qui résident hors Bordeaux Métropole sont très peu nombreux (difficulté de recrutement). Il n'est donc pas malheureusement pas possible de réaliser d'analyses sur cette variable.

Enfin, notons que la part des utilisateurs de VAE est incertaine (cf. 5.9) et surtout il était prévu dès le départ de réaliser des modèles prédictifs distincts pour les VAE et les VSA. Pour ces deux raisons, il n'y a pas eu de redressement selon ce critère.

5.2.9. Autres effectifs

La figure suivante présente les effectifs pour d'autres variables.

Fréquence d'utilisation	Nombre de ID	Nombre de ID2
Tous les jours	31	10%
Plusieurs fois par semaine	35	11%
NA	251	79%
Total général	317	100%

Antériorité de la pratique	Nombre de ID	Nombre de ID2
Moins d'un an	18	6%
Plus d'un an	299	94%
Total général	317	100%

Propriétaire du vélo	Nombre de ID	Nombre de ID2
Oui	302	95%
Non	15	5%
Total général	317	100%

Pourquoi le VAE ?	Nombre de ID	Nombre de ID2
Fournir moins d'effort	88	28%
Gagner du temps de trajet	39	12%
Les deux	113	36%
Autre	37	12%
Non réponse	40	13%
Total général	317	100%

Pratique d'un sport ?	Nombre de ID	Nombre de ID2
Oui	235	74%
Non	75	24%
Ne se prononce pas	7	2%
Total général	317	100%

Type de vélo	Nombre de ID	Nombre de ID2
VSA	214	68%
VAE	103	32%
Total général	317	100%

Respect du code de la route indispensable ?	Nombre de ID	Nombre de ID2
Oui	188	59%
Non	100	32%
Ne se prononce pas	29	9%
Total général	317	100%

Préférence pour les aménagements	Nombre de ID	Nombre de ID2
Confort et sécurité	269	85%
Vitesse	24	8%
Vitesse, de confort et sécurité	8	3%
Pas spécialement	16	5%
Total général	317	100%

Figure 111 : Effectifs (2/2)

L'effet éventuel de la propriété du vélo ne peut être exploré en raison d'un effectif insuffisant.

Le confort et la sécurité sont les principales motivations à utiliser les aménagements. Bien que n'ayant pas d'influence dans l'élaboration du modèle de vitesse, ceci plaide en faveur d'un bonus « confort-sécurité » lié aux aménagements éventuellement plus important que le gain de temps de parcours.

Comme le montre la figure suivante (et quelque que soit le canal de recrutement ou le genre), les déplacements réalisés en VAE sont, en moyenne, plus long de 42%.

Type de vélo	Moyenne de DISTANCE_MOYENNE	Moyenne de VITESSE_MOYENNE_D EPLACEMENT
VAE	6.67	20.24
VSA	4.69	18.03

Figure 112 : Vitesse et distance selon le type de vélo (avant redressement)

Cette distance supérieure ne s'explique par entièrement par la vitesse (+12% seulement). Le budget temps des VAE est donc plus important ou, autrement dit, la sensibilité à la distance moindre. Dans la réalité, il est donc possible que les distances réalisées à vélo augmentent avec la croissance de la part des VAE au-delà de ce que le gain de vitesse autorise. Cela peut s'expliquer par un gain au niveau de l'effort produit par le cycliste. Quoiqu'il en soit, le MMM33 ne dispose que d'un mode vélo pour l'étape de choix modal ; avec donc un seul paramètre de sensibilité à la distance pour un groupe donné. L'hétérogénéité de la sensibilité à la distance entre VAE et VSA n'est donc pas prise en compte dans le MMM33.

Les tableaux présentant les effectifs et vitesses moyennes selon chaque variable sont disponibles en annexe 17.2.

5.3. Ajustements de la base pour les modèles

Pour les analyses à l'échelle des tronçons, 338 traces n'ont pu être projetées sur le réseau principalement parce qu'une partie trop importante du déplacement, en particulier le début et la fin de la trace, est effectuée hors réseau modélisé. Par exemple, une trace empruntant trop de trottoirs ne peut pas être projetée sur le réseau si les trottoirs ne sont pas modélisés et/ou que les critères d'appariement sont trop restrictifs.

Ainsi, 3 041 traces composent la base utilisée pour la construction du modèle de vitesse à l'échelle des tronçons.

Seuls ont été conservés les éléments de chemins (tronçons) issus de l'appariement dont :

- la longueur était supérieure ou égale à 15 mètres ;
- le temps de parcours était supérieur à 9 secondes ;
- qui ont été entièrement parcourus par le cycliste.

Il en résulte 81 652 éléments de chemins (correspondant à 12 702 tronçons distincts) utilisés pour la régression.

Afin d'éviter une surreprésentation des individus ayant fournis plus de traces, le poids de chaque individu a été réparti sur les éléments de chemins qu'il a parcouru au prorata de la longueur de chaque élément de chemins.

5.4. Références

Une bibliographie complète n'entre pas dans le cadre de cette mission. On signalera que les études quantitatives sur la vitesse des vélos étaient très peu nombreuses jusqu'à très récemment, basées sur des méthodologies ou des échantillons de faible qualité/quantité.

De plus, les études les plus robustes méthodologiquement que nous avons consultées sont réalisées sur des territoires très différents de la France.

Afin de discuter de la vraisemblance des résultats, nous nous référons parfois à une étude norvégienne utilisant des données de 2016 : S. Flüge et al. (2019)¹⁷. Cette référence, même si renvoyant à un contexte différent de celui de la France, peut servir de point de comparaison par sa méthodologie similaire.

5.5. Modèle explicatif

5.5.1. Objectif

Le modèle explicatif intègre des variables non disponibles dans le MMM33, ou non adaptées à une utilisation dans un modèle agrégé comme le MMM33.

Toutefois, les variables individuelles permettent de distinguer l'effet « toute chose égales par ailleurs » de l'aménagement sur la vitesse.

De plus, ce modèle permet d'explorer les variables à disposition et de comprendre autant que faire se peut la variance de la vitesse des cyclistes. Les modèles prédictifs présentés après sont construits sur cette base en ne retenant que certaines variables.

5.5.2. Résultats

Ce modèle consiste en une régression multilinéaire de la vitesse, utilisant la méthode des moindres carrés. La régression a été réalisée avec le logiciel Jamovi.

Les paramètres obtenus pour le modèle explicatif sont présentés dans la figure suivante.

Coefficients du modèle - EDC_VITESSE_DEPLACEMENT_KMH

Prédicteur	Estimation	Erreur standard	T	p
Ordonnée à l'origine ^a	15.891	0.05355	296.74	< .001
TRC_Amenagement_Agg:				
PC – AUCUN	0.267	0.04386	6.08	< .001
BC – AUCUN	1.695	0.04985	34.00	< .001
COULOIR BUS VELO – AUCUN	1.568	0.06654	23.56	< .001

¹⁷ S. Flüge et al. (2019). Empirical speed models for cycling in the Oslo Road network. Transportation.

Coefficients du modèle - EDC_VITESSE_DEPLACEMENT_KMH

Prédicteur	Estimation	Erreur standard	T	p
DSC NON MATERIALISE – AUCUN	-0.737	0.11184	-6.59	< .001
MIXTE PIETON VELO HORS VV – AUCUN	-2.023	0.14964	-13.52	< .001
VV – AUCUN	-0.990	0.10674	-9.28	< .001
TRC_Pente_CatAgg:				
Montée Moyenne – Plat	-1.815	0.06087	-29.81	< .001
Descente Moyenne – Plat	2.561	0.06806	37.62	< .001
Montée Forte – Plat	-4.579	0.28901	-15.84	< .001
Descente Forte – Plat	3.899	0.25715	15.16	< .001
SEXE:				
H – F	1.675	0.03341	50.13	< .001
AGE_AGR:				
]min;49] – [50;max[	1.039	0.03640	28.56	< .001
TYPE_VELO_AGR:				
VSA – VAE	-2.848	0.03550	-80.23	< .001
TRACE_DISTANCE	0.247	0.00453	54.60	< .001
INTERSEC_AGR:				
Ne se prononce pas – Oui	1.983	0.07106	27.91	< .001
Non – Oui	1.224	0.03817	32.06	< .001
TRACE_HEURE_DEP_CATEG:				
HP – HC	0.546	0.03469	15.74	< .001
TRC_Longueur	4.084	0.12665	32.25	< .001

Note. Pondéré par 'EDC_POIDS' ;

^a Représente le niveau de référence

Figure 113 : Modèle explicatif des vitesses

5.5.3. Clé de lecture

L'ordonnée à l'origine représente la vitesse de base (en km/h) si toutes les autres variables sont à leur valeur de référence. Il ne s'agit donc pas de la vitesse moyenne de l'échantillon.

Lorsque la variable est catégorielle, la modalité de référence est rappelée à droite de la modalité évaluée (modalité évaluée – modalité de référence).

Les coefficients de la colonne « Estimation » donne la variation de vitesse en km/h par rapport à la référence ou pour une unité.

5.5.4. Interprétations

Aménagements

Les aménagements sont évalués par rapport à l'absence d'aménagement.

Les bandes cyclables et les couloirs de bus ont un impact positif et significatif sur la vitesse.

Les pistes exercent une influence beaucoup plus faible sur la vitesse (mais positive) ; peut-être en raison d'une proximité perçue avec les piétons plus importante ou de la difficulté à dépasser en raison de la présence d'un séparateur.

L'hypothèse d'un biais de surreprésentation des cyclistes plus rapides que la moyenne pour les aménagements de type couloir de bus ou, à l'inverse, une surreprésentation des cyclistes les plus lents (car néophytes ou pour d'autres raisons) sur les pistes cyclables a été explorée. Cela a été réalisé en scindant l'échantillon entre cyclistes « lents » (le tiers le plus lent en vitesse moyenne), « moyen » et « rapide » ; sans contrôler les raisons de ces différences (type de vélo, expériences, genre...). Les conclusions sont similaires et confirment les éléments précédents. Les signes et la hiérarchie des effets des aménagements sont les mêmes. Les effets sont de moindre ampleur (mais toujours significatifs) pour les cyclistes les plus rapides.

Le Double Sens Cyclable (DSC) matérialisé a été assimilé à une bande cyclable du fait d'un coefficient très similaire à cette catégorie.

Le Double Sens Cyclable non matérialisé exerce une influence négative ; peut-être en raison d'une préoccupation de sécurité et d'une attention renforcée du cycliste.

La mixité avec les piétons, surtout hors voies vertes, est associée à un impact négatif sur la vitesse.

Globalement, ces effets sont conformes à l'intuition. L'influence négative de la proximité avec les piétons est confirmée dans l'étude de S. Flüge et al. (2019) même si la piste cyclable y était associée à un effet plus positif.

Ces effets sont également conformes avec une étude similaire réalisée en 2024 par PTV sur une autre agglomération française (sur la base de données GPS issues d'application de recherche d'itinéraire) ; y compris la moindre influence exercée par les pistes cyclables sur la vitesse.

La pente

Les observations sont trop peu nombreuses (en raison de la topographie relativement plate du territoire d'étude) pour réaliser une analyse détaillée. Un regroupement a été réalisé. Les pentes « moyenne », tant à la montée qu'à la descente, correspondent aux pentes comprises entre 2% et 4%. Les pentes dont la valeur absolue est supérieure sont qualifiées de « fortes ».

Les effets sont conformes à l'intuition et à S. Flüge et al. (2019).

Le genre

Les effets sont conformes à l'intuition et l'ampleur de l'effet est similaire à celui présenté dans l'étude de S. Flüge et al. (2019).

L'âge

L'effet est conforme à l'intuition.

Le type de vélo

Le VAE a un impact positif fort sur la vitesse. Ceci est conforme à l'intuition et est cohérent (bien que plus fort) avec l'étude de S. Flüge et al. (2019).

La distance du déplacement

La distance a un effet positif pouvant s'expliquer par un consentement à l'effort plus important lorsque l'individu réalise un déplacement plus long.

Intersection

Le fait de déclarer que « le respect du code de la route aux intersections n'est pas systématiquement indispensable » est associé avec une vitesse plus élevée. Cela peut s'expliquer par un comportement de conduite plus risqué aux intersections et donc l'atténuation des phases de freinage/accélération ; facilitant le maintien de la vitesse initiale et réduisant l'effort ainsi que la fatigue sur la durée du déplacement.

Heure de départ

L'heure de départ entre 06h00-09h00 et 16h00-19h00 (heures de pointe) est associée à un effet légèrement positif sur la vitesse. Cela peut s'expliquer par un motif plus souvent contraint en termes d'horaire d'arrivée ou surtout une meilleure connaissance de l'itinéraire s'il est répété régulièrement. On pourrait alors s'attendre à un effet plus important.

Mais, à l'inverse, la saturation du réseau routier aux heures de pointes (voitures et cyclistes) peut avoir un effet négatif sur la vitesse et venir atténuer l'effet de l'heure de départ.

Longueur du tronçon

La longueur du tronçon a un effet positif ; peut-être en lien avec l'éloignement des intersections ou le caractère rectiligne du tronçon à parcourir (la courbure des tronçons n'a cependant pas été testée car jugée non significative dans une précédente étude réalisée par PTV en 2024 sur une autre agglomération française).

5.5.5. Qualité du modèle

Corrélation des variables et résidus

Les figures suivantes présentent la distribution des résidus par rapport à la variable ajustée (gauche) et la distribution normale théorique (droite).

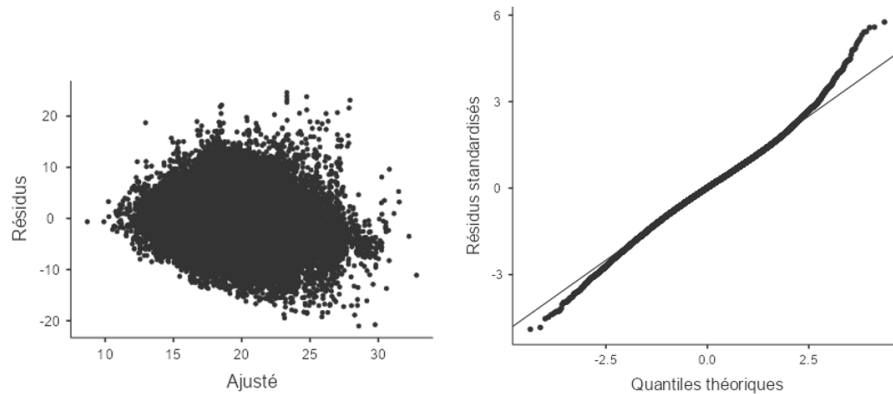


Figure 114 : Distribution des résidus et par rapport à la variable ajustée (gauche) et la distribution normale théorique (droite)

La distribution des résidus ne reflète pas de tendance très nette ; ce qui est indice de relative qualité de la régression.

Le tableau suivant présente le test de facteur d'inflation de la variance (VIF). Plus la valeur est proche de 1 (et non 5, 10...) moins les facteurs explicatifs sont corrélés.

	VIF	Tolérance
TRC_Amenagement_Agg	1.01	0.986
TRC_Pente_CatAgg	1.00	0.997
SEXE	1.04	0.962
AGE_AGR	1.04	0.963
TYPE_VELO_AGR	1.05	0.955
TRACE_DISTANCE	1.10	0.907
INTERSEC_AGR	1.02	0.977
TRACE_HEURE_DEP_CATEG	1.02	0.978
TRC_Longueur	1.06	0.943

Figure 115 : Facteur d'inflation de la variance

La colinéarité est très faible, renforçant la fiabilité des résultats du modèle.

Limites méthodologiques

Il existe une forte probabilité de biais de sélection de l'échantillon et d'observation. Les cyclistes réguliers sont plus enclins à participer à l'étude. De plus, les cyclistes pourraient changer de comportement (rouler plus ou moins vite) lorsqu'ils savent qu'ils sont suivis.

L'échantillon est faible au regard de certaines variables, par exemple les personnes hors Bordeaux Métropole.

Le motif de déplacement reste inobservable, comme la densité de trafic, ou encore les capacités physiques des individus (l'intégration de la variable « sport » ne donne pas un résultat interprétable, ni au regard du signe ni au regard de la significativité).

La densité urbaine a fait l'objet de tentatives de proxy (par exemple la densité de nœuds ou la limitation de vitesse à 30km/h) qui n'ont pas permis de conclure.

Variance expliquée

La variance expliquée par ce modèle (R^2 ajusté) est de 26,4%. Cette valeur peut être jugée élevée au regard de la littérature en générale. Si ce modèle explicatif est recalculé pour des sous-échantillons VAE et VSA, la variance expliquée est alors respectivement de 20% et 22% ; contre 17% et 24% pour S. Flüge et al. (2019).

Cependant, dans l'absolue ce niveau de variance expliquée reste faible, sans doute en raison d'un nombre important de variables individuelles ou environnementales non prises en compte et des approximations du modèle.

Conclusion

Ce modèle peut être vu comme une bonne représentation de la façon dont la vitesse du vélo varie en fonction des différents facteurs pris en compte ; principalement car le signe et l'ordre des estimations des coefficients sont conformes à l'intuition et semblent cohérents avec la littérature.

Ce modèle peut être jugé comme en partie transférable à d'autres villes, mais un recalibrage du niveau général de vitesse pourrait être souhaitable. Des différences sont notamment apparues avec l'étude S. Flüge et al. (2019). Il convient de noter que la culture cycliste du territoire (part modale, expérience moyenne des cyclistes, sentiment de sécurité, comportements des autres usagers, présence de casiers et de douches qui permettent de se rendre au travail à vélo « à grande vitesse » ...) pourrait justifier un recalage.

5.6. Modèle prédictif

5.6.1. Objectif

Le modèle prédictif est intégré au MMM33 et permet de définir les temps de parcours pour le choix modal (et donc la distribution) et l'affectation.

Par ailleurs, il est apparu souhaitable de réaliser deux modèles : VAE et VSA. En effet, comme le montre le modèle explicatif, les VAE sont associés à une vitesse plus élevée. Or, la part des VAE croît rapidement dans le parc roulant. Il est donc opportun de les distinguer afin de pouvoir prendre une hypothèse de part de VAE dans le MMM33 ; et ainsi prendre en compte une augmentation de la vitesse moyenne des vélos.

De plus, le paragraphe suivant montre que les facteurs retenus n'exercent pas la même influence en fonction du type de vélo.

5.6.2. Résultats

L'heure de départ n'a pas été retenue. Les indicateurs du choix modal sont calculés à la journée (heure de pointe symétrisée pour les VP) et cela aurait complexifié le modèle.

La longueur du tronçon n'a pas été retenue afin d'éviter des effets de codage. Un tronçon peut être redécoupé dans le MMM33 sans lien avec la présence d'une intersection, par exemple pour insérer un point d'arrêt TC.

Les variables individuelles, comme le genre et le respect du code de la route aux intersections, ne sont pas présentes dans le MMM33. L'âge n'est pas défini assez précisément pour distinguer les retraités et les actifs. En particulier, on peut supposer que les plus de 50 ans recrutés via Bordeaux Métropole et les partenaires sont majoritairement des actifs.

La figure suivante présente les résultats.

Prédicteur	VAE (R ² 0.0850)				VSA (R ² 0.0597)			
	Est.	E.S.	t	p	Est.	E.S.	t	p
Ordonnée à l'origine ^a	19.796	0.042	471.32	<.001	17.032	0.0306	556.58	<.001
TRC_Pente_CatAgg:								
MontéeMoyenne – Plat	-1.043	0.1015	-10.27	<.001	-2.176	0.0846	-25.71	<.001
DescenteMoyenne – Plat	2.526	0.1114	22.67	<.001	2.873	0.0961	29.91	<.001
MontéeForte – Plat	-3.241	0.417	-7.77	<.001	-5.117	0.449	-11.4	<.001
DescenteForte – Plat	2.768	0.3132	8.84	<.001	8.519	0.5083	16.76	<.001
TRC_Amenagement_Agg:								
PC – AUCUN	1.338	0.0688	19.44	<.001	0.992	0.0581	17.06	<.001
BC – AUCUN	2.624	0.0845	31.04	<.001	1.479	0.0681	21.72	<.001
COULOIR BUS VELO – AUCUN	2.338	0.1076	21.73	<.001	1.955	0.0938	20.85	<.001
DSC NON MATERIALISE – AUCUN	-0.83	0.2194	-3.78	<.001	-1.065	0.1447	-7.36	<.001
MIXTE PIETON VELO HORS VV – AUCUN	-2.509	0.296	-8.48	<.001	-1.644	0.1929	-8.52	<.001
VV – AUCUN	-2.047	0.189	-10.83	<.001	-0.27	0.1429	-1.89	0.059

Figure 116 : Modèles prédictifs

5.6.3. Interprétation

L'effet de la pente est logiquement plus important pour les VSA que pour les VAE. Les descentes fortes semblent avoir un effet très important sur les VSA.

A l'inverse, la présence d'un aménagement favorise plus les VAE ; tant en valeur absolue qu'en valeur relative par rapport à la constante. Cela peut s'expliquer par le fait que les VAE ne sont pas limités par la force musculaire et peuvent donc optimiser l'avantage offert l'infrastructure.

Les remarques faites pour le modèle explicatif restent valables.

On notera que le paramètre « voie verte » pour les VSA n'est pas significatif. Le paramètre final est reconstitué à partir du coefficient « mixité » et d'un produit en croix avec les coefficients VAE pour la mixité et les voies vertes.

5.6.4. Qualité du modèle

Les limites du modèle ont été discutées précédemment et restent valables. Dans le cas du modèle prédictif, les variances expliquées sont particulièrement faibles. Cependant, les valeurs des constantes et coefficients restent très significatives.

5.7. Temps perdus aux intersections

Les pénalités de temps sont appliquées aux déplacements réalisés à vélo dans le modèle.

Ces pénalités sont distinguées en fonction du type d'intersection (régulée par feux ou non) et part type de mouvement. La figure suivante présente les valeurs retenues.

Pénalités aux nœuds (sec.)	Tourne à droite	Tout droit	Tourne à gauche
Signalisation lumineuse tricolore	5	10	15
Autres types d'intersections	5	5	10

Figure 117 : Pénalités de temps appliquées aux déplacements réalisés à vélo

Ces valeurs sont les valeurs utilisées habituellement dans d'autres modèles réalisés par PTV.

Le CEREMA a réalisé des exploitations des traces GPS recueillies pendant la mise à jour du modèle.

Les résultats de ces analyses ont confirmé les ordres de grandeurs de ces pénalités, tout en révélant que les pénalités ci-dessus étaient plus élevées en moyenne (10 secondes en moyenne pour une intersection régulée par feux contre 7 secondes mesurées).

Il semble logique de retenir dans le modèle des valeurs un peu supérieures au temps de franchissement objectif pour prendre aussi en compte le temps « perçu ». Au-delà du temps effectivement perdu, on suppose que les cyclistes perçoivent négativement le fait de devoir franchir une intersection dans leurs choix d'itinéraires.

En moyenne, les exploitations du CEREMA révèlent un faible écart entre les VAE et les VSA. Une seule valeur pour tous les vélos est donc appliquée dans le MMM33.

5.8. Prise en compte du confort et de la sécurité offerts par les aménagements

5.8.1. La préférence pour les aménagements

5.8.1.1. Sémantique

Dans les modèles comme le MMM33, le paramètre de vitesse vélo, dans les cas où il est variable en fonction de l'aménagement, est désigné le plus souvent par le terme de cyclabilité. Ce bonus recouvre de manière implicite et indistincte le gain de vitesse et le gain de sécurité/confort.

Dans la suite du document, le terme de « cyclabilité » (ou de « bonus de cyclabilité ») désigne le gain (réel ou perçu) de sécurité (probabilité réduite d'accident avec le trafic routier notamment) et de confort (visibilité, manœuvrabilité...) offert par un aménagement ; à l'exclusion du bénéfice de vitesse déjà étudié précédemment.

5.8.1.2. Justification et observations

D'après l'Enquête sur les pratiques environnementales des ménages de 2016¹⁸, 25% des français sondés citent des « Pistes cyclables plus nombreuses et plus sécurisées » comme facteur qui pourrait les inciter à utiliser davantage le vélo.

Par ailleurs, d'après une enquête de l'Observatoire du rapport des Français au vélo, réalisée en 2022¹⁹, 61% des non-cyclistes déclarent craindre d'utiliser le vélo pour les trajets du quotidien. A la lumière de ces résultats, la sécurité et l'accès aux aménagements cyclables semblent donc être des éléments déterminants dans l'attractivité du vélo.

De plus, comme l'illustre le tableau suivant, dans notre recueil, plus de 80% des 317 répondants ayant effectivement renvoyé une trace GPS valable mettent en avant le seul gain de confort et de sécurité comme raison d'utilisation des aménagements.

Privilégiez-vous les itinéraires aménagés	Réponses redressées des individus
Le plus souvent possible, pour un gain de confort et sécurité	84%
Le plus souvent possible, pour un gain de vitesse, de confort et sécurité	6%
Le plus souvent possible, pour un gain de vitesse	7%
Pas spécialement	3%
Total général	100%

Figure 118 : Motivation pour les aménagements

5.8.1.3. Objectif

Si la littérature scientifique fournie de nombreuses évidences de cette préférence pour les aménagements²⁰ ; elle ne fournit pas de valeurs transposables pour un modèle comme le MMM33.

L'objectif de cette analyse est de justifier les valeurs des bonus de cyclabilité à appliquer dans un modèle comme le MMM33 sur la base de mesures empiriques.

¹⁸ « Enquête sur les pratiques environnementales des ménages (EPEM 2016) | Données et études statistiques ». 2016. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/enquete-sur-les-pratiques-environnementales-des-menages-epem-2016> (23 juillet 2024).

¹⁹ Descarrega, Boris, et Agnès Crozet. 2023. La France à vélo. https://lobsoco.com/wp-content/uploads/2023/04/LObSoCo_La-France-a-Velo_Principaux-enseignements.pdf (23 juillet 2024).

²⁰ De Jong et al. (2023). Road infrastructures, spatial surroundings, and the demand and route choices for cycling : evidence from a GPS-based mode detection study from Oslo, Norway. Urban Analytics and City Science 2023, Vol. 50 (8) 2133-2150.

5.8.2. Méthodologie

5.8.2.1. Méthode choisie

Une première approche peut consister à analyser les choix d'itinéraires à travers des enquêtes de préférences déclarées. L'avantage des enquêtes de préférence déclarées est qu'il est possible de contrôler les conditions d'expérimentation et d'isoler les variables à analyser. Ces enquêtes permettent surtout d'évaluer le comportement d'individus dans des situations dans lesquelles il est difficile de les observer, en particulier de proposer des choix d'itinéraires vélo à des non-cyclistes. Cependant, contrairement aux préférences révélées, on ne peut pas être certain que les préférences déclarées correspondent réellement aux choix que feraient les individus s'ils étaient placés dans les situations présentées.

A l'inverse, les préférences révélées permettent d'étudier les choix effectivement fait par les cyclistes dans le monde réel ; tout en ouvrant la possibilité d'une évaluation quantitative directe.

Notre méthode est donc basée sur les préférences révélées. Plus précisément, il s'agit d'une comparaison des vélos x km entre, d'une part, les traces GPS projetées sur le réseau et, d'autre part, les chemins issus d'une affectation de plus court chemin sur les mêmes OD.

L'affectation tient compte du modèle de vitesse déjà développé (qui intègre l'influence de la pente et des aménagements sur la vitesse) et des pénalités de temps aux intersections présentées précédemment.

Ainsi, on explique les écarts observés par la valorisation de la cyclabilité. Un bonus de cyclabilité (exprimé sous la forme d'un gain de vitesse perçue) est alors déterminé par tâtonnement.

5.8.2.2. Sous-échantillon de traces

La comparaison des résultats d'affectation ne peut se faire directement avec les traces GPS, mais seulement avec les traces projetées sur le réseau. En effet, c'est seulement à l'issue de cette étape de projection que les caractéristiques des tronçons a priori empruntés par les cyclistes peuvent être analysées et comparées au résultat de l'affectation.

Or, cette étape de projection est imparfaite. Afin de limiter les erreurs de projection, seules les traces projetées (chemins PTV Visum) dont la longueur est égale aux traces GPS (avec une tolérance de plus ou moins deux pourcents) ont été retenues.

Le nombre de traces finalement utilisé est de 834 traces.

5.8.2.3. Biais de sélection et segments de demande analysés

Biais de sélection

Comme évoqué plus haut, il existe un biais dans cette approche du fait que la valeur de l'indice de cyclabilité est déterminée sur la base des comportements des cyclistes (à l'exclusion évidemment des non cyclistes qui ne peuvent pas participer au recueil).

En effet, il est probable que les non cyclistes actuels aient une préférence pour les aménagements plus forte que les pratiquants. Le manque de sécurité (réel ou perçu) est souvent un facteur mis en avant par les non cyclistes pour expliquer le choix d'un autre mode.

Or, dans un modèle comme le MMM33, le choix modal est réalisé à l'échelle d'un individu fictif moyen dont les seuils d'arbitrages (paramètres de la fonction d'utilité) sont censés correspondre à la fois à ceux d'un cycliste et d'un non cycliste.

Il y a donc un risque de sous-estimer l'indice de cyclabilité en ne se basant que sur des cyclistes.

Différentes segmentations de l'échantillon ont été envisagées pour pallier ce biais.

Débutants versus autres pratiquants

La distinction entre pratiquant et non pratiquant étant impossible, il aurait été possible d'utiliser la distinction « débutant » (moins d'un an déclaré de pratique) versus « autre pratiquant » (plus d'un an déclaré de pratique) ; l'antériorité de la pratique ayant fait l'objet d'une question spécifique.

Une analyse « test » a été menée suivant cette segmentation. Comme le montre le tableau suivant, les résultats ont mis en évidence une préférence des débutants pour les aménagements séparés (piste cyclable et voie verte) deux fois plus forte que celle des autres participants.

Par ailleurs, les débutants semblent « boudier » les bandes cyclables. Cela peut s'expliquer par le fait qu'ils ne tirent que partiellement profit du gain de vitesse offert et modélisé par ce type d'aménagement ; mais aussi qu'ils valorisent négativement l'absence de séparation physique avec le trafic automobile.

Distance parcourue par type d'aménagement	DEBUTANTS				AUTRES				TOTAL			
	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%
AUCUN	42	44	3	6%	44	49	6	13%	44	49	5	12%
BC	21	33	12	59%	16	14	-1	-8%	16	16	0	1%
PC	27	15	-12	-44%	26	20	-6	-22%	26	20	-6	-24%
AUTRE	4	2	-1	-31%	4	4	0	3%	4	4	0	0%
COULOIR BUS VELO	4	4	0	2%	5	6	1	16%	5	6	1	15%
DSC NON MATERIALISE	0	1	0	209%	2	4	2	112%	2	4	2	112%
MIXTE PIETON VELO HORS VV	1	1	-1	-57%	1	1	-1	-58%	1	1	-1	-58%
VV	2	1	-2	-74%	2	1	-1	-55%	2	1	-1	-57%
TOTAL	100	100	0	0%	100	100	0	0%	100	100	0	0%

Distance parcourue par type d'aménagement	DEBUTANTS				AUTRES				TOTAL			
	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%
SEPRE	29	16	-13	-46%	28	21	-7	-24%	28	20	-7	-27%
NON SEPRE	66	81	15	23%	67	74	7	11%	67	75	8	12%
AUTRE / MIXTE PIETON	5	3	-2	-38%	6	5	-1	-11%	5	5	-1	-14%
TOTAL	100	100	0	0%	100	100	0	0%	100	100	0	0%

Clé de lecture (première ligne du second tableau). Pour les débutants, 16% de la distance parcourue est réalisée sur les aménagements séparés sur la base des chemins issus d'une affectation (avant application d'un indice de cyclabilité) ; alors que cette part est de 29% dans les traces projetées. Il y a donc, dans les traces projetées, une préférence révélée pour les aménagements séparés (-13 points). Cette préférence est environ deux fois moindre (-7 points) pour les autres participants.

Figure 119 : Comparaison de la répartition des distances parcourues en fonction du type d'aménagement selon l'antériorité de la pratique (hors indice de cyclabilité)

Ces résultats permettraient de retenir des valeurs distinctes en situation actuelle pour ces segments, voire de baser l'indice de cyclabilité sur un mixte débutant / autre pratiquant. Mais, d'une part, il est probable que la proportion de débutant ne varie pas au cours du temps ; même en cas de croissance de la part modale vélo. D'autre part, les résultats sont basés sur un échantillon total de 18 débutants seulement.

Mais ces résultats confirment que la valorisation de la cyclabilité n'est pas homogène dans la population (y compris au sein de la sous-population des cyclistes) et appellent à limiter le biais présenté précédemment.

C'est pourquoi il a semblé opportun de chercher une segmentation alternative, plus adaptée au MMM33.

VAE versus VSA

L'hypothèse implicite est que les utilisateurs des VAE présentent, en moyenne, un profil différent des utilisateurs de VSA et une plus forte valorisation de la cyclabilité offerte par les aménagements.

Cette hypothèse n'est pas clairement confirmée par les déclarations des participants (réponses aux questionnaires). Les réponses relatives à la sécurité et au confort des utilisateurs de VAE ne se distinguent pas significativement de celles des utilisateurs de VSA.

Cependant, les résultats de la comparaison des traces aux plus courts chemins révèlent une préférence plus forte pour les aménagements chez les utilisateurs de VAE que chez les utilisateurs de VSA (cf. plus loin)²¹. Ces résultats peuvent donc permettre de valoriser une préférence pour la cyclabilité hétérogène dans la population des cyclistes.

De plus, cette variable a déjà été utilisée pour le modèle de vitesse utilisé pour cette analyse comme critère de recherche des plus courts chemins ; renforçant la cohérence de la démarche globale.

Enfin, la variable du type de vélo est disponible dans le MMM33 et fait l'objet d'une hypothèse de projection (cf. plus loin). La part de VAE étant supposée croître dans le temps, il en sera donc de même pour l'influence de la cyclabilité. Cela peut sembler cohérent avec l'hypothèse selon laquelle une croissance de la part modale du vélo se traduira probablement par une proportion plus importante de cyclistes moins « vélophiles » que les utilisateurs actuels (sinon ils seraient déjà pratiquants) ; et donc valorisant plus la sécurité et le confort.

²¹ Cette dissonance entre préférences déclarées et révélées peut certainement s'expliquer par les biais des deux analyses. Mais le volet déclaratif semble plus biaisé dans la mesure où il n'était pas demandé une préférence liée au « confort et sécurité » indépendamment de la préférence liée à la « vitesse objective ». Les réponses pouvaient être mixtes. A l'inverse, l'analyse des traces, combiné avec le modèle de vitesse, permet de tenter une analyse où l'effet vitesse objective est neutralisé puisque déjà pris en compte dans le modèle de vitesse.

5.8.2.4. Choix des variables

La littérature, et un article récent en particulier²², a exploré d'autres variables que les aménagements.

Dans cet article à la méthodologie similaire (préférences révélées), des variables liées à l'environnement (la densité de population, emplois et la proximité d'axes autoroutiers) ont été testées mais trouvées non significatives ; peut-être en raison de la difficulté de relier ces variables avec l'environnement immédiat et le sentiment de cyclabilité ressenti par le cycliste à l'échelle du tronçon.

Nous n'avons donc pas testé ces variables.

En revanche, un lien significatif et fort avec la proximité avec l'eau a pu être établi dans cet article. PTV a également pu montrer un lien entre pratique du vélo et aménités liées à l'eau à Strasbourg (quai de l'Ill) et Lyon (berges du Rhône). Cependant, si cela peut avoir un impact en situation actuelle, cette influence n'évoluera en situation prospective.

Cette variable n'a donc pas été testée même si cela aurait pu permettre de mieux reproduire très localement les itinéraires à proximité du fleuve pour l'étape d'affectation.

Enfin, nous avons utilisé le niveau hiérarchique de la voie comme un proxy pour le niveau de trafic ; que la littérature identifie comme une variable explicative significative.

Cependant, il n'a pas été possible d'obtenir des résultats intéressants en croisant aménagement et niveau hiérarchique. Nous ne présentons donc pas les résultats en lien avec cette variable qui n'a été utilisée qu'à des fins de contrôle.

5.8.3. Résultats

5.8.3.1. Résultats sans l'utilisation de l'indice de cyclabilité

Le tableau suivant présente les distances parcourues au global.

DISTANCE	VAE				VSA				TOTAL			
	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%
	151 450	118 225	-33 224	-22%	201 255	179 656	-21 598	-11%	352 705	297 882	-54 823	-16%

Figure 120 : Comparaison des distances parcourues entre traces projetées sur le réseau et chemins issus de l'affectation (hors indice de cyclabilité)

Les distances modélisées sont en moyenne 10% à 20% plus courtes que les traces projetées. Ce résultat confirme que, même gain de vitesse et influence de la pente pris en compte, les cyclistes semblent réaliser des détours par rapport au plus court chemin.

Compte tenu de la sous-estimation générale des distances, nous présentons ci-après des résultats en pourcentage plutôt qu'en valeur absolue.

Le tableau suivant présente la comparaison de la répartition des distances parcourues en fonction du type d'aménagement selon le type de vélo (hors indice de cyclabilité).

²² De Jong et al. (2023). Road infrastructures, spatial surroundings, and the demand and route choices for cycling : evidence from a GPS-based mode detection study from Oslo, Norway. Urban Analytics and City Science 2023, Vol. 50 (8) 2133-2150.

AMENAGEMENT_AGG	VAE				VSA				TOTAL			
	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%
AUCUN	39	47	8	20%	47	52	5	10%	44	50	6	15%
BC	16	16	0	2%	16	15	-1	-7%	16	16	-1	-3%
PC	32	22	-9	-30%	21	19	-3	-13%	26	20	-6	-22%
AUTRE	5	5	0	-7%	3	3	0	5%	4	4	0	-3%
COULOIR BUS VELO	4	4	1	21%	7	6	-1	-11%	5	5	0	0%
DSC NON MATERIALISE	1	3	2	134%	2	4	2	87%	2	4	2	103%
MIXTE PIETON VELO HORS VV	1	0	0	-49%	1	1	-1	-66%	1	0	-1	-60%
VV	2	2	0	-18%	2	1	-1	-60%	2	1	-1	-43%
TOTAL	100	100	0	0%	100	100	0	0%	100	100	0	0%

AMENAGEMENT_AGG	VAE				VSA				TOTAL			
	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%
SEPRE	34	24	-10	-29%	23	19	-4	-17%	28	21	-7	-24%
NON SEPRE	60	71	11	18%	72	77	5	7%	67	74	8	11%
AUTRE / MIXTE PIETON	6	5	-1	-14%	5	4	-1	-17%	5	5	-1	-16%
TOTAL	100	100	0	0%	100	100	0	0%	100	100	0	0%

Figure 121 : Comparaison de la répartition des distances parcourues en fonction du type d'aménagement selon le type de vélo (hors indice de cyclabilité)

Comme annoncé précédemment, et bien que moins marquée que pour la distinction entre « débutants » et « autres participants », il semble exister une différence d'intensité notable dans la préférence pour la cyclabilité en fonction du type de vélo.

Hors utilisation d'un indice de cyclabilité, les aménagements séparés sont systématiquement sous représentés ; en particulier pour les utilisateurs de VAE. Cette différence est attribuable essentiellement à une sous affectation sur les pistes cyclables.

A l'inverse, malgré une vitesse associée plus faible, les doubles sens cyclables sont, surreprésentés dans les résultats d'affectation.

5.8.3.2. Résultats avec l'utilisation de l'indice de cyclabilité

Le tableau suivant présente les valeurs d'indice de cyclabilité obtenues après un processus de tâtonnement et qui sont utilisées dans les résultats présentés ci-après.

Variation de vitesse [km/h]	VAE	VSA
AUCUN	0	0
BC	+5	+4
PC	+10	+3
AUTRE	0	0
COULOIR BUS VELO	0	+3
DSC NON MATERIALISE	-5	-4
MIXTE PIETON VELO HORS VV	+2	+2
VV	+2	+2

Figure 122 : Valeurs des indices de cyclabilité

Les valeurs négatives correspondent à un malus.

Le tableau suivant présente la comparaison de la répartition des distances parcourues en fonction du type d'aménagement selon le type de vélo avec indice de cyclabilité.

AMENAGEMENT_AGG	VAE				VSA				TOTAL			
	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%
AUCUN	39	37	-2	-5%	47	45	-2	-4%	44	42	-2	-4%
BC	16	19	3	21%	16	18	1	9%	16	18	2	14%
PC	32	32	0	0%	21	24	3	12%	26	27	1	5%
AUTRE	5	4	-1	-30%	3	4	0	6%	4	4	-1	-14%
COULOIR BUS VELO	4	5	1	29%	7	7	0	2%	5	6	1	11%
DSC NON MATERIALISE	1	1	0	-6%	2	1	-1	-42%	2	1	-1	-31%
MIXTE PIETON VELO HORS VV	1	1	0	-44%	1	1	-1	-51%	1	1	-1	-49%
VV	2	2	0	-3%	2	1	-1	-42%	2	2	-1	-26%
TOTAL	100	100	0	0%	100	100	0	0%	100	100	0	0%

AMENAGEMENT_AGG	VAE				VSA				TOTAL			
	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%	TRACE	MODELE	DIFF	DIFF%
SEPRE	34	34	0	0%	23	25	2	7%	28	29	1	2%
NON SEPRE	60	62	2	3%	72	71	-1	-1%	67	67	1	1%
AUTRE / MIXITE PIETON	6	4	-2	-32%	5	4	-1	-12%	5	4	-1	-22%
TOTAL	100	100	0	0%	100	100	0	0%	100	100	0	0%

Figure 123 : Comparaison de la répartition des distances parcourues en fonction du type d'aménagement selon le type de vélo avec indice de cyclabilité

Les écarts entre traces projetées et affectation sont grandement réduits pour les deux segments de demande (VAE et VSA). En point de pourcentage, les écarts sont faibles. Il a été difficile de réduire d'avantage les écarts relatifs.

5.8.3.3. Comparaison avec et sans utilisation de l'indice de cyclabilité

Le graphique suivant présente une comparaison entre la situation avec et sans indice de cyclabilité.

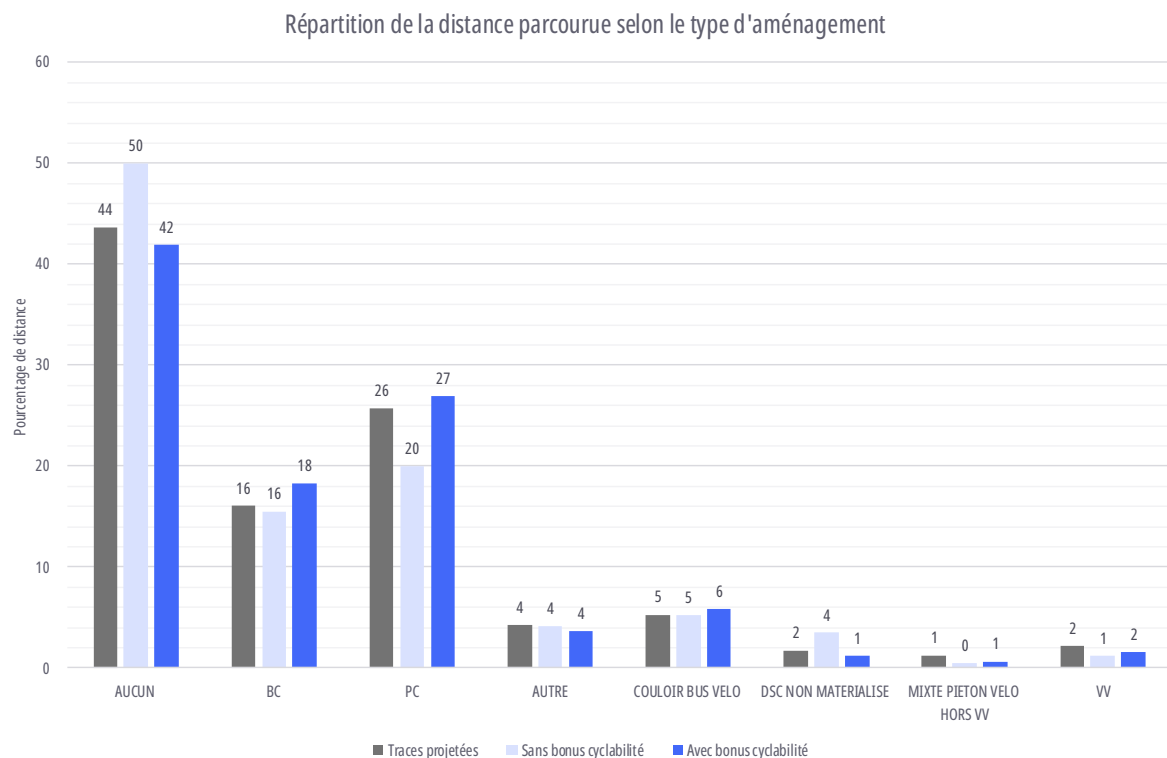


Figure 124 : Comparaison de la répartition des distances parcourues en fonction du type d'aménagement avec et sans indice de cyclabilité

Le bonus de cyclabilité permet de rééquilibrer la répartition des charges vélos par type d'aménagement.

Toutefois, les résultats précédents ne garantissent pas que l'affectation vélo soit calée, c'est-à-dire que les charges affectées correspondent aux charges comptées sur chaque tronçon pris individuellement.

5.8.3.4. Conclusion sur l'indice de cyclabilité

La méthodologie utilisée permet bien de justifier et de quantifier un indice de cyclabilité.

Les valeurs obtenues sont d'un ordre de grandeur comparable aux valeurs utilisées habituellement dans les modèles.

Les valeurs obtenues suggèrent une forte valorisation pour les pistes cyclables. Ce résultat est conforme à l'intuition ainsi qu'aux enquêtes réalisées auprès des cyclistes et non cyclistes.

Les résultats sont meilleurs sur une agrégation en fonction du caractère de l'aménagement séparé ou non du trafic routier. La capacité à bien reproduire cette distinction est intéressante dans la perspective d'évaluations de projets dans la mesure où elle dissocie des alternatives relativement significatives en termes de coût d'investissement pour la collectivité.

On peut considérer que le MMM33 prend bien compte la valorisation du gain de sécurité et de confort offert par un aménagement cyclable.

De plus, la valorisation de la cyclabilité devrait permettre un choix modal plus pertinent et sera croissante avec la part de VAE du fait de la distinction en fonction du type de vélo.

L'indice de cyclabilité intervient aussi lors de l'affectation.

5.9. Hypothèse de part de VAE

5.9.1. Données disponibles

Les méthodes de comptages automatiques ne distinguent pas les VAE des VSA.

Les données de comptages manuels sont rares et par nature ponctuelles dans l'espace.

Les données d'enquête offrent peu de recul sur cette pratique (VAE) récente et encore relativement minoritaire il y a quelques années.

Les données de ventes des VAE sont disponibles uniquement au niveau national et ne renseignent que très indirectement sur la composition du parc roulant aux heures de pointes. Cette dernière dépend par exemple du volume actuel de vélo, du taux de renouvellement du parc, du taux d'utilisation, du contexte d'utilisation (week-end, jour ouvrables...).

Cependant, nous dressons un état des lieux des données disponibles.

Part modérée dans les enquêtes

L'EMC² de Gironde 2021 donne une part de 6% des déplacements vélos réalisés en VAE (10% à l'échelle de Bordeaux Métropole uniquement).

Les autres EMC² récentes (2021 – 2023) indiquent une part de l'ordre de 10% en moyenne ; avec un « maximum » de 21% à Chambéry (2022). Ce territoire est relativement riche et vallonné ; ce qui peut expliquer ce résultat.

L'enquête nationale sur l'usage du vélo de 2023 indique une part de 24% (mais incluant les speed bike).

Des parts plus importantes dans les comptages

Le graphique suivant représente une synthèse des données de comptages manuels disponibles.

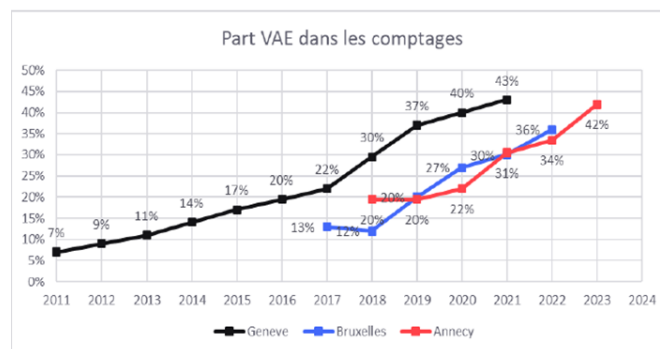


Figure 125 : Part des VAE dans les comptages

Par ailleurs, un comptage réalisé sur le Pont de Pierre à Bordeaux en 2024 indique une part de 40% ; donc du même ordre de grandeur que dans les comptages du graphique précédent.

5.9.2. Conclusion et hypothèses

La part des VAE pourrait être assez variable localement et sur représentée aux heures de pointes par exemple. Ainsi, les comptages pourraient surestimer la part de VAE dans les déplacements réalisés à vélo à l'échelle du MMM33 et d'une journée complète.

Les utilisateurs de VAE parcourent plus distance. Ils sont mécaniquement plus présents dans les comptages, même si cet effet est sans doute marginal dans les données présentées précédemment.

Malgré un faible nombre d'utilisateurs de VAE composant l'échantillon, la proposition a été faite de se baser sur l'enquête EMC² de 2021 comme base de départ. Cette enquête reste plus représentative de l'ensemble des déplacements.

Par ailleurs, il est proposé de s'appuyer sur les taux de croissance moyens observés dans les comptages et d'appliquer en partie cette tendance jusqu'en 2030. Les valeurs suivantes sont alors obtenues pour la part de VAE dans le parc roulant.

- 6% en 2021 (EMC²).
- 8% en 2023.

- 22% en 2030.

Compte tenu des fortes incertitudes relatives à ces résultats, les valeurs ont été ajustées et arrondies ; favorisant également la lisibilité des hypothèses. Les valeurs suivantes sont retenues.

- 6% à l'horizon 2021.
- 10% à l'horizon 2023.
- 20% à l'horizon 2030.
- 30% à l'horizon 2040.

Ces taux de VAE sont, à ce stade, appliqués de manière homogène à l'ensemble du territoire.

5.10. Intégration au MMM33

5.10.1. Calcul de la vitesse au niveau des tronçons

Les attributs de tronçons suivants sont utilisés pour calculer la vitesse à vide (V0) pour les VAE et les VSA :

- V0_VELO_VAE ;
- V0_VELO_VSA.

Il s'agit d'attributs de formule. Ils sont donc automatiquement mis à jour en permanence.

Cette vitesse à vide vélo inclut l'influence de la pente et de l'aménagement ; mais aussi le bonus de cyclabilité (préférence pour les aménagements) correspondant au gain de confort et de sécurité.

La figure suivante présente la formule de calcul de la V0 pour les VAE.

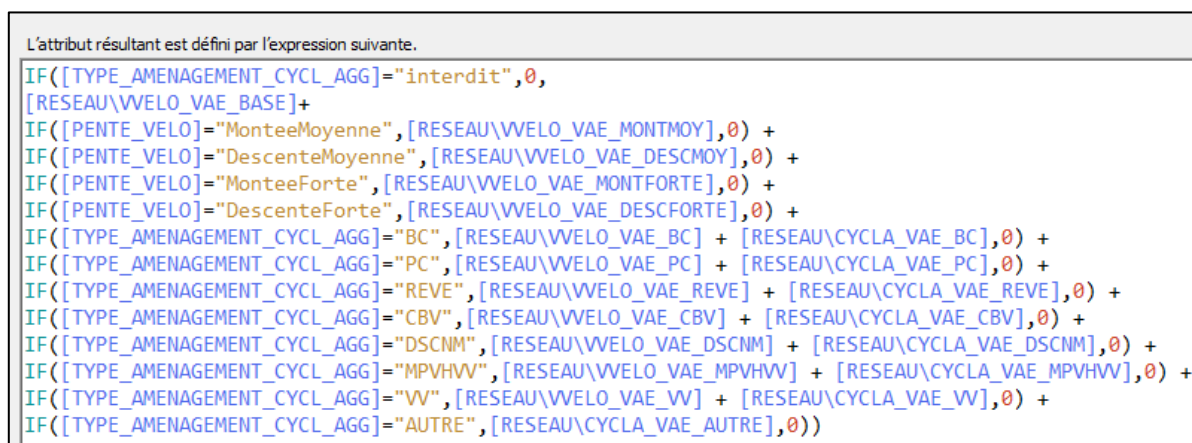


Figure 126 : Formule de calcul de la V0 pour les VAE

Cette formule fait appel à des attributs de réseau qui contiennent :

- la vitesse de base correspondant à l'ordonnée à l'origine du modèle de régression (par exemple VVELO_VAE_BASE pour les VAE) ;

- les estimateurs du modèle de régression correspondant à la pente (par exemple VVELO_VAE_MONTMOY pour les VAE dans les montées moyennes) ;
- les estimateurs du modèle de régression correspondant à la présence d'un aménagement (par exemple VVELO_VAE_BC pour les VAE sur une bande cyclable) ;
- le bonus lié au confort et la sécurité offerts par les aménagements (par exemple CYCLA_VAE_BC pour les VAE sur une bande cyclable).

La figure suivante présente les valeurs de ces attributs.

VVELO_PART_VAE	0.06	VVELO_PART_VSA	0.94
VVELO_VAE_BASE	19.80	VVELO_VSA_BASE	17.00
CYCLA_VAE_AUCUN	0.00	CYCLA_VSA_AUCUN	0.00
CYCLA_VAE_AUTRE	0.00	CYCLA_VSA_AUTRE	0.00
CYCLA_VAE_PC	10.00	CYCLA_VSA_PC	3.00
CYCLA_VAE_BC	5.00	CYCLA_VSA_BC	4.00
CYCLA_VAE_CBV	0.00	CYCLA_VSA_CBV	3.00
CYCLA_VAE_MPVHVV	2.00	CYCLA_VSA_MPVHVV	2.00
CYCLA_VAE_VV	2.00	CYCLA_VSA_VV	2.00
CYCLA_VAE_DSCNM	-5.00	CYCLA_VSA_DSCNM	-4.00
CYCLA_VAE_REVE	12.00	CYCLA_VSA_REVE	6.00
VVELO_VAE_PC	1.30	VVELO_VSA_PC	1.00
VVELO_VAE_BC	2.60	VVELO_VSA_BC	1.50
VVELO_VAE_CBV	2.30	VVELO_VSA_CBV	2.00
VVELO_VAE_MPVHVV	-2.50	VVELO_VSA_MPVHVV	-1.60
VVELO_VAE_VV	2.00	VVELO_VSA_VV	-1.30
VVELO_VAE_DSCNM	-0.80	VVELO_VSA_DSCNM	-1.10
VVELO_VAE_REVE	2.60	VVELO_VSA_REVE	3.00
VVELO_VAE_DESCFORTE	2.80	VVELO_VSA_DESCFORTE	8.50
VVELO_VAE_DESCMOY	2.50	VVELO_VSA_DESCMOY	2.90
VVELO_VAE_MONTFORTE	-3.20	VVELO_VSA_MONTFORTE	-5.10
VVELO_VAE_MONTMOY	-1.00	VVELO_VSA_MONTMOY	-2.20

Figure 127 : Attributs de réseau définis par l'utilisateur et utilisés pour le calcul des vitesses à vide (V0)

Toujours au niveau des tronçons, un temps à vide (T0) est calculé sur la base de la vitesse à vide présentée à l'instant et de la longueur du tronçon. Ce calcul se fait par un attribut de formule.

Un aménagement supplémentaire est intégré pour une utilisation en situation prospective afin de mieux valoriser les aménagements des autoroutes à vélo, dites « ReVe ». Ces aménagements n'existant pas en situation actuelle, les paramètres sont estimatifs et visent à tenir compte de leur caractère spécifique (largeur permettant des dépassements, infrastructure sécurisée, visibilité et jalonnement, prise en compte dans les régulations, etc.).

5.10.2. Calcul du temps généralisé

Outre le T0 sur les tronçons (voir paragraphe précédent), le temps généralisé inclut le temps à vide sur les connecteurs et les mouvements tournants (temps perdus aux intersections).

Le temps à vide vélo sur les tronçons résulte d'un mixte entre le temps à vide des VAE et VSA.

Les parts de VAE et de VSA sont stockées dans les attributs de réseau VVELO_PART_VAE et VVELO_PART_VSA. La part de VSA est un attribut de formule et correspond au complément à 1 de la part de VAE.

La figure suivante présente la formulation du temps généralisé vélo sur les tronçons.

Temps généralisé pour système de transport R (Tronçons)							
Nombre: 2	Coefficient	Attribut		Op.	Coefficient	Attribut	
1	1.000000	T0_VELO_VAE	...	*	1.000000	Réseau\VVELO_PART_VAE	...
2	1.000000	T0_VELO_VSA	...	*	1.000000	Réseau\VVELO_PART_VSA	...

Figure 128 : Formulation du temps généralisé vélo sur les tronçons

Le temps généralisé vélo est utilisé :

- pour le calcul des matrices d'indicateurs rentrant dans la formulation de l'utilité du choix modal et de la distribution ;
- comme critère de l'affectation des vélos.

6. Segmentation de la demande

6.1. Les périodes de modélisation

Les périodes correspondent aux plages horaires pour lesquelles sont générées des matrices de déplacements par mode, qui servent ensuite aux affectations modales. Trois périodes représentatives sont modélisées qui sont :

- La période de pointe du matin (PPM) de 7h00 à 9h00 ;
- La période de pointe du soir (PPS) de 16h00 à 19h00 ;
- La journée.

6.1.1. Périodes de pointes (matin et soir)

L'analyse de l'EMC² permet d'identifier les périodes de pointe, à savoir les périodes les plus chargées en termes de déplacements.

Les trois graphiques ci-dessous présentent des analyses visuelles de la répartition des déplacements selon les moments de la journée.

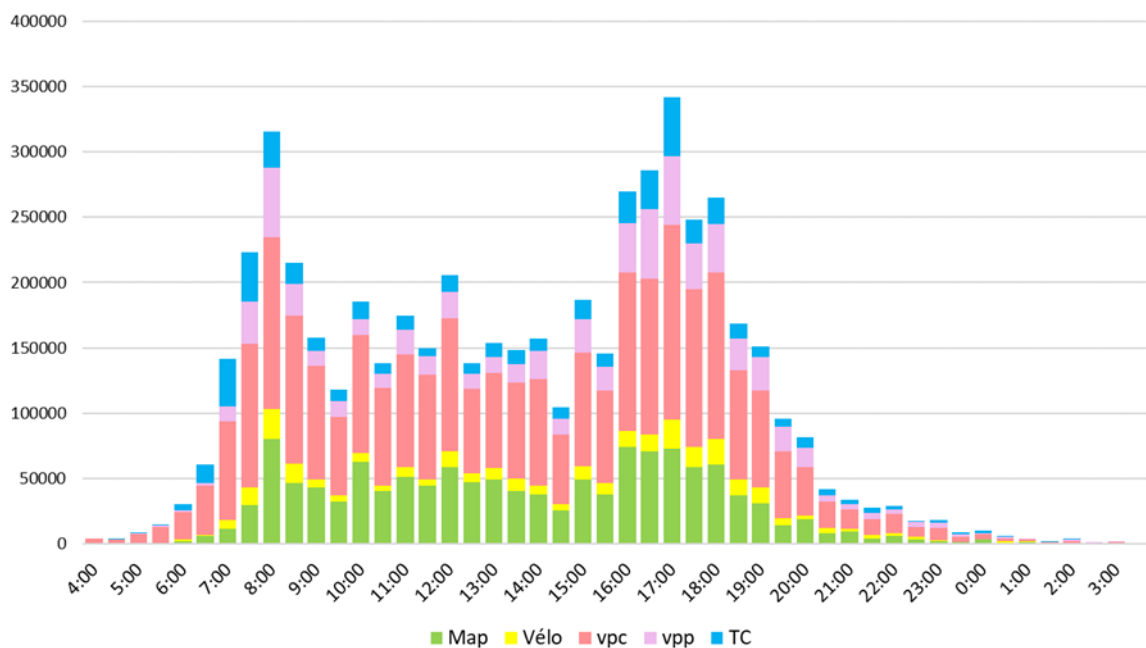


Figure 129 : Volume des déplacements par mode selon l'heure de départ

Le graphique ci-dessus fait ressortir des « vagues » de déplacements autour des pics 8h le matin et 17h le soir. Les périodes de pointes 7h-9h et 16h-19h semblent notablement plus chargées.

6 Segmentation de la demande

6.1 Les périodes de modélisation

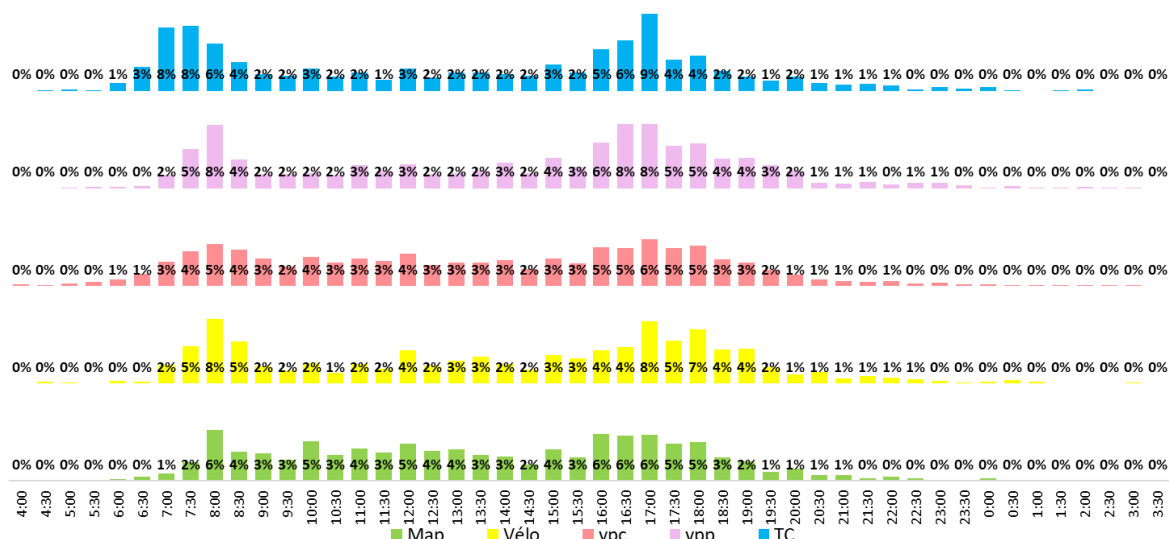


Figure 130 : Proportion des déplacements par mode selon l'heure de départ

Le graphique ci-dessus présente la répartition des déplacements pour chaque mode au long de la journée, il est intéressant de noter que les pics de départs des déplacements en transport en commun sont en léger décalage par rapport aux pics des autres modes. Il convient alors d'analyser les volumes des personnes en mouvements et non seulement selon l'heure des départs.

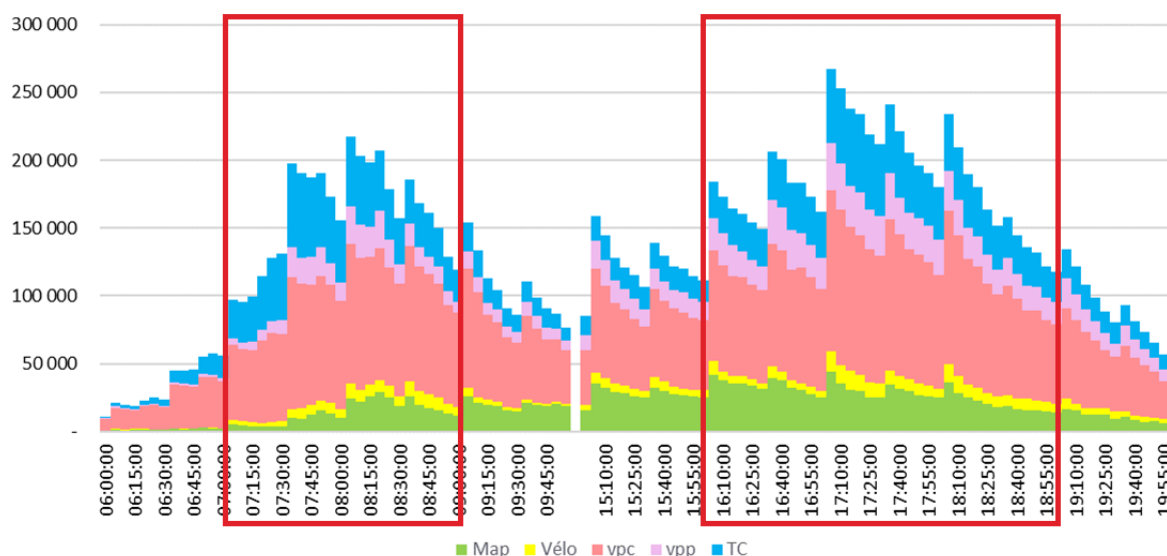


Figure 131 : Nombre de personnes en déplacements selon le mode tout au long de la journée

Le graphique ci-dessus présente le nombre de personnes en déplacement selon l'heure de la journée (pas de 15 minutes), ce graphique vient confirmer les heures de pointes proposées.

Les périodes de pointes retenues et validées sont donc 7h-9h pour le matin et 16h-19h pour le soir. Ce qui présente une évolution par rapport au modèle initial.

6.1.2. Heures de pointes (matin et soir)

Les affectations de la demande des modes voiture personnelle conducteur (VPC) et poids lourds (PL) sont quant à elles réalisées sur une heure de pointe incluse dans la période de pointe.

Pour définir les heures de pointes, les postes de comptages avec détail horaire ont été utilisés. Les sources de données retenues sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Source	Fichiers	Détail horaire
BM	base_comptages_routiers_2019-2020-2021-2022.xlsx	HPM – HPS prédéfinis sans précision
DIRA	DIRA_historical_2022	OK
	LCTableau_Reseau_DIRA_Annee_Complete_2021	OK
	0_tmja_dira_par_section_20220101.ods	Non
	QTV DIRA	Non
Département	DC.csv	Non
Autoroute	Vinci_Horaires_PK_MMM_2021.xlsx	OK
DREAL-DDTM	Néant	-

Figure 132 : Sources de comptages analysées pour détection des horaires de pointes

Les résultats de ces analyses sont présentés ci-dessous sous formes chiffrés et graphiques. Les comptages de la DIRA montrent que les heures 8h-9h et 17h-18h sont les plus fréquentées que ce soit en 2021 ou en 2022.

Les tableaux ci-dessous indiquent à quel intervalle horaire appartient la mesure horaire maximum pour chaque poste et chaque jour. Par exemple pour 2022 nous avons 5003 observations pour chaque heure et dans 2416 cas c'est l'heure 8h-9h qui s'est révélée être la plus chargée.

Ces analyses démontrent clairement les heures de pointes du matin et du soir.

Dira 2021	Plages horaires du matin	Proportion de mesures max	Nombre de mesures max	Plages horaires du soir	Proportion de mesures max	Nombre de mesures max
	6H-7H	9.8%	563	15h-16h	13.8%	793
	7H-8H	32.0%	1838	16h-17h	22.9%	1318
	8H-9H	52.4%	3014	17h-18h	53.7%	3089
	9H-10H	5.8%	334	18h-19h	9.5%	549
	total	100%	5749	total	100%	5749

Figure 133 : Répartition des maximums par plage horaires pour les postes DIRA à l'horizon 2021

Dira 2022	Plages horaires du matin	Proportion de mesures max	Nombre de mesures max	Plages horaires du soir	Proportion de mesures max	Nombre de mesures max
	6H-7H	9%	428	15h-16h	17%	829
	7H-8H	33%	1676	16h-17h	28%	1413
	8H-9H	48%	2416	17h-18h	48%	2385
	9H-10H	10%	483	18h-19h	8%	376
	total	100%	5003	total	100%	5003

Figure 134 : Répartition des maximums par plage horaires pour les postes DIRA à l'horizon 2022

Les graphiques suivants représentent le total horaire mesuré par mois sur les 3 plages horaires du matin et du soir, pour l'ensemble des postes à disposition. Cette analyse est

cohérente par mois, car rares sont les postes qui présentent des incohérences entre mesure ou absence de mesures pour un même mois.

Les variations d'un mois à l'autre ne sont pas à prendre en compte ici, puisque les totaux sont directement dépendant du nombre de poste avec des valeurs et de l'importance de ces postes.

Ici aussi les courbes 8h-9h et 17h-18h sont supérieures aux autres horaires.

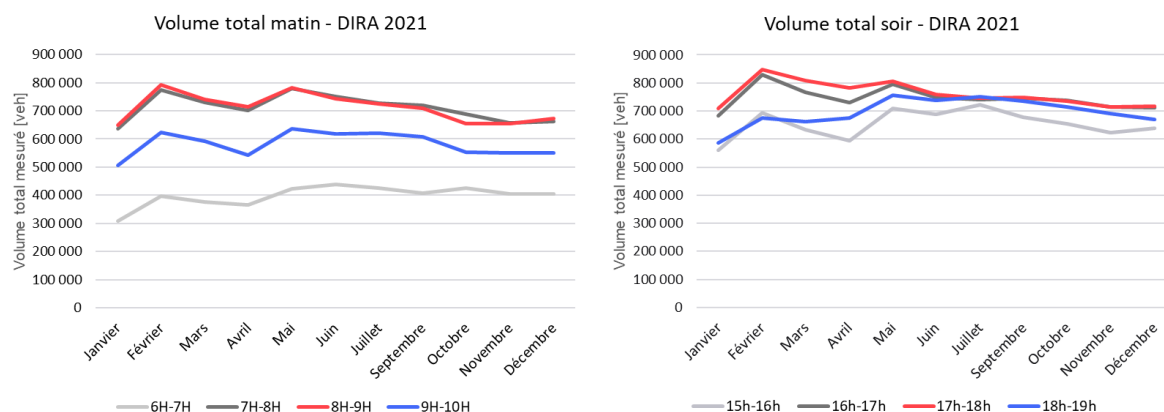


Figure 135 : Comptages DIRA 2021 matin (gauche) et soir (droite)

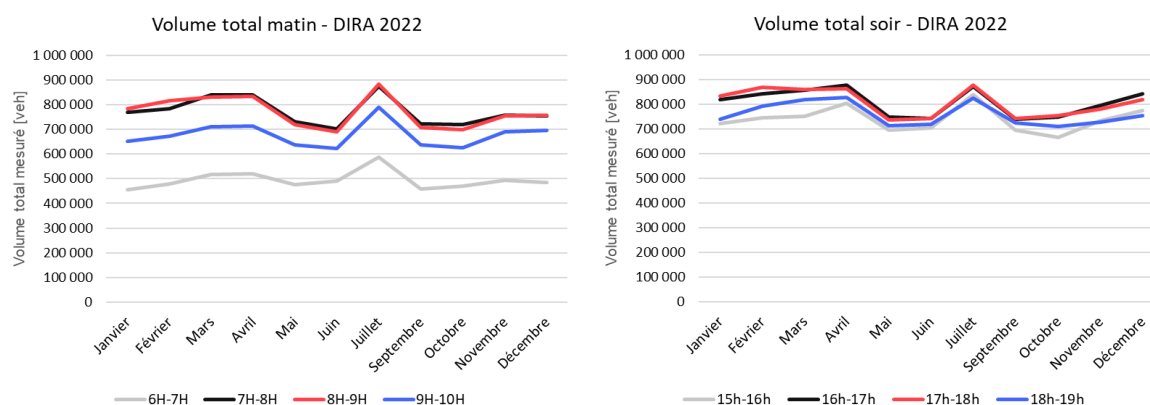


Figure 136 : Comptages DIRA 2022 matin (gauche) et soir (droite)

Les heures de pointes retenues pour les affectations des TI sont 8h à 9h le matin (HPM) et 17h à 18h le soir (HPS), ce qui est dans la continuité de l'ancien modèle.

6.1.3. Journée

Cette période consiste à reproduire les déplacements de l'ensemble de la journée sur les différents modes affectés.

Demande TC

Pour l'affectation TC, la répartition horaire de la demande et les horaires des services sont pris en compte. Par conséquent, l'affectation TC consiste en une affectation directe de la matrice journalière.

Demande VPC

Pour la reconstitution des charges journalières, la méthode en place dans le modèle est remise en question. Plutôt qu'une reconstitution sur la base d'affectation en heures de pointe et heure creuse une affectation directe de la matrice TMJO est réalisée (cf. chapitre 2.3.3).

L'affectation journalière est similaire à une affectation horaire, à la différence que les capacités définies sur tronçons et provoquant des reports d'itinéraires liés à la congestion ne sont plus considérées comme des capacités horaires, mais comme des capacités journalières. Pour cela la capacité horaire des tronçons est multipliée par un coefficient propre à chaque grand type de tronçons. Ce coefficient est déterminé en premier lieu sur la base de l'analyse des comptages horaires et journaliers, puis adapté selon les résultats de l'affectation si besoin.

Ainsi, les charges journalières tiennent compte de l'ensemble des déplacements générés à la journée (aussi bien courts que longs) pour le mode VPC. Les reports sur les voiries secondaires sont plus conceptuels que liés à une véritable congestion. Et cette méthode permet les mêmes analyses et traitements que les affectations horaires.

Demande Vélo

L'affectation vélo est réalisée à la journée en affectant directement la matrice journalière.

6.2. Les modes de déplacement

L'EMC² décrit les déplacements des personnes, en particulier le mode principal utilisé pour chaque déplacement y est précisé.

6.2.1. Définition des modes

Le détail des modes présents dans l'enquête est présenté dans le tableau ci-dessous.

6 Segmentation de la demande

6.2 Les modes de déplacement

Mode libellé	Mode agrégé
Marche à pied UNIQUEMENT	Map
Conducteur Vélo Libre Service	Vélo
Conducteur de vélo	Vélo
Passager de vélo	Vélo
Conducteur de deux ou trois roues motorisés < 50 cm3	Vpcond
Passager de deux ou trois roues motorisés < 50 cm3	Vppas
Conducteur de deux ou trois roues motorisés >= 50 cm3	Vpcond
Passager de deux ou trois roues motorisés >= 50 cm3	Vppas
Conducteur Vélo Assistance électrique	Vélo
Conducteur Vélo Assistance électrique en Libre Service	Vélo
Conducteur de véhicule particulier (VP)	Vpcond
Passager de véhicule particulier (VP)	Vppas
Passager bus urbain IRIGO (réseau ville centre)	TC
Passager tramway IRIGO (réseau ville centre)	TC
Passager Navette BatCub	TC
Passager Transport à la Demande (TAD)	TC
Passager réseau urbain Baïa ou Calibus	TC
Passager autre réseau urbain	TC
Passager transports interurbains routiers et autres autocars (TER routiers, lignes régulières départementales, scolaire, périscolaire, etc.)	TC
Passager cars longues distance (Eurolines, Isilines, Ouibus, Flixbus...)	TC
Passager TGV	TC
Passager train TER	TC
Passager Autres trains (Intercité, etc...)	TC
Passager taxi	Vppas
Passager VTC (Uber...)	Vppas
Transport employeur (exclusivement)	TC
Conducteur de fourgon, camionnette, camion (pour tournées professionnelles ou déplacements privés)	Vpcond
Passager de fourgon, camionnette, camion (pour tournées professionnelles ou déplacements privées)	Vppas
Transport Fluvial ou maritime	Autres
Avion	Autres
Roller, skate, trottinette (non électrique)	Map
Fauteuil roulant	Map
Autres modes (tracteur, engin agricole, cheval, quad, etc.)	Autres
Petits engins électriques (trottinette, segway, solowheel, etc.) peronnels	Vélo
Petits engins électriques (trottinette, segway, solowheel...) en free floating	Vélo

Figure 137 : Agrégation des modes principaux

Dans le MMM33, les modes principaux de l'EMC² sont agrégés en 5 modes permettant une comparaison du modèle avec l'enquête.

- MaP : Marche à pied ;
- R : Vélo ;
- VPCon : Véhicule particulier conducteur ;
- VPPass : Véhicule particulier passager ;
- TC : Transport en commun.

En outre, le MMM33 inclut les 2 modes intermodaux suivants dont le calage n'est pas réalisé sur des résultats de l'enquête ménage par manque de données statistiquement fiables :

- P+R : composé de deux trajets, l'un en VP et l'autre en TC ;
- Covoiturage (au sens modèle et distinct du mode VP Passager) : composé de deux trajets, l'un en VP seul et l'autre en VP à plusieurs.

Au total, 7 modes sont donc utilisés à l'étape de choix modal.

P+R

La littérature montre que les déplacements VP + TC sont souvent des déplacements TC qui ne peuvent se réaliser totalement en TC car la station est trop éloignée du lieu de domicile. Le mode P+R est donc un sous mode des TC au regard de l'enquête et a pour but de modéliser les déplacements réalisés en VP + TC avec changement de mode dans un parc relais.

Ce mode est ouvert uniquement aux groupes possédants une voiture.

Covoiturage.

Dans le MMM33 le mode covoiturage est distinct du mode voiture passager afin de permettre de modéliser les aires de covoiturage. Concernant le covoiturage, une partie de l'OD est réalisée en tant que conducteur (depuis le domicile jusqu'à une aire par exemple) et l'autre partie est réalisée en tant que passager ou conducteur d'une voiture avec plusieurs passagers. Le changement entre seul et plusieurs se fait au niveau des aires de covoiturage.

Ce mode est ouvert uniquement aux groupes d'actifs avec voiture, de télétravailleurs avec voiture et aux étudiants puisqu'une partie du trajet doit être effectuée en tant que conducteur.

6.2.2. Modes interchangeables

Les modes sont définis comme interchangeables ou non-interchangeables.

Les modes interchangeables permettent de changer le mode en cours d'une chaîne d'activités.

Dans le MMM33, les modes interchangeables sont :

- la marche à pied,
- les transports en commun,
- P+R,
- covoiturage,
- et la voiture passager.

Ainsi, une personne qui se déplace en voiture passager au travail, peut rentrer en transports en commun.

6.2.3. Valeurs cibles

Cas général

L'analyse de l'EMC² fournit les parts modales cibles pour les 5 principaux modes :

- MaP : Marche à pied ;
- R : Vélo ;
- VPCon : Véhicule particulier conducteur ;
- VPPass : Véhicule particulier passager ;
- TC : Transport en commun.

Valeur cible du mode P+R

L'EMC² ne permet pas d'estimer une part modale systématiquement fiable pour le mode P+R.

Par ailleurs, aucune donnée des partenaires n'a permis d'estimer un volume de déplacements réalisés sur ce mode.

Une cible de taux d'occupation globale de 90% des P+R a été retenue. La capacité totale en situation de calage est de 8 000 places. Compte tenu d'une hypothèse de 2 déplacements par personne (aller et retour), le volume cible est fixé à 15 000 déplacements en P+R, soit 0.3% de part modale.

Ce volume est déduit du volume cible du mode TC.

Valeur cible du mode covoiturage

L'EMC² ne permet pas d'estimer une part modale systématiquement fiable pour le mode covoiturage (au sens d'un déplacement conducteur + passager).

Par ailleurs, aucune donnée des partenaires n'a permis d'estimer un volume de déplacements réalisés sur ce mode.

Un document national du ministère de la transition écologie et de la cohésion des territoires (plaquette de résumé en annexe 17.3) indique que 3% des passagers déclarent avoir covoituré dans une voiture d'un autre ménage.

L'EMC² renseigne pour les groupes d'actifs avec voiture, de télétravailleurs avec voiture et d'étudiants, 112 400 déplacements réalisés en VP passager. Parmi ces déplacements, seuls 3%, soit 3 500 déplacements, correspondraient à des déplacements réalisés en covoiturage. La part modale à l'échelle du MMM33 est alors de 0,1%.

Rapporté aux nombre d'aires de covoiturage en 2021 (109 dans le modèle), cela correspond à une moyenne de 32 déplacements par aire.

Ce volume est déduit du volume cible du mode VPC.

Valeurs cibles finales

Le tableau suivant présente les parts modales cibles retenues sur la journée pour le calage du choix modal.

Mode	Volume Dépl Enq	Part modale Enq
MàP	1 251 560	25.5%
Vélo	263 335	5.4%
TC	419 935	8.5%
Voiture Conducteur	2 361 384	48.1%
Voiture Passager	597 478	12.2%
P+R	15 000	0.3%
Covoiturage	3 500	0.1%
Total	4 912 192	100%

Figure 138 : Parts modales cibles, Jour

6.3. Les motifs de déplacement

Les motifs correspondent à l'activité réalisée à destination d'un déplacement.

L'EMC² décrit les déplacements des personnes, en particulier l'activité au départ et à l'arrivée de chaque déplacement. Le nombre d'activités présentes dans l'enquête est beaucoup trop important pour être restitué aussi finement dans le modèle. Les activités sont donc agrégées.

L'ensemble des activités de l'enquête et leur agrégation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Motif principal	Motif agrégé
Domicile	Domicile
Résidence secondaire, logement occasionnel, hôtel, autre domicile	Domicile
Travail sur le lieu d'emploi déclaré	Travail
Travail sur un autre lieu - télétravail	Travail
Travail sur un autre lieu - hors télétravail	Travail
Etre gardé (Nourrice, crèche,,)	Accompagnement
Etudier à l'école maternelle et primaire (sur le lieu déclaré)	Ecole
Etudier au Collège (sur le lieu déclaré)	Collège
Etudier au Lycée (sur le lieu déclaré)	Collège
Etudier à l'Université et grandes écoles (sur le lieu déclaré)	Université
Ecole maternelle et primaire (sur un autre lieu)	Ecole
Collège (sur un autre lieu)	Collège
Lycée (sur un autre lieu)	Collège
Université et grandes écoles (sur un autre lieu)	Université
Visite d'un magasin, d'un centre commercial ou d'un marché de plein vent sans effectuer d'achat	Achats exceptionnels
Réaliser plusieurs motifs en centre commercial	Achats quotidiens
Faire des achats en grand magasin, supermarché, hypermarché et leurs galeries marchandes	Achats exceptionnels
Faire des achats en petit et moyen commerce et "drive in"	Achats quotidiens
Faire des achats en marché couvert et de plein vent	Achats quotidiens
Récupérer des achats faits sur internet (service " drive ")	Achats quotidiens
Recevoir des soins (Santé)	Visites
Faire une démarche autre que rechercher un emploi	Visites
Rechercher un emploi	Travail
Participer à des loisirs, des activités sportives, culturelles ou associatives	Loisirs
Faire une promenade, du « lèche-vitrines », prendre une leçon de conduite	Loisirs
Se restaurer hors du domicile	Loisirs
Visiter des parents ou des amis	Visites
Accompagner quelqu'un (personne présente)	Accompagnement
Aller chercher quelqu'un (personne présente)	Accompagnement
Accompagner quelqu'un (personne absente)	Accompagnement
Aller chercher quelqu'un (personne absente)	Accompagnement
Dépose d'une personne à un motif de transport (personne présente)	Accompagnement
Reprise d'une personne à un motif de transport (personne présente)	Accompagnement
Dépose d'une personne à un motif de transport (personne absente)	Accompagnement
Reprise d'une personne à un motif de transport (personne absente)	Accompagnement
Tournée professionnelle	Travail
Tournée de magasin sans achat	Loisirs
Autres motifs	Achats exceptionnels

Figure 139 : Motifs de l'enquête

Finalement, 10 motifs sont retenus pour le modèle :

- D : Domicile
- T : Travail
- P : Ecole primaire
- C : Collège-Lycée
- U : Université
- Q : Achats quotidiens
- A : Achats exceptionnels
- V : Visites
- L : Loisirs
- X : Accompagnement

Certaines évolutions sont à noter par rapport à la situation actuelle, les motifs suivants sont considérés indépendamment : « Visite », « Achats quotidiens » et « Achats exceptionnels ».

6.4. Les groupes d'utilisateurs

La segmentation de la population en groupes d'utilisateurs à comportement homogène (raccourcis en groupes d'utilisateurs) vise à prendre en compte le fait que les personnes possèdent des caractéristiques et comportements de déplacements variés : le comportement des membres d'un même groupe devant être le plus homogène possible et le comportement des membres de groupes différents devant être le plus contrasté possible. Un groupe d'utilisateurs regroupe donc un ensemble de personnes ayant un comportement homogène, aussi bien en termes de nombre de déplacements réalisés par jour qu'en termes de choix modal.

De plus, la distinction de la population par groupe est pertinente si elle présente une évolution dans le temps avérée (vieillessement de la population) ou envisagée (test sur la part de télétravail) ; ou dans l'espace (taux de sans voiture important en centre urbain). C'est pourquoi la distinction entre hommes et femmes n'est pas pertinente pour un modèle car ces populations sont réparties de manière homogène sur le territoire, et constante dans le temps, malgré des comportements et mobilités différentes.

Les personnes enquêtées sur leurs déplacements sont également enquêtées sur leurs informations socio professionnelles et d'autres informations sur le ménage comme la disponibilité d'un véhicule pour le ménage. Les analyses présentées dans ce chapitre sont basées sur l'EMC².

Ces éléments nous permettent de découper la population sous forme de groupe d'utilisateurs ayant des comportements homogènes.

6.4.1. Remise en cause des groupes d'utilisateurs

Des analyses préalables au calage du modèle ont été faites avant de redéfinir ces groupes dits « à comportement homogène ». La méthode d'analyse privilégiée est l'ACP (Analyse en

composante principale). Pour toutes les analyses ACP réalisées les variables analysées sont identiques.

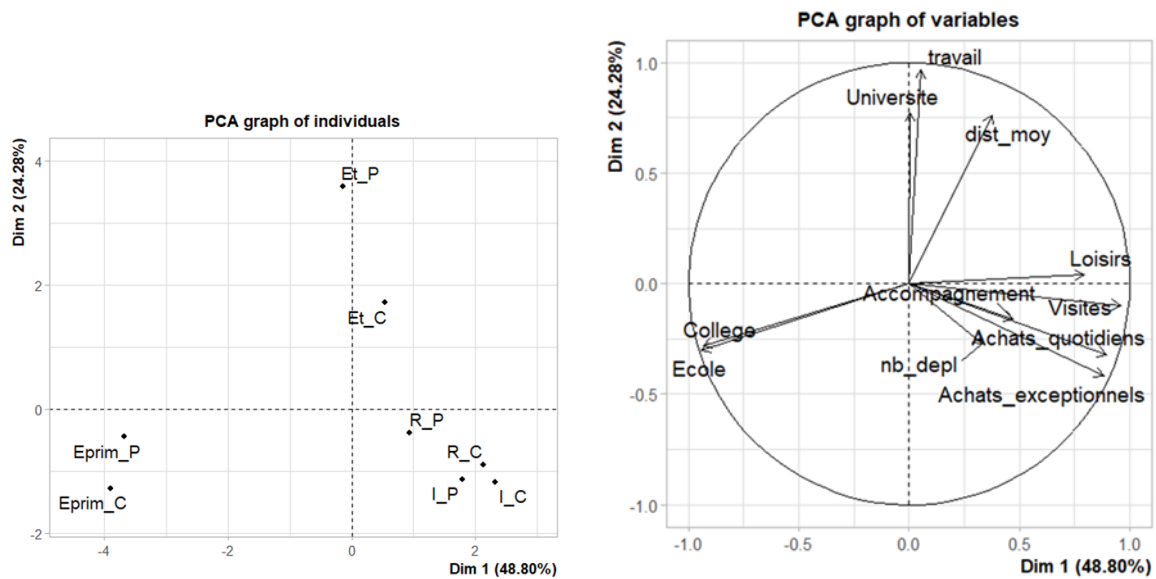


Figure 140 : Analyse ACP des groupes selon les territoires (centre-périphérie)

Les graphiques d'une Analyse en Composante Principale se lisent simultanément, le graphique des individus (à gauche) et le graphique des variables (à droite) nous permettent de calculer deux axes orthogonaux représentant au mieux la variabilité des individus selon les variables sélectionnées. En l'occurrence la composante 1 (abscisse) permet de représenter 48.8% de la variabilité des individus et la composant 2 restitue 24.28% de la variabilité totale.

Les graphiques nous permettent de conclure que pour les groupes étudiés le découpage par territoire (centre ou périphérie) n'impacte pas la variabilité du comportement. En effet dans le graphique des individus les groupes du centre et de la périphérie ne sont pas significativement éloignés.

Le graphique ci-dessous qui reprend les taux de mobilité par motifs et par groupe en différenciant le territoire va dans le même sens d'une mobilité très similaire entre périphérie et centre.

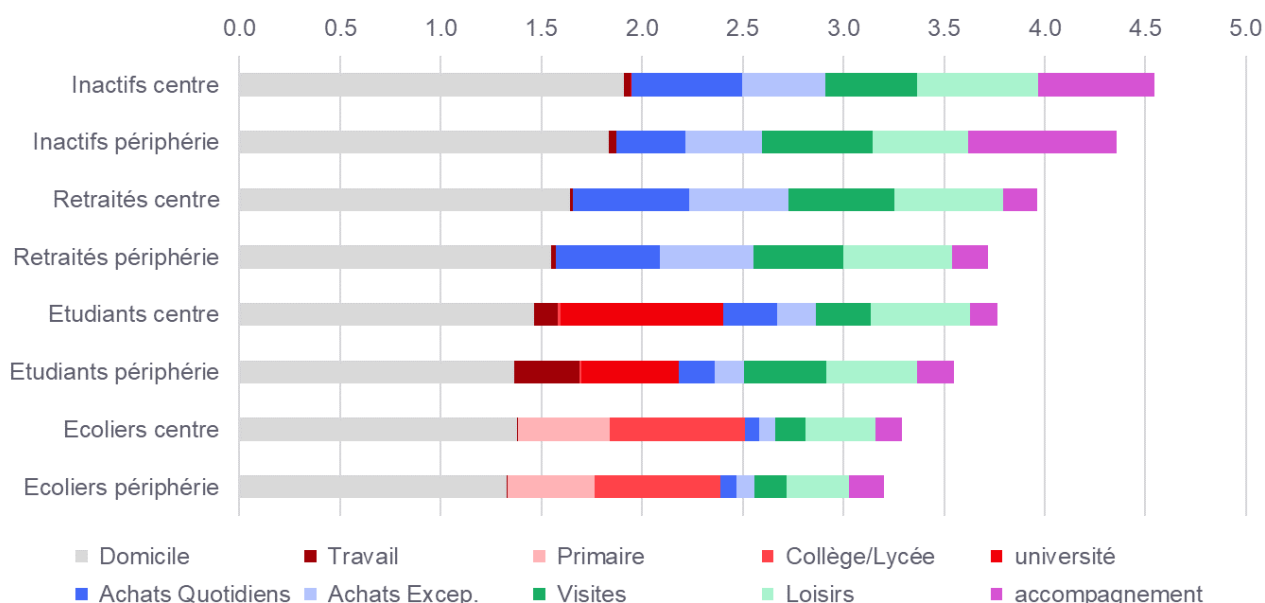


Figure 141 : taux de mobilité par motifs dans les déplacements quotidiens pour les non actifs

Plusieurs analyses de segmentation ont été menées dans le but de trouver une segmentation la plus réduite possible sans perdre en pertinence du modèle :

- La possession d'une voiture ;
- La possession d'un abonnement TC ;
- La possession d'un vélo ;
- La segmentation des actifs.

Les graphiques détaillés de ces analyses sont disponibles en annexe 17.4.

En résumé, ces analyses ont montré que la possession de la voiture pour des groupes d'adultes avait un impact sur la mobilité, contrairement à la possession d'un vélo ou de l'abonnement.

Concernant les actifs, les analyses ont porté sur la séparation entre temps plein et temps partiel, télétravail ou non. Les partiellement actifs ont un comportement distinct des temps pleins, mais leur répartition spatiale est globalement homogène, et les trois dernières enquêtes (2009, 2017 et 2021) donnent des taux stables dans le temps. Cette séparation n'a donc pas été jugée nécessaire, d'autant que leur nombre reste faible, et cela soulèverait des questions de représentativité statistique. Concernant le télétravail, la part de télétravail observée est proche entre périphérie et centre, mais il y a ici un objectif de faire évoluer cette part dans le temps. Cette distinction est donc appliquée.

Une analyse supplémentaire concernant les retraités a été faite afin de savoir si une distinction par âge devait être appliquée. Le graphique ci-dessus représente pour les années 2021 et 2022 le nombre de déplacements effectués par les retraités âgés de plus de 45 ans. On note un plateau du nombre de déplacements jusqu'à 75 ans puis une dégradation très marquée de celui-ci. Ainsi il semble judicieux de distinguer les personnes retraitées selon cette condition d'âge.

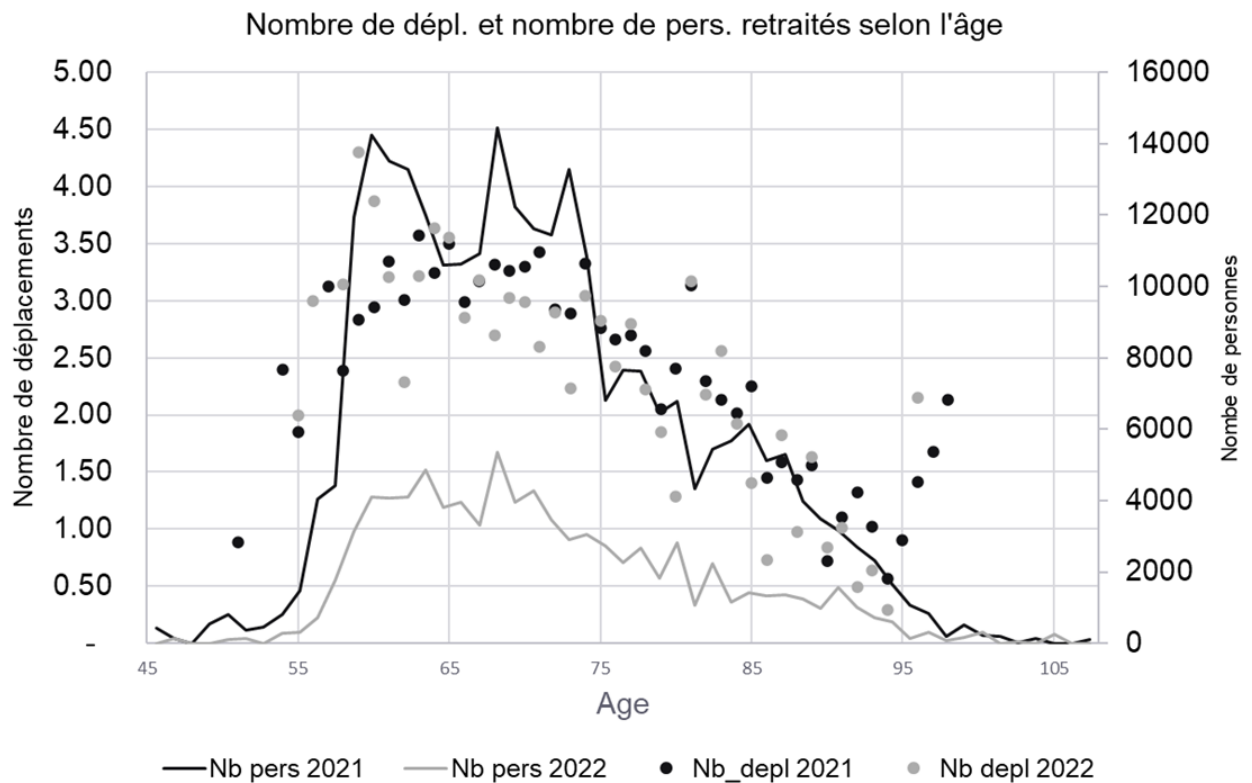


Figure 142 : Taux de mobilité des retraités selon l'âge

6.4.2. Définition des groupes

En conclusion, 13 groupes (contre 23 auparavant) sont retenus :

- AaV : Actif avec voiture ;
- AsV : Actif sans voiture ;
- TaV : Télétravailleur avec voiture ;
- TsV : Télétravailleur sans voiture ;
- IaV : Inactif avec voiture ;
- IsV : Inactif sans voiture ;
- RmaV : Retraité de moins de 75 ans avec voiture ;
- RmsS : Retraité de moins de 75 ans sans voiture ;
- Rp : Retraité de plus de 75 ans ;
- Etu : Etudiant ;
- Esec : Elève du secondaire ;
- Eprim : Elève du primaire ;
- Mig : Migrant (personne résidant dans le périmètre mais ayant son activité principale en dehors de celui-ci).

Les regroupements et créations de groupes peuvent être représentées telles que présentées dans le tableau suivant.

Anciens groupes		Nouveaux groupes	
Code	Groupe	Code	Groupe
AaV_C	Actifs temps plein avec voiture - CUB	AaV	Actifs avec voiture
AaV_D	Actifs temps plein avec voiture - hors CUB		
PaV_C	Actifs temps partiel - CUB		
PaV_D	Actifs temps partiel - hors CUB		
AsV_C	Actifs temps plein sans voiture - CUB	AsV	Actifs sans voiture
AsV_D	Actifs temps plein sans voiture - hors CUB		
		TaV	Télétravailleurs avec voiture
		TsV	Télétravailleurs sans voiture
		IaV	Inactifs avec voiture
IaV_C	Inactifs avec voiture - CUB		
IaV_D	Inactifs avec voiture - hors CUB		
IsV_C	Inactifs sans voiture - CUB	IsV	Inactifs sans voiture
IsV_D	Inactifs sans voiture - hors CUB		
RaV_C	Retraités avec voiture - CUB	RmaV	Retraités moins de 75ans avec voiture
RaV_D	Retraités avec voiture - hors CUB		
RsV_C	Retraités sans voiture - CUB	RmsV	Retraités moins de 75ans sans voiture
RsV_D	Retraités sans voiture - hors CUB		
		Rp	Retraités plus de 75ans
EaV_C	Etudiants avec voiture - CUB	Etu	Etudiants
EaV_D	Etudiants avec voiture - hors CUB		
EsV_C	Etudiants sans voiture - CUB		
EsV_D	Etudiants sans voiture - hors CUB		
Esec_C	Elèves secondaire - CUB	Esec	Elèves secondaire
Esec_D	Elèves secondaire - hors CUB		
Eprim_C	Elèves primaires - CUB	Eprim	Elèves primaires
Eprim_D	Elèves primaires - hors CUB		
Mig	Migrants	Mig	Migrants

Figure 143 : Evolution des groupes d'utilisateurs

Cette segmentation est une évolution par rapport à l'ancienne segmentation.

Elle est adoptée avant la partie sur le calage du modèle en distribution et choix modal dans le but d'en simplifier son utilisation en réduisant le nombre de groupes retenus. Cependant, les résultats préliminaires de l'étape de calage du choix modal et de la distribution peuvent remettre en cause cette segmentation et notamment l'abandon de la séparation métropole / département.

6.5. Le calcul du nombre d'individus par groupe

La méthode de répartition de la population en groupe se base sur plusieurs hypothèses : la catégorie socio-professionnelle, l'occupation principale, l'emplacement géographique, la tranche d'âge, etc.

Ce chapitre précise la méthode de répartition de la population générale dans les zones puis dans les groupes. Cette méthode se base sur les données suivantes :

- Données infracommunale de la population totale 2020 publiées en 2023 à l'IRIS (source : INSEE) ;
- Données infracommunale par classes d'âge 2020 publiées en 2023 à l'IRIS (source : INSEE) ;
- Répartitions entre classes d'âge et groupes d'utilisateurs (source : EMC² 2021) ;
- La base nationale des bâtiments en open data (<https://bdnb.io/download/>) ;
- Effectifs d'étudiants inscrits dans les établissements (source : ministère de l'éducation, <https://data.enseignementsup-recherche.gouv.fr/>).

6.5.1. Répartition de la population totale dans les zones

Les données publiées par l'INSEE fournissent la population à l'horizon de calage à l'échelle de l'IRIS. Trois cas de figures se présentent (cf. chapitre 3.2 sur le zonage) :

- La zone du modèle correspond à un groupement d'IRIS : la population totale est la somme de la population des IRIS qui composent la zone ;
- La zone du modèle est équivalente à une IRIS : la population totale est celle de l'IRIS ;
- La zone est un découpage de l'IRIS : la population totale de l'IRIS est répartie entre les zones qui composent l'IRIS.

Dans ce dernier cas de figure, la solution adoptée et mise en œuvre se base sur la définition des bâtiments au sein de l'IRIS et leurs caractéristiques :

- Seuls les bâtiments de type résidentiels sont retenus ;
- En considérant la hauteur du bâtiment ainsi que sa surface au sol, un indicateur de surface habitable est estimé selon la formule suivante :

$$\text{Surface habitable} = \text{Etages} \times \text{Superficie}$$

$$\text{Etages} = \text{Max} \left(\text{Partie entiere} \left(\frac{\text{hauteur}}{2.5} \right), 1 \right)$$

Et ainsi en sommant la surface habitable de chaque zone à l'intérieur de l'IRIS considérée nous calculons un pourcentage de répartition entre les zones d'une même iris.

Le cas de Villenave d'Ornon (cf. figures ci-dessous) est un exemple illustratif de cette situation.



Figure 144 : Exemple de la base de données des bâtiments sur l'IRIS 335500106 de Villenave d'Ornon (hauteur des bâtiments figure de droite)

La population de l'Iris 335500106 est de 6 897 habitants. L'IRIS est divisée en 3 zones avec une répartition estimée présentée dans le tableau ci-dessous.

Iris :335500106	Villenave D'ornon	Surface habitable (km ²)	Taux Surface	Population
230	Nord	0.10644	25%	1738
213	Est	0.06557	16%	1070
356	Ouest	0.25052	59%	4089
Total		0.42253	100%	6897

Figure 145 : Répartition de la population de l'Iris 335500106 dans les zones 213-230-356

6.5.2. Répartition de la population dans les groupes

Les informations de population issues de l'INSEE fournissent un nombre de personnes par IRIS désagréé selon différentes classes d'âges. Donc toutes les zones au sein d'une même IRIS ont la même répartition par classe d'âge.

A partir de l'EMC² une répartition par groupe selon la classe d'âge à l'échelle du macrozonage est calculée. Donc toutes les zones au sein d'une même macrozone ont la même répartition par groupe selon la classe d'âge. Le tableau suivant présente la répartition pour la macrozone « Bordeaux Métropole Rive gauche ». L'ensemble des macrozones est disponible en annexe 17.4.

D10	classe d'age	Aav	Asv	Enf	Eprim	Esec	Etu	Iav	Isv	Mig	RMav	RMsv	RP
01	1	0%	0%	84%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
01	2	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
01	3	0%	0%	0%	0%	98%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
01	4	14%	4%	0%	0%	5%	63%	9%	3%	2%	0%	0%	0%
01	5	62%	11%	0%	0%	0%	6%	10%	6%	5%	0%	0%	0%
01	6	71%	6%	0%	0%	0%	0%	11%	6%	6%	0%	0%	0%
01	7	27%	2%	0%	0%	0%	0%	7%	3%	3%	50%	7%	0%
01	8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	0%	0%	0%	97%

Figure 146 : Répartition entre groupe et classe d'âge, Bordeaux Métropole Rive gauche

Le graphe suivant compare les populations par groupe entre l'EMC² et modèle avant traitements spécifiques des télétravailleurs et étudiants.

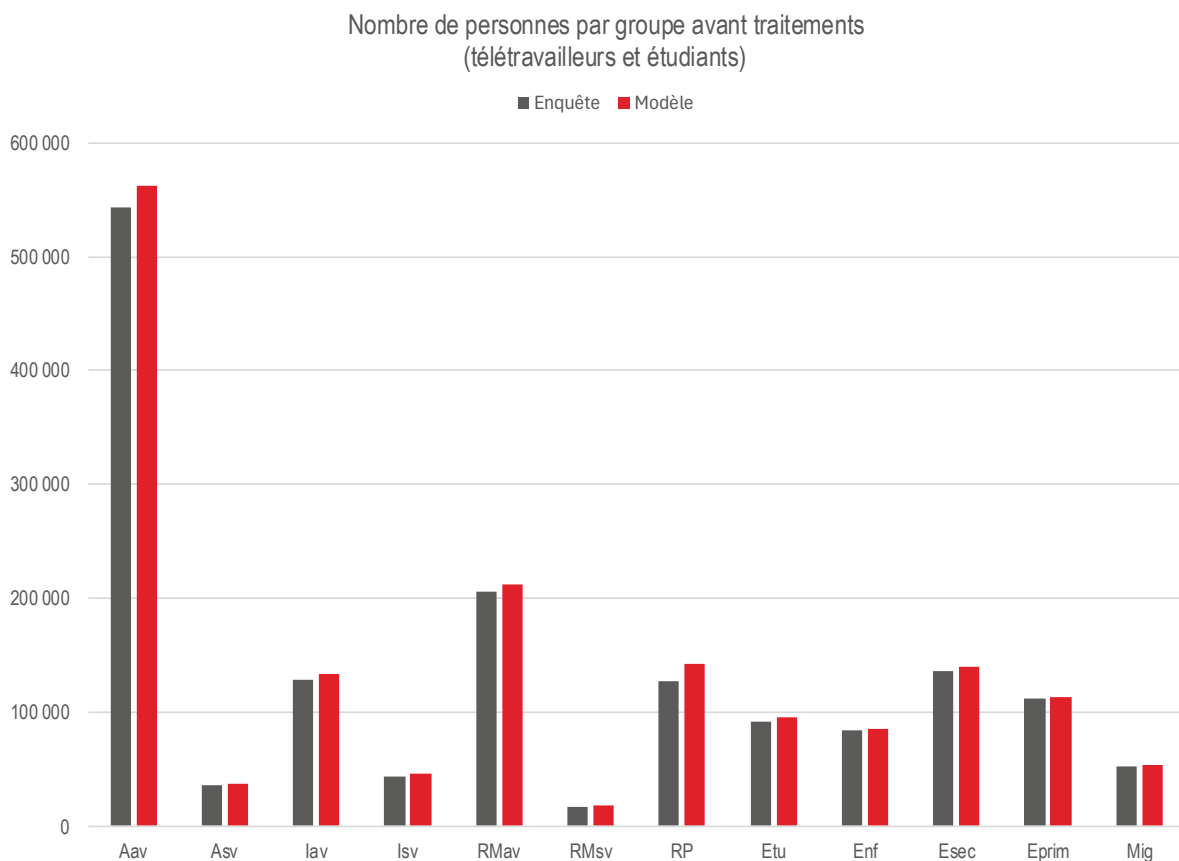


Figure 147 : Population par groupe avant traitement

6.5.3. Traitement des migrants

Est considéré comme « migrant », une personne résidant dans le périmètre du modèle, mais effectuant un déplacement pour motif principal (travail ou scolaire) à l'extérieur du périmètre.

Ces populations possèdent évidemment des comportements, mais surtout des chaînes de déplacements très différentes des autres personnes du périmètre, leurs définitions sont basées sur un taux de migrants par commune calculé grâce aux données domicile-travail et domicile-étude de l'INSEE, respectivement un taux pour les actifs et un taux pour les étudiants. Ces taux sont ensuite retirés respectivement à la population active et étudiante de la zone (calculées via la méthode indiquée au chapitre précédent 6.1.2).

La carte suivante montre le taux de migrants par zone ainsi obtenu.

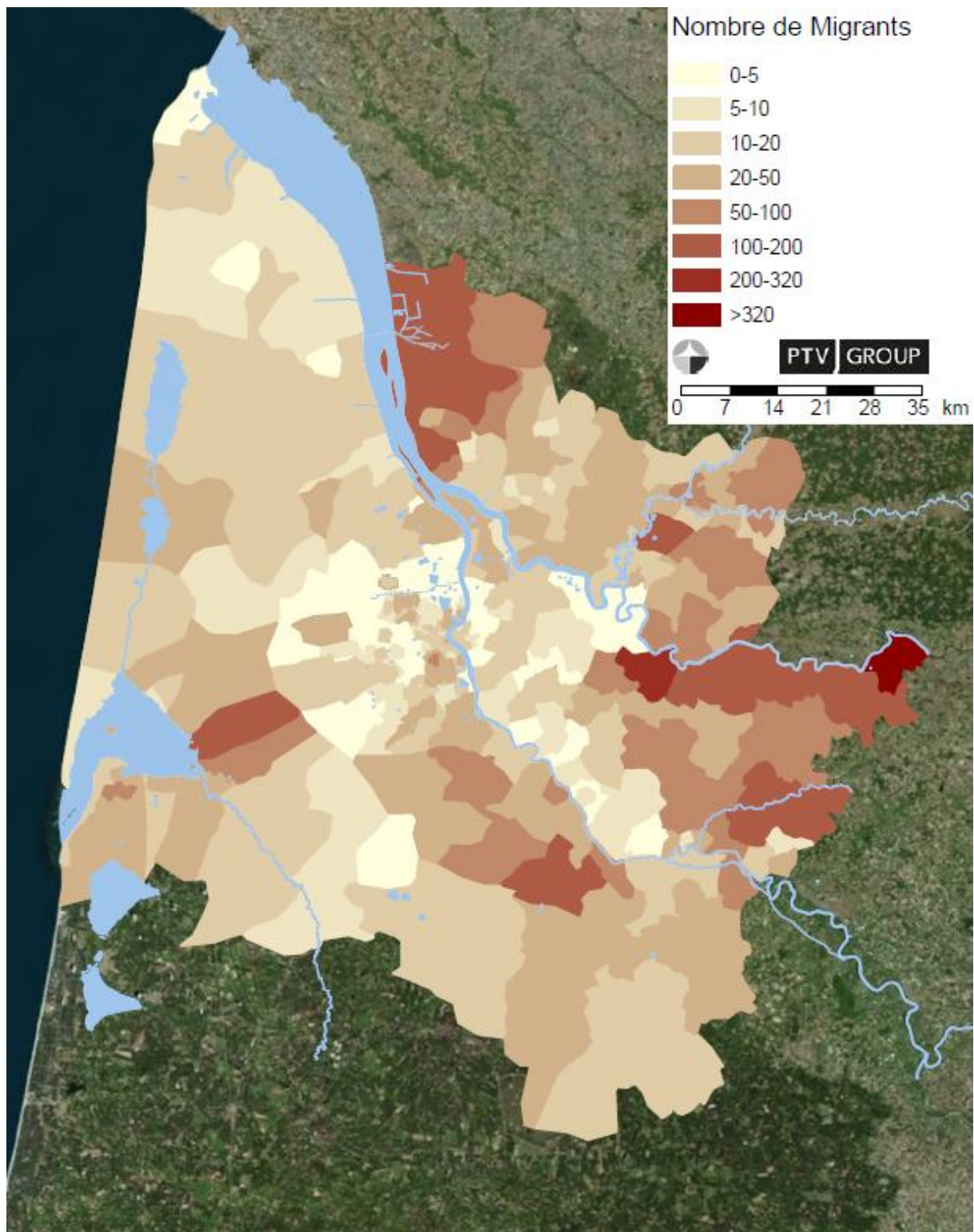


Figure 148 : Taux de migrants par commune sur le périmètre du modèle

6.5.4. Traitement des télétravailleurs

Pour catégoriser les groupes de télétravailleur à partir des classes d'âge, un taux de télétravailleur est calculé parmi les actifs selon la réponse à la question du nombre de jours télétravaillés dans l'EMC². Ainsi le nombre de jours télétravaillés divisés par le nombre de jour télétravaillables donne le taux d'actifs en télétravail en moyenne par jour. A l'échelle de toute l'enquête, ce taux est détaillé dans le tableau suivant.

FREQUENCE TELETRAVAIL	Nombre de personnes	Nombre de jours télétravaillés
Non, jamais	342 041	0
Oui, un jour par semaine	29 611	29 611
Oui, deux jours par semaine	41 952	83 904
Oui, trois jours par semaine	23 637	70 912
Oui, plus de trois jours par semaine	9 867	39 467
Oui, plusieurs jours par mois	14 072	7 036
Oui, moins souvent	21 532	4 306
Total	482 712	235 236
Nombre de jours télétravaillables		2 413 560
Taux de télétravail		9.7%

Figure 149 : Calcul du taux de télétravailleurs parmi les actifs

Ce taux est calculé pour chaque par macrozonage D10 de l'EMC², et s'applique de manière homogène à tous les actifs au sein de chaque macrozone. Le taux par macrozone est présenté dans le tableau ci-dessous.

d10	taux de teletravailleurs parmi les Actifs
01	13%
02	10%
03	8%
04	7%
05	6%

Figure 150 : Taux de télétravailleurs parmi les actifs par D10

6.5.5. Groupe des étudiants

Les étudiants présentent une catégorie de la population particulière et souvent sous-représentée ou mal représentée dans les recensements et enquête : le lieu d'habitation étant fréquemment différent du lieu de résidence déclarée, pour diverses raisons :

- La résidence déclarée (recensement) est généralement la résidence des parents ;
- Taux de cohabitation des étudiants souvent faible, or ce sont les étudiants en cohabitation qui sont enquêtés ;
- Des étudiants avec résidence déclarée dans la Gironde étudient ailleurs et donc habitent et se déplacent hors du périmètre ;

- Des étudiants étudient dans la Gironde en provenance d'ailleurs et donc habitent et se déplacent dans le périmètre.

Donc le volume global d'étudiants et leur localisation via les données INSEE et EMC² est imprécis. Un traitement spécifique est alors appliqué.

Le volume d'étudiant obtenu après découpage de la population via les données INSEE et EMC² est de 95 655 étudiants, auxquels sont ajoutés 4 845 étudiants afin d'atteindre le volume total de 100 500 étudiants inscrits sur la Gironde.

En se basant sur l'observatoire du logement étudiant de l'A'Urba (« logements des étudiants dans Bordeaux Métropole de 2021 »), et des emplacements et nombre de places dans les résidences CROUS, cette population de 100 500 étudiants est re-réparties sur le territoire de la Gironde selon le tableau suivant.

Lieu d'habitation des étudiants	Taux	Critère de répartition
En cohabitation (chez leurs parents)	36%	Selon la répartition étudiante INSEE/EMC ²
En résidences spécifiques (CROUS et autres)	16% (8% CROUS)	Selon emplacements et nombre de logements des résidences spécifiques
En location dans le diffus	48%	Selon la population, dans Bordeaux, Talence, Pessac, Mérignac, Gradignan (zones proches tram et universités)
Total	100 500	

Figure 151 : Répartition de la population étudiante en Gironde

La carte suivante montre les emplacements et volumes de logements dans les résidences CROUS pour la répartition de 16% du volume étudiants au prorata des places.

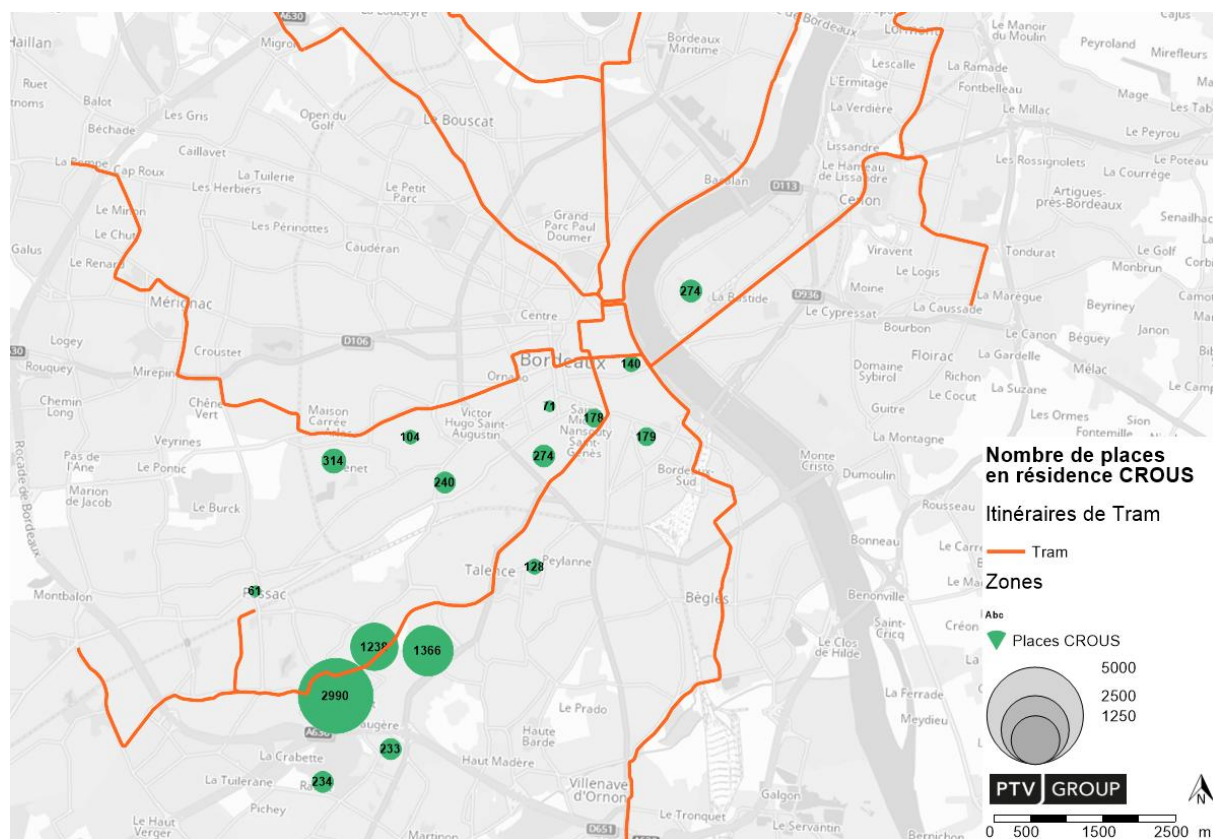


Figure 152 : Emplacements et nombre de places des résidences CROUS

La carte suivante montre les zones retenues pour la répartition de 48% du volume étudiants dans le diffus au prorata de la population totale. Il s'agit des zones proches des universités et du tram pour les cinq principales communes étudiantes relevées dans l'observatoire de l'A'Urba.

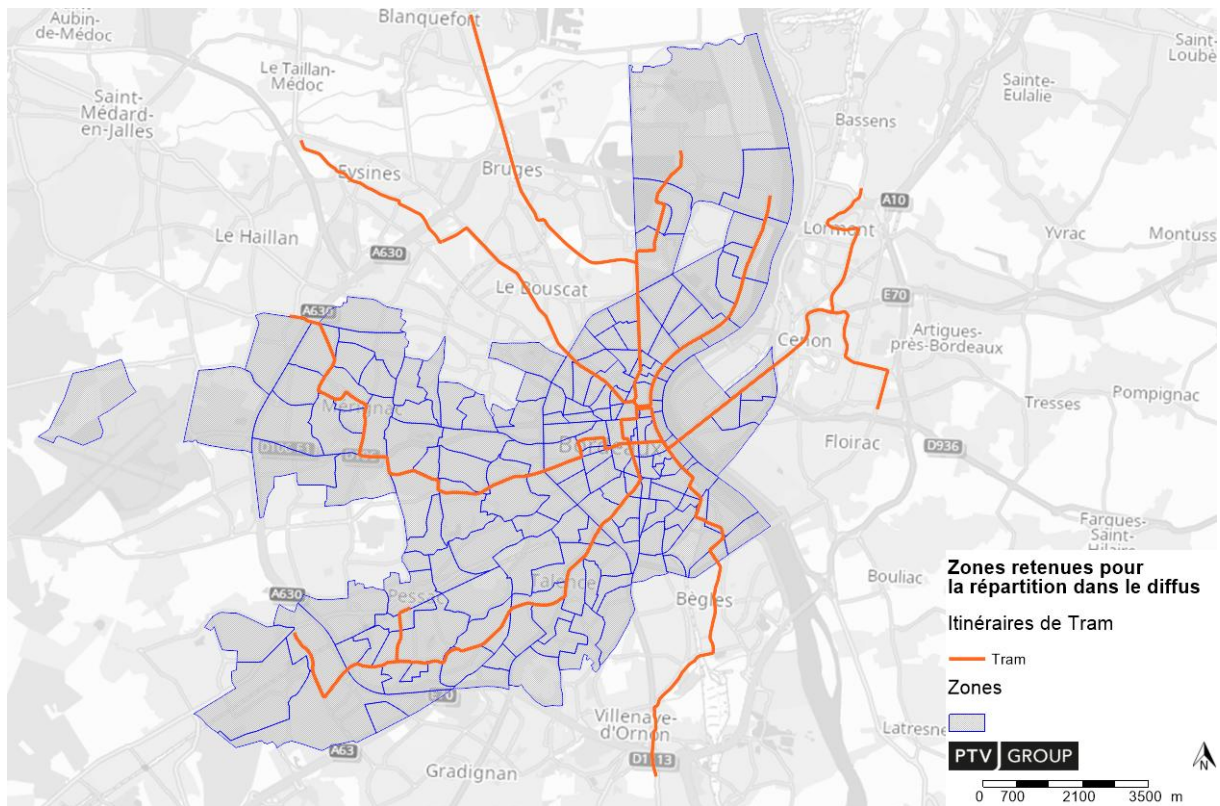


Figure 153 : Zones pour répartition de la population étudiante dans le diffus

Cela se traduit par une localisation des étudiants plus proche du centre-ville, des universités et du tram, comme le montre la carte suivante.

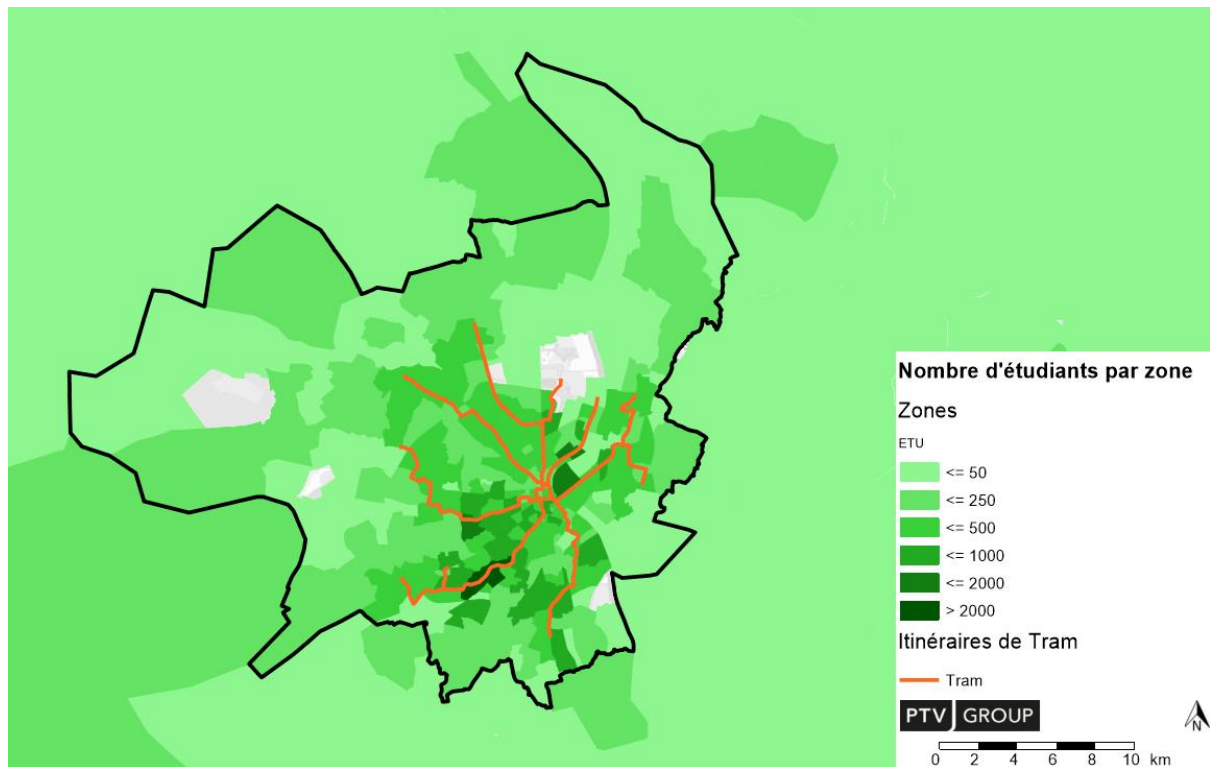


Figure 154 : Nombre d'étudiants par zone

6.5.6. Population finale

A l'horizon de calage, la population totale du modèle est de 1 641 236 personnes réparties dans les différents groupes de population, tel que présenté dans le graphique suivant.

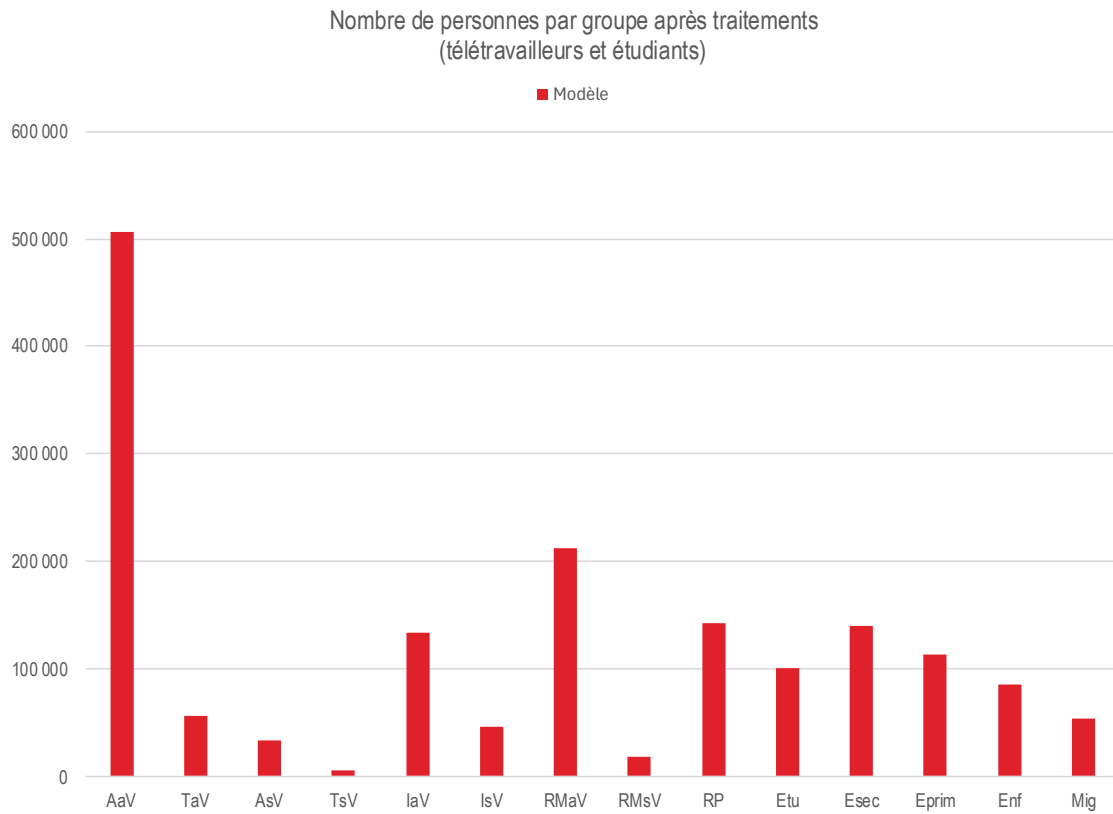


Figure 155 : Population par groupe après traitements

La carte suivante présente la densité de population par zone du modèle

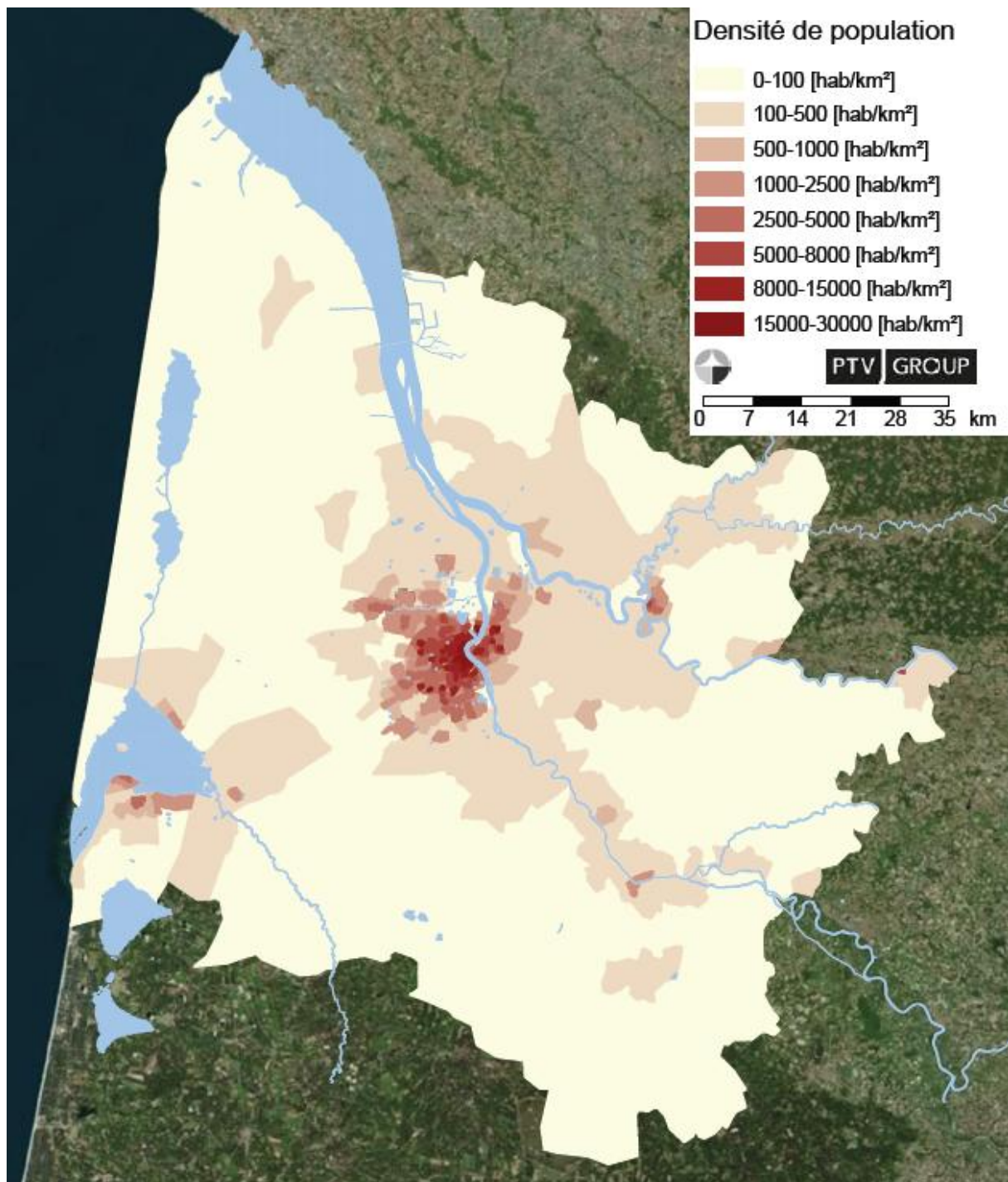


Figure 156 : Densité de population par zone

Le détail de population par commune et par secteur se trouve dans le chapitre 14.1.1 sur les hypothèses prospectives qui regroupe les différents horizons.

7. Mise à jour des matrices fixes

7.1. Matrices cordon TI

Les éléments présentés dans cette section concernent les traitements et adaptation des résultats des trois enquêtes réalisées sur un périmètre chevauchant le périmètre du modèle.

Les trois enquêtes en question sont les suivantes :

- Enquête Cordon 2022 ;
- Enquête poids lourds DGITM 2021 ;
- Enquête VL A63 2022.

Les données traitées sont issues des éléments transmis par le Céréma :

- La note « Note_redressement_enquete_cordon_2024_CeremaSO_V2.pdf » ;
- Le fichier Excel « Redressed_EC33.xlsx ».

Le fichier renseigne pour chaque ligne d'enquête :

- Le poste d'enquête ;
- La commune d'origine et de destination du déplacement enquêté ;
- Le type de véhicule : VL ou PL ;
- Les coefficients de pondération selon les configurations (cf. note explicative) :
 - Le coefficient enquête : utilisé pour les volumes des heures de pointe ;
 - Le coefficient sens opposé enquête : utilisé pour les volumes des heures de pointe ;
 - Le coefficient enquête TMJO : utilisé pour les volumes journaliers ;
 - Le coefficient sens opposé enquête TMJO : utilisé pour les volumes journaliers.

La carte ci-dessous, indique la position des postes où ont été réalisées les enquêtes, et il en ressort que son périmètre n'est pas cohérente avec le périmètre du modèle.

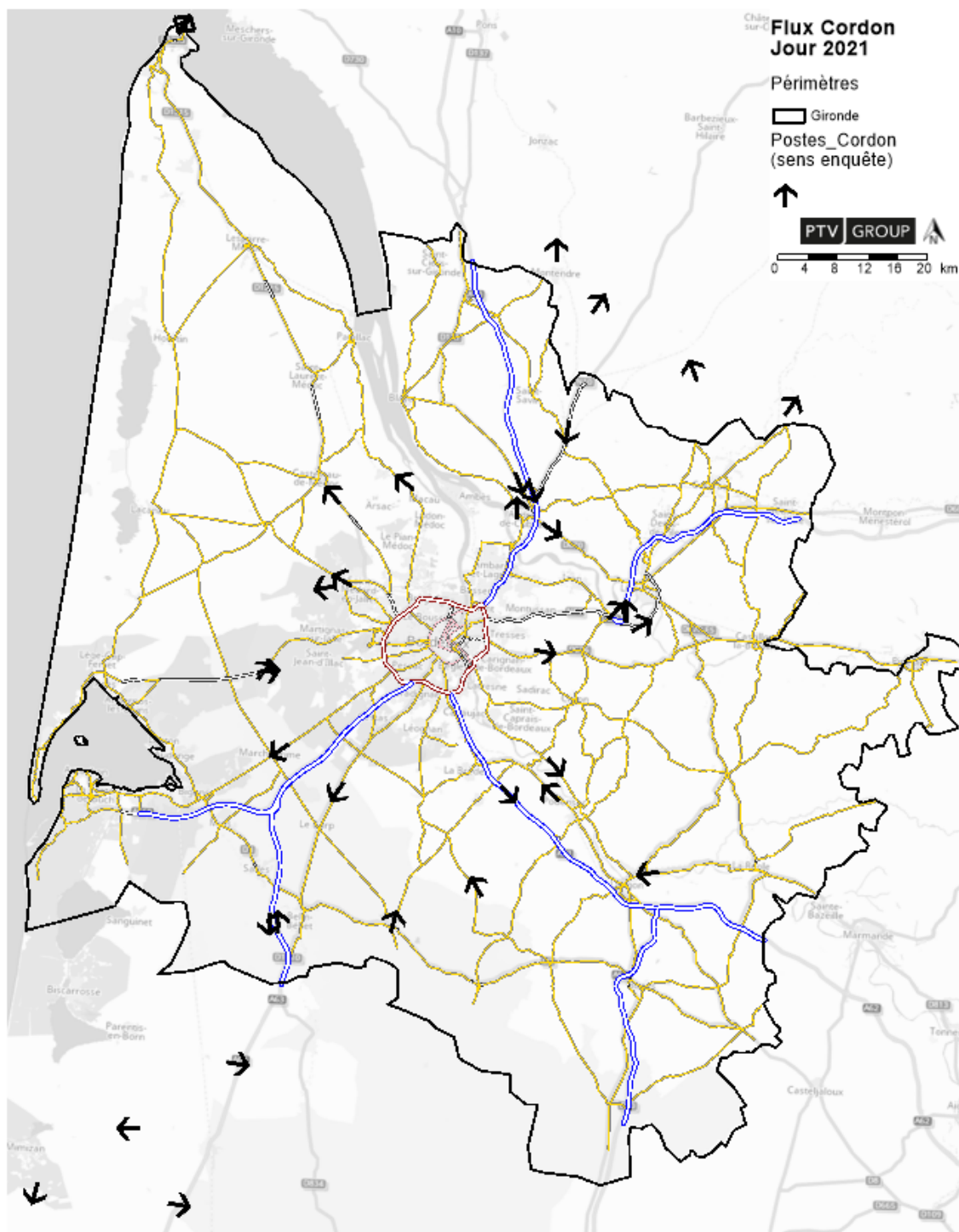


Figure 157 : Position des postes et sens enquêtés

C'est pourquoi les résultats issus de cette enquête ne sont pas directement compatibles avec le zonage du modèle et le fonctionnement du modèle, chaque ligne de l'enquête nécessite d'être traduite en une OD allant d'une zone modèle à une zone modèle. Cette traduction est faite en plusieurs étapes.

Premièrement, seuls les déplacements d'échange ou transit sont conservés : c'est-à-dire ceux qui circulent sur le périmètre d'action du modèle mais ne sont pas reproduit par le modèle de demande.

Trois cas de figure, présentés dans la carte ci-dessous, apparaissent :

- Déplacements hors périmètre (rouge) → ignorés ;
- Déplacements interne au périmètre (vert) → ignorés ;
- Déplacements traversant la frontière (bleu) → conservés et repondérés selon le nombre de postes rencontrés au cours du déplacement

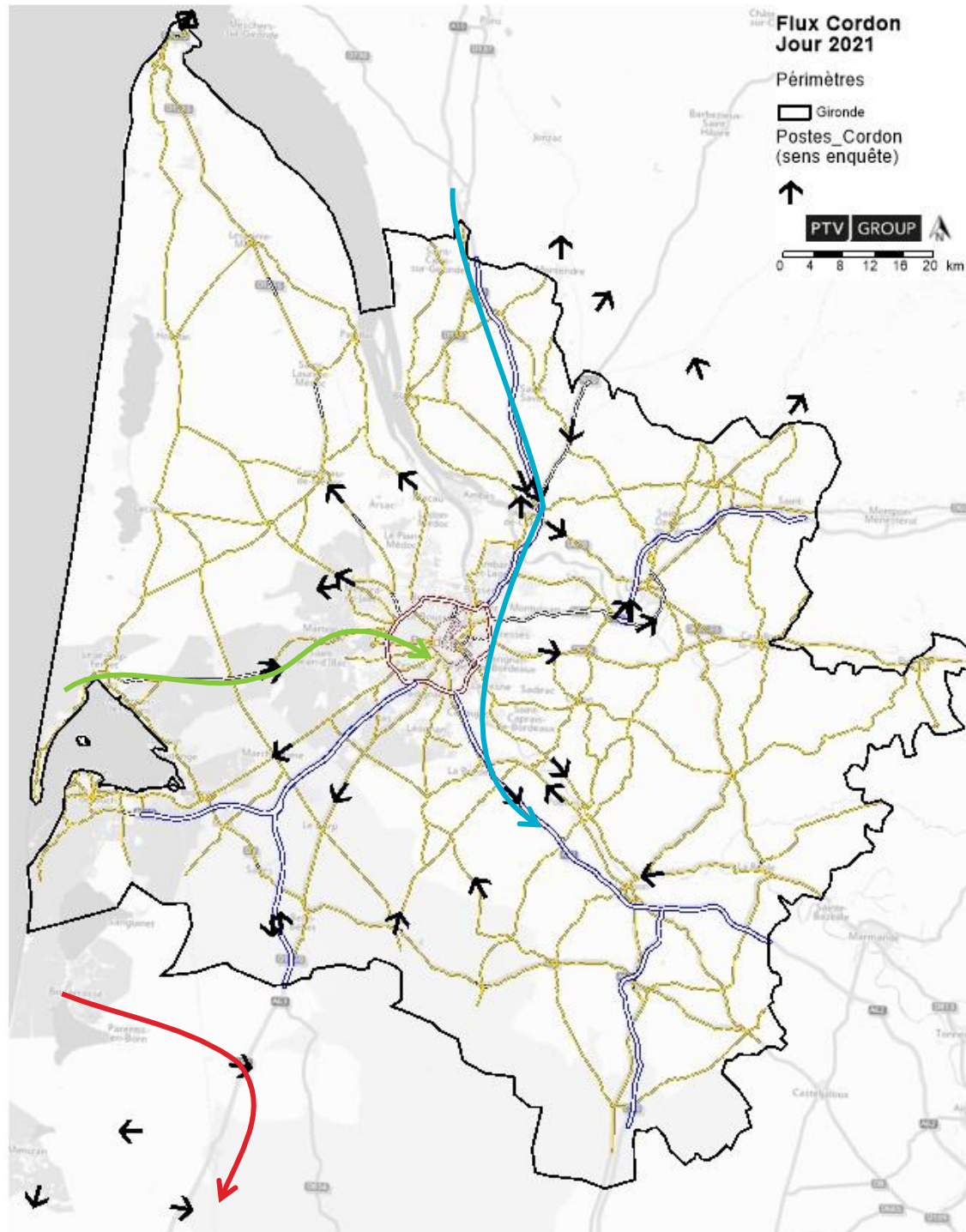


Figure 158 : Types de déplacements enquêtés

Deuxièmement un appariement visuel est réalisé pour chaque couple :

- Commune de départ hors Gironde et poste d'enquête avec une zone cordon du modèle ;
- Commune de destination hors Gironde et poste d'enquête avec une zone cordon du modèle.

Des exemples d'appariement sont présentés en annexe 17.6.

L'ancienne matrice cordon est utilisée pour compléter des points d'entrée peu ou mal représentés, notamment la RN 10 qui ne dispose d'aucune enquête pour les VL.

Les matrices ainsi obtenues sont ensuite redressées à l'aide de procédures de correction de matrices et des comptages en bordure de périmètre.

En résumé, les volumes de la matrice jour sont présentés dans la carte ci-dessous. Les cartes pour la PPM et la PPS sont présentées en annexe 17.7.

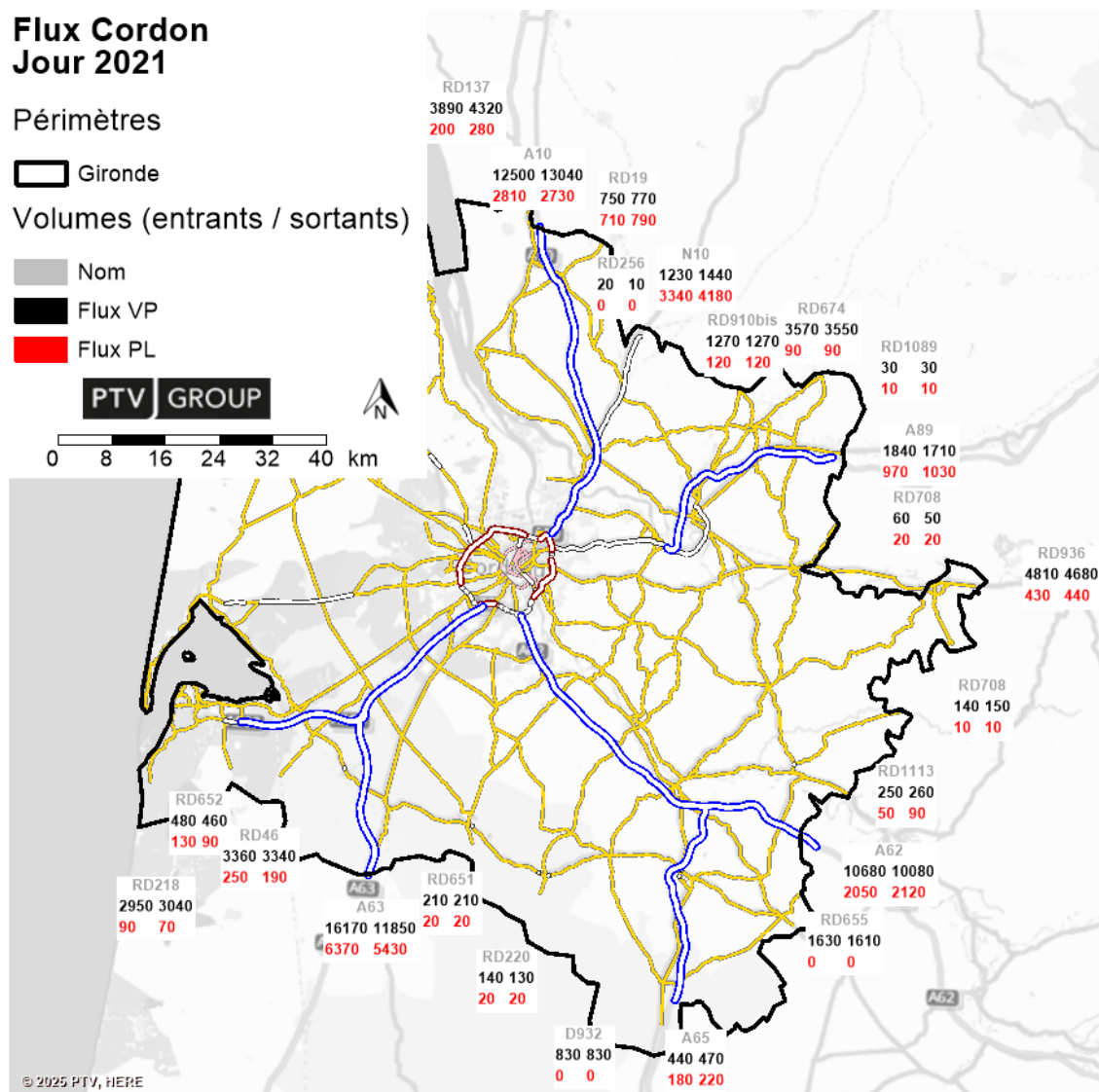


Figure 159 : Volumes d'échange VP et PL par jour, 2021

Le tableau résume les volumes des matrices cordon VP et PL obtenues par période.

à l'échelle de la Gironde	VL Jour	PL Jour	VL PPM (2h)	PL PPM (2h)	VL PPS (3h)	PL PPS (3h)
Echange entrant	61 100	8 400	6 700	700	10 300	1 100
Echange sortant	57 000	8 400	5 400	600	9 700	1 000
Transit	6 100	9 500	1 200	800	3 200	1 400
Total	124 200	26 300	13 300	2 100	23 200	3 500

Figure 160 : Décomposition du volume des matrices cordons TI

7.2. Matrices gare et aéroport

Les données à disposition ne permettent pas de recalculer de nouvelles matrices (TI ou TC) reliant des pôles générateurs de trafic en lien avec l'extérieur du périmètre, mais situés à l'intérieur du périmètre, contrairement aux zones cordon du chapitre précédent. Ces pôles sont, pour le MMM33, la gare et l'aéroport.

L'enquête ODT réalisée fin 2020 ne permet pas de reconstituer des déplacements cordon : déplacements réalisés sur le réseau TBM par des usagers en provenance de l'extérieur du périmètre (gare et aéroport principalement), d'autant que la période n'était pas propice à ce genre de déplacements (déplacements longues distances contraints par le COVID).

Il en va de même pour les comptages TER de montées-descentes en gare.

Pour des raisons de périmètre et de qualité des données de référence, les anciennes matrices cordon gare et aéroport, datant de la mise à jour de 2015, sont maintenues en adaptant les volumes en accord avec les changements de périodes de modélisation (cf. chapitre 6.1) et horizon de calage. Les croissances sont calculées de manière distincte entre la gare et l'aéroport sur la base des enquêtes de fréquentation voyageurs :

- Croissance 2015 à 2022 (horizon post-covid le plus proche de l'horizon de calage) de 1.77 pour la fréquentation voyageurs en gare Saint-Jean ;
- Croissance 2015 à 2023 (horizon post-covid le plus proche de l'horizon de calage) de 1.24 pour la fréquentation voyageurs à l'aéroport de Bordeaux-Mérignac.

Au final, 12 matrices renseignent les déplacements TI et TC en lien avec soit l'aéroport, soit la gare. Cette distinction facilite la mise en place des évolutions prospectives avec des taux de croissance annuelle distincts entre ces deux pôles. Leurs volumes globaux sont présentés dans le tableau ci-dessous.

à l'échelle de la Gironde	Aéroport TI	Gare TI	Aéroport TC	Gare TC
Jour	15 900	1 600	1 600	20 200
PPM (2h)	4 400	1 200	400	3 800
PPS (3h)	1 600	1 700	300	7 800

Figure 161 : Volume des matrices gare et aéroport, TI et TC

8. Génération des déplacements

8.1. Traitement des chaines de déplacements

Une chaine de déplacement se définit comme la succession des déplacements d'une personne entre sa sortie et son retour au domicile. La chaine se définit par la succession des codes de motifs effectués par exemple un individu effectuant les motifs « Travail » puis « Achat quotidien » et « Loisirs » s'écrit comme « D-T-Q-L-D ». Il arrive que certaines chaines soient incomplètes c'est-à-dire qu'il manque un motif Domicile en début ou en fin de chaine. Dans ce cas un motif voire deux sont ajoutés.

8.2. Traitement des activités réalisées en externe au périmètre

Le modèle génère uniquement les déplacements internes. Les déplacements de transit et cordon sont traités par des matrices fixes.

L'étape 1 du traitement des chaines de déplacements consiste à supprimer tout déplacement externe au périmètre. Toute activité réalisée à l'extérieur du périmètre est codée avec un « Z », ces déplacements effectués à l'extérieur sont supprimés alors que les motifs réalisés dans le périmètre sont reliés par un nouveau déplacement généré.

La figure suivante explique le fonctionnement de cette étape, avec :

- Chaine interne conservée intacte (D1) : toutes les activités sont réalisées à l'intérieur du périmètre ;
- Chaine mixte tronquée de sa partie externe (D2) : il existe au moins une activité (autre que Domicile) qui est réalisée à l'intérieur, et au moins une activité (autre que Domicile) qui est réalisée à l'extérieur du périmètre ;
- Chaine externe exclue de la génération (D3) : toutes les activités (autre que Domicile) sont réalisées à l'extérieur du périmètre.

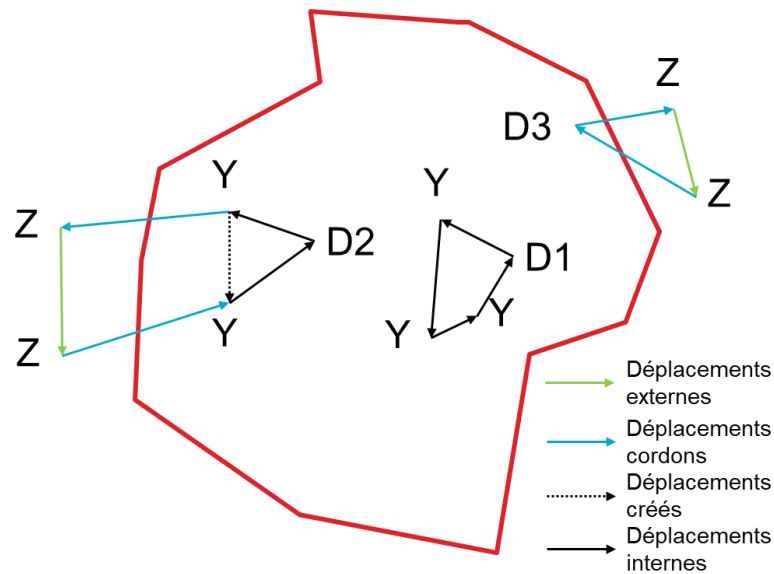


Figure 162 : Traitement des déplacements sortant du périmètre

8.3. Découpage des chaînes longues

Les chaînes longues sont moins représentatives, plus variées, et sont d'une faible représentativité statistique ce qui est fortement impactant sur les temps de calculs. Pour traiter ce phénomène, les chaînes de 5 déplacements ou + sont découpées de la façon suivante, il s'agit de la deuxième étape du traitement des chaînes :

- Chaîne de 5 déplacements, ex : D-T-T-A-L-D, (soit 3.2% des chaînes)
 - Ajout d'un retour au Domicile au milieu D-T-T-D + D-A-L-D
 - Hausse du nombre de déplacements, notamment sur les retours au domicile
 - Nombre d'activités constant
- Chaîne de 6 déplacements, ex : D-T-T-V-A-L-D, (soit 1.4% des chaînes)
 - Substitution de l'activité centrale par un retour au Domicile : D-T-T-D + D-A-L-D
 - Nombre de déplacements constant
 - Hausse de la part de l'activité Domicile : remplacement d'activités par des retours au Domicile
- Chaîne de 7 déplacements, ex : D-T-T-V-X-A-L-D, (soit 0.6% des chaînes)
 - Substitution des deux activités centrales par un retour au Domicile : D-T-T-D + D-A-L-D
 - Baisse du nombre de déplacements
 - Hausse de la part de l'activité Domicile : remplacement d'activités par des retours au Domicile
- Chaîne de 8 déplacements et plus, ex : D-T-T-V-Q-X-A-L-D, (soit 0.3% des chaînes)
 - Substitution de l'activité centrale par un retour au Domicile : D-T-T-V-D + D-X-A-L-D

- Nombre de déplacements constant
- Hausse de la part de l'activité Domicile : remplacement d'activités par des retours au Domicile

8.4. Résultats des traitements

Les tableaux suivants résument les étapes de traitement de chaînes :

- Base : correspond à l'état initial des chaînes extraites de l'EMC² ;
- Etat 1 : correspondant à l'étape 1 décrite au chapitre 8.2 ;
- Etat 2 : est l'état final après avoir effectué l'étape 2 décrite au chapitre 8.3.

Groupes	Base	Etat 1		Etat 2	
	Taux	Taux	Evol./Base	Taux	Evol./Etat1
Aav	4.14	4.07	-1.8%	4.09	0.7%
Asv	3.62	3.59	-0.8%	3.63	1.1%
Tav	2.97	2.95	-0.6%	2.96	0.5%
Tsv	3.03	3.03	0.0%	3.02	-0.3%
Iav	3.29	3.17	-3.5%	3.19	0.7%
Isv	3.06	3.03	-1.0%	3.05	0.7%
RMav	3.21	3.10	-3.5%	3.13	0.7%
RMsv	2.63	2.59	-1.6%	2.59	0.2%
RP	2.10	2.07	-1.7%	2.08	0.5%
Etu	3.44	3.40	-1.3%	3.43	0.9%
Esec	3.14	3.13	-0.2%	3.15	0.5%
Eprim	2.86	2.84	-0.7%	2.87	0.9%
Mig	3.96	3.32	-16.1%	3.35	0.9%

Figure 163 : Effets du découpage des chaînes sur la mobilité des groupes

L'état 1 montre une baisse conséquente des déplacements du groupe des Migrants ce qui est normal étant donné que les déplacements de ces personnes vers leur motif principal sont en dehors du périmètre (Z) et l'étape 1 supprime ces déplacements. Le reste des groupes est faiblement impacté à l'état 1.

Le découpage des chaînes longues (état 2) a également un impact limité, en effet, la plus grosse évolution est de 1.1% pour le groupe AsV.

Motif	Volume de déplacements			Parts de chaque motif			Evol. En %		Evol. En pt	
	Base	Etat 1	Etat 2	Base	Etat 1	Etat 2	Etat 1/Base	Etat 2/Etat 1	Etat 1/Base	Etat 2/Etat 1
Domicile	1 989 009	1 947 435	2 028 420	39.2%	39.3%	40.7%	-2.1%	4.2%	0.2	1.4
Travail	691 516	665 493	652 128	13.6%	13.4%	13.1%	-3.8%	-2.0%	-0.2	-0.4
Etudes_ Université	69 277	69 277	68 904	1.4%	1.4%	1.4%	0.0%	-0.5%	0.0	0.0
Loisirs	490 329	470 231	463 657	9.7%	9.5%	9.3%	-4.1%	-1.4%	-0.2	-0.2
Collège/Lycée	151 048	149 644	149 532	3.0%	3.0%	3.0%	-0.9%	-0.1%	0.0	0.0
Primaire	101 389	101 012	100 499	2.0%	2.0%	2.0%	-0.4%	-0.5%	0.0	0.0
Achats_Quotidiens	397 933	389 919	381 562	7.8%	7.9%	7.7%	-2.0%	-2.1%	0.0	-0.2
Achats_Exceptionnels	330 111	320 739	314 093	6.5%	6.5%	6.3%	-2.8%	-2.1%	0.0	-0.2
Visites	385 968	370 342	365 510	7.6%	7.5%	7.3%	-4.0%	-1.3%	-0.1	-0.1
Accompagnement	472 516	467 340	461 374	9.3%	9.4%	9.3%	-1.1%	-1.3%	0.1	-0.2
Total	5 079 095	4 951 432	4 985 678	100.0%	100.0%	100.0%	-2.5%	0.7%		

Figure 164 : Effets du découpage des chaînes sur les motifs des déplacements

De même, les évolutions par motifs restent relativement stables malgré le découpage des chaînes longues et la suppression des déplacements en dehors du périmètre.

En conclusion, la mobilité moyenne par groupe est résumée dans le graphique suivant qui présente la décomposition du nombre total de déplacements journaliers par activité pour chaque groupe après traitement des chaînes.

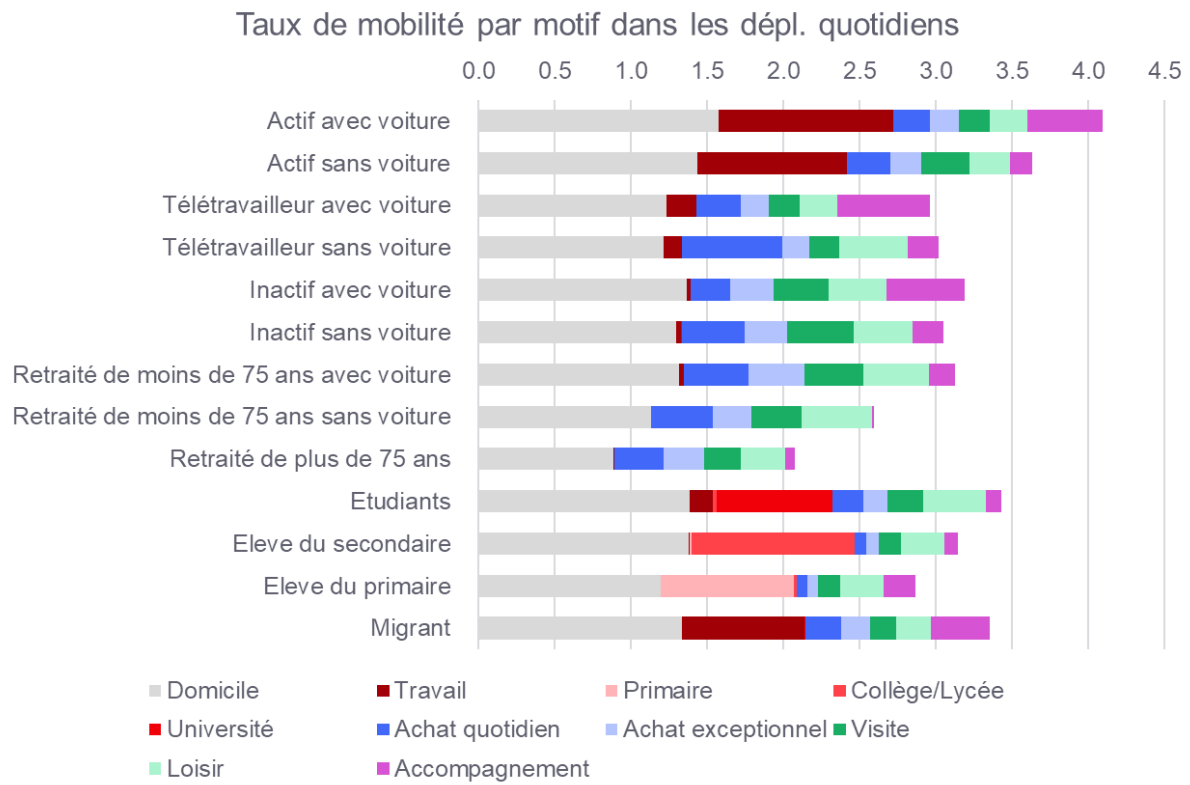


Figure 165 : Taux de mobilité par groupe selon le motif (après traitement des chaînes)

8.5. Probabilité de réalisation des chaînes par groupe

En fin de traitement, il est donc possible de calculer le nombre de fois qu'une chaîne est réalisée par un groupe donné. A chaque couple (groupe, chaîne) est alors associé un taux de probabilité de réalisation.

On parle de taux de mobilité d'une couche de la demande. Une couche de la demande étant la combinaison d'un groupe d'utilisateur et d'une chaîne de déplacements.

La formule du taux de mobilité des couches de la demande est :

$$Taux\ mobilité_{couche_demande} = \frac{Nombre\ de\ répétition\ de\ la\ chaîne_{groupe}}{Nombre\ de\ personnes_{groupe}}$$

Ce taux de mobilité est calculé après le traitement des chaînes évoqué précédemment.

Ce sont les chaînes, nombre de personnes par groupes et ce taux de probabilité qui permettent de réaliser la génération des déplacements dans le modèle.

8.6. Génération dans le modèle

En situation de calage, la population modèle diffère de la population de l'EMC² pour des raisons de sources de données et d'horizon de publication de la source. Cependant, le taux de mobilité par groupe intégré au modèle est bien celui présenté précédemment et issu de l'EMC².

Les volumes de déplacements par groupes générés par le modèle en situation de calage sont présentés dans le graphe suivant.

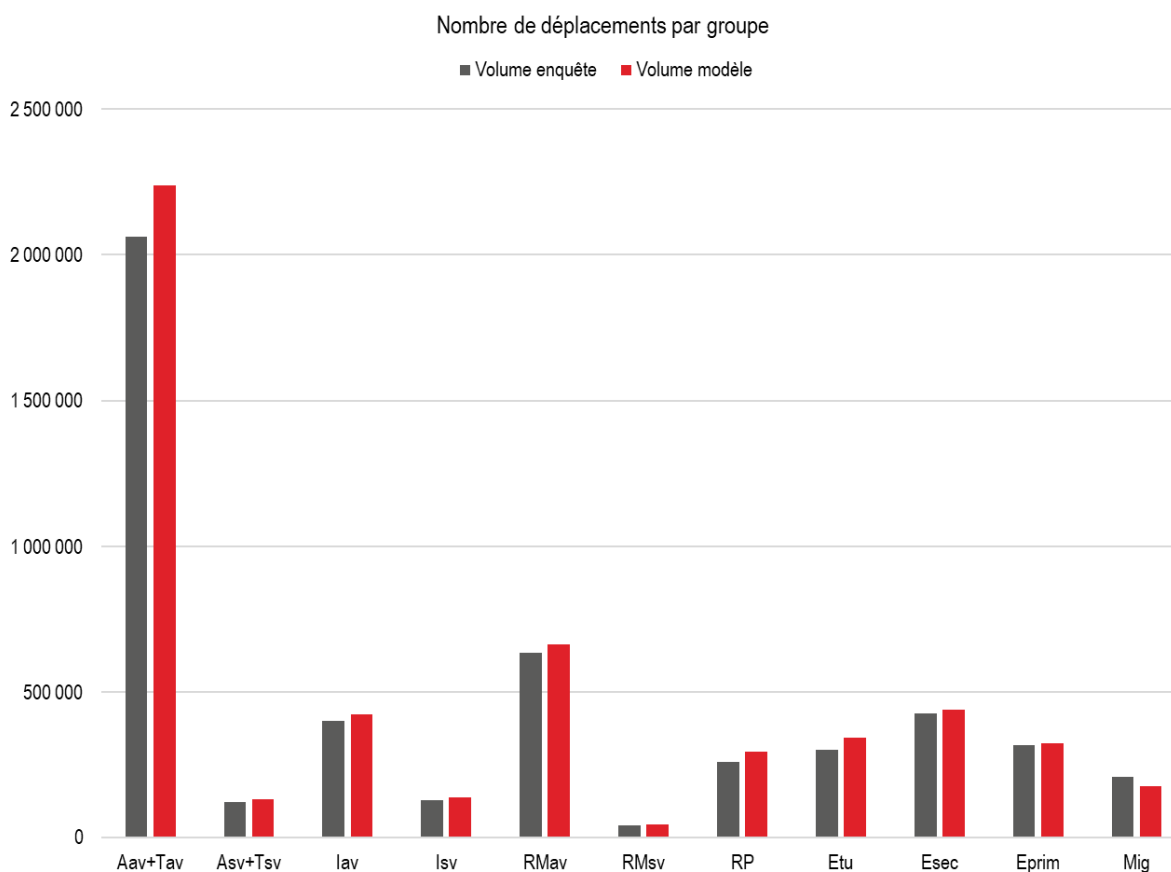


Figure 166 : Nombre de déplacements totaux par groupe

La répartition du nombre de déplacements selon le groupe est bien reproduite, comme présenté dans le graphe ci-dessous.

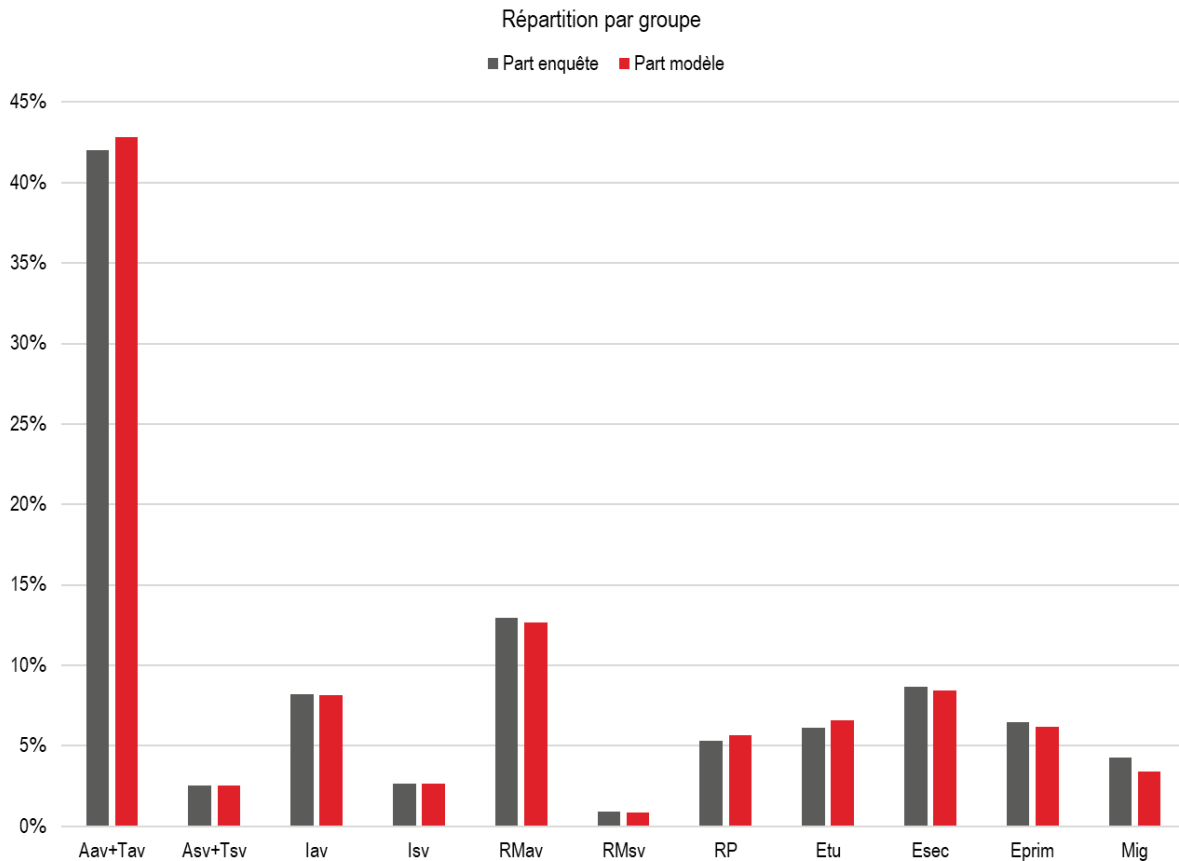


Figure 167 : Répartition des déplacements totaux par groupe

Comme indiqué précédemment, le découpage de chaînes induit une augmentation du nombre de déplacements à destination du domicile, mais cela impacte peu la répartition des déplacements par motifs, comme présentée dans les graphiques suivants.

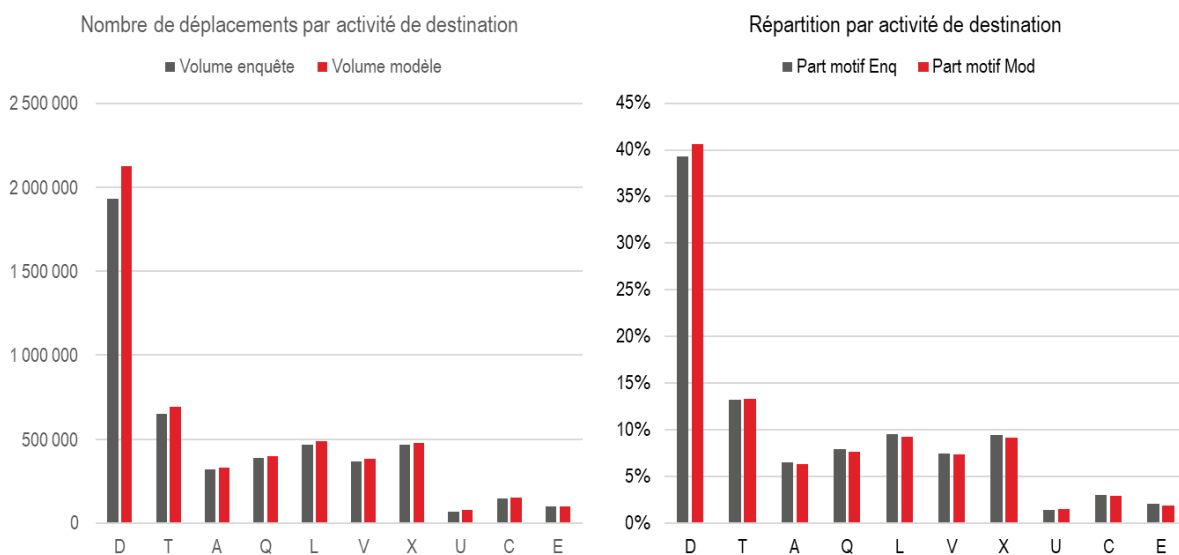


Figure 168 : Volume et répartition des déplacements totaux par motif

9. Distribution et choix modal

9.1. Les potentiels d'attractions

Un potentiel d'attraction est défini pour chaque motif et zone. Ce potentiel d'attraction représente la probabilité d'une zone d'attirer un déplacement pour un motif donné.

Les sources de données utilisées pour les calculer sont :

- Base permanente des équipements géolocalisés 2021 (source : INSEE) ;
- Emplois 2020 publiés en 2023 à la commune (source : INSEE) ;
- Géolocalisation des établissements du répertoire SIRENE (source : INSEE) ;
- Les effectifs des établissements de l'enseignement supérieur (source : ministère).

La carte suivante présente les catégories d'équipements de la base permanente des équipements.

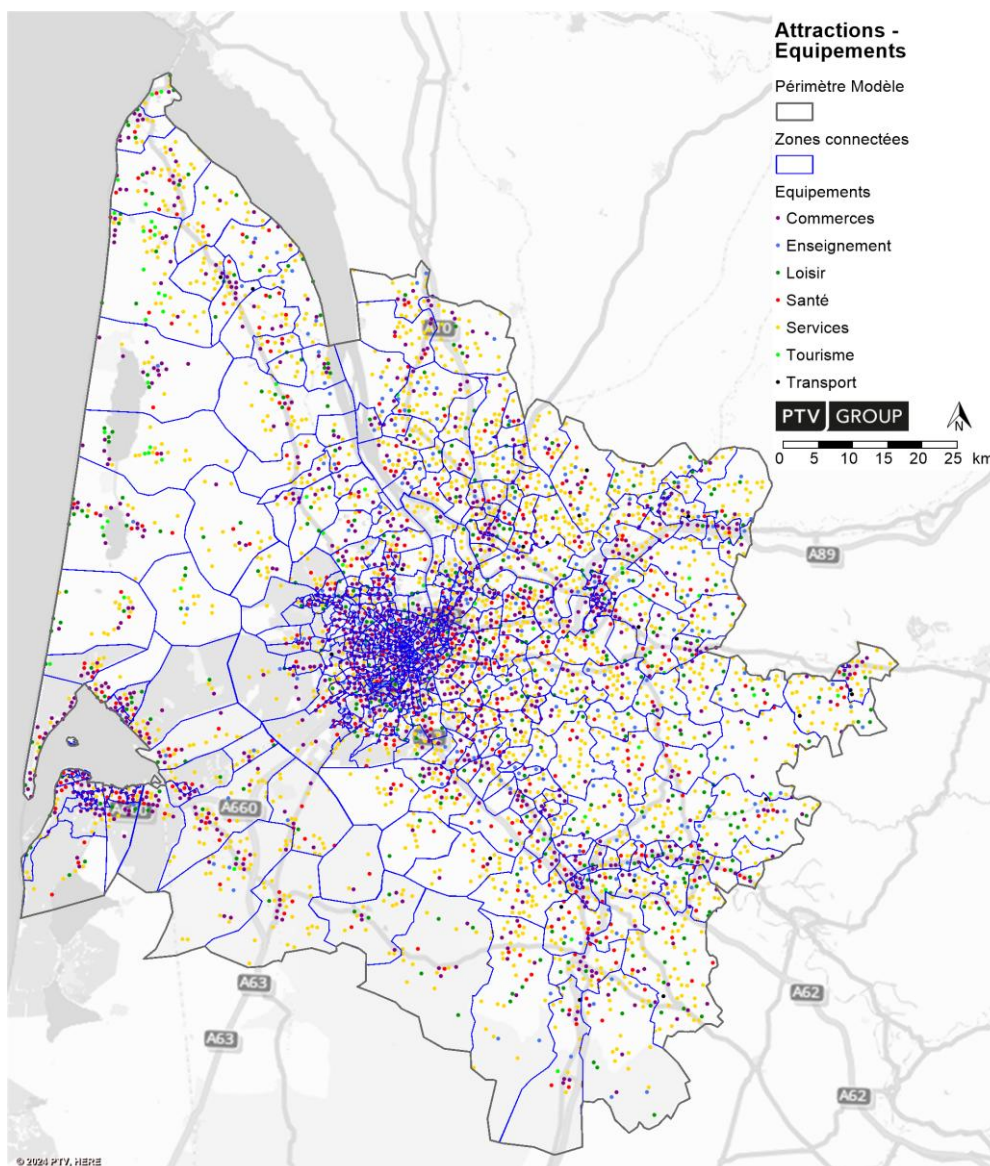


Figure 169 : Emplacements des équipements de la BPE 2021

Les attractions (hors travail) sont calculées sur la base des éléments suivants :

- École primaire : nombre d'établissements ;
- Ecole secondaire : nombre d'établissements collège et lycée ;
- Université : effectifs des établissements de l'enseignement supérieur, car les pondérations par établissements n'étaient pas satisfaisantes ;
- Achats quotidiens : addition pondérée du nombre de magasins comme superette, épicerie, boulangerie etc. ;
- Achats exceptionnels : addition pondérée du nombre de magasins comme hypermarché, supermarché, grand magasin de bricolage, magasin de vêtements, magasin de meubles etc. ;
- Visites : population ;
- Loisirs : addition pondérée du nombre des équipements sportifs (bassins, tennis, athlétisme, bowling etc.), des restaurants, des musées, etc. et la population ;
- Accompagnement : addition pondérée du nombre des crèches, des écoles primaires, des équipements de santé (hôpitaux, médecins, pharmacies, psychologues, instituts de santé), des loisirs, de transport (gares et aéroports) et la population.

Pour les emplois, le volume par commune est utilisé. Lorsqu'une commune est découpée en plusieurs zones, les tranches d'effectifs par établissement géolocalisées de la base SIRENE servent de poids pour la répartition du nombre d'emplois au sein des différentes zones. La carte suivante présente les tranches d'effectifs de la base SIRENE.

Le détail des poids par type d'établissement se retrouve dans le fichier de calcul des potentiels d'attraction transmis avec le modèle.

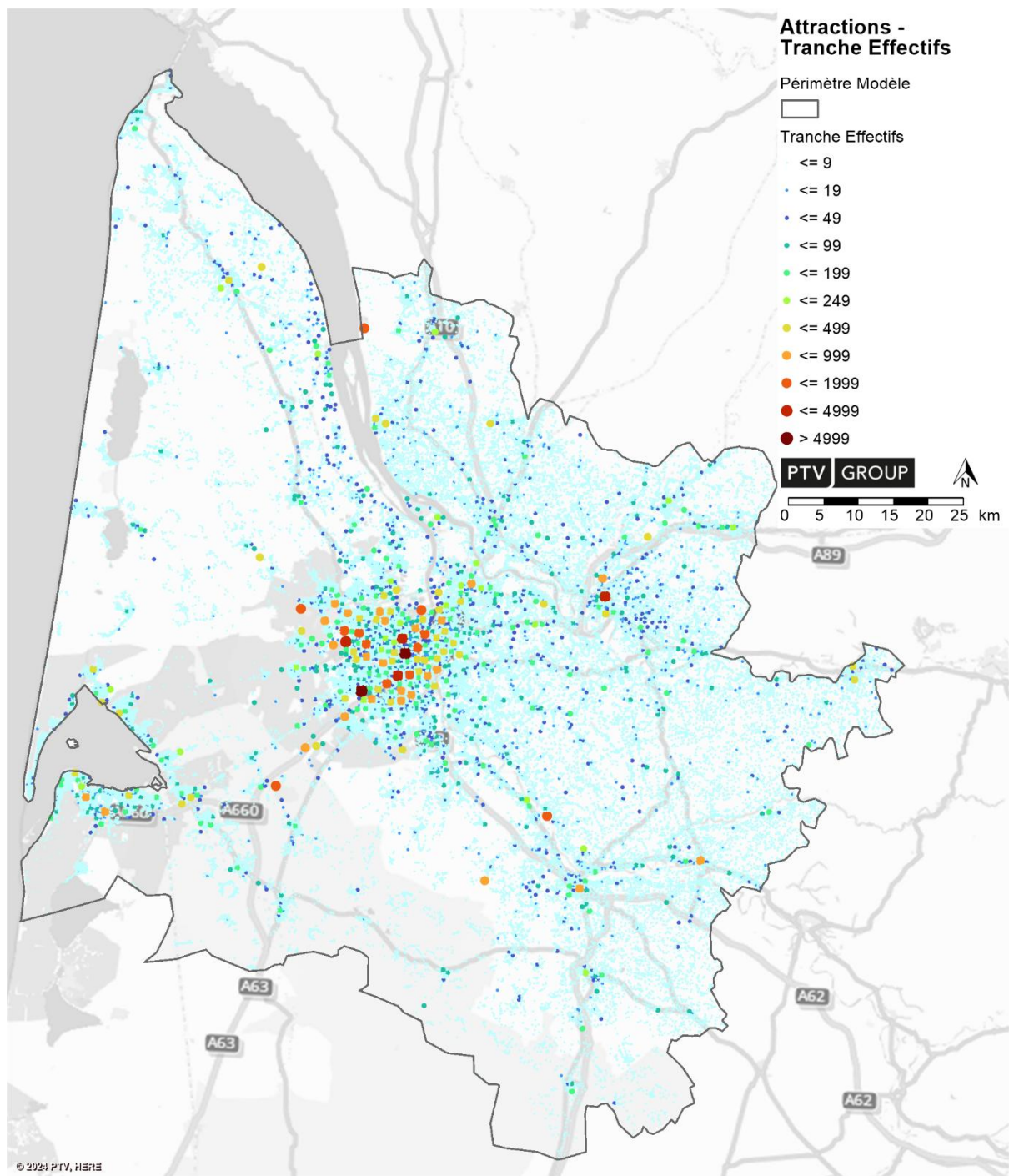


Figure 170 : Tranches d'effectifs des établissements dans la base SIRENE

Les potentiels d'attractions par motifs sont présentés en annexe 17.8.

9.2. Formulation et fonctionnalités de la distribution et du choix modal

9.2.1. LogSum et fonctions d'impédance de la distribution

La méthode du Logsum conjoint est retenue pour les étapes de la distribution et choix modal. Dans ce cas, la fonction d'impédance utilisée pour la distribution est égale à la somme logarithmique des utilités de l'ensemble des modes ($-\alpha \cdot w_{ij}$), d'où le nom « conjoint ». De ce fait, dans la distribution des déplacements, l'ensemble des modes et des indicateurs est pris en compte. Les fonctions d'impédance sont spécifiques à chaque binôme groupe x motif.

Le terme Logsum est enrichi avec un terme portant sur la distance parcourue ($\gamma \cdot d_{ij}$) :

$$D_{ij} = E_i \cdot \frac{A_j \cdot e^{-\alpha \cdot w_{ij} + \gamma \cdot d_{ij}}}{\sum_k A_k \cdot e^{-\alpha \cdot w_{ik} + \gamma \cdot d_{ik}}} \quad w_{ij} = \log \left\{ \sum_m e^{U_{i,j,m}} \right\}$$

Avec

- D_{ij} = Nombre de déplacements de i à j
- E_i = Emission de i
- A_j = potentiel d'attraction de la zone j (emploi, population, effectifs scolaires...)
- $U_{i,j,m}$ = utilité du mode m pour la relation i,j

La probabilité d'aller à j en partant de i, pour un motif donné, tient compte à la fois du potentiel d'attraction de la zone j par rapport aux autres zones, mais aussi de son accessibilité.

Cette procédure est disponible directement dans PTV Visum. Les étapes de distribution et de choix modal sont itératives lorsque que la contrainte sur certaines activités (par exemple l'emploi) est activée.

Le terme portant sur la distance permet d'établir des paramètres Logsum inférieurs à 1 ($0,11 \leq \text{Paramètres Logsum} \leq 0,98$). La distance retenue ici est la moyenne des distances parcourues sur les modes VP, TC et Vélo. La distance à vol d'oiseau classiquement utilisée n'est pas retenue à cause de la présence de frontières naturelles (La Dordogne et la Garonne) rendant cet indicateur inadapté.

Elle est calculée par PTV Visum en même temps que les autres indicateurs de choix modal.

Les coefficients de la distribution utilisés dans le modèle Visem sont présentés en annexe 17.6.

9.2.2. Formulation des fonctions d'utilité du choix modal

Les fonctions d'utilité du choix modal se base sur une répartition Logit et sont définies pour chaque couple groupe x motif.

Elles peuvent être décrites ainsi :

$$P(m | o, d) = \frac{e^{U_{o,d,m}}}{\sum_m e^{U_{o,d,m}}} \quad U_{o,d,m} = \beta_0 + \sum_i \beta_i * X_{m,i}$$

Avec

- $P(m | o, d)$: probabilité du mode m sur la relation o vers d
- $U_{o,d,m}$: Utilité du mode m sur la relation o vers d
 - β_0 : constante
 - β_i : coefficient de la variable i du mode m
 - $X_{m,i}$: valeur de la variable i du mode m

Les termes qui composent les fonctions d'utilités sont rapportés à du temps. Et les variables qui composent chaque terme sont spécifiques à chaque mode.

Les coefficients du choix modal sont spécifiques à chaque groupe, mode et variables. Une attention particulière est portée à leurs valeurs afin de maintenir une cohérence entre les termes pour une même couple groupe x motif (poids de chaque variable par rapport aux autres, de la valeur du temps pour transformer les prix en temps, etc.).

Les indicateurs retenus par mode sont présentés dans le tableau suivant.

Code	Indicateurs	Marche à pied	Vélo	Transports en commun	Voiture conducteur	Voiture passager	Parcs relais	Covoiturage
TPS	Temps de parcours sur le réseau	x	x	x	x	x	x	x
ACCES	Temps sur les connecteurs	x	x	x	x	x	x	x
ACCES	Temps de marche en correspondance			x			x	
ATTENTE	Temps attente (départ et correspondances)			x			x	
BONUSLOURD	Bonus modes lourds			x			x	
RUPTURES	Nombre de correspondances			x			x	
STATIONNEMENT	Stationnement				x	x	x	x

Figure 171 : Indicateurs retenus par mode dans les fonctions d'utilités du choix modal

Les coefficients du choix modal utilisés dans le modèle Visem sont présentés en annexes 17.9 et 17.10.

Le bonus mode lourd vise à reproduire des choix ou représentation d'usagers vis-à-vis d'un système de transport qui vont au-delà de la simple description horaire du réseau (temps de parcours théoriques, fréquence, etc.) tels que le confort, la régularité ou le respect des horaires.

Par exemples,

- pour des courtes distances un train est rarement choisi lorsqu'une liaison en bus ou tram est existante même si le train est plus rapide ;
- des minutes passées dans un tram n'ont pas le même ressenti que dans un bus ;

- etc.

Ces bonus ou malus sont calculés pour chaque système de transport et pour chaque OD selon le temps respectif passé sur le système de transport et représente un temps perçu par l'utilisateur. Il vise à traduire le ressenti des usagers vis-à-vis du système de transport aussi bien en terme de temps effectif passé dans le transport que de temps indicatif de la fiche horaire (les systèmes de transport soumis à la congestion ou avec faible respect des horaires sont pénalisés).

Le graphique suivant présente les bonus-malus appliqués pour chaque système de transport selon le temps passé en véhicule. Il s'agit du temps additionnel perçu (en positif ou négatif) selon le temps effectif passé dans le transport : par exemple, 12 minutes en train seront perçues comme 14 minutes par l'utilisateur, soit un malus de 2 minutes.

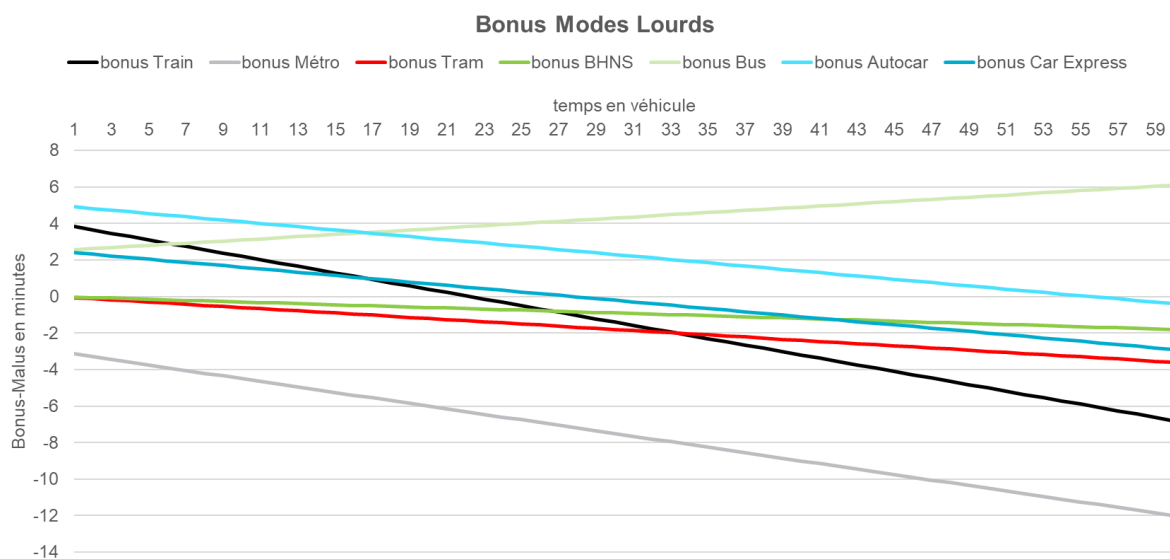


Figure 172 : Bonus-malus par système de transport

9.2.3. La contrainte du choix de destination

Pour le motif travail le nombre de déplacements à destination est censé être proportionnel au nombre d'emplois : il est possible de travailler dans l'hypothèse que chaque emploi renseigné dans le modèle attire le même nombre de déplacements par jour. L'objectif de cette procédure est de faire en sorte que le modèle reconstitue bien ce phénomène.

La fourchette de 0.8 et 1.2 signifie que le ratio du nombre de déplacements par emploi de chaque zone ne sera pas strictement identique malgré la contrainte ; mais que ce ratio pourra varier de +/- 20% entre les zones. Ces bornes ont été définies ainsi pendant le processus de calage.

9.2.4. Le rubberbanding

Lors de la modélisation des boucles de déplacements, la localisation des activités secondaires n'est pas toujours bien reproduite. En réalité, ces activités secondaires ont souvent lieu dans une ellipse autour du lieu de l'activité principale (travail, école...) et du domicile. Par défaut, dans l'étape de distribution, la localisation de ces activités secondaires

est estimée autour de l'activité principale sans prendre en compte la localisation du domicile. C'est le module du rubberbanding (tracé élastique) qui permet la modélisation de ce phénomène.

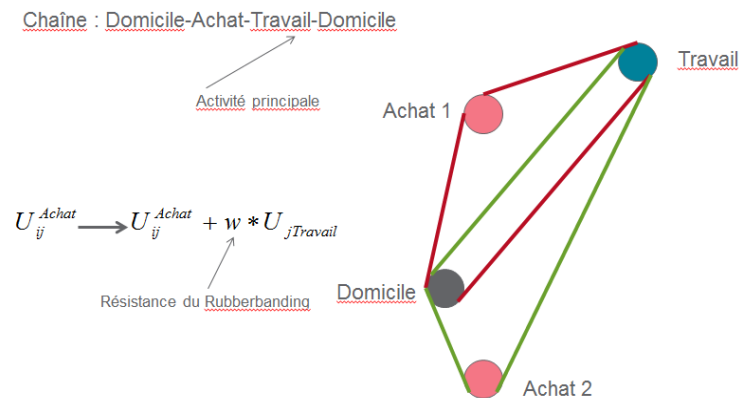


Figure 173 : La théorie du rubberbanding

Les objectifs du rubberbanding sont :

- mieux représenter le choix de destination lors des boucles de déplacements (l'activité n°2 se situe souvent entre le lieu de l'activité n°1 et le domicile) ;
- améliorer le calage de la longueur des déplacements par motif.

En effet, sans rubberbanding, on a souvent des retours à domicile qui sont trop longs du fait de l'éloignement du domicile au fur et à mesure des activités, puisque celui-ci n'influence pas le lieu de destination des activités au cours de la chaîne.

La bonne prise en compte de cette fonctionnalité demande

- une hiérarchisation des motifs ;
- la sélection de chaînes ;
- une pondération.

Hiérarchisation des motifs

En général, on met en place une hiérarchisation entre

- les motifs à destination fixe (travail, université, éducation) ;
- les motifs à destination variable (achats, loisirs, accompagnement).

A titre d'exemple, une chaîne D – A – T – D, le lieu de travail a le rang 1 et le lieu des achats a le rang 2, malgré le fait que les achats aient lieu avant le travail.

Le rang des activités dans le modèle est indiqué dans la figure précédente concernant les activités.

La sélection des chaînes

En principe, on peut appliquer le rubberbanding à toutes les chaînes, sachant que l'impact pour les chaînes à deux déplacements (D – T – D) est égal à zéro.

Il est conseillé de retenir pour le rubberbanding seulement les chaînes de 3 ou 4 déplacements, dans lesquelles se situent au moins une activité à destination de rang 1 et au moins une activité à destination de rang 2 (D – A – T – D). Pour les chaînes plus longues, il est souvent difficile d'arbitrer entre activités principales et activités secondaires. Ce choix est retenu pour le modèle.

La pondération

L'idée sous-jacente est que le choix de la destination pour toutes les activités est fait sur la base d'une activité principale, ce qui permet de déterminer des chaînes plus cohérentes. Pour ce faire, en plus du lieu de l'activité d'origine, le lieu d'origine ou l'emplacement de l'activité principale de la chaîne (par exemple, le lieu de travail) est pris en compte. L'impédance n'est pas considérée isolément d'une activité, mais sous la forme d'un total d'impédances du lieu d'origine via une activité intermédiaire à l'activité principale. Il y a donc 2 composantes à cette impédance :

- De l'origine à l'activité secondaire ;
- De l'activité secondaire à l'activité principale.

Un paramètre de pondération doit être défini, qui détermine la manière dont les impédances entre l'activité intermédiaire et l'activité principale sont pondérées.

Une valeur du paramètre de pondération de 1 signifie que les deux branches du chemin sont pondérées de manière égale. Les valeurs recommandées sont comprises entre 0,5 et 2. Une valeur 0 indique un calcul sans bande élastique. En sélectionnant une valeur très élevée pour le paramètre de pondération, une pondération proportionnellement élevée serait donnée au segment de la deuxième trajectoire. Le choix de la destination pour l'activité intermédiaire serait alors très proche de l'activité principale de la deuxième trajectoire.

Les motifs sélectionnés comme contraignant pour le rubberbanding sont les motifs à destination fixe (travail, éducation) avec un poids de 1 et l'accompagnement avec un poids de 1. Ces valeurs correspondent aux valeurs utilisées habituellement par PTV sur d'autres modèles.

9.2.5. Rebouclage

Une partie des indicateurs de temps utilisés dans la procédure de distribution et choix modal est dépendante de la charge affectée sur le réseau. Il s'agit des temps de parcours en charge TI impactant les modes VP conducteur, passager, P+R et covoiturage.

A chaque variation de la demande, ces temps sont susceptibles de changer, et donc d'impacter à nouveau la demande. Les procédures de calcul des temps en charge TI et de la demande sont alors réalisées de manières itératives et successives jusqu'à atteindre un équilibre, c'est ce qu'on appelle le rebouclage.

Le critère de convergence du rebouclage est réalisé sur la matrice de la demande VP conducteur de l'HPM puisque les indicateurs sont calculés sur l'HPM. Lorsque cette matrice est stable, les variations de temps de parcours sont considérées faibles voire négligeables et n'impacte alors plus la demande.

Le MMM33 étant soumis à de fortes congestions, les variations de temps sont importantes d'une itération à l'autre et amène à une forte oscillation de la demande lors du rebouclage, un lissage est mis en place afin de réduire l'ampleur de ces oscillations et de stabiliser le modèle. Le lissage consiste à conserver une partie des temps de l'itération précédente dans la nouvelle itération du choix modal. A chaque itération n , la matrice de temps de parcours TI est composée à 30% de la matrice de l'itération $n-1$ et à 70% des temps calculés à partir de la nouvelle demande.

9.3. Résultats de la distribution et du choix modal dans le modèle

Ce chapitre présente les résultats du modèle de la demande, et présente donc uniquement des déplacements internes au périmètre du modèle réalisés par les résidents du périmètre. Il s'agit d'analyses des déplacements matriciels du modèle, et pas de résultats d'affectation.

9.3.1. Parts modales par groupe

Les paramètres de choix modal s'appliquant directement par groupe, il convient dans un premier temps de chercher à reproduire les parts modales par groupe.

Pour rappel (cf. chapitre 6.5.5), les résultats issus de l'enquête concernant les étudiants sont jugés peu fiables. Il a donc été décidé de viser une part modale permettant de reproduire un volume de déplacements TC des étudiants qui soient plus en accord avec l'analyse de l'ODTC malgré ses propres limites. L'enquête ODTC donne un volume journalier de 166 000 voyages réalisé sur le réseau TBM. En tenant compte du taux de correspondance et de la présence d'étudiants en dehors de la métropole, un volume de 150 000 à 155 000 déplacements TC réalisés par les étudiants est visé. Cela se traduit par une part modale cible des étudiants entre 43.5% et 44.5%.

Les tableaux suivants reprennent les parts modales de l'enquête (sans redressement des étudiants) et du modèle par groupe et les écarts en points obtenus dans le modèle.

% Groupe par Mode	MàP		Vélo		TC		Voiture Conducteur		Voiture Passager	
	Part Dépl Enq	Part Dépl Mod	Part Dépl Enq	Part Dépl Mod	Part Dépl Enq	Part Dépl Mod	Part Dépl Enq	Part Dépl Mod	Part Dépl Enq	Part Dépl Mod
Aav	14.5%	14.2%	5.0%	4.9%	3.7%	3.3%	72.4%	72.8%	4.4%	4.5%
Asv	39.0%	36.7%	21.3%	21.2%	27.8%	30.3%	7.2%	7.2%	4.7%	4.7%
Tav	29.1%	29.0%	5.3%	5.2%	1.3%	1.0%	60.5%	60.7%	3.8%	3.8%
Tsv	75.5%	75.0%	13.1%	13.0%	11.1%	11.7%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%
lav	33.1%	32.8%	2.4%	2.3%	4.8%	4.6%	51.2%	51.4%	8.5%	8.6%
lsv	65.5%	64.9%	8.4%	8.4%	18.4%	19.0%	1.1%	1.1%	6.5%	6.6%
RMav	29.3%	29.1%	3.1%	3.1%	1.4%	1.0%	56.4%	56.8%	9.8%	9.7%
RMsv	61.3%	60.5%	3.7%	3.7%	22.6%	23.3%	3.2%	3.2%	9.2%	9.3%
RP	37.6%	37.5%	1.5%	1.5%	2.5%	2.4%	43.3%	43.2%	15.0%	15.1%
Etu	28.2%	24.2%	6.8%	5.8%	35.9%	44.8%	21.6%	18.7%	7.5%	6.4%
Esec	28.6%	28.5%	10.5%	10.5%	29.7%	30.0%	1.9%	1.6%	29.3%	29.4%
Eprim	27.7%	27.8%	4.7%	4.7%	5.3%	5.3%	0.0%	0.0%	62.2%	62.2%
Miq	21.1%	21.3%	4.6%	4.6%	5.5%	5.5%	64.3%	64.2%	4.4%	4.4%
Total	25.5%	24.8%	5.4%	5.3%	8.9%	9.4%	48.1%	48.4%	12.2%	12.0%

Figure 174 : Parts modales par groupe de l'enquête et du modèle

Groupes	Ecarts MàP	Ecarts Vélo	Ecarts TC	Ecarts VP Con	Ecarts VPPas
Aav	-0.3	-0.1	-0.1	0.4	0.0
Asv	-2.3	-0.1	2.5	0.0	0.0
Tav	-0.1	0.0	0.0	0.2	0.0
Tsv	-0.5	-0.1	0.5	0.0	
lav	-0.3	0.0	0.0	0.2	0.1
lsv	-0.7	0.0	0.6	0.0	0.0
RMav	-0.2	0.0	-0.1	0.4	0.0
RMsv	-0.8	0.0	0.8	0.0	0.0
RP	-0.1	0.0	0.1	-0.1	0.1
Etu	-4.0	-1.0	9.0	-2.9	-1.1
Esec	-0.1	0.0	0.3	-0.3	0.1
Eprim	0.0	0.0	0.0		0.0
Mig	0.2	0.0	-0.1	-0.1	0.0
Total	-0.7	-0.1	0.6	0.3	-0.2

Figure 175 : Ecarts en points entre les parts modales de l'enquête et du modèle

La part modale de chaque groupe est bien reproduite avec de faibles écarts par rapport à la cible. La part modale obtenue pour les étudiants est de 45.3%, et celle-ci implique une prise sur la marche à pied et les VP conducteurs principalement.

Le diagramme suivant présente les volumes par groupe et par mode.

Groupes	MàP		Vélo		TC		VP Con		VPPas	
	Nb Dépl Enq	Nb Dépl Mod	Nb Dépl Enq	Nb Dépl Mod	Nb Dépl Enq	Nb Dépl Mod	Nb Dépl Enq	Nb Dépl Mod	Nb Dépl Enq	Nb Dépl Mod
Aav	271 014	294 164	92 246	100 833	69 112	69 119	1 348 507	1 507 673	82 188	92 227
Asv	42 463	43 742	23 209	25 245	30 279	36 092	7 811	8 573	5 136	5 638
Tav	58 109	47 677	10 490	8 571	2 677	1 596	120 762	99 826	7 575	6 200
Tsv	10 988	10 325	1 906	1 795	1 618	1 606	39	37	0	6
lav	133 002	139 268	9 500	9 913	19 416	19 459	205 703	217 835	34 243	36 436
lsv	85 396	89 933	10 974	11 706	23 989	26 410	1 420	1 520	8 499	9 085
RMav	186 394	192 894	19 998	20 642	8 728	6 807	358 468	376 262	62 039	64 506
RMsv	26 839	27 606	1 625	1 693	9 890	10 652	1 401	1 469	4 045	4 231
RP	98 328	111 148	3 909	4 439	6 624	7 009	113 398	128 151	39 332	44 906
Etu	85 153	83 252	20 429	19 793	108 159	154 176	65 137	64 381	22 631	22 182
Esec	121 827	125 384	44 580	46 049	126 175	131 847	8 086	7 210	124 819	129 459
Eprim	88 129	89 970	14 887	15 275	16 770	17 094	133	0	197 710	201 511
Mig	43 919	37 822	9 582	8 223	11 499	9 723	134 017	114 141	9 260	7 884
Total	1 251 560	1 293 185	263 335	274 177	434 935	491 590	2 364 884	2 527 079	597 478	624 272

Figure 176 : Déplacements par modes et par groupe de l'enquête et du modèle

9.3.2. Parts modales globales

Les parts modales globales sont donc une résultante du choix modal par groupe. Elles représentent la répartition des déplacements sur les différents modes, et sont très bien restituées dans le modèle pour l'ensemble des périodes modélisées.

Mode	Volume Dépl Enq	Volume Dépl Mod	Ecart	Part modale Enq	Part modale Mod	Ecart
MàP	1 251 560	1 293 185	41 625	25.5%	24.8%	-0.7%
Vélo	263 335	274 177	10 842	5.4%	5.2%	-0.1%
TC	423 935	491 590	67 655	8.6%	9.4%	0.8%
Voiture Conducteur	2 361 384	2 527 079	165 695	48.1%	48.4%	0.3%
Voiture Passager	597 478	624 272	26 794	12.2%	11.9%	-0.2%
P+R	11 000	10 846	-154	0.2%	0.2%	0.0%
Covoiturage	3 500	3 516	16	0.1%	0.1%	0.0%
Total	4 912 192	5 224 665	312 473	100%	100%	0.0%

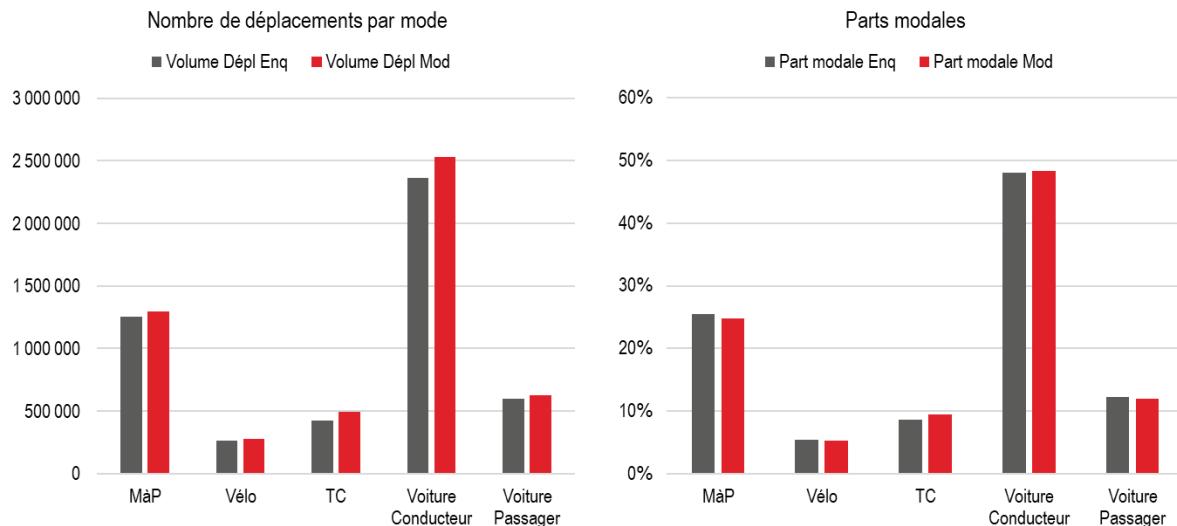


Figure 177 : Parts modales, jour 2021

Il en va de même des parts modales par macrozone qui sont bien reproduites. On observe des écarts sur les macrozone hors métropole, qui sont la résultante d'une offre TC pour les scolaires qui n'est pas très bien décrite dans le modèle, et d'un manque de finesse sur certaines zones qui parfois regroupent plusieurs communes voire être impactée par des secteurs hors périmètre tels que Bergerac ou Biscarosse.

Cependant, les écarts restent réduits et ne remettent pas en cause les bonnes restitutions du cœur du modèle. La bonne reconstitution des variations de parts modales par secteur justifie notamment l'utilisation de groupes communs sur l'ensemble du périmètre.

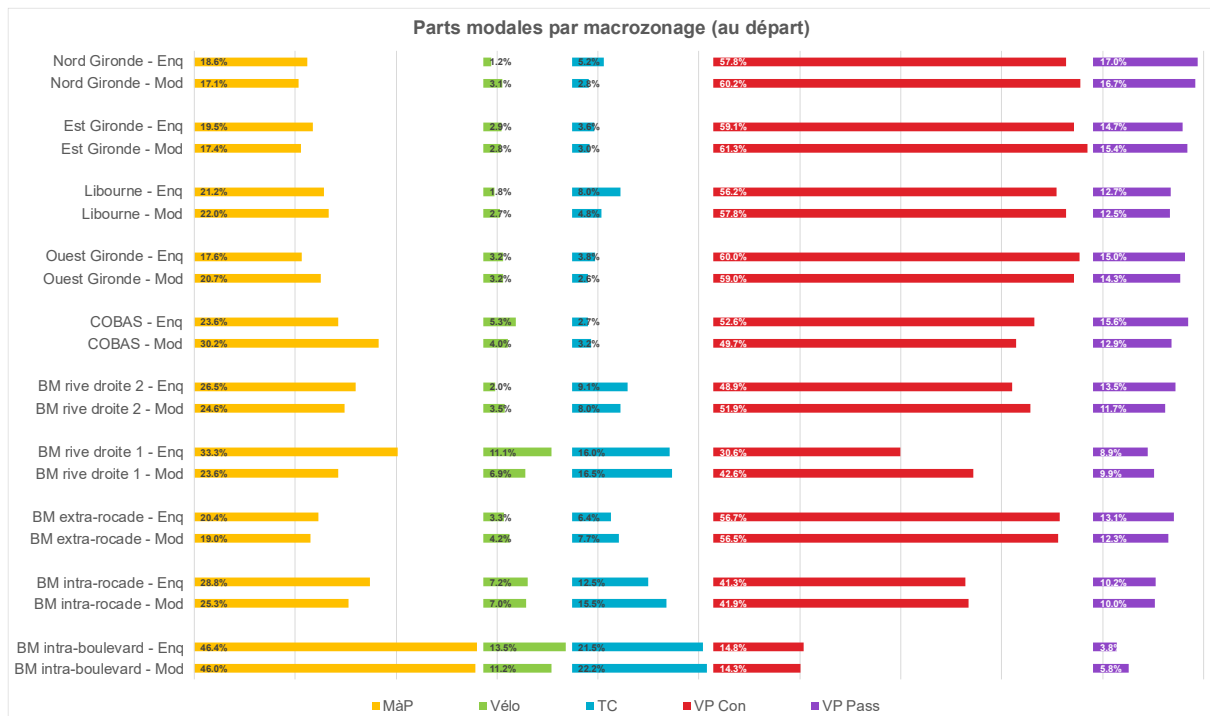


Figure 178 : Parts modales par macrozone, jour 2021

Un dernier indicateur de la bonne reproduction des parts modales est la répartition des parts modales par classe de distance.

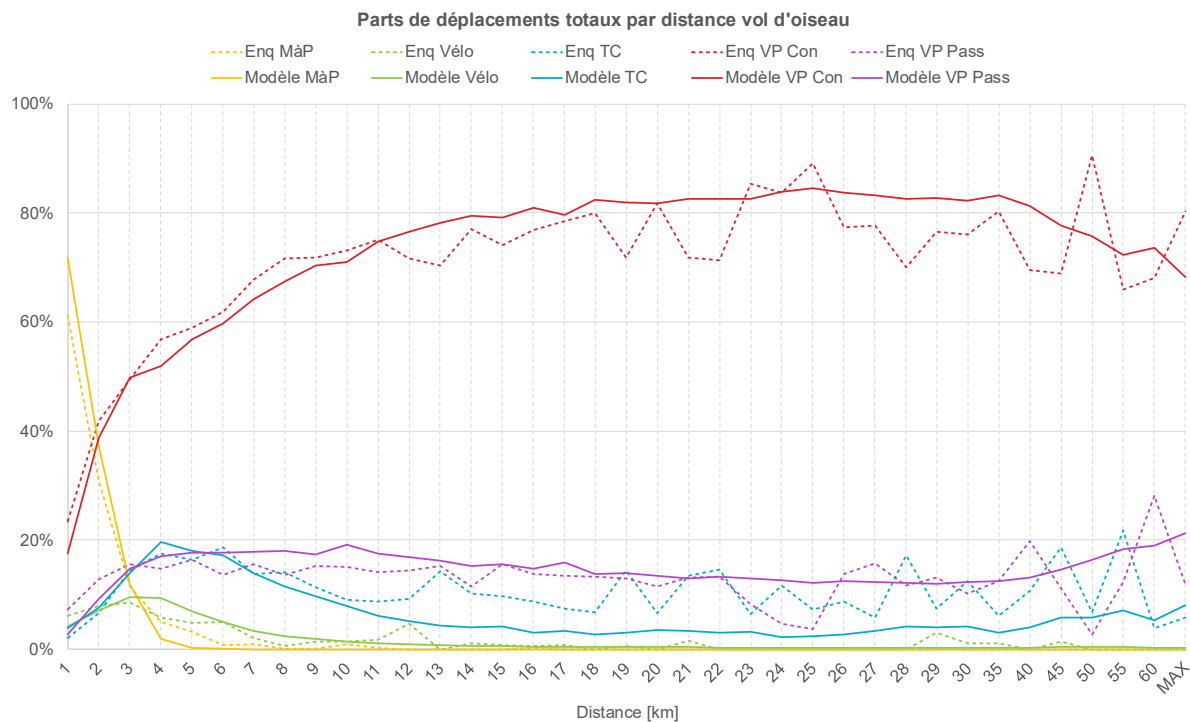


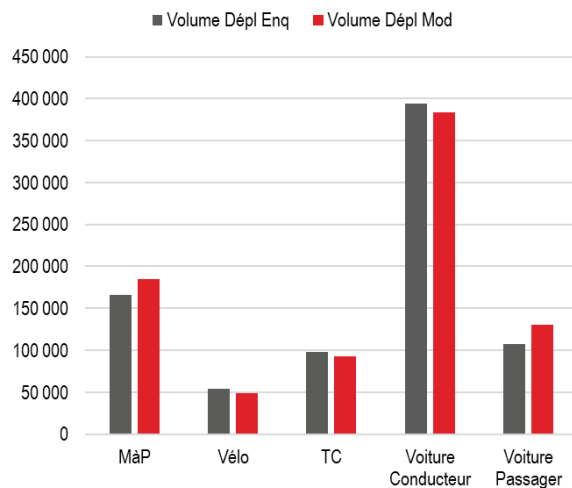
Figure 179 : Parts modales par classe de distance, jour 2021

Les parts modales par distances sont bien reproduites dans le modèle.

Les analyses et observations sont les mêmes pour les autres périodes de modélisation qui sont la PPM et la PPS, comme le montrent les tableaux et figures suivants.

Mode	Volume Dépl Enq	Volume Dépl Mod	Ecart	Part modale Enq	Part modale Mod	Ecart
MàP	165 975	184 618	18 643	19.9%	21.9%	2.0%
Vélo	53 817	48 522	-5 295	6.5%	5.8%	-0.7%
TC	97 754	92 353	-5 401	11.7%	11.0%	-0.8%
Voiture Conducteur	393 748	383 230	-10 518	47.2%	45.5%	-1.7%
Voiture Passager	107 892	130 604	22 712	12.9%	15.5%	2.6%
P+R	11 000	1 566	-9 434	1.3%	0.2%	-1.1%
Covoiturage	3 500	685	-2 815	0.4%	0.1%	-0.3%
Total	833 687	841 579	7 892	100%	100%	0.0%

Nombre de déplacements par mode



Parts modales

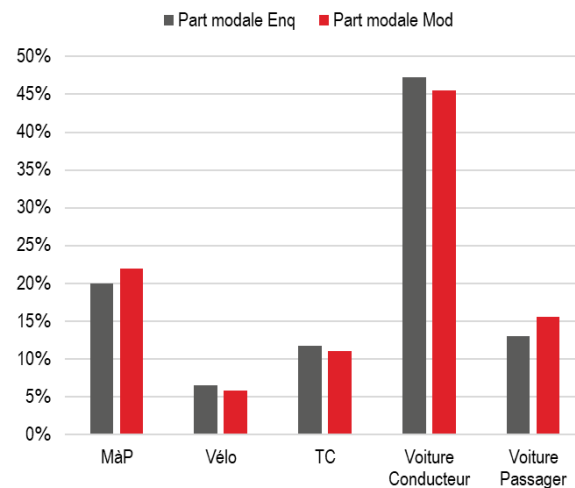
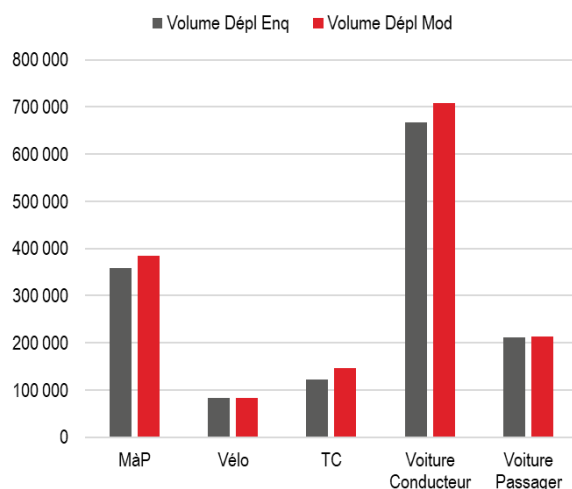


Figure 180 : Parts modales, PPM 2021

Mode	Volume Dépl Enq	Volume Dépl Mod	Ecart	Part modale Enq	Part modale Mod	Ecart
MàP	357 686	385 315	27 629	24.6%	25.0%	0.4%
Vélo	83 431	83 274	-157	5.7%	5.4%	-0.3%
TC	122 990	146 212	23 222	8.4%	9.5%	1.0%
Voiture Conducteur	666 653	707 994	41 341	45.8%	46.0%	0.2%
Voiture Passager	210 549	213 535	2 986	14.5%	13.9%	-0.6%
P+R	11 000	2 999	-8 001	0.8%	0.2%	-0.6%
Covoiturage	3 500	1 003	-2 497	0.2%	0.1%	-0.2%
Total	1 455 808	1 540 332	84 524	100%	100%	0.0%

Nombre de déplacements par mode



Parts modales

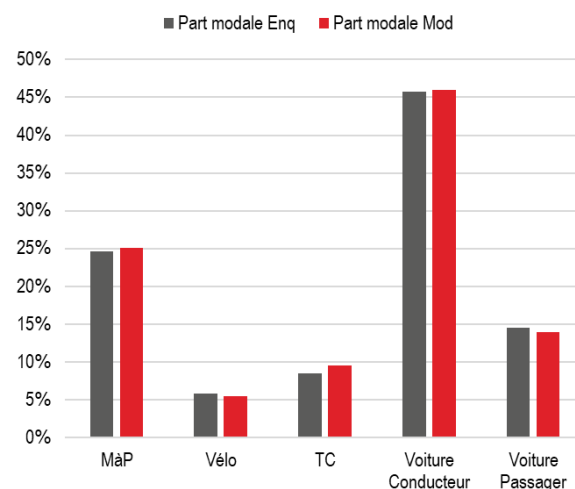


Figure 181 : Parts modales, PPS 2021

9.3.3. Distances des déplacements

L'indicateur principal concerne les distances moyennes des déplacements par : activité de destination ; groupe ; mode. Il s'agit ici des distances à vol d'oiseau, et elles sont bien restituées dans le modèle. Le choix de la distance à vol d'oiseau est retenu car il permet de s'affranchir des modes et de leurs poids respectifs dans les distances moyennes.

Groupes	Distance moy Enq [km]	Distance moy Mod [km]	Ecart Distance moy [km]
Aav	7.03	7.10	0.1
Asv	3.61	3.25	-0.4
Tav	3.38	3.78	0.4
Tsv	0.86	1.09	0.2
lav	4.69	5.13	0.4
lsv	1.93	1.91	0.0
RMav	4.82	4.74	-0.1
RMsv	1.89	1.72	-0.2
RP	3.48	2.94	-0.5
Etu	5.18	4.12	-1.1
Esec	4.34	3.67	-0.7
Eprim	2.89	2.92	0.0
Mig	6.83	6.88	0.0
Total	5.32	5.26	-0.1

Distance moyenne des déplacements par groupe en km

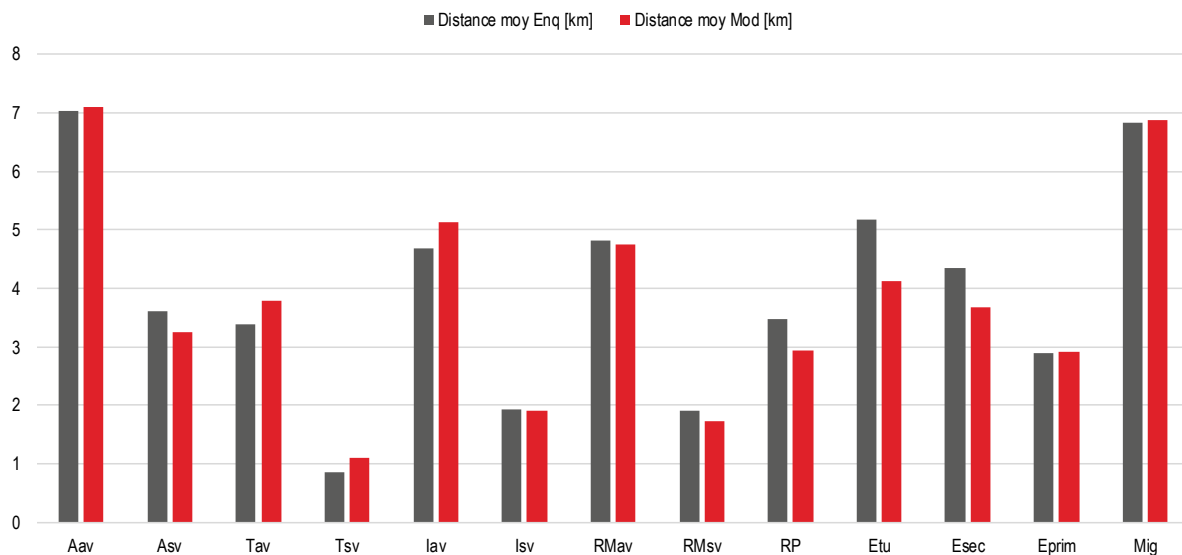


Figure 182 : Distances moyennes par groupe, Jour 2021

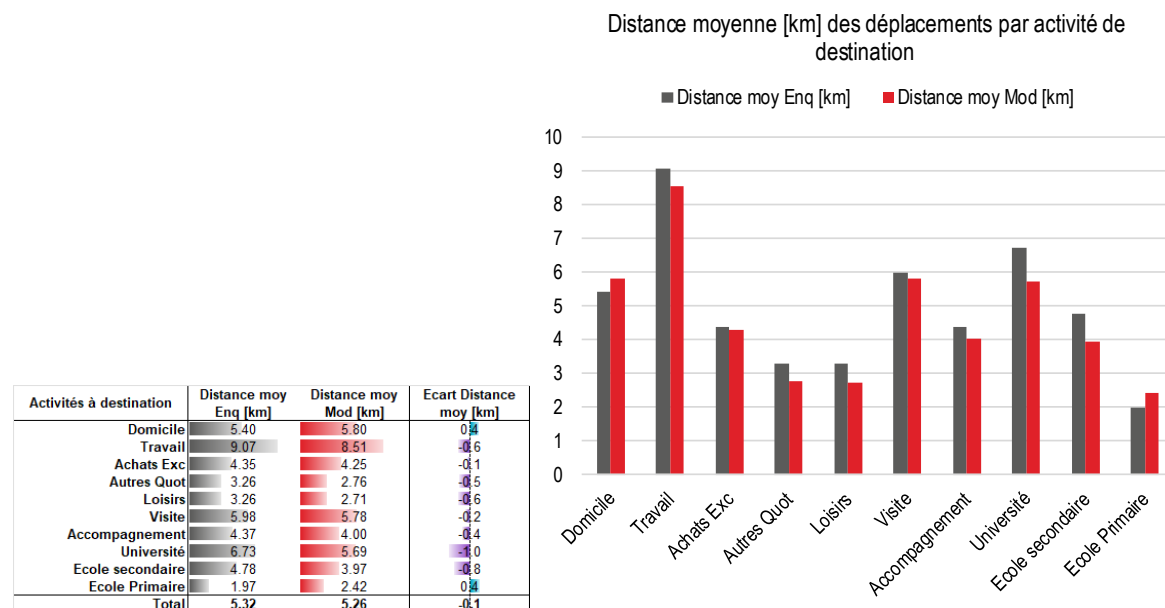


Figure 183 : Distances moyennes par motif, Jour 2021

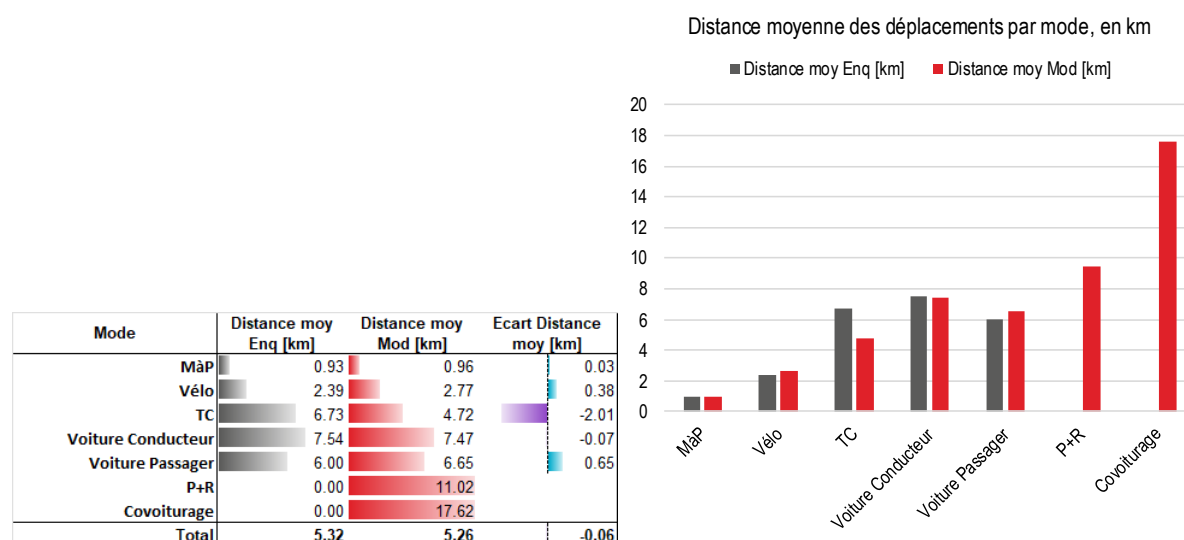


Figure 184 : Distances moyennes par mode, Jour 2021

Le mode TC présente un écart supérieur aux autres modes, cependant les comptages sont bien restitués (cf. chapitre sur l'affectation TC) en termes de montées et de fréquentation, ce qui laisse supposer que les distances parcourues sur le réseau urbain sont en accord entre le modèle et les comptages. Cet écart provient une nouvelle fois de la définition des lignes et réseaux hors métropole qui ne permettent pas une restitution fiable de cet indicateur pour ce mode. De plus, la distance de l'enquête est potentiellement surestimée car la pondération des déplacements TC de l'enquête est plus forte pour les déplacements longs (supérieurs à 30km) et la quantité de personne enquêtée plus faible. Et aussi la part des étudiants dans les déplacements TC restitués par le modèle, qui n'apparaissent pas dans l'EMC².

Concernant le covoiturage, une distance moyenne de 16km à vol d'oiseau est tout à fait satisfaisante au regard du modèle.

La répartition des déplacements par classe de distance est aussi observée et une attention particulière y est portée de manière à ce que la forme des courbes soit bien représentée aussi dans le modèle. Il n'y a pas de critère de calage strict sur ce paramètre du fait de questions de représentativité statistique et de fiabilité de cet indicateur.

Les graphiques suivants montrent la répartition de l'ensemble des déplacements par classe de distance (pas de 1 km jusqu'à 30km puis pas de 5km jusqu'à 60km, le reste au-delà) en absolu est en relatif. En effet, les volumes de déplacements étant différents entre le modèle et l'enquête, il faut privilégier les comparaisons en relatif.

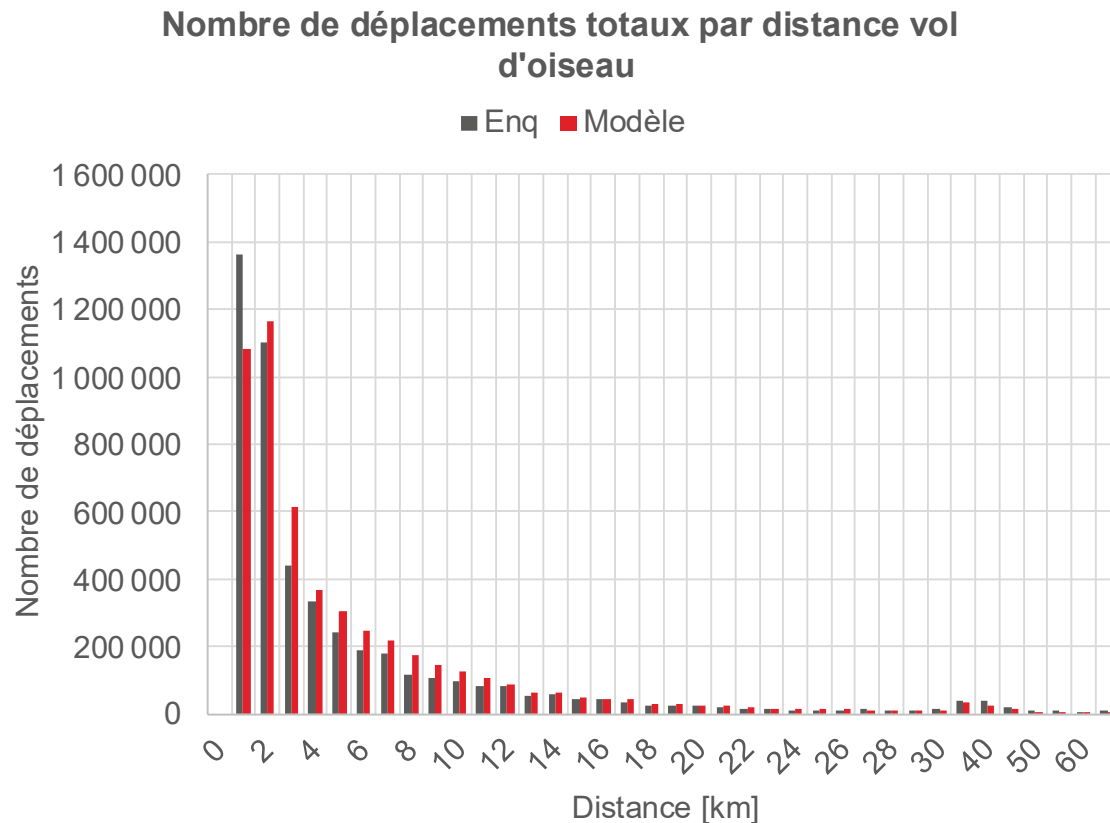


Figure 185 : Volumes des déplacements totaux par classe de distance, Jour 2021

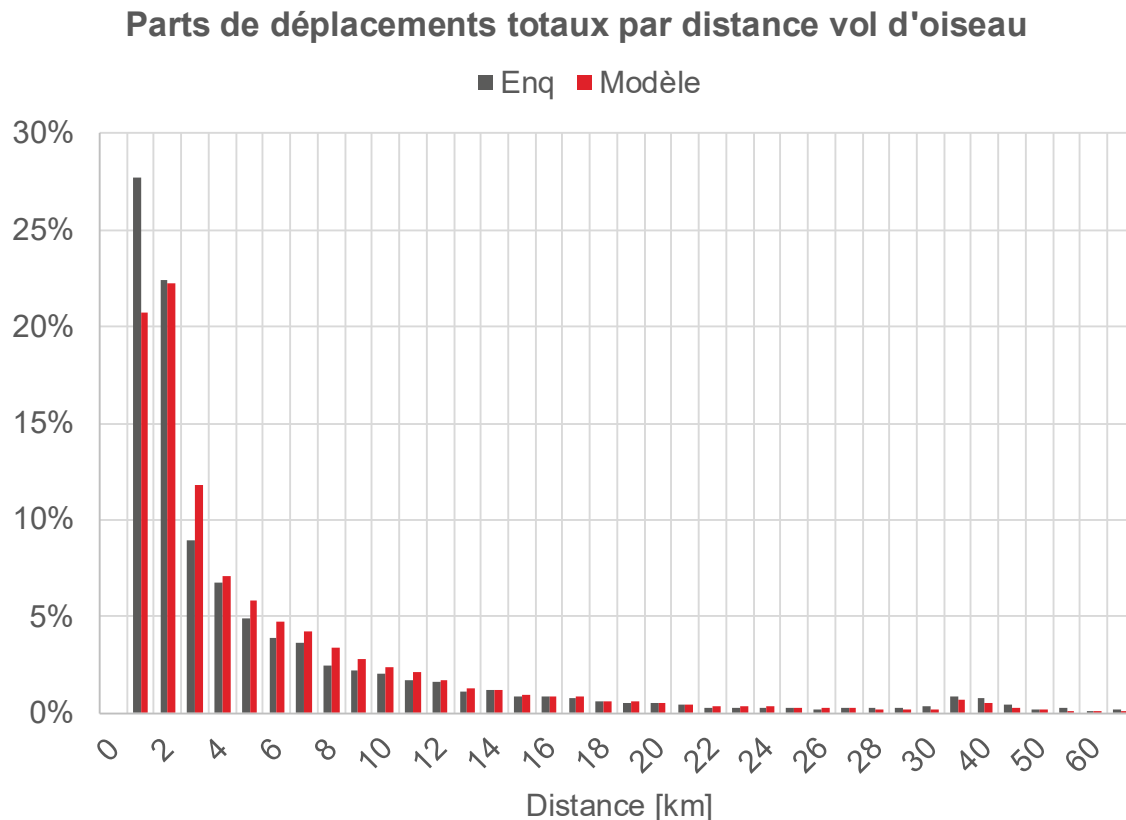


Figure 186 : Répartition des déplacements totaux par classe de distance, Jour 2021

Les représentations par groupe, activité et mode se trouvent en annexes 17.11, 17.12 et 17.13.

9.3.4. Déplacements par macrozonage

Pour rappel, le macrozonage est défini au chapitre 3.3 et correspond au découpage D10 de l'enquête.

Les matrices suivantes présentent la distribution des déplacements journaliers au départ d'une macrozone, toutes destinations confondues. L'enquête est présentée en grise et le modèle en rouge, la dernière matrice étant l'écart en points.

La distribution des déplacements est bien reproduite par le modèle.

% Dépl par origine	Bordeaux Métropole Rive gauche	Bordeaux Métropole Rive droite	Ouest Gironde	Est Gironde	Nord Gironde	Total dépl
Bordeaux Métropole Rive gauche	89.0%	3.3%	5.0%	2.2%	0.5%	2 237 555
Bordeaux Métropole Rive droite	16.8%	69.7%	1.7%	10.0%	1.8%	424 261
Ouest Gironde	10.8%	0.8%	86.9%	1.3%	0.1%	1 037 953
Est Gironde	5.3%	4.1%	1.4%	87.5%	1.7%	981 515
Nord Gironde	4.8%	3.1%	0.6%	7.4%	84.1%	230 908
Total dépl	2 238 173	424 585	1 037 281	981 257	230 896	4 912 192

% Dépl par origine	Bordeaux Métropole Rive gauche	Bordeaux Métropole Rive droite	Ouest Gironde	Est Gironde	Nord Gironde	Total dépl
Bordeaux Métropole Rive gauche	88.2%	4.3%	4.9%	2.1%	0.4%	2 458 391
Bordeaux Métropole Rive droite	24.7%	58.2%	1.8%	12.4%	3.0%	433 833
Ouest Gironde	12.3%	0.8%	85.6%	1.2%	0.1%	986 300
Est Gironde	4.7%	5.1%	1.1%	87.6%	1.4%	1 079 459
Nord Gironde	3.8%	5.0%	0.3%	5.7%	85.3%	266 681
Total dépl	2 458 392	433 833	986 300	1 079 459	266 681	5 224 665

% Dépl par origine	Bordeaux Métropole Rive gauche	Bordeaux Métropole Rive droite	Ouest Gironde	Est Gironde	Nord Gironde	Total dépl
Bordeaux Métropole Rive gauche	-0.8	1.0	-0.1	0.0	-0.1	10%
Bordeaux Métropole Rive droite	7.9	-11.6	0.1	2.4	1.2	2%
Ouest Gironde	1.5	0.0	-1.3	-0.1	-0.1	-5%
Est Gironde	-0.6	1.0	-0.2	0.1	-0.3	10%
Nord Gironde	-0.9	1.9	-0.4	-1.7	1.2	15%
Evol Dépl	10%	2%	-5%	10%	15%	6%

Figure 187 : Distribution par macrozone au départ, Jour

A première vue, il semblerait que le modèle surestime les traversées de la Garonne, mais les résultats des affectations aux différentes périodes sont jugés bien représentés par les partenaires. Ces résultats sont présentés dans les cartes ci-dessous.

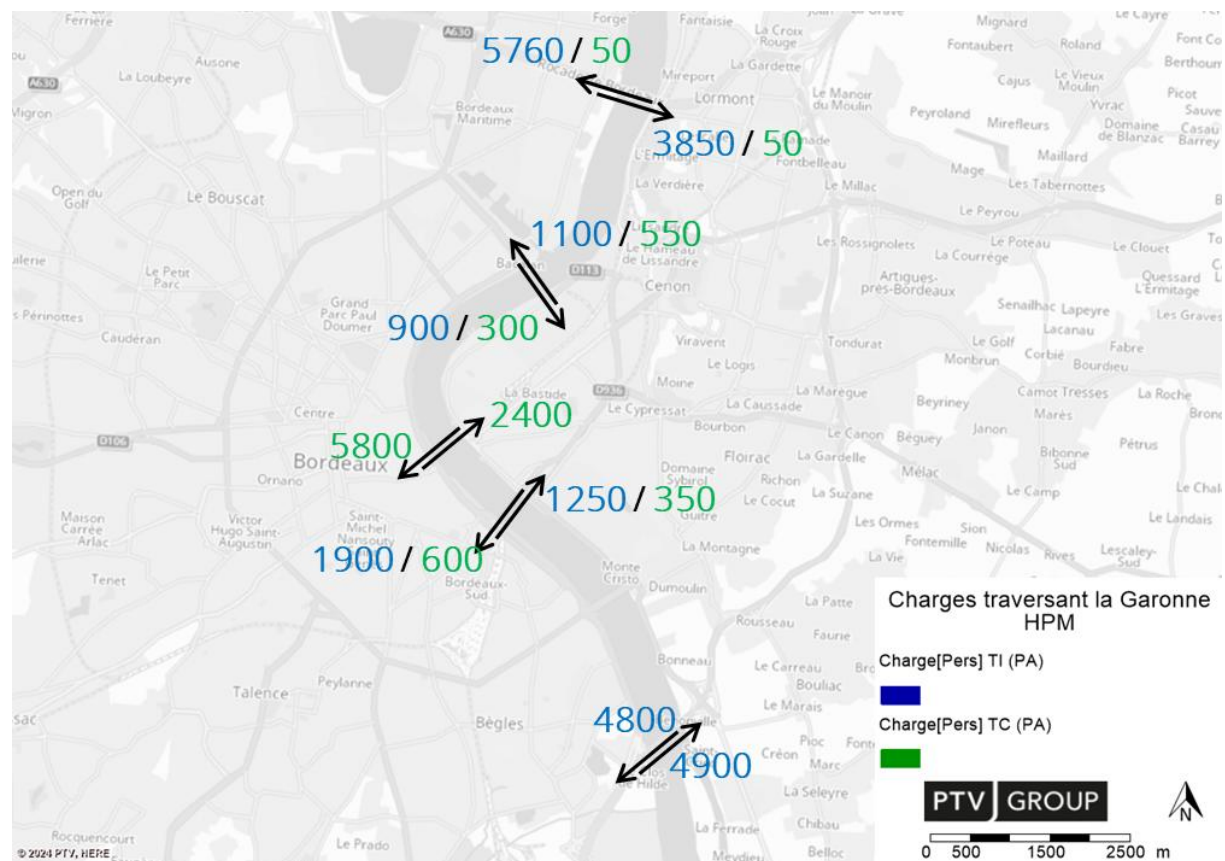


Figure 188 : Charges en traversée de Garonne, 2021 - demande TI HPM (8h-9h) et TC PPM (7h-9h)

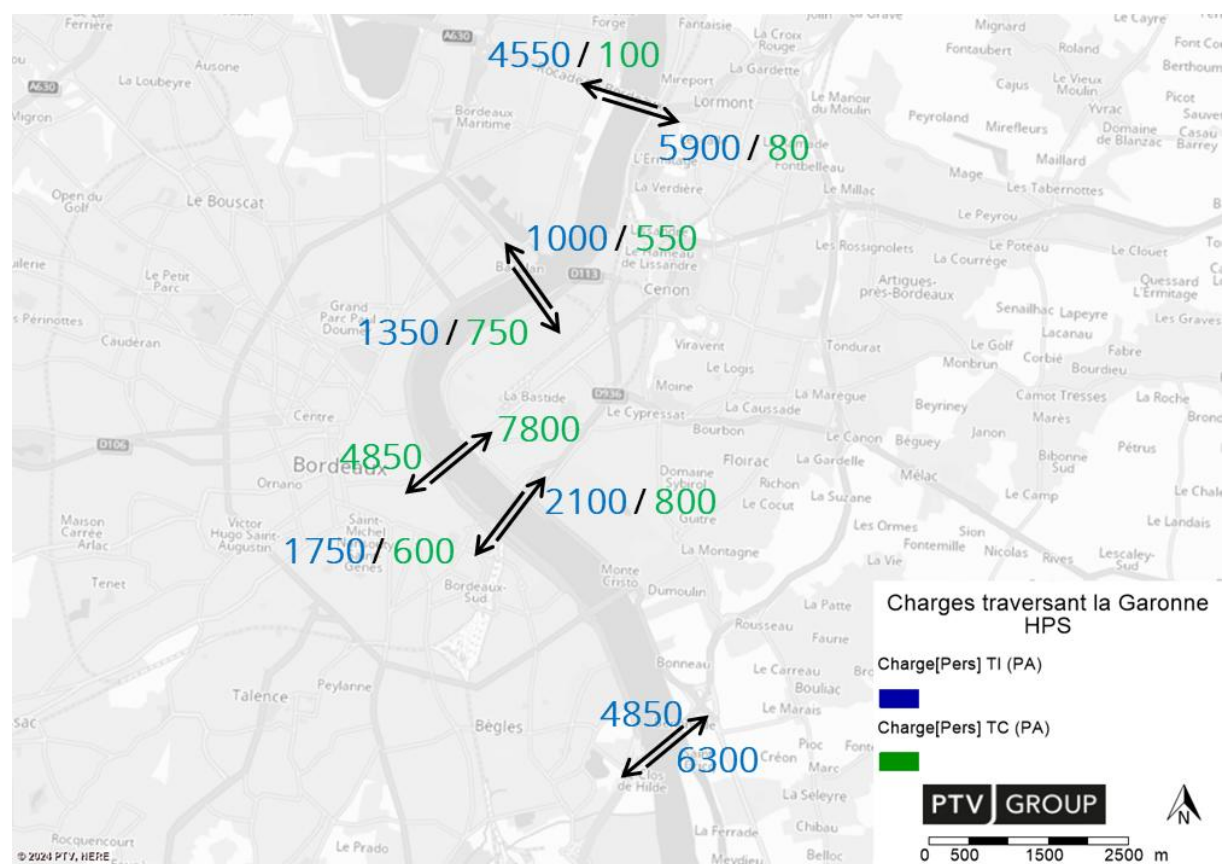


Figure 189 : Charges en traversée de Garonne, 2021 - demande TI HPS (17h-18h) et TC PPS (16h-19h)

9.3.5. Conclusion sur l'état de calage du modèle de la demande

En conclusion, le modèle de la demande fournit une bonne reproduction des indicateurs de l'enquête avec quelques écarts qui restent faibles ou alors justifiés afin de reproduire d'autres indicateurs de calage jugés plus fiables ou importants pour le fonctionnement du modèle à long terme tels que :

- Les résultats d'affectation en termes de temps de parcours, de traversée de la Garonne ou de fréquentations dans les TC ;
- De la présence d'hypothèses divergentes, notamment envers les étudiants.

Des analyses d'évolutions de parts modales (en volumes ou kilomètres) peuvent être réalisées pour évaluer des projets, toujours en comparaison avec un scénario de référence. Pour des comparaisons directes avec l'EMC², il est important de remettre dans le contexte du calage et des écarts existants entre scénario de calage et EMC².

Le scénario de calage converge en 2 itérations de rebouclage. Le critère de rebouclage est défini sur la matrice de demande VP Conducteur à la PPS. Ce critère est considéré rempli lorsque toutes les OD ne varient plus que dans une très faible mesure (variation absolue inférieure à 1% + 5 déplacements, écrêté à 10 déplacements).

10. Modèle marchandises et déplacements professionnels

Le modèle de marchandises et déplacements professionnels (dit TMV) permet de restituer des déplacements professionnels et de marchandises non enquêtés dans l'EMC² réalisés à l'intérieur du périmètre (les déplacements d'échange et de transit sont intégrés dans les matrices cordon). Il vient compléter le modèle de demande principal des déplacements privés.

En effet, les déplacements ayant lieu pendant le travail (les déplacements professionnels ou les déplacements pour transporter des marchandises) ne sont enquêtés que s'ils sont compris dans une chaîne de déplacements contenant des déplacements privés, alors qu'ils constituent une part non négligeable des déplacements à l'échelle d'une agglomération.

La partie « marchandises » a pour champ d'action l'intérieur du périmètre. Elle s'appuie sur les résultats des enquêtes FRETURB. Le modèle FRETURB, réalisé sous la direction du LAET (Laboratoire Aménagement Economie Transports) – anciennement LET -, est basé sur trois enquêtes sur les transports de marchandises dans trois villes françaises (Bordeaux, Dijon et Marseille) réalisées en 1995 et 1997. Le modèle Freturb lui-même n'est pas intégré à la chaîne de modélisation, seuls les ratios de génération en sont inspirés. La structure des chaînes de déplacements et les ratios de génération associés sont basés sur les sources suivantes :

- <https://shs.hal.science/halshs-00113713/document>
- http://www.observatoire-transports-hauts-de-france.fr/IMG/pdf/rapport_logistique_urbaine.pdf

La partie « déplacements professionnels » a pour objet de restituer le volume de déplacements qui ne sont compris ni dans l'EMC², ni dans le cordon TI, ni dans la partie « marchandises ».

L'hypothèse sur la localisation des emplois par catégorie d'activité provient de la base de données Sirene, les nombres d'emplois sont ceux définis pour le modèle privé (cf. chapitre 9.1).

Très peu de données sont disponibles pour estimer ce modèle. Ces résultats sont donc moins fiables que ceux du modèle de demande principal.

10.1. Génération

10.1.1. Les activités et les potentiels d'attraction

Il s'agit de définir le type d'établissement vers lesquels se déplacent les véhicules. Les activités retenues sont les suivantes :

- Source (S) : c'est l'équivalent de l'activité « Domicile » pour les déplacements privés : pour les livraisons le domicile sera les entrepôts, pour les commerces de détail ce sera leur magasin ou leur atelier, etc. ;
- Commerce (C) ;

- Construction (K) ;
- Hôpitaux (H) ;
- Industries (I) ;
- Livraisons (N) ;
- Tertiaire (M).

L'Insee fournit les statistiques du nombre d'emplois au lieu de travail par secteur d'activité par commune. La base de données Sirene est utilisée pour répartir les emplois par commune entre les zones du modèle. Ensuite, pour chaque zone du modèle et chaque secteur d'activité, la part du nombre d'emploi par activité par rapport au nombre d'emploi total est stockée dans un attribut utilisateur « PART_XXX », où XXX fait référence à l'activité.

La somme des parts par activités ne fait pas nécessairement 100%, car une partie des emplois correspondent à des emplois associés à la catégorie « administratif » qui ne génèrent ni n'attirent pas de déplacements dans le modèle TMV.

Les attributs de valeur caractéristique de zone de chaque activité (qui sont utilisés lors du calcul du modèle de demande) sont calculés dans la séquence de procédure à l'aide du nombre d'emploi total, utilisé comme potentiel d'attraction du motif « Travail ». Le calcul pour le potentiel d'attraction de l'activité « Commerce » est illustré dans la figure suivante.

Paramètres : « Modifier attribut »

Type élém. réseau : Zones

Attrib. cible : Valeur Caractéristique Zone (Comm)

☐ actifs seuls

L'attribut résultant est défini par l'expression suivante.

[PART_COMMERCE] * [VALCARACTZONE(T)]

[X]

Figure 190 : Extrait du calcul des valeurs caractéristiques de zone pour le commerce

Cette méthodologie permet de faire en sorte que les évolutions prospectives sur les emplois du périmètre soient directement prises en compte dans le modèle TMV sans intervention des utilisateurs.

10.1.2. Les groupes

Les groupes intégrés (il s'agit ici de groupes de véhicules) sont les suivants :

- commerce (Comm) ;
- construction (Constr) ;
- hôpitaux (Hop) ;
- industries (Indus) ;
- livraisons (livr) ;
- tertiaire (tert).

Les données renseignées dans les attributs de nombres de personnes (qui sont utilisés lors du calcul du modèle de demande) correspondent à des déplacements. Ces données sont calculées dans la séquence de procédure à partir d'un ratio de génération par activité, stocké dans les attributs de réseau « `RATIO_XXX` », et du nombre d'emplois par activité dans la zone.

Le calcul du nombre de personnes du groupe « Commerce » est illustré dans la figure suivante.

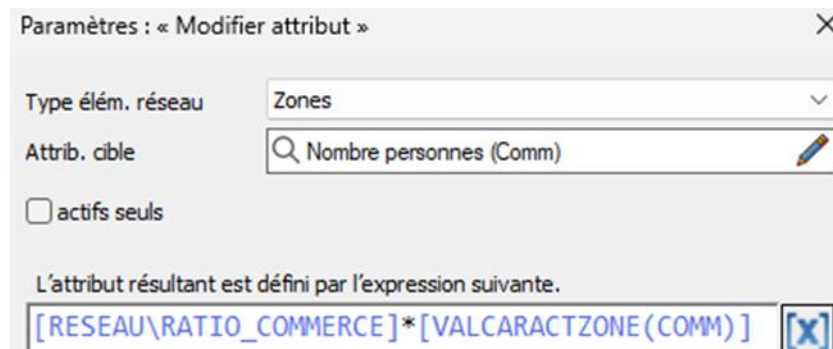


Figure 191 : Extrait du calcul des nombres de personnes pour le commerce

Cette méthodologie permet de faire en sorte que les évolutions prospectives sur les emplois du périmètre soient directement prises en compte dans le modèle TMV sans intervention des utilisateurs.

10.1.3. Les chaînes d'activités

Ce sont les successions de déplacements pour les activités renseignées. Le modèle intègre 9 chaînes :

- SCCCS
- SCCS
- SHHHS
- SHS
- SIIIS
- SIIS
- SKS
- SMMMS
- SMMS.

Par exemple, la chaîne SKS correspond à une tournée Source – Construction – Source. Pour la journée, le modèle de marchandise génère 362 400 déplacements à la journée pour le scénario de calage.

10.2. Distribution

10.2.1. Attractivités des zones

L'attractivité d'une zone pour une activité est le nombre d'emplois par zone du modèle par activité.

10.2.2. Impédance

La matrice d'impédance utilisée est la matrice de distance zone à zone. En effet, le trafic de marchandises ne choisit pas sa destination en fonction de la facilité d'accès de la destination. Selon la méthodologie mise en place dans Freturb (<https://shs.hal.science/halshs-00113713/document>), le volume d'échange entre deux zones dépend du type de flux, de l'éloignement entre les zones et des caractéristiques des zones (potentiels d'attraction).

10.3. Choix modal

Deux modes sont pris en compte : les véhicules légers (VL) et les poids lourds (PL), correspondant respectivement aux véhicules de moins et plus de 3,5 T.

Le choix modal est fixé par type d'activités, à partir des données de modélisation de Freturb sur le territoire des Hauts-de-France, pour les OD dans la métropole. Les parts modales sont synthétisées dans la figure suivante.

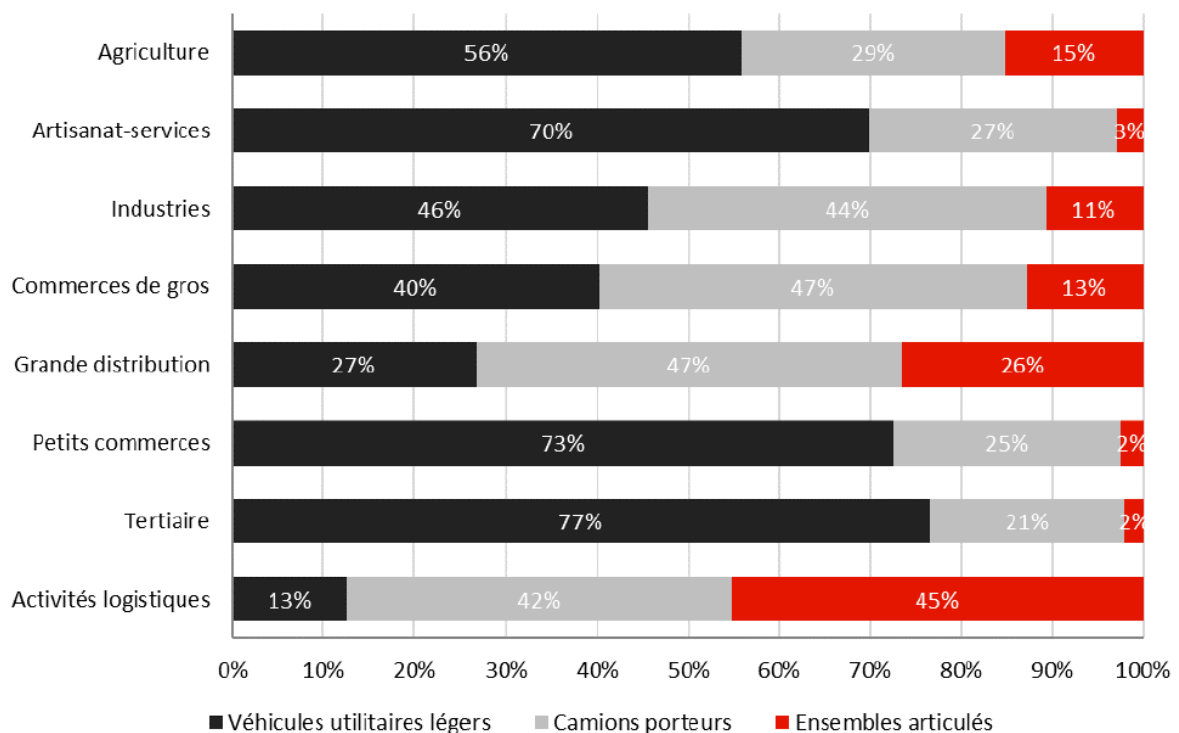


Figure 192 : Répartition des mouvements de marchandises selon le type de véhicule et le type d'activité (http://www.observatoire-transports-hauts-de-france.fr/IMG/pdf/rapport_logistique_urbaine.pdf)

Hors métropole, le choix modal porte sur les PL.

10.4. Matrices générées

Le modèle TMV génère donc 7 matrices, numérotées 600 à 606 :

- Matrice totale Jour VL + PL [600] = 362 400 déplacements ;
- Matrice Jour PL [601] = 259 600 déplacements ;
- Matrice Jour VL [602] = 102 700 déplacements ;
- Matrice matin (7h-9h) PL [603] = 41 500 déplacements ;
- Matrice matin (7h-9h) VL [604] = 16 400 déplacements ;
- Matrice soir (16h-19h) PL [605] = 51 900 déplacements ;
- Matrice soir (16h-19h) VL [606] = 20 500 déplacements.

Les volumes renseignés correspondent à l'horizon de calage 2021.

Ces matrices ne sont composées que de déplacements internes au périmètre, et servent pour l'affectation des segments de la demande PL et VP sur la période respective.

Pour les PL, l'ensemble des déplacements affectés dans le modèle sont issus de matrices fixes, soit des hypothèses de construction. Ils sont séparés en deux catégories : internes et cordon (échange + transit) pour des hypothèses différentes d'évolutions prospectives des flux.

11. Affectations

L'affectation consiste à répartir les déplacements d'une matrice OD sur les différents itinéraires possibles entre deux zones du modèle. Pour cela il faut avoir des matrices, dites d'affectation, correspondant aux déplacements réalisés sur chaque période et pour chaque segment de la demande.

Les matrices d'affectation ne sont pas les matrices directement issues du modèle de la demande, des traitements spécifiques sont appliqués selon les cas de figure. La création des matrices d'affectation dépend de la période et du type d'affectation (TI, TC ou vélo).

Une matrice d'affectation est calculée pour chaque segment de la demande affectée. Elle est composée en partie des matrices issues du modèle de la demande, évoquées dans le chapitre sur les résultats de la distribution et du choix modal (cf. chapitre 9.3), elles sont le cœur même du modèle. Et en autre partie composée de matrices cordon. Ce sont des matrices fixes, et dont l'évolution ne dépend pas directement de l'évolution des données socio-économiques du périmètre, il s'agit d'hypothèses de construction (cf. chapitre 7).

Aucune matrice additionnelle de correction n'est intégrée aux matrices d'affectation TI, TC ou vélo.

11.1. Construction des matrices d'affectation

Ce chapitre détail comment sont construites les matrices d'affectation, et le lien entre ces matrices et les matrices de déplacements par mode issues du modèle de la demande.

11.1.1. Matrices d'affectation TI

Il existe 2 segments de la demande VL.

- VP1 correspond à un véhicule particulier avec seulement le conducteur (aussi nommé autosoliste ou VP solo).
- VP2+ correspond à véhicule particulier avec 2 voyageurs ou plus c'est-à-dire, possédant au moins un passager (c'est ce segment de la demande qui est autorisé à utiliser les voies de covoiturage).

Seuls les VP2+ sont autorisés sur les voies réservées.

Et il existe un segment de la demande PL.

11.1.1.1. Traitement des matrices de la demande VPC et VPP

Pour rappel, le mode VPC (VP Conducteur) correspond aux déplacements qui sont réalisés dans leur totalité en tant que conducteur, et le mode VPP (VP Passager) correspond aux déplacements qui sont réalisés dans leur totalité en tant que passager. La matrice associée au mode VPC correspond donc au nombre de véhicules à affecter sur la période considérée.

L'objectif est ici de déterminer combien de véhicules sont nécessaires pour transporter les passagers, et donc, combien de véhicules sont associés au segment de demande VP2+ et combien de véhicules au segment de demande VP1.

En complément des vérifications réalisées lors des étapes de choix modal et distribution, la bonne restitution de la matrice VPC est vérifiée lors de l'affectation en comparant les charges obtenues et les temps de parcours aux comptages disponibles. Cependant, pour les VPP, aucune donnée autre que l'EMC² ne permet d'évaluer sa fiabilité. De plus, le taux d'occupation des véhicules peut varier par OD mais c'est également une donnée non disponible. L'hypothèse est donc faite que le nombre de véhicules circulant effectivement par OD correspond au nombre de VPC et que les OD des VPP en sont dépendantes :

- À la PPM, le total de VPP au départ d'une zone est bien respecté, mais sa destination est fonction des parts de destination des VPC qui les déposent et non de la matrice issue de la demande. Par défaut, il est fait l'hypothèse d'un passager par véhicule. De plus, si le nombre de passagers au départ d'une zone est supérieur au nombre de conducteurs, nous considérons que le taux d'occupation des véhicules est supérieur à 2 et que le nombre de véhicules quittant la zone correspond bien au nombre de conducteurs.
- À la PPS, c'est l'inverse : le total de VPP à destination d'une zone est bien respecté, mais leurs origines dépendent des VPC qui les transportent.
- A la journée, c'est une moyenne entre les origines et destination qui est appliquée.

Les matrices VPC et VPP sont ainsi séparées en matrices VP1 et VP2+ selon ces formules :

A la PPM :

$$matrice\ VP2(ij) = \min\left(1, \frac{total\ ligne(i)\ Matrice\ VPP}{total\ ligne\ (i) Matrice\ VPC}\right) * MatriceVPC(ij)$$

A la PPS :

$$matrice\ VP2(ij) = \min\left(1, \frac{total\ colonne\ (j)\ Matrice\ VPP}{total\ colonne\ (j) Matrice\ VPC}\right) * MatriceVPC(ij)$$

Jour :

$$matrice\ VP2(ij) = \min\left(1, \frac{total\ ligne(i) + total\ colonne\ (j) Matrice\ VPP}{total\ ligne\ (i) + total\ colonne\ (j) Matrice\ VPC}\right) * MatriceVPC(ij)$$

La matrice VP1 correspond à la différence entre la matrice VPC et la matrice VP2+.

11.1.1.2. Traitement des matrices de la demande du covoiturage

Pour rappel, le mode covoiturage concernant des déplacements qui sont réalisés en partie en conducteur seul (VP1) et en partie à plusieurs dans une même voiture (VP2+).

Les trajets en partance du domicile sont des allers et tous les trajets à destination du domicile sont des retours.

Le volume de déplacements de la matrice Covoiturage est donc séparé entre, d'une part, les déplacements aller (VP1 puis VP2+), et d'autre part, les déplacements retour (VP2+ puis VP1) en considérant que tous les trajets en partance du domicile sont des allers et tous les trajets à destination du domicile sont des retours.

Pour les trajets effectués en covoiturage entre deux activités autre que le domicile, nous ne disposons d'aucune donnée afin de savoir s'il s'agit d'aller ou de retour. Le volume par OD est donc simplement partagé en fonction des volumes des matrices aller et retour, de manière à équilibrer ces déplacements.

Chaque matrice (aller et retour) est ensuite séparée à l'aide de la procédure d'affectation multimodale pour distinguer les différentes parties du déplacement : VP1 et VP2+. Les usagers en sens aller sont affectés à la période de pointe du matin et les usagers en sens retour à la période de pointe du soir. Les changements entre VP1 et VP2+ se font au niveau d'une aire, les deux matrices obtenues sont donc uniquement des déplacements depuis une zone administrative vers une aire ou inversement.

Le volume de déplacements ainsi obtenu en VP2+ est divisé par un taux d'occupation de 2.11 afin d'obtenir le nombre de véhicules circulant réellement.

11.1.1.3. Traitement des matrices de la demande P+R

Pour rappel, le mode covoiturage concernent des déplacements qui sont réalisés en partie en conducteur seul (VP1) et en partie en transport en commun (TC), avec un changement de mode réalisé dans un parc relais.

Les déplacements sont distingués en sens aller (VP>TC) et retour (TC>VP) selon les pénalités de stationnement, en considérant que le sens aller se fait depuis une zone moins contrainte vers une zone plus contrainte.

Les matrices aller et retour sont ensuite séparées à l'aide de la procédure de choix de parc pour distinguer les différentes parties du déplacement : VP et TC. Les usagers en sens aller sont affectés à la période de pointe du matin et les usagers en sens retour à la période de pointe du soir.

Les changements de mode se faisant uniquement dans un P+R, les matrices obtenues sont donc uniquement des déplacements depuis une zone administrative vers un parc relais ou inversement.

La matrice VP est intégrée à la matrice d'affectation VP1 et la matrice TC au segment de la demande TC de la période considérée.

11.1.1.4. Traitement des matrices cordon

Le graphique suivant représente de façon schématique la structure de la matrice cordon.



Figure 193 : Représentation schématique d'une matrice cordon

- La partie blanche de la matrice correspond aux déplacements internes : la matrice cordon est donc vide.
- La partie rouge correspond aux déplacements de transit. Ne disposant pas d'information relative à l'occupation des véhicules sur ce type de trafic, l'hypothèse d'un taux de 20% de VP2+ et 80% de VP1 est appliquée.
- La partie grise correspond au trafic d'échange depuis l'extérieur vers le périmètre du modèle. La répartition des véhicules en VP1 et VP2+ est basée sur la répartition à destination (qui dépend des résultats de la demande et sur lesquels les résultats sont connus).
- La partie bleue de la matrice correspond quant à elle aux déplacements d'échange quittant le périmètre du modèle. La demande nous donne donc une répartition VP1/VP2+ à l'origine de ces déplacements. C'est sur cette répartition que les matrices sont séparées en VP1 et VP2+.

La répartition des véhicules VP1/VP2+ des déplacements d'échange est donc sensible à la création d'une voie réservée ; dans la mesure où cette voie a un impact sur le choix modal VPP/VPC en interne.

11.1.1.5. Traitement des matrices TMV

Les matrices issues du modèle TMV sont distinguées à l'étape du choix modal TMV entre VL et PL. la matrice VL est associée au segment de la demande VP1 et la matrice PL au segment de la demande PL.

11.1.1.6. Passage des périodes de pointes ou heure de pointe

Dans le MMM33, il existe une affectation TI pour les périodes suivantes : jour, l'heure de pointe du matin, l'heure de pointe du soir.

Les matrices de la demande (ainsi que les matrices cordon) sont, dans un premier temps, calculées par période de pointe. Cela permet que la structure de la matrice soit moins dépendante des déclarations d'heure de départ faites par les personnes enquêtées dans le cadre de l'EMC².

Le ratio entre heure de pointe et période de pointe est déterminé par une analyse des heures de départ des déplacements VP réalisée sur la base de l'EMC². Ce ratio est différencié selon le macrozonage (cf. 3.3).

Ces ratios sont renseignés dans deux matrices ; une pour chaque heure de pointe.

- Matrice 30 pour le passage de la période de pointe du matin (7h - 9h) à l'heure de pointe du matin (8h - 9h).
- Matrice 31 pour le passage de la période de pointe du soir (16h - 19h) à l'heure de pointe du soir (17h - 18h).

11.1.1.7. Résumé des matrices d'affectation

Matrice d'affectation VP1

La matrice d'affectation VP1 est la somme, rapportées à l'heure de pointe

- des parts VP1 des matrices
 - de demande VPC,
 - de demande Covoiturage,
 - additionnelle Cordon,
 - additionnelle Gare TI,
 - additionnelle Aéroport TI,
- de la partie VP de la matrice de demande P+R,
- de la matrice VL du modèle TMV.

Matrice d'affectation VP2+

La matrice d'affectation VP2+ est la somme, rapportées à l'heure de pointe, des parts VP2+ des matrices

- de demande VPC,
- de demande Covoiturage,
- additionnelle Cordon,
- additionnelle Gare TI,
- additionnelle Aéroport TI.

Matrice d'affectation PL

La matrice d'affectation PL est la somme de la matrice TMV et de la matrice cordon, rapportées à l'heure de pointe.

11.1.2. Matrices d'affectation TC

Dans le MMM33, il existe une affectation TC pour les périodes suivantes : Jour, PPM et PPS. Les TC sont affectés sur une période de pointe. Il existe un segment de la demande TC par période.

Une matrice d'affectation est calculée pour chaque segment de la demande affectée. Elle est composée

- de la matrice de demande TC ;
- de la partie TC de la matrice de demande P+R ;
- d'une matrice additionnelle fixe de déplacements TC en lien avec la gare ;
- d'une matrice additionnelle fixe de déplacements TC en lien avec l'aéroport.

Ces quatre matrices sont définies sur la même période que la période d'affectation respective. Elles ne sont donc multipliées par aucun ratio.

11.1.3. Matrices d'affectation Vélo

Dans le MMM33, il existe une affectation vélo à la journée. La matrice d'affectation est directement la matrice du mode vélo à la journée issue du modèle de la demande.

11.2. Affectation TI

L'affectation répartit la demande (véhicules) sur les différents itinéraires possibles entre une origine et une destination.

Il en résulte une charge modélisée sur les tronçons.

11.2.1. Méthode d'affectation TI

La méthode d'affectation TI retenue est « Affectation à l'équilibre Bi-conjugate Frank-Wolfe ». Cette méthode d'affectation respecte la condition de proportionnalité, cela signifie que la demande sur un maillage (deux chemins complètement différents entre deux nœuds avec un temps généralisé identique) est répartie proportionnellement entre les chemins. Cela évite, par exemple, qu'un périphérique soit traversé par les voitures « bleues » d'un côté et par les voitures « rouges » de l'autre. Toutefois, la méthode d'affectation BFW respecte le principe de Wardrop. En ce sens, elle ne produit pas d'itinéraires significativement sous-optimaux. Cependant, le principe de proportionnalité permet de créer pour une OD donnée une plus grande variété de chemins ; ce qui est susceptible de mieux représenter la réalité des choix individuels.

La répartition de la demande sur les différents itinéraires possibles est réalisée selon le temps généralisé de chaque itinéraire. Les fonctions de temps généralisé peuvent être définies indépendamment pour chaque segment de la demande. Dans le MMM33, le temps généralisé est défini comme une combinaison du temps en charge et de la valeur du péage. La même définition du temps généralisé est utilisée pour les VP1 et VP2+.

La figure suivante présente les temps généralisés définis dans le modèle pour les VP (VP1 et VP2+) et les PL.

Temps généralisé pour système de transport V					
Nombre: 1	Coefficient	Attribut	Op.	Coefficient	Attribut
1	100.000000	tChg-SysTrTI	+	22500.000000	Péage-SysTrTI

Temps généralisé pour système de transport P					
Nombre: 1	Coefficient	Attribut	Op.	Coefficient	Attribut
1	100.000000	tChg-SysTrTI	+	6000.000000	Péage-SysTrTI

Figure 194 : Temps généralisés pour les PL et VP, MMM33

Le facteur 100 permet d'augmenter les différences absolues entre les chemins et ainsi de stabiliser et faire mieux converger l'affectation en réduisant l'impact de faibles variations de temps. Le coefficient devant l'attribut « Péage » est donc lui aussi multiplié par 100 pour que le passage d'un coût en € en le temps en charge soit cohérent. Les valeurs du temps sous-jacentes à ce coefficient sont inchangées par rapport à l'ancien modèle : 16 €/h pour les VP et 60 €/h pour les PL.

11.2.2. Choix méthodologique concernant la prise en compte de la congestion

Pour rappel, la prise en compte des fortes congestions est imparfaite dans les modèles statiques. Un arbitrage doit être fait entre reproduction des vitesses et des charges.

Dans le cas du MMM33, le choix a été fait de reconstituer en priorité les vitesses (temps de parcours).

Les paragraphes suivants présentent plus en détail les raisons qui rendent cet arbitrage nécessaire et les choix faits pour le MMM33.

11.2.2.1. Prise en compte de la congestion dans les modèles statiques

La relation entre vitesse et débit pour un réseau routier s'appelle le diagramme fondamental. Il caractérise chaque voirie, et peut être reproduit à partir de comptages 6 minutes renseignant un flux et une vitesse sur cet intervalle. Ces diagrammes servent généralement de base pour la définition des courbes débit-vitesse (DV) dans les modèles statiques.

Le graphe suivant montre ce diagramme fondamental sur plusieurs postes de la rocade bordelaise (nuage de points) et plusieurs courbes débit-vitesse qui peuvent lui être associées.

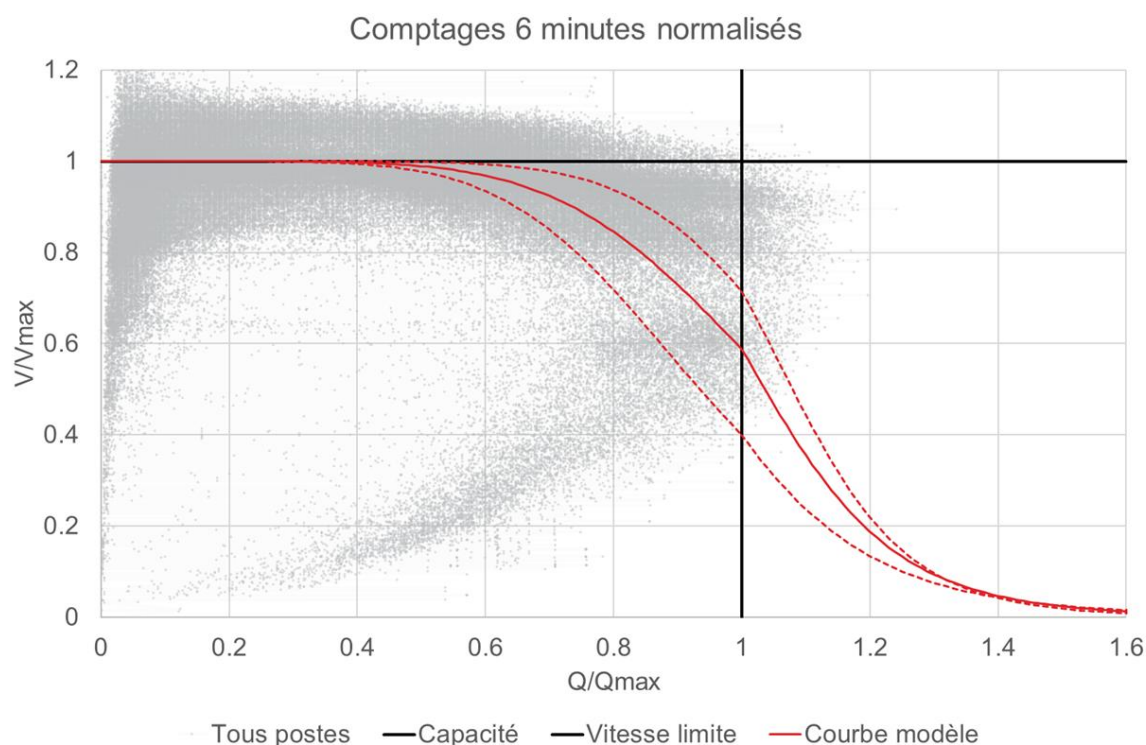


Figure 195 : Comptages 6 minutes normalisés des postes de la rocade bordelaise (source : avatar, 2024)

On constate que, dans la réalité, la relation entre le taux d'occupation (en abscisse du graphique précédent) et la vitesse (en ordonnées) n'est pas biunivoque. A un taux d'occupation donné, deux vitesses sont possibles :

- vitesse faible (congestion, correspondant à la partie basse du nuage) ;
- vitesse proche de la vitesse libre (flux libre, correspondant à la partie haute du nuage).

Or, les courbes débit-vitesse définies dans les modèles statiques sont dites biunivoques : à une charge donnée est associée une seule vitesse et inversement.

Ainsi, la reconstitution du débit et du temps de parcours est extrêmement difficile, voire impossible en situation congestionnée du fait du caractère biunivoque des courbes débit-vitesse modélisées.

Par exemple, si un débit horaire significativement inférieur à la capacité est le résultat de la saturation de la voirie (et non pas d'une faible demande), le couple débit-vitesse réel se situe alors sur la partie basse du nuage de points du diagramme fondamental.

Certains artifices sont possibles, mais imparfaits.

- Réduction de la capacité réelle au niveau du trafic passant en situation congestionnée. Mais si la congestion disparaît (par exemple à la suite de la mise en service d'une infrastructure nouvelle) la voie considérée absorbera selon le modèle un trafic réduit par rapport à ce qu'elle peut réellement écouler.
- Augmentation de la courbure de la courbe débit-vitesse (en augmentant trop, le même réseau ne sera pas satisfaisant pour décrire par exemple la situation en heure de pointe opposée ; de surcroît, en cas de forte saturation telle que celle mise en évidence ci-dessous cette technique est insuffisante).

- Introduction d'une pénalité de temps, mais il est impossible de prévoir son évolution dans l'avenir.
- Ecrêtement de la demande (débit limité à la capacité) et calcul d'un temps d'attente : approximation relativement satisfaisante, mais qui présente l'inconvénient de ne pas faire apparaître la conservation du trafic aux nœuds et le débit restera supérieur au débit réel.

L'affectation statique ne peut pas représenter correctement à la fois les vitesses et les volumes absorbés dans un contexte de forte congestion (nombre de véhicules à écouler supérieur à la capacité du tronçon).

Un arbitrage est donc nécessaire.

11.2.2.2. Prise en compte de la congestion dans le MMM33

La principale difficulté pour la reconstitution des temps de parcours et charges dans le modèle MMM33 est la forte congestion présente sur la rocade et les pénétrantes, comme représentée sur les cartes suivantes.

L'heure de pointe du matin apparaît plus congestionnée avec des vitesses plus faibles et sur de plus grandes distances.

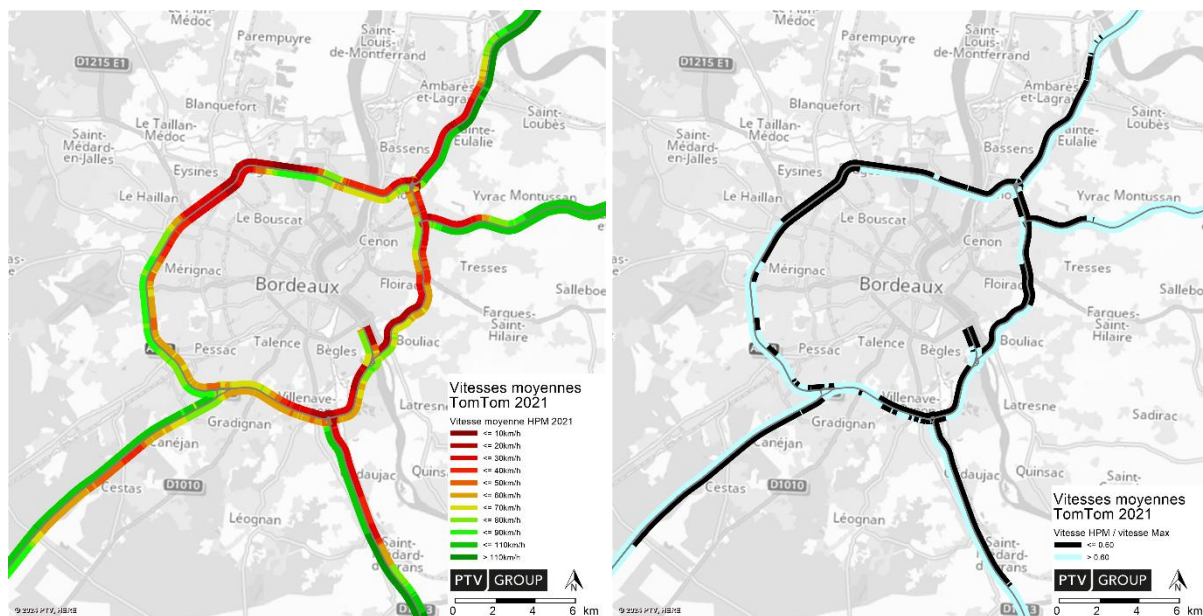


Figure 196 : Vitesses pratiquées et congestions HPM, 2021

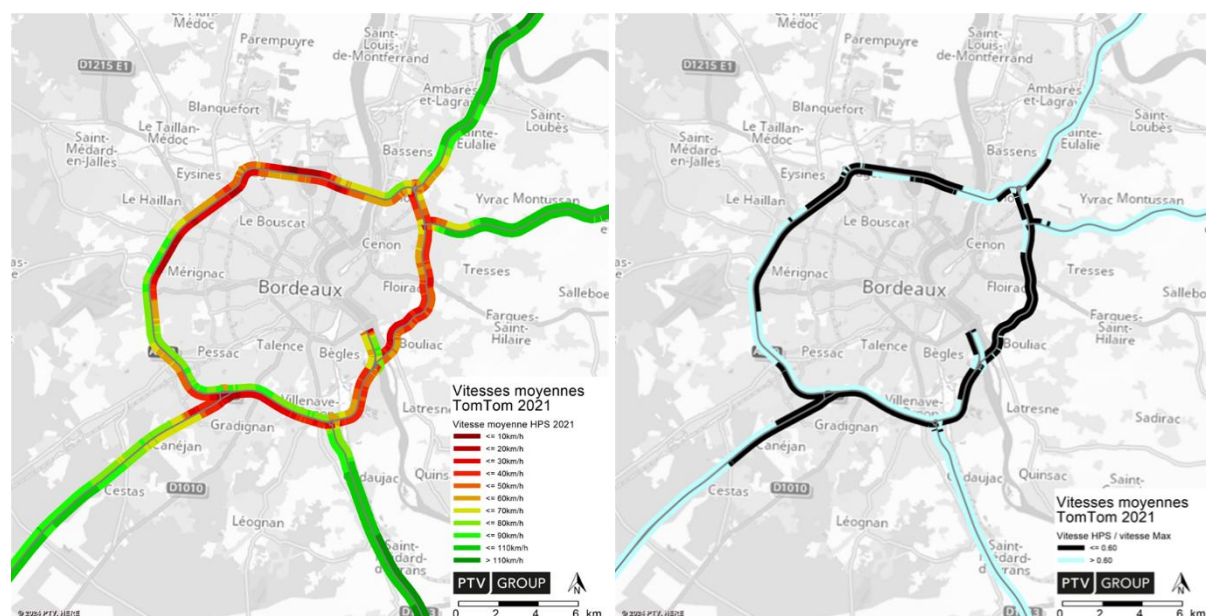


Figure 197 : Vitesses pratiquées et congestions HPS, 2021

Choix entre volumes absorbés et temps de parcours

Le MMM33 est un modèle statique multimodal de demande (choix modal et distribution notamment).

Les temps de parcours sont l'indicateur clé du modèle de demande.

Il est donc primordial que le MMM33 reconstitue des temps de parcours conformes à la situation actuelle et qui évoluent en cohérence avec l'évolution de l'offre et de l'infrastructure.

Il est accepté que les charges modélisées par le MMM3 s'éloignent des volumes absorbés en situation de forte congestion. La priorité est donnée à la reconstitution des temps de parcours.

Choix de la période de rebouclage

L'HPS étant globalement moins contrainte, et les temps de parcours plus stables avec des charges plus proches des comptages, cette période est retenue pour le calcul des indicateurs et le rebouclage de la demande.

11.2.3. Indicateurs et critères de calage

La qualité de l'affectation est jugée sur la reconstitution des indicateurs de calage composés des comptages en section (cf. ci-après) et de temps de parcours en charge sur une sélection d'itinéraires présentés au chapitre 4.1.2.

11.2.3.1. Temps de parcours

Les itinéraires retenus sont ceux présentés au chapitre 4.1.2.

D'après le guide du Setra « Calage et validation des modèles de trafic », un itinéraire est considéré calé si l'un des deux critères est rempli :

- écart de temps inférieur à 15% ;
- écart absolu de vitesse entre +/- 3.5 km/h.

Le modèle est considéré calé en temps de parcours lorsqu'au moins 85% des itinéraires remplissent l'un des critères précédents.

11.2.3.2. Postes de comptages

Habituellement, l'indicateur de calage utilisé pour comparer les charges comptées et modélisées est le GEH. Sa formule est la suivante :

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

Avec

- M = flux modélisé ;
- C = comptage ou valeur enquêtée.

L'indicateur GEH permet de prendre en compte à la fois l'écart relatif et l'écart absolu.

Le tableau ci-dessous donne des exemples de tolérances relatives et absolues.

Charge comptée	Charge modélisée	écart relatif	écart absolu	GEH
200	277	39%	77	5.0
1 000	1 164	16%	164	5.0
5 000	5 360	7%	360	5.0

Figure 198 : Exemple de tolérances relatives et absolues par rapport au GEH

Un poste est réputé calé pour une heure de pointe lorsque le GEH est inférieur à 5. Au-delà de 10, le poste n'est pas considéré comme calé. Une valeur de GEH comprise entre 5 et 10 représente un niveau de calage intermédiaire.

Pour la journée, le critère retenu pour juger de la bonne reconstitution des charges est le RMSE (Root Mean Square Error, ou en français racine de l'erreur quadratique moyenne - REQM), calculé en pourcentage, à l'échelle globale et selon différents niveaux de flux journaliers. La formule de calcul est la suivante :

$$RMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_1^N (C_i - M_i)^2}{N - 1}}}{\frac{\sum_1^N C_i}{N}}$$

Avec,

- M_i = flux modélisé sur l'emplacement i ;
- C_i = comptage ou valeur enquêtée à l'emplacement i ;
- N = nombre de valeurs de comptages.

Le tableau suivant présente les valeurs seuils de calage pour les différentes catégories de flux comptés, proposés par le Setra dans son guide de calage et validation des modèles de trafic.

Indicateur	Champs d'application	Seuil
RMSE	ensemble des comptages	< 30%
	comptages < 5000 veh/j	< 116%
	comptages entre 5000 et 10000 veh/j	< 34%
	comptages entre 10000 et 20000 veh/j	< 28%
	comptages entre 20000 et 40000 veh/j	< 25%
	comptages entre 40000 et 60000 veh/j	< 30%
	comptages \geq 60000 veh/j	< 19%

Figure 199 : Valeurs seuils des critères RMSE (source : Setra)

Les postes de comptages retenus pour l'analyse des affectations sont présentés dans les cartes suivantes, par source.

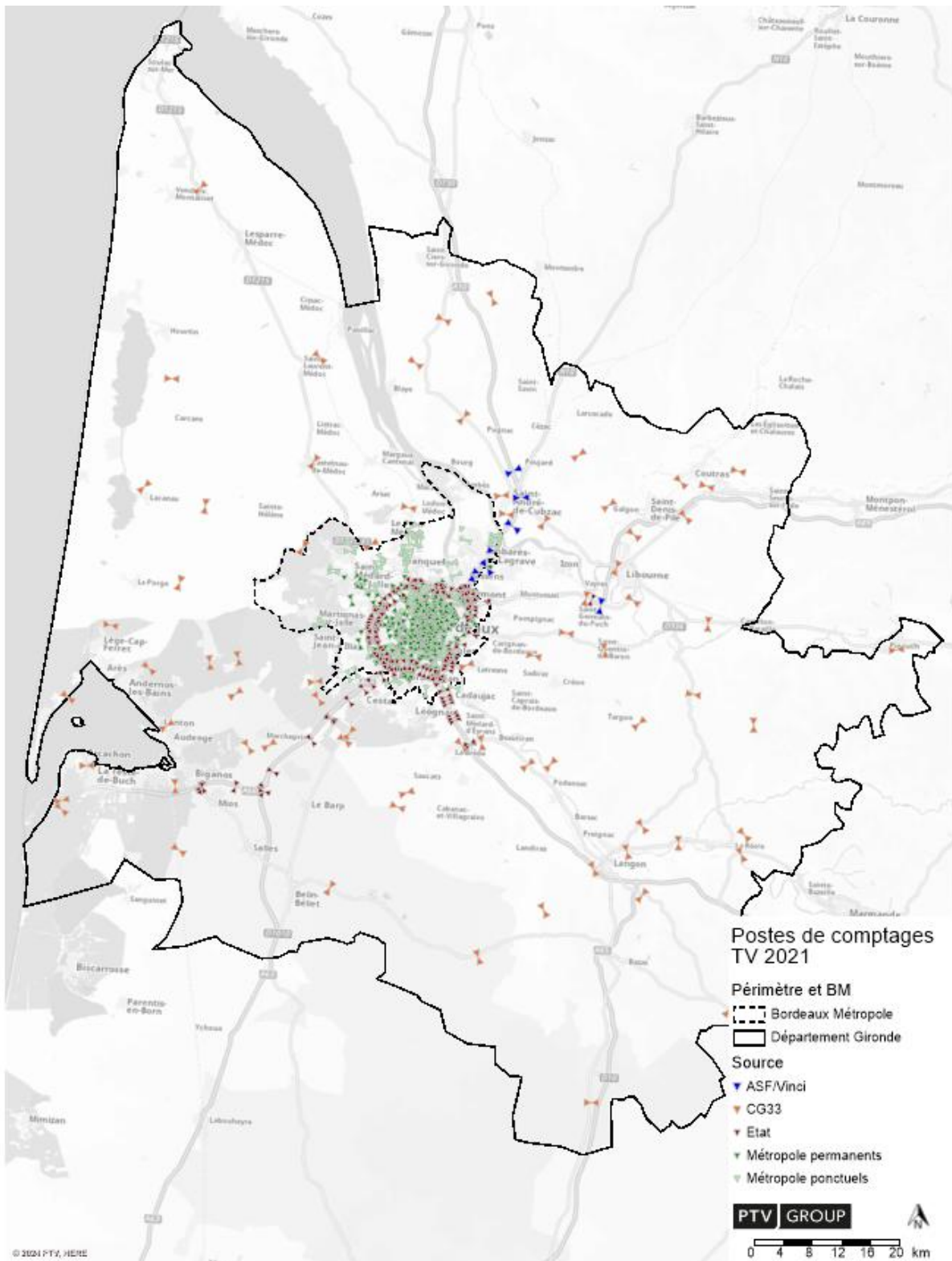


Figure 200 : Postes de comptages retenus, tous véhicules, 2021

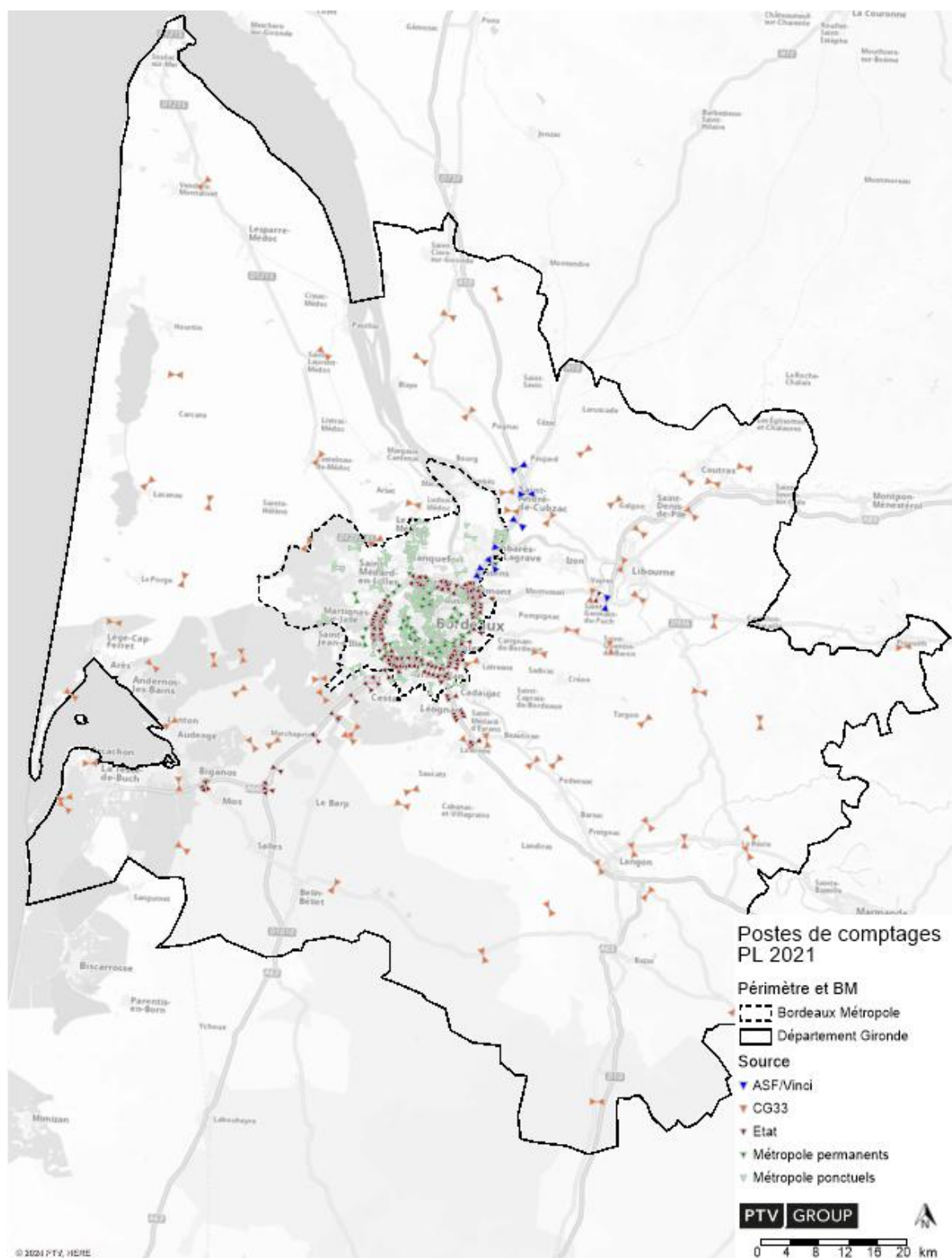


Figure 201 : Postes de comptages retenus, poids-lourds, 2021

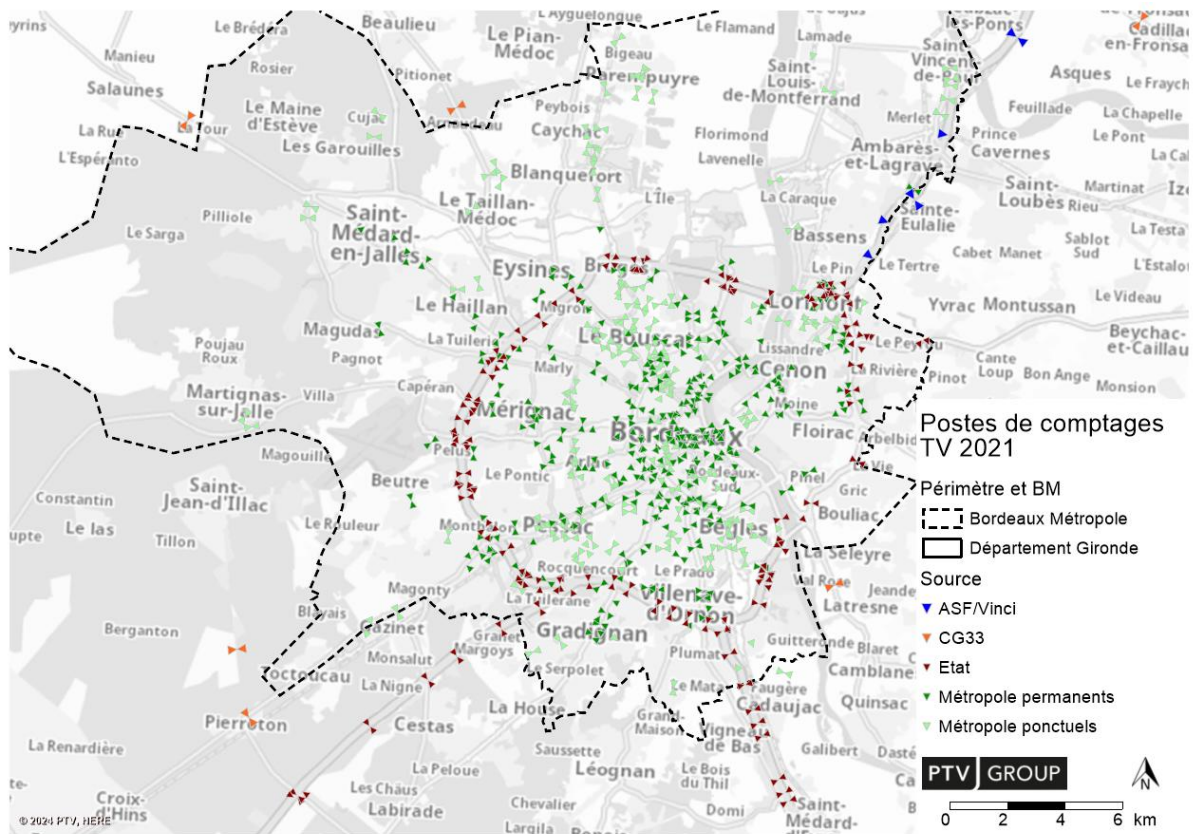


Figure 202 : Postes de comptages retenus, tous véhicules, 2021, zoom métropole

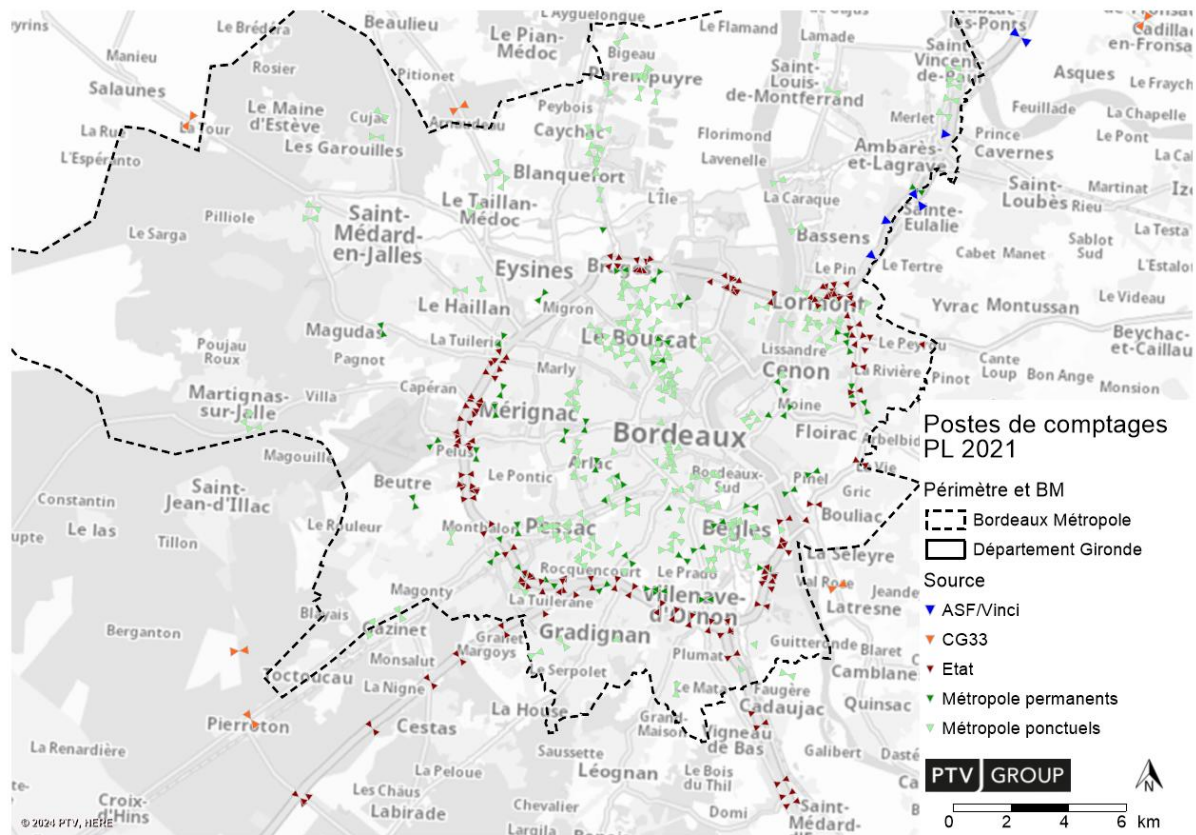


Figure 203 : Postes de comptages retenus, poids lourds, 2021, zoom métropole

Le nombre de poste transmis et retenus par source de données est résumé dans le tableau ci-dessous.

2021 Source	Postes Transmis	Retenus TV			Retenus PL		
		HPM	HPS	TMJO	HPM	HPS	TMJO
ASF/Vinci	20	19	19	19	19	19	19
Etat	256	196	196	196	183	183	183
Département Gironde	147	132	133	144	127	127	143
Métropole permanents	392	390	390	390	0	0	86
Métropole ponctuels	396	302	302	302	0	0	298
Total 2021	1211	1039	1040	1051	329	329	729
2022 Source	Postes Transmis	Retenus TV			Retenus PL		
		HPM	HPS	TMJO	HPM	HPS	TMJO
ASF/Vinci	0	0	0	0	0	0	0
Etat	0	0	0	0	0	0	0
Département Gironde	158	31	76	155	0	0	155
Métropole permanents	0	0	0	0	0	0	0
Métropole ponctuels	447	437	437	437	0	0	437
Total 2022	605	468	513	592	0	0	592
2023 Source	Postes Transmis	Retenus TV			Retenus PL		
		HPM	HPS	TMJO	HPM	HPS	TMJO
ASF/Vinci	14	13	11	13	13	11	13
Etat	281	281	280	281	165	165	166
Département Gironde	0	0	0	0	0	0	0
Métropole permanents	303	303	303	303	0	0	43
Métropole ponctuels	25	25	25	25	0	0	23
Total 2023	623	622	619	622	178	176	245

Figure 204 : Résumé des postes transmis et retenus par source et année de comptage*

*NB : Ce tableau diffère des précédentes communications, car suite à la mise à jour des matrices cordon en fin de projet, des compléments ont pu être apportés aux comptages du département, pour l'HPM et l'HPS : les précédentes données transmises ne correspondaient pas à des valeurs moyennes HPM ou HPS mais au volume horaire maximal compté sur une heure durant l'année.

Les raisons d'exclusions de postes sont diverses :

- valeurs incohérentes avec les postes environnants ;
- voiries non présentes dans le modèle (voies de desserte en ville par exemple) ;
- voiries non connectée (voirie secondaire à l'intérieur d'une grande zone, ou en extrémité de périmètre) ;
- impossibilité d'identifier le poste (les éléments de description ne permettant pas de définir le sens ou la voirie, notamment pour les postes ponctuels).

11.2.4. Affectation TI HPM

L'affectation du matin se fait à l'heure de pointe retenue (8h - 9h). Ce chapitre présente les résultats de l'affectation à l'HPM. Pour rappel, le détail de la construction de la matrice d'affectation se trouve au chapitre 11.1.1.

Comme le montre le tableau ci-dessous, les temps de parcours sur les 10 itinéraires retenus sont bien reproduits selon les critères de calage. Le détail des itinéraires se trouve en annexe 17.14.

2021 à l'HPM	Temps HPM [min]				Vitesse HPM [km/h]				Validé
	TomTom	Modèle	écart		TomTom	Modèle	écart		
A63 - A10 par périph Est	81	86	5%		82	78	-4.1		oui
A10 - A63 par périph Est	109	94	-14%		62	73	10.2		oui
D1010 - A89 par Bvds Nd	160	173	8%		43	39	-3.3		oui
A89 - D1010 par Bvds Nd	176	178	1%		39	38	-0.5		oui
A62 - D1215 par Cours	177	172	-3%		44	45	1.3		oui
D1215 - A62 par Cours	180	183	2%		44	43	-0.8		oui
Quais - D1113 tour périph	176	178	1%		37	37	-0.4		oui
D1113 - Quais tour périph	175	191	9%		37	34	-3.0		oui
D6 - D936 par Bvds Sud	147	161	10%		35	32	-3.1		oui
D936 - D6 par Bvds Sud	156	159	2%		33	32	-0.6		oui
									100%

Figure 205 : Comparaison des temps de parcours TomTom et modèle, HPM

Cependant, la très forte congestion observée dans le sens nord vers sud sur l'A10 et la rocade Est (itinéraire « A10-A63 par périph Est ») n'est pas entièrement reproduite ; et ce malgré des volumes modélisés supérieurs à la fois aux capacités du réseau mais également supérieurs aux flux absorbés (cf. tableau de GEH suivant, en particulier pour les autoroutes et la rocade).

Le tableau suivant récapitule les niveaux de GEH obtenus à l'HPM selon le type de voirie.

Résultats par type de voirie - HPM	nombre comptages	Volume total compté	Volume total modèle	% GEH ≤ 5	% GEH ≤ 10	% GEH ≤ 20
Autoroute	46	81 268	90 699	37%	54%	87%
Rocade	69	276 995	303 153	41%	70%	87%
Bretelle	92	64 216	71 317	28%	66%	92%
Voie rapide interurbaine	16	20 890	22 264	31%	63%	94%
Voie structurante niv 1	283	128 694	153 820	42%	69%	98%
Quais rive droite	3	1 914	1 734	100%	100%	100%
Quais et Boulevards rive gauche	68	48 685	47 696	57%	90%	100%
Voie structurante niv 2	350	126 929	122 323	48%	78%	98%
Desserte	112	20 914	15 671	53%	85%	99%
Total	1039	770 505	828 677	45%	74%	96%

Figure 206 : Tableau récapitulatif des GEH par types de voirie, HPM

La comparaison entre volumes comptés (flux absorbés) et volumes modélisés (demande) correspond à des niveaux de GEH (inférieurs à 5 ou à 10) comparables à ceux d'autres modèles et plus élevés que ceux de l'ancien modèle.

Toutefois, concernant les postes de comptages situés sur les autoroutes, la rocade, les bretelles, voies rapides ou structurantes, on constate une surestimation systématique des charges modélisées par rapport aux comptages mesurant les volumes absorbés.

Les cartes suivantes présentent ces mêmes niveaux de GEH sur différents secteurs géographiques du modèle.

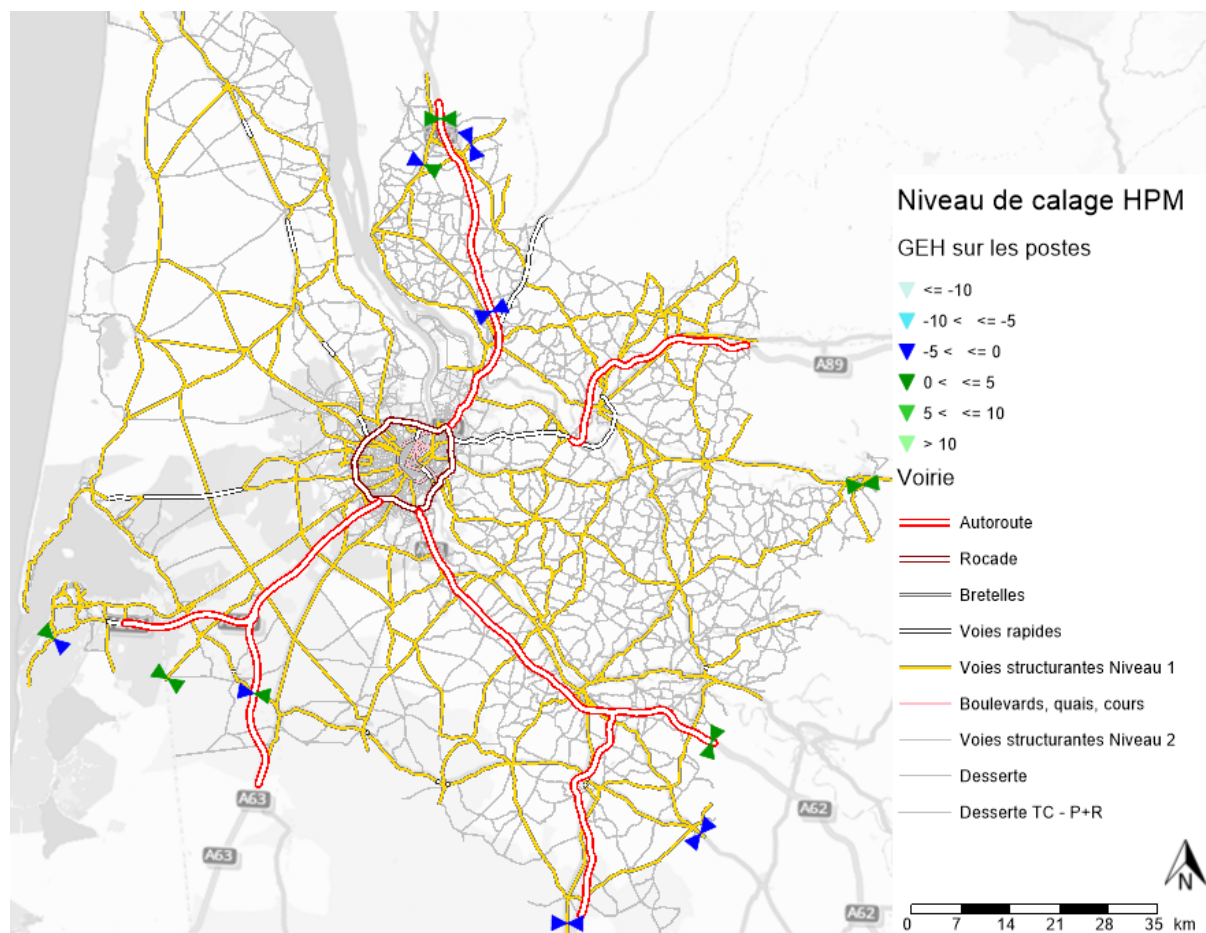


Figure 207 : Niveau de GEH des postes cordons, HPM 2021

Les 22 postes retenus pour le redressement de la matrice cordon possèdent un GEH inférieur à 5. Les volumes des postes cordon sont donc reconstitués de façon très satisfaisante.

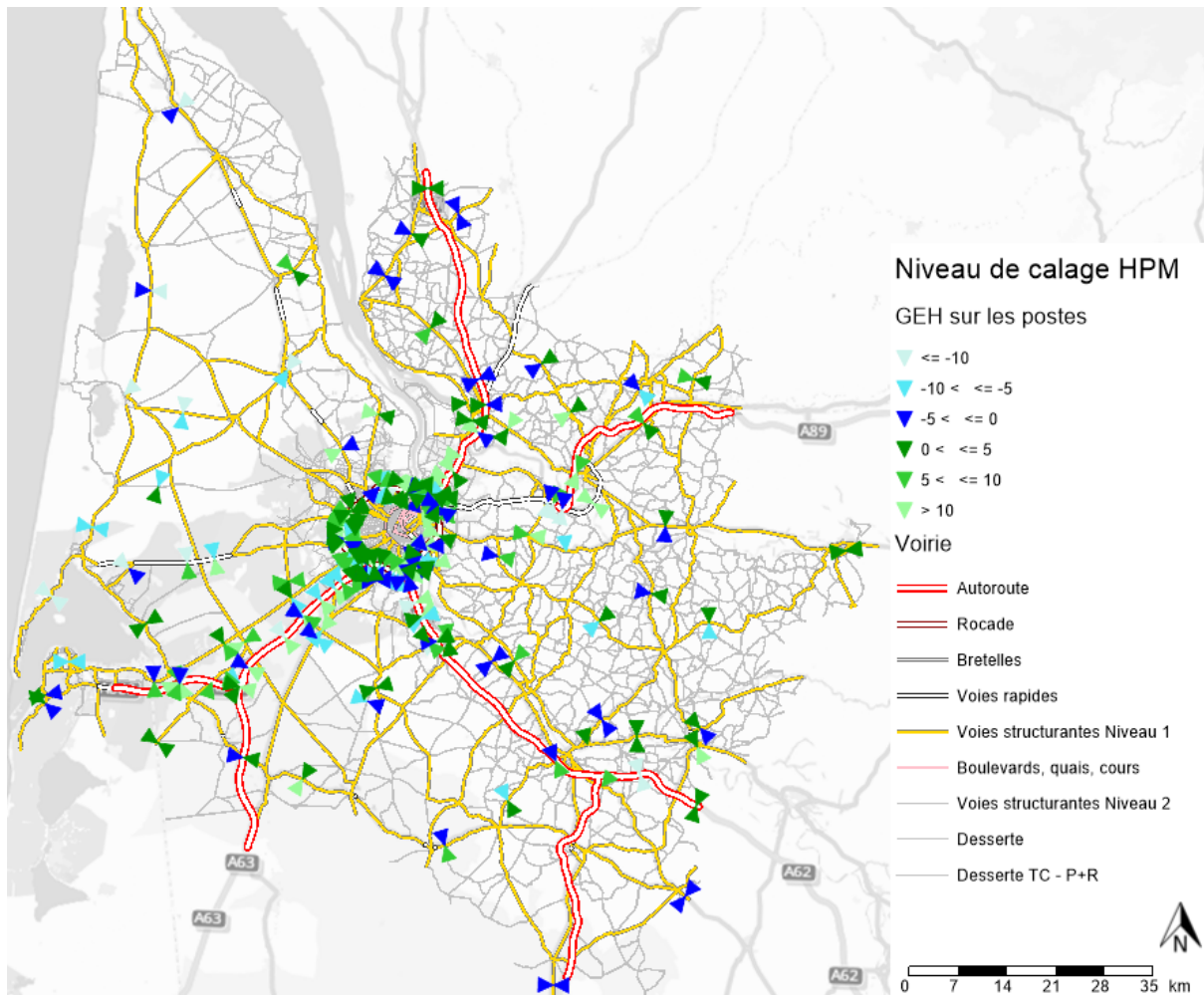


Figure 208 : Niveau de GEH des postes hors Bordeaux Métropole, HPM 2021

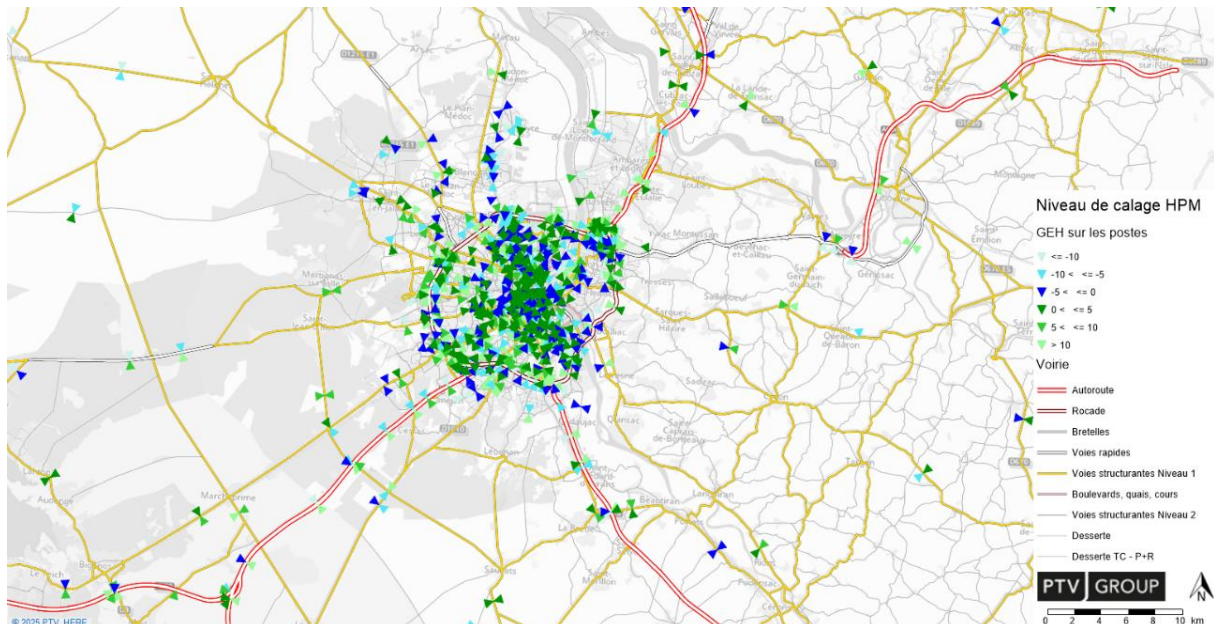


Figure 209 : Niveau de GEH des postes centrés sur Bordeaux Métropole, HPM 2021

Les surestimations de charge modèle par rapport aux volumes absorbés s'observent notamment sur les pénétrantes vers la Métropole (A10, A62 et A63), avec pour effet des reports d'itinéraires sous-estimés, vers la D1010 en particulier.

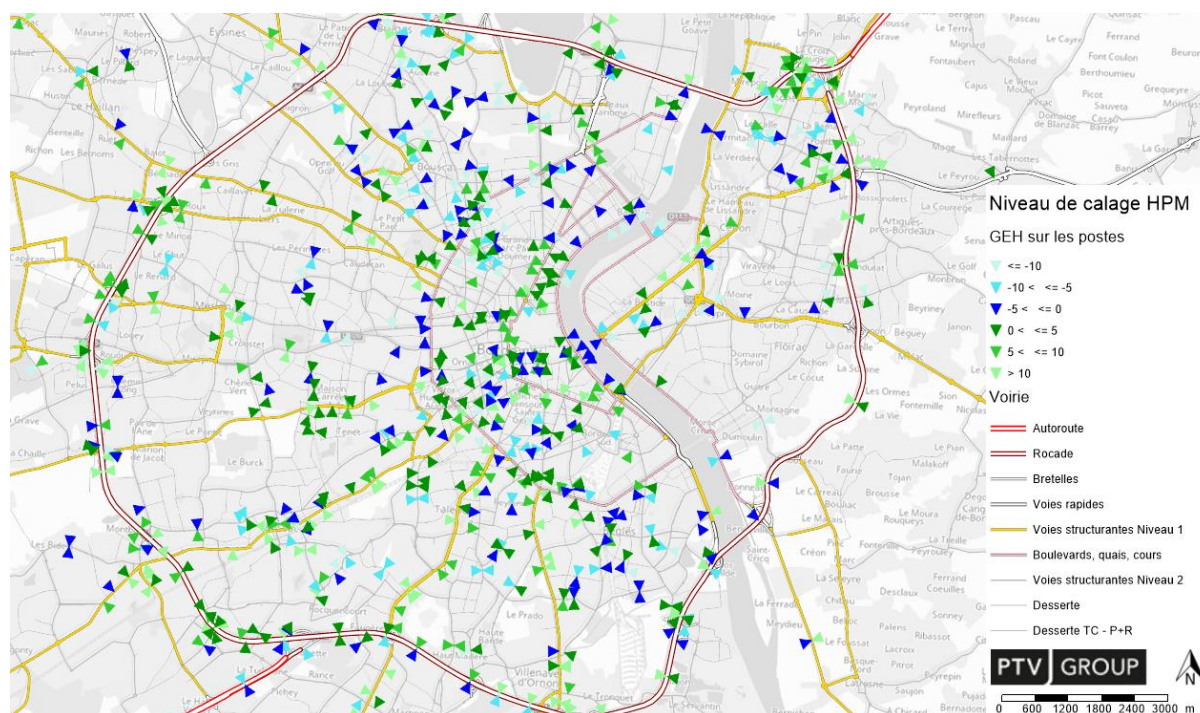
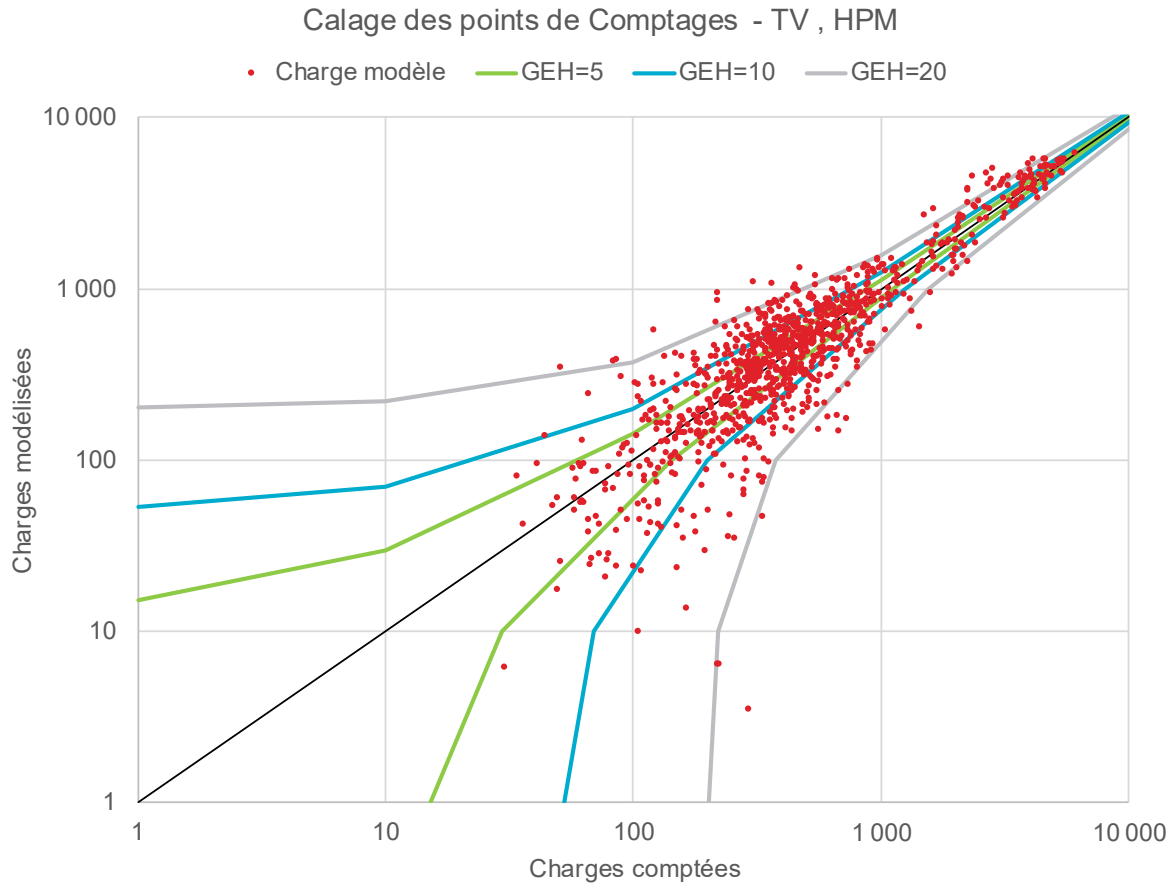


Figure 210 : Niveau de GEH des postes en intra rocade, HPM 2021

En intra rocade, les volumes sur les voies principales sont globalement bien reproduits, ainsi que sur les itinéraires concurrents comme par exemple la répartition entre les quais et les boulevards avec une tendance toujours à la surestimation, cohérente avec les effets déjà cités dans ce paragraphe.

Cette surestimation peut-être également mise en évidence par les graphiques suivants.



Comparaison volumes comptages vs. modèle - TV , HPM

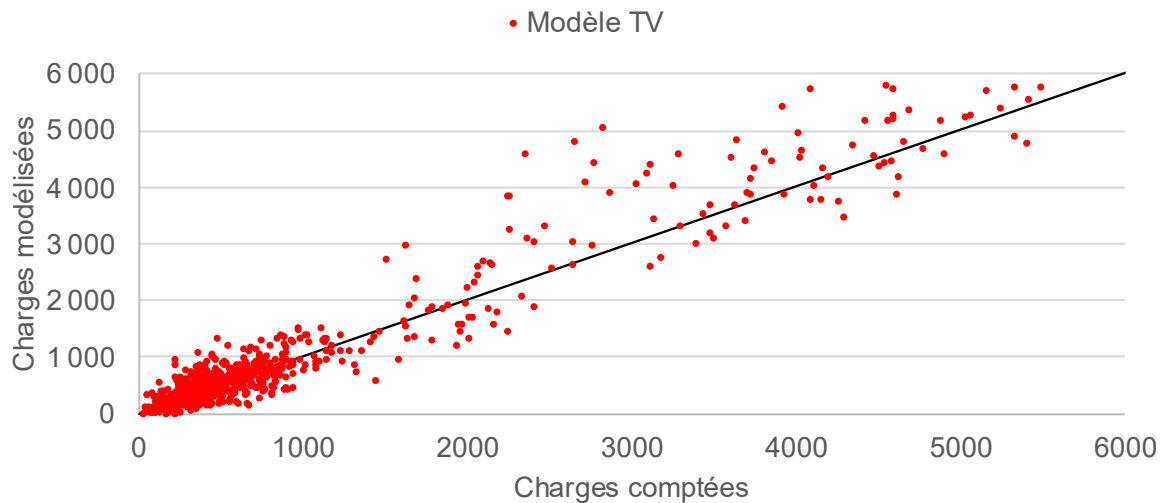


Figure 211 : Comparaison des charges modélisées et comptées, HPM 2021

La surestimation se traduit par le fait que le nuage de points se situe légèrement au-dessus de la bissectrice (qui représente un ajustement parfait). Les points avec les charges modélisées les plus hautes correspondent à la rocade, qui est la plus soumise à la congestion avec des taux de GEH plus faibles sur les autoroutes et la rocade.

11.2.5. Affectation TI HPS

L'affectation du soir se fait à l'heure de pointe retenue (17h - 18h) Ce chapitre présente les résultats de l'affectation à l'HPS. Pour rappel, le détail de la construction de la matrice d'affectation se trouve au chapitre 11.1.1.

Les temps de parcours sur les 10 itinéraires retenus sont bien reproduits ; comme le montre le tableau ci-dessous, avec les 10 itinéraires qui respectent les critères de calage. Le détail des itinéraires se trouve en annexe 17.14.

2021 à l'HPS	Temps HPS [min]				Vitesse HPS [km/h]				Validé
	TomTom	Modèle	écart		TomTom	Modèle	écart		
A63 - A10 par périph Est	91	97	6%		73	69	-4.0		oui
A10 - A63 par périph Est	84	95	13%		81	72	-9.3		oui
D1010 - A89 par Bvds Nd	169	176	4%		40	39	-1.4		oui
A89 - D1010 par Bvds Nd	169	170	1%		40	40	-0.2		oui
A62 - D1215 par Cours	167	171	3%		47	45	-1.2		oui
D1215 - A62 par Cours	180	172	-4%		44	46	1.9		oui
Quais - D1113 tour périph	182	192	5%		36	34	-1.8		oui
D1113 - Quais tour périph	168	173	3%		39	38	-1.3		oui
D6 - D936 par Bvds Sud	145	152	5%		36	34	-1.8		oui
D936 - D6 par Bvds Sud	148	153	4%		35	34	-1.3		oui
									100%

Figure 212 : Comparaison des temps de parcours TomTom et modèle, HPS

La comparaison entre volumes comptés et volumes modélisés présentée dans le tableau les graphiques suivants montre une reproduction correcte et cohérente des charges avec un nuage de point légèrement au-dessus de la droite (les charges modélisées sont globalement supérieures aux volumes absorbés). Les points les plus élevés correspondent à la rocade, qui est la plus soumise à la congestion.

Résultats par type de voirie - HPS	nombre comptages	Volume total compté	Volume total modèle	% GEH ≤ 5	% GEH ≤ 10	% GEH ≤ 20
Autoroute	46	97 898	104 184	65%	87%	98%
Rocade	69	276 924	304 833	41%	67%	93%
Bretelle	92	67 802	71 379	36%	74%	96%
Voie rapide interurbaine	16	21 907	21 734	31%	69%	88%
Voie structurante niv 1	283	149 124	148 801	49%	81%	98%
Quais rive droite	3	2 183	1 623	33%	67%	100%
Quais et Boulevards rive gauche	68	46 733	49 832	56%	84%	100%
Voie structurante niv 2	350	137 385	114 129	43%	72%	98%
Desserte	112	22 291	14 167	45%	70%	98%
Total	1039	822 247	830 682	45%	75%	97%

Figure 213 : Tableau récapitulatif des GEH par types de voirie, HPS

Les niveaux de GEH obtenus sont tout à fait acceptables en gardant à l'esprit l'absence de matrice additionnelle. Ils sont aussi plus homogènes sur l'ensemble des types de voirie qu'à l'HPM et ne présentent un volume global proche du volume compté avec seulement 2,7% d'écart au total.

Ces éléments justifient aussi le choix de l'HPS pour les indicateurs et le rebouclage.

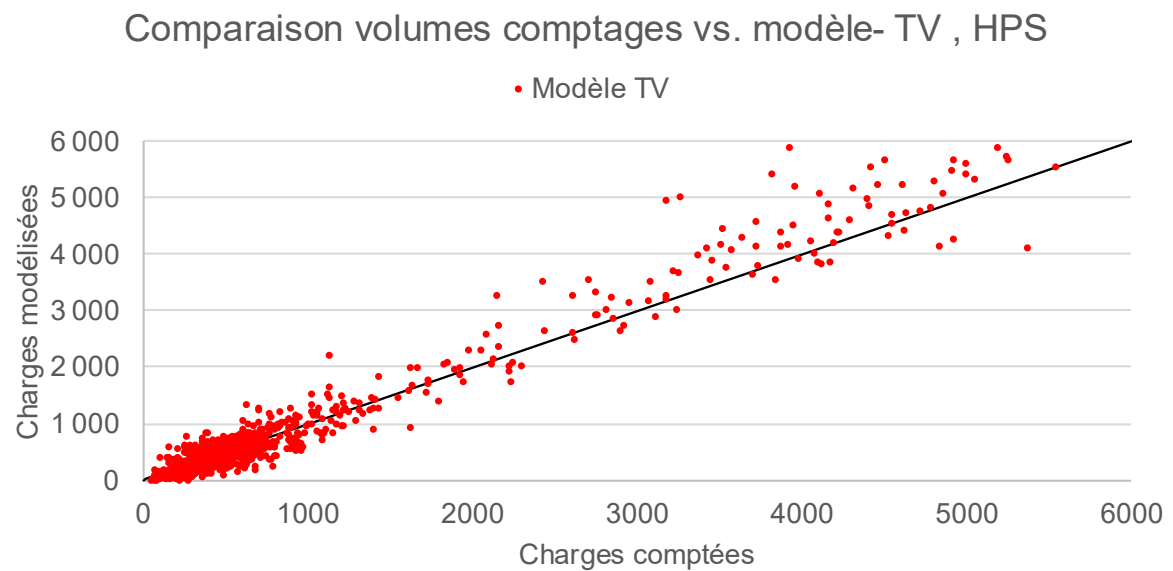
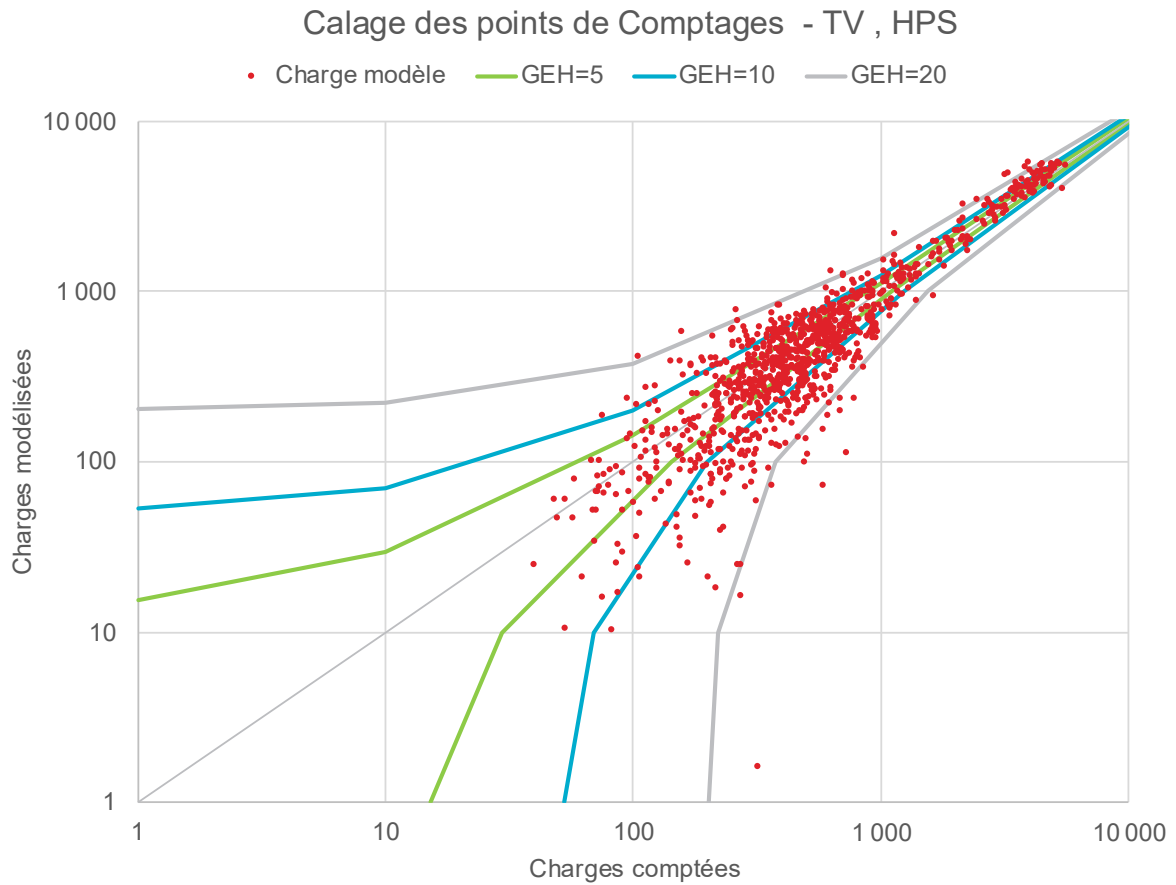


Figure 214 : Comparaison des charges modélisées et comptées, HPS 2021

Les 22 postes retenus pour le redressement de la matrice cordon possèdent un GEH inférieur à 5, comme le montre la carte suivante.

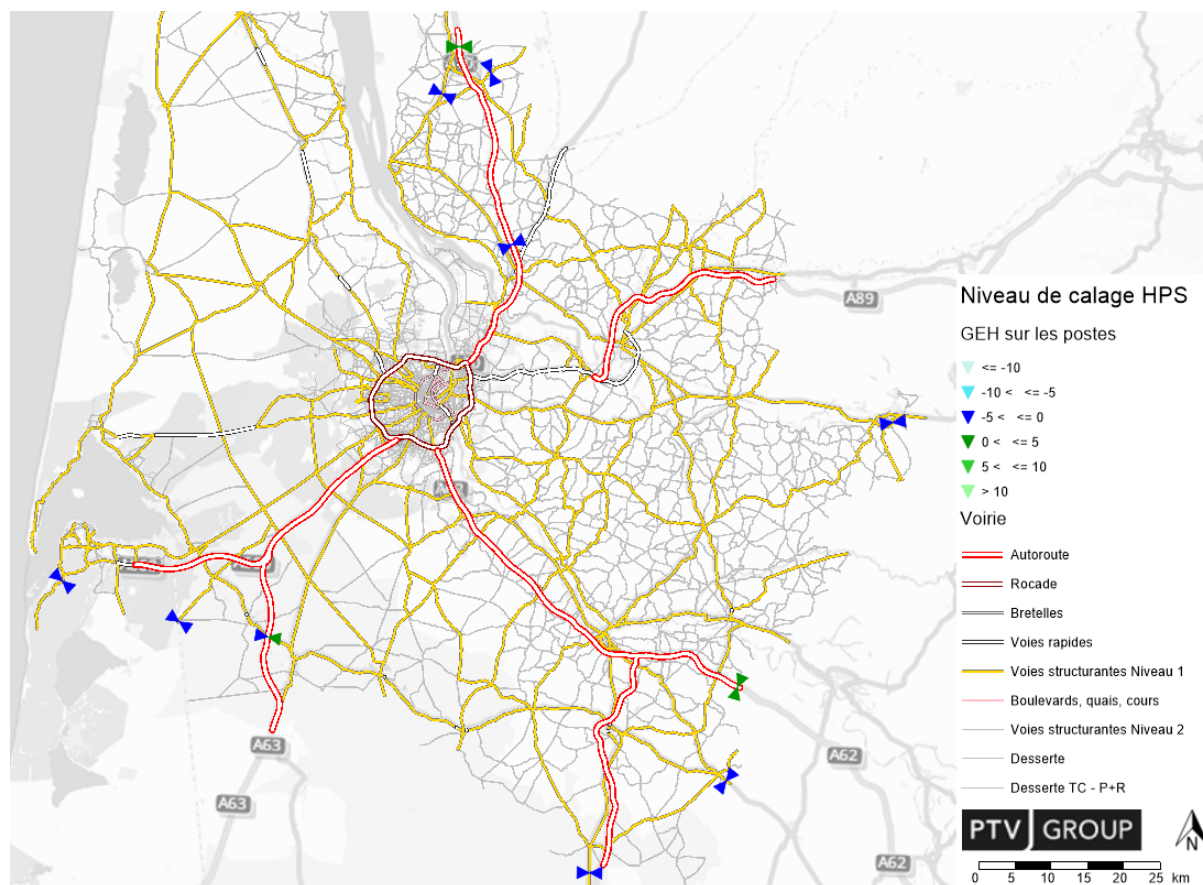


Figure 215 : Niveau de GEH des postes cordons, HPS 2021

Les cartes suivantes présentent les niveau de GEH obtenus sur le périmètre du modèle.

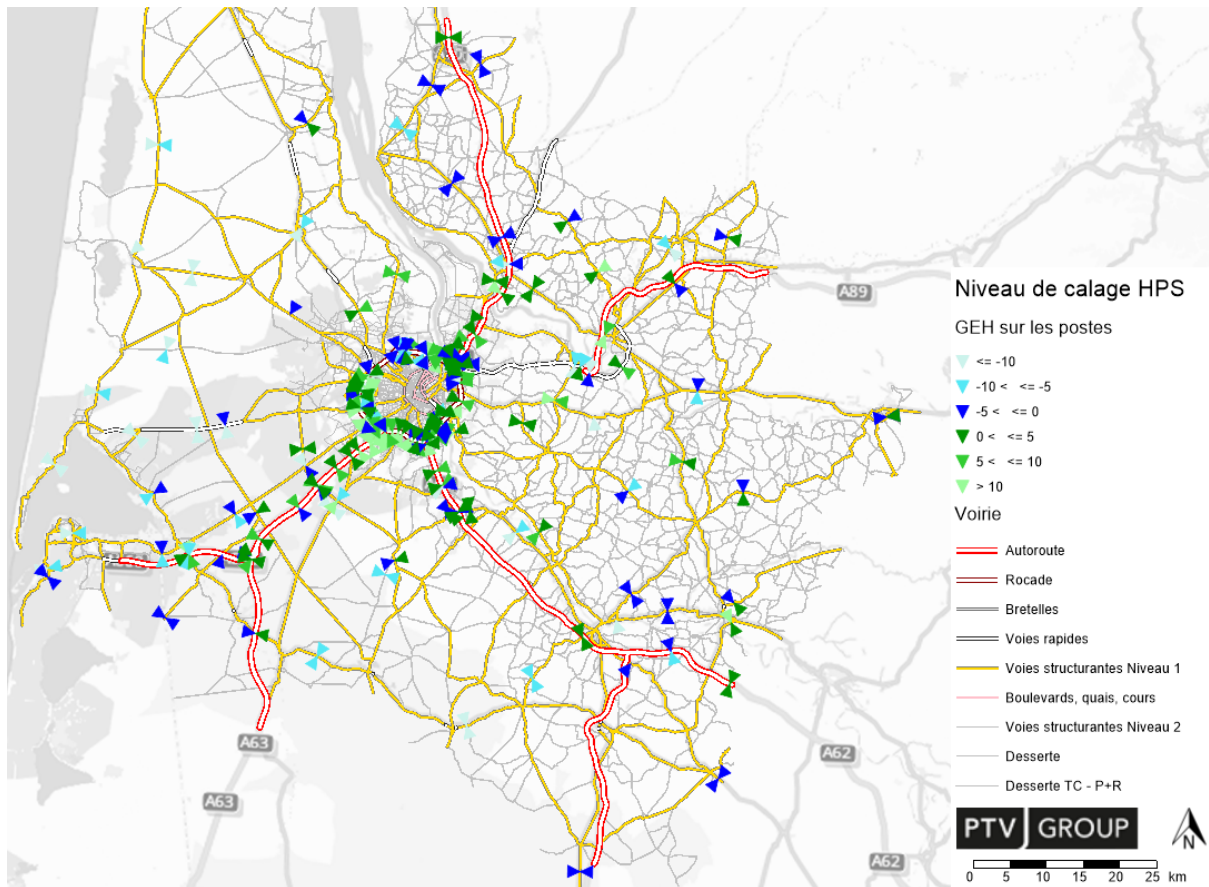


Figure 216 : Niveau de GEH des postes hors Bordeaux Métropole, HPS 2021

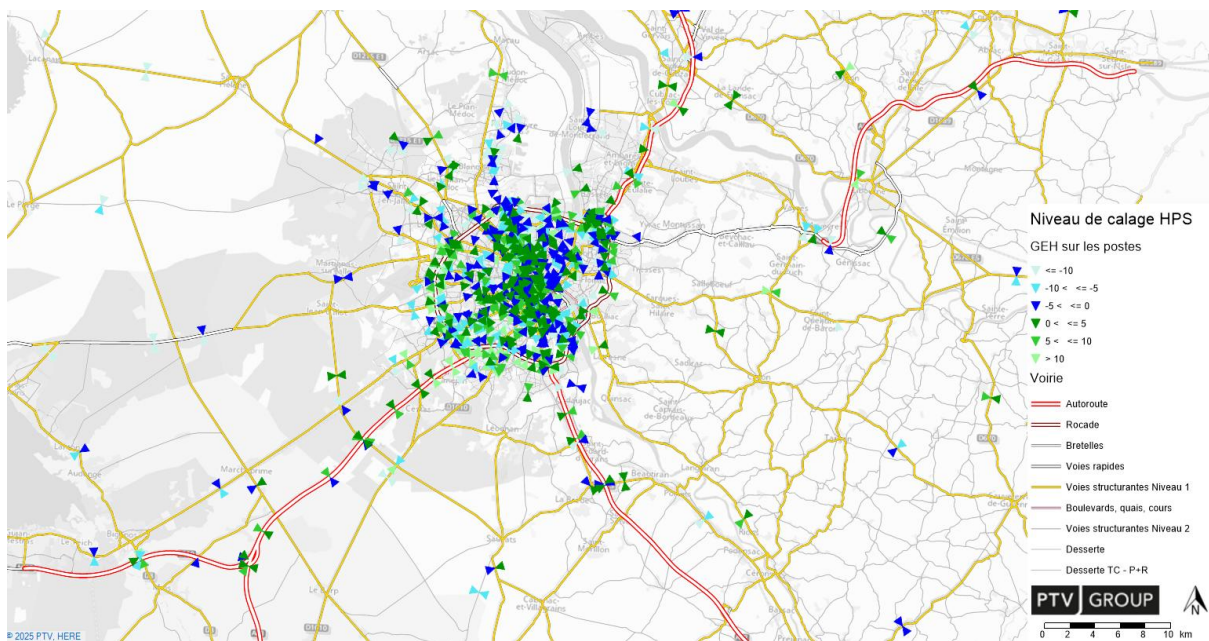


Figure 217 : Niveau de GEH des postes centrés sur Bordeaux Métropole, HPS 2021

Les volumes sont bien reproduits sur les pénétrantes et sortantes, ainsi que sur la rocade.

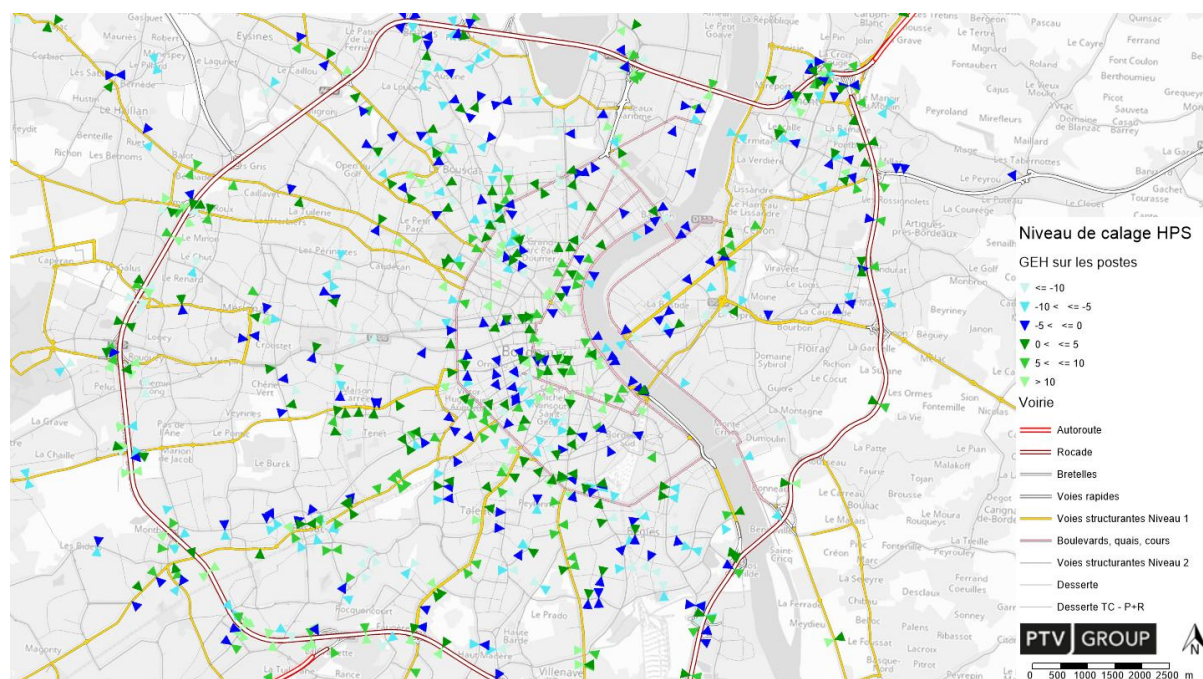


Figure 218 : Niveau de GEH des postes en intra rocade, HPS 2021

En intra rocade, les volumes sur les voies principales sont bien reproduits, ainsi que sur les itinéraires concurrents comme par exemple la répartition entre les quais et les boulevards. Sur les axes secondaires et de dessertes, des sous-estimations apparaissent et sont cohérentes avec un modèle statique de cette taille-là :

- une EMC² ne renseigne pas l'intégralité des déplacements d'un territoire (taxi, artisans, infirmiers, etc.) ;
- les déplacements courts plus propices à être réalisés sur des voies secondaires ou de desserte sont majoritairement intra zone, donc pas affectés ;
- niveau de détail du maillage et de connexion qui peut centraliser les flux et ne pas reproduire la dispersion réelle des véhicules.

11.2.6. Affectation TI JOUR

L'affectation journalière est similaire à une affectation horaire, à la différence que les capacités définies sur tronçons et provoquant des reports d'itinéraires liés à la congestion ne sont plus considérées comme des capacités horaires, mais comme des capacités journalières. Pour cela la capacité horaire des tronçons est multipliée par un coefficient propre à chaque grand type de tronçons. Ce coefficient est déterminé en premier lieu sur la base de l'analyse des comptages horaires et journaliers, puis adapté selon les résultats de l'affectation si besoin. Le coefficient retenu par grand type de voirie est présenté dans le tableau ci-dessous.

Sur Type	Classe hiérarchique	Coefficient Jour
0	Autoroute	12
1	Rocade	14
2	Bretelle	12
3	Voie Rapide	9
4	Voie Structurante niv1 Interurbaine	9
4	Voie Structurante niv1 Urbaine	11
5	Quai rive droite	10
5	Quai rive gauche	11
6	Boulevard et Cours	11
7	Voie Structurante niv2 Interurbaine	10
7	Voie Structurante niv2 Urbaine	10
8	Desserte	10

Figure 219 : Coefficients des capacités journalières

Ainsi, les charges journalières tiennent compte de l'ensemble des déplacements générés à la journée (aussi bien courts que longs) pour les modes VP. Les reports sur les voiries secondaires sont plus conceptuels que liés à une véritable congestion. Et cette méthode permet les mêmes analyses et traitements que les affectations horaires puisque toute l'information liée aux déplacements (OD, itinéraires...) est retranscrite par cette méthode de reconstitution et il y a une conservation des flux aux nœuds et lorsque les voiries changent de type.

Les matrices d'échange et de transit exposées précédemment dans ce rapport existent à la journée et sont directement utilisées dans la construction des matrices d'affectation de la journée.

La notion de temps de parcours à la journée ne s'applique pas, et c'est pourquoi cet indicateur n'est pas présenté dans ce chapitre.

Les graphiques suivants présentent la comparaison entre volumes comptés et volumes modélisés sur la journée. Les flux sont bien reproduits et les hiérarchies de voirie respectées comme le montre le nuage de point proche de la droite ($y=x$).

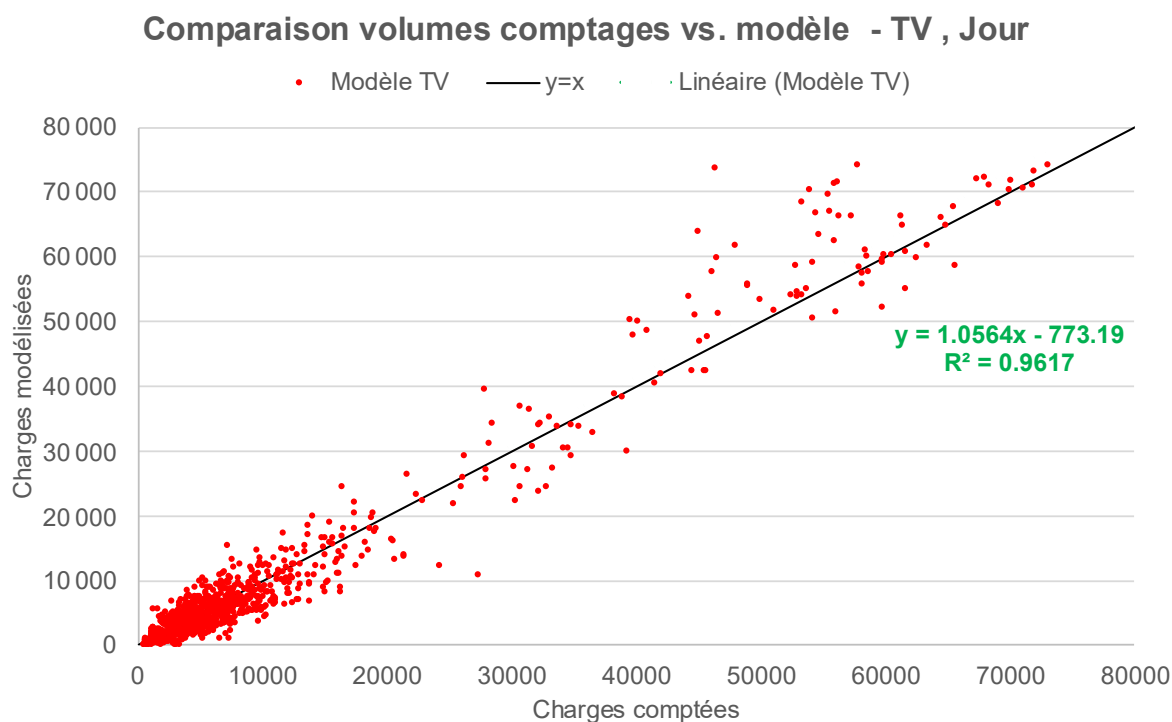


Figure 220 : Comparaison des charges modélisées et comptées, Jour 2021

De même, l'ensemble des critères sont validés au regard de l'indicateur RMSE, pour l'ensemble des catégories de flux journaliers.

Indicateur	Champs d'application	Seuil	Résultat Modèle	Validé
RMSE	ensemble des comptages	< 30%	30%	oui
	comptages < 5000 veh/j	< 116%	46%	oui
	comptages entre 5000 et 10000 veh/j	< 34%	33%	oui
	comptages entre 10000 et 20000 veh/j	< 28%	26%	oui
	comptages entre 20000 et 40000 veh/j	< 25%	20%	oui
	comptages entre 40000 et 60000 veh/j	< 30%	18%	oui
	comptages ≥ 60000 veh/j	< 19%	5%	oui

Figure 221 : Comparaison des charges modélisées et comptées, Jour 2021

Au global, sur l'ensemble des points de comptages, le modèle restitue légèrement moins de flux que les comptages (-2%), ce qui est normal et attendu d'une situation sans matrice additionnelle. Car le modèle de la demande ne peut reproduire l'ensemble des déplacements du périmètre, par construction, et les déplacements internes à une zone ne sont pas affectés.

11.2.7. Conclusion sur l'affectation TI

Pour rappel, un débit horaire significativement inférieur à la capacité peut être le résultat de la saturation de la voirie ; le couple débit-vitesse réel se situant alors sur la partie basse du diagramme fondamental. C'est le cas à l'HPM sur plusieurs secteurs de la rocade. Le modèle ne peut donc pas être ajusté correctement en temps et en charge ; les courbes débit-vitesse des modèles statiques étant biunivoques.

Il convient alors d'arbitrer entre la qualité du calage en débit (qui peut être trompeuse) et celle du calage en vitesse. Les critères habituels sur le GEH et les charges absorbées ne peuvent pas être remplis sans impacts négatifs sur les temps de parcours.

Le choix a été fait d'orienter la capacité du modèle à reproduire les temps de parcours TI, élément clé du choix modal du modèle de demande du MMM33.

De plus, les reports d'itinéraire en congestion sont eux aussi liés aux temps de parcours, et donc leur bonne reconstitution est nécessaire pour que le modèle puisse rendre compte de cette dynamique des reports d'itinéraire.

Par ailleurs, le rebouclage pour le modèle de la demande est réalisé sur l'HPS où les tronçons présentant une forte congestion sont moins nombreux.

Sur les sections où le débit est faible et la vitesse également (forte congestion), les résultats du modèle ne doivent donc pas être interprétés comme des charges absorbées sur les périodes d'analyses (heure de pointe du matin ou du soir). Ces résultats doivent être plutôt interprétés comme la demande de véhicules à écoulee à l'échelle globale sur la période de pointe.

Malgré cela, les niveaux de restitution de GEH sont comparables à ceux d'autres modèles (sans matrice additionnelle), avec logiquement une tendance à surestimer les flux (pour les raisons déjà expliquées).

11.2.8. Aide à l'interprétation des résultats d'affectation

Ce chapitre a vocation à donner des clés de lecture concernant les évolutions des résultats d'affectation TI, sur un axe ou secteur.

Par la suite, nous distinguons la situation de « référence » (à partir de laquelle est évalué le scénario), de la situation de « projet » (avec modification à tester dans le cadre du scénario).

Cas de figure où la situation de référence est congestionnée

Le cas de figure où la situation de référence est congestionnée se traduit par des volumes absorbés (comptages ou « réalité ») inférieurs à la capacité et des vitesses faibles (partie basse du diagramme fondamental). Le modèle reproduit alors cette situation avec une demande supérieure à la capacité et donc des charges modélisées supérieures aux volumes absorbés (comptages) et qui ne sont alors pas directement comparables.

Le tableau suivant montre les trois évolutions possibles du modèle à partir de cet état de référence et la traduction probable ou attendue dans la réalité. Chaque évolution est aussi

représentée dans le graphe faisant apparaître le diagramme fondamental et la courbe débit-vitesse biunivoque du modèle : en gris l'état « réel » et en vert l'état modélisé.

Dans ce tableau, le terme « demande » correspond à l'attribut de charge modélisée et représente la demande de véhicules à écouler sur l'heure.

	demande diminue en situation projet	demande augmente en situation projet
demande en situation projet devient < capacité	1 disparition de la congestion qui se traduit par une hausse de la vitesse la charge modèle devient les flux absorbés	
demande en situation projet reste > capacité	2 diminution de la congestion qui se traduit par une hausse des vitesses et une hausse des volumes absorbés (toujours inférieurs à la capacité)	3 augmentation de la congestion qui se traduit par une baisse des vitesses et une baisse des volumes absorbés

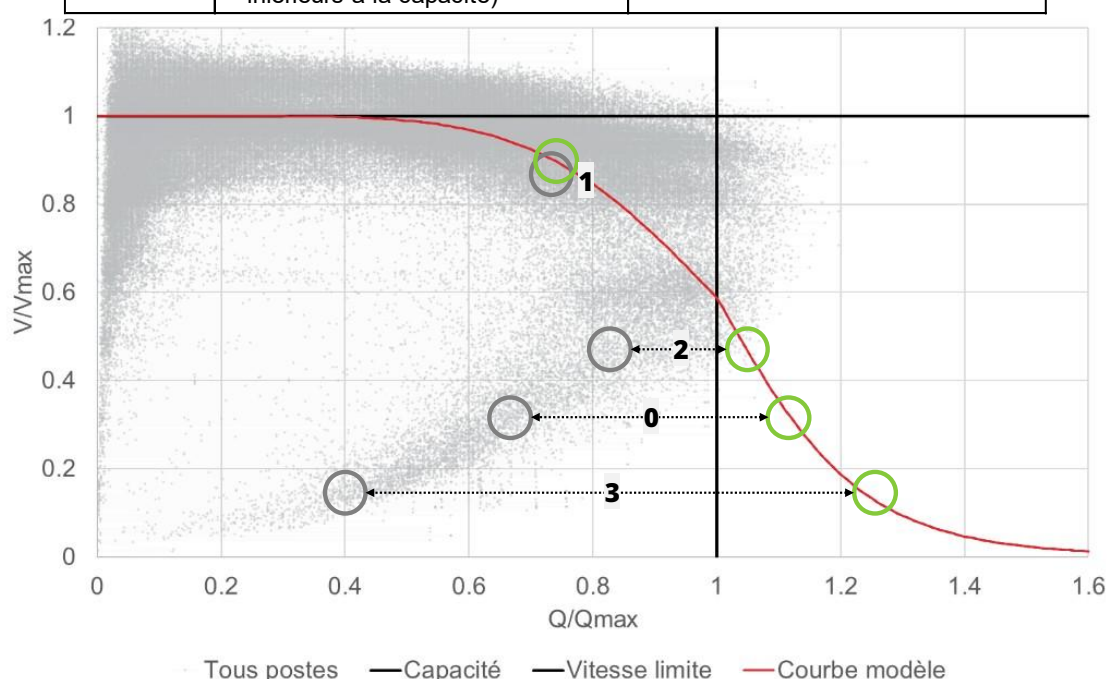


Figure 222 : Etat initial 0 en congestion et évolutions vers états 1, 2 ou 3

Dans tous les cas (1, 2 ou 3), les temps de parcours (ou vitesses) et leurs évolutions sont bien reproduites. Il en va de même pour les éventuels reports d'itinéraires ou de modes.

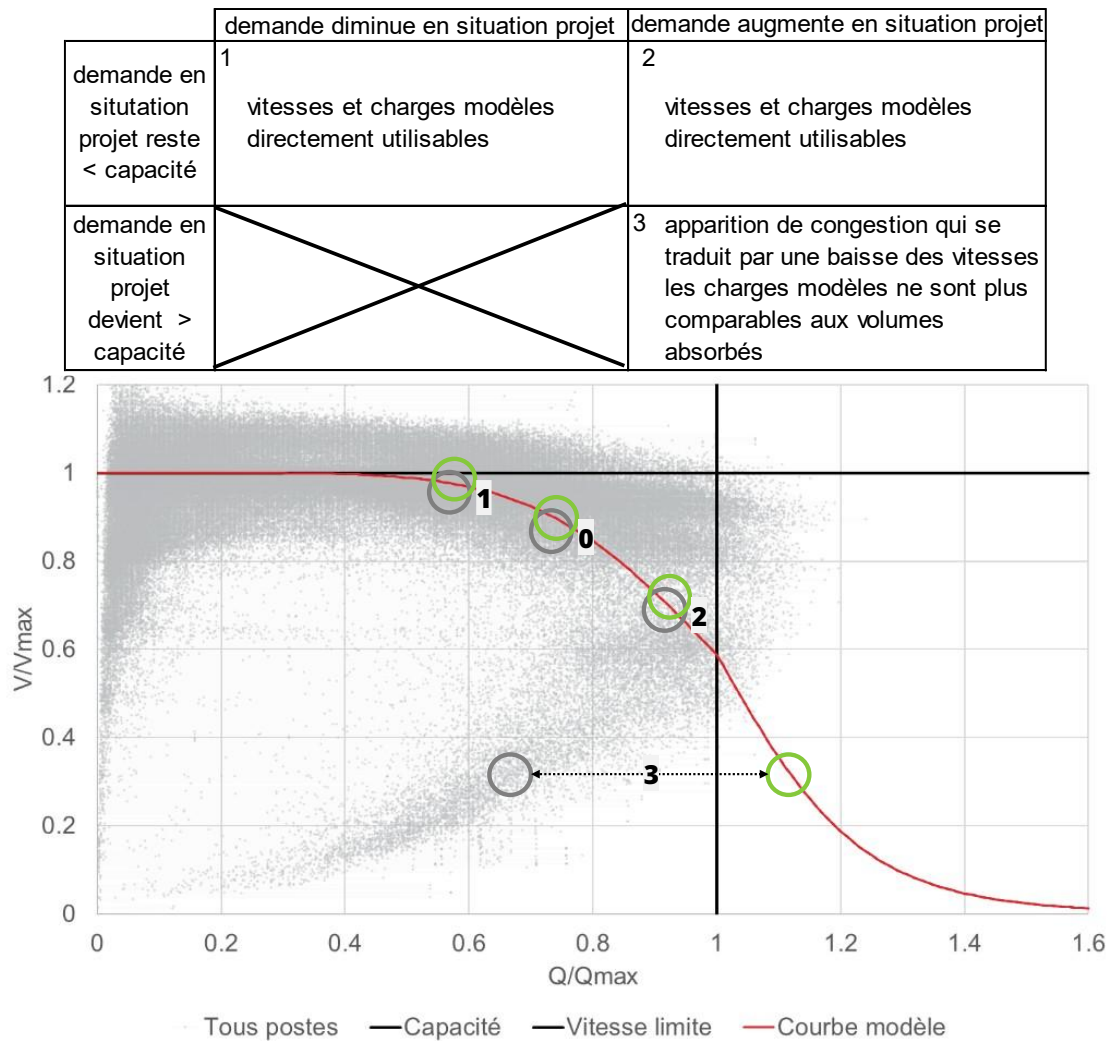
Dans le cas 2 et 3, le sens des évolutions de la charge modélisée et des flux absorbés (réalité attendue) est logiquement inverse.

Cas de figure où la situation de référence est non congestionnée

Le cas de figure où la situation de référence n'est pas congestionnée se traduit par des volumes absorbés (comptages ou « réalité ») inférieurs à la capacité et des vitesses élevées (partie haute du diagramme fondamental). Le modèle reproduit cette situation avec une demande inférieure à la capacité et donc des charges dans le modèle équivalentes aux volumes absorbés (comptages) et qui sont alors directement comparables.

Le tableau suivant montre les trois évolutions possibles du modèle à partir de cet état de départ et la traduction probable ou attendue dans la réalité. Chaque évolution est aussi

représentée dans le graphe faisant apparaître le diagramme fondamental et la courbe débit-vitesse biunivoque du modèle : en gris l'état « réel » et en vert l'état modélisé.



En conclusion

Le modèle reproduit la demande sur une période, calculée sur la base des temps de parcours. Les temps de parcours sont directement dépendant des vitesses et des effets de reports d'itinéraires. Les évolutions modélisée en terme de demande et de vitesses sont donc corrects et « directement » interprétables.

La comparaison entre demande et comptages n'est, quant à elle, pas directement réalisable dans les cas de figures correspondant à une situation de congestion.

Attention, par ailleurs, la présence d'axes ou secteurs congestionnés sur une période d'analyse impacte mécaniquement les secteurs non congestionnés en aval, par le principe de conservation des flux aux nœuds du modèle statique. Il convient donc de prendre cet effet aussi en compte lors d'analyses sur des secteurs hors congestion directement en aval de secteurs congestionnés. Moins les véhicules proviennent d'un secteur congestionné, moins cet effet est impactant.

11.3. Résultats d'affectation TC

11.3.1. Méthodes d'affectation TC

La procédure d'affectation TC retenue est celle selon les horaires. Cette procédure se compose de :

- Recherche des liaisons TC : à cette étape, PTV Visum cherche les liaisons TC les plus intéressantes et écarte les liaisons très longues ou avec beaucoup de correspondances (calcul des temps généralisés de recherche) ;
- Choix des liaisons pertinentes : une fois la recherche des liaisons terminée, les liaisons non pertinentes sont éliminées. Les liaisons TC passant d'un connecteur TC à un autre sans utilisation d'une ligne TC sont notamment écartées (cette situation est rencontrée quand deux zones sont connectées à la même zone d'arrêt TC, notamment en centre-ville) ;
- Évaluation des liaisons (calcul des temps généralisés perçus) ;
- Partage de la demande entre les différentes liaisons : Le partage de la demande entre les différentes liaisons est réalisé grâce au modèle de choix Kirchhoff.

Dans ce modèle, et de manière classique, les formules et paramètres des temps généralisés de recherche et perçus sont identiques.

Les coefficients pour ces temps généralisés sont indiqués dans la figure ci-dessous. Ces coefficients sont définis au moment du calage.

Temps généralisé de recherche =					
nbre	Coefficient	Attribut			
	1.00	Tps en véhicule	*	...Cout_temps	
+	1.00	Tps parcours TC-Aux	*	1.0	
+	2.00	Tps rabattement			
+	2.00	Tps accès dest.			
+	2.00	Tps marche à pied			
+	2.00	Tps attente corresp.			
+	15min	NbRuptures			
+	0.00	Temps généralisé du système de tra		Paramètres	
+	0.00	Temps généralisé du service		Paramètres	
Temps de déplacement perçu (TDP) =					
nbre	Coefficient	Attribut		BoxCox	Lambda
	1.00	Tps en véhicule	*	...Cout_temps	<input type="checkbox"/> 1.00
+	1.00	Tps parcours TC-Aux	*	1.0	<input type="checkbox"/> 1.00
+	2.00	Tps rabattement			<input type="checkbox"/> 1.00
+	2.00	Tps accès dest.			<input type="checkbox"/> 1.00
+	2.00	Tps marche à pied			<input type="checkbox"/> 1.00
+	2.00	Tps attente départ		Paramètres	<input type="checkbox"/> 1.00
+	2.00	Tps attente corresp.		Paramètres	<input type="checkbox"/> 1.00
+	15min	NbRuptures	*	Formule	<input type="checkbox"/> 1.00
+	0min	Nb changements Expl.		Paramètres	<input type="checkbox"/> 1.00
+	0.00	Temps généralisé avancé		Paramètres	<input type="checkbox"/> 1.00

Figure 224 : Temps généralisés de l'affectation TC

Le temps de 15 minutes devant le nombre de rupture est dans la marge haute, et représente une aversion notable pour les correspondances sur ce réseau : toute chose égale par ailleurs, une liaison possédant une correspondance doit être plus rapide de 15 minutes par rapport à la liaison directe pour être envisagée par l'utilisateur.

Un coefficient « Cout_temps » a été intégré sur les systèmes de transport qui vient pondérer le temps en véhicule. Il a pour but de reproduire les choix hiérarchiques des usagers : si sur

une OD deux systèmes de transport sont disponibles, même à temps de parcours égaux, ils ne seront pas empruntés dans les mêmes proportions.

Le tableau suivant présente les coefficients appliqués par systèmes de transport.

Code	Nom	Type	Cout_temps
A	TransGironde	TC	1.60
B	Bus	TC	1.40
BHNS	BHNS	TC	1.00
C	Car Express	TC	1.00
F	Ferry	TC	1.00
N	Navette	TC	1.00
T	Tram	TC	1.00
TR	Train	TC	1.60
U	Metro	TC	1.00

Figure 225 : Valeurs de l'attribut Cout_temps par système de transport

Il s'agit d'un redressement du temps perçu en véhicule. Par exemple, 10 minutes en bus seront perçues comme 14 minutes. Et donc la répartition entre deux liaisons de temps réel (fiches horaires) 10 minutes en tram et 10 minutes en bus sera réalisée sur la base de deux liaisons de temps effectifs 10 minutes pour le tram et 14 minutes pour le bus.

Ce coefficient n'a aucun impact sur une OD pour laquelle un seul système de transport est disponible, ni sur les calculs d'indicateurs du choix modal.

Les chapitres suivants présentent les données cibles de calage puis les résultats d'affectation des TC par période d'analyse.

11.3.2. Comptages TC

Les comptages TC servant à valider le niveau de calage obtenu sont issus de deux sources de données :

- L'enquête ODTC du réseau TMB ;
- Les comptages TER de la région.

Les comptages sont traités afin d'obtenir des chiffres cibles sur chaque période d'affectation.

Enquête ODTC

L'enquête a été réalisée en pleine crise sanitaire liée au Covid, ses résultats sont donc très nettement inférieurs aux niveaux habituels. Les dates de réalisation de l'enquête sont les suivantes :

- Du 18 septembre au 16 octobre 2020 (enquête interrompue par le confinement) ;
- Du 22 janvier au 5 février 2021 (dans le contexte d'un couvre-feu à partir de 18h).

De plus, l'enquête n'est réalisée que les mardis et jeudis en période de pointe du matin et du soir.

Plusieurs traitements sont réalisés afin d'obtenir des éléments de calage comparables au modèle :

- Un coefficient de redressement de 1.35 (valeur transmise par BxM) pour obtenir des valeurs correspondant à une situation post crise sanitaire ;
- Un coefficient de 2 (valeur transmise par BxM) pour obtenir des volumes journaliers (Jour = 2 x matin + 2 x soir).

Ces coefficients de redressement s'appliquent à l'ensemble de l'enquête et de manière lisse et uniforme sur toutes les lignes et tous les arrêts, ce qui n'est pas représentatif des variations et écarts importants entre les déplacements réalisés en période de pointe et période creuse. Cela sous-entend que les arrêts sont fréquentés de la même manière au cours de la journée et que les correspondances et longueurs de déplacement sont globalement constantes au cours de la journée.

De plus, le contexte sanitaire fait que l'enquête ODTC a été réalisée à un moment où les étudiants étaient quasiment tous en cours à distance et les déplacements pour le motif université est très probablement sous-estimé dans l'enquête.

Compte tenu de ce qui précède, les marges d'incertitude sur les résultats de cette enquête sont donc élevées (cf. rapport de la société TEST) ; tout comme les résultats de calage. Les résultats du modèle sont donc à interpréter avec précautions.

Comptages TER

Il s'agit de comptages de montées et descentes en gare pour les TER de la région Nouvelle-Aquitaine réalisés à l'automne 2021. Les comptages ne sont pas exhaustifs et ne visent pas à être représentatifs, cela signifie que certains trains (un même horaire journalier) ne sont jamais enquêtés et que d'autres le sont plusieurs fois.

Certains comptages présentant des incohérences sont exclus des analyses :

- Les montées à la première gare sont supérieures à l'occupation du train en sortie de cette même gare (en théorie ces deux valeurs doivent être égales) ;
- Le nombre de montées à la première gare est supérieur à 200% de la capacité du train.

Ces cas suspects ont été remontés à la région qui a refait un traitement partiel et préconisé d'exclure les cas restants.

Afin d'éviter des sur-représentations de trains enquêtés en période de pointe (ou respectivement une sous-représentation de trains faiblement enquêtés en période de pointe) un redressement par plages horaires est réalisé.

Par exemple, si sur une ligne seuls 8 trains sur 10 sont enquêtés sur la journée, la fréquentation globale n'est la somme des 8 trains multipliée par le coefficient 1.25. Les

comptages sont décomposés par plages horaires et la fréquentation de la journée sera la somme des plages :

- Le matin, 4 trains sur 4 sont enquêtés : fréquentation de la plage = somme des trains enquêtés de la plage x 1 ;
- En période creuse, 1 train sur 2 est enquêté : fréquentation de la plage = somme des trains enquêtés de la plage x 2 ;
- Le soir, 3 trains sur 4 sont enquêtés : fréquentation de la plage = somme des trains enquêtés de la plage x 1.33.

Les valeurs des comptages présentés par la suite tiennent compte des traitements et redressements cités ci-dessus.

Cas des scolaires dans les autocars TNA

Les autocars TNA importés dans le modèle n'incluent pas l'offre scolaire dédiées aux collégiens et lycéens avec des horaires et itinéraires spécifiques orientées sur des liaisons entre villages et établissements scolaires selon les cartes de scolarités et horaires de classes.

L'analyse des résultats d'affectation sur les autocars ont montré que 75% de la fréquentation globale résultante était le fait des scolaires. Or, les données à disposition de la région indique que 10% des voyageurs sur les Cars Express sont scolaires quand ce taux monte à 51% sur certaines lignes interurbaines classiques.

De plus, les besoins d'utilisation du modèle pour la Région, et donc pour les résultats d'affectation TC sur les Autocars ne couvre que les TC interurbains et non les circuits scolaires qui sont conçus en fonction des demandes de prise en charge.

Les déplacements TC scolaires réalisés sur des OD couvertes par des Autocars sont retirés des affectations et donc des analyses. Il faudra prendre ce fait en compte dans les résultats affichés par le modèle sur les autocars.

11.3.3. Affectation TC PPM

L'affectation du matin se fait à la période de pointe retenue (7h - 9h). Ce chapitre présente les résultats de l'affectation TC à la PPM.

Fréquentations par systèmes de transport

Les résultats d'affectation TC à la PPM présentent une bonne reproduction des fréquentations par systèmes de transport et des hiérarchies avec une majorité des voyages réalisés sur le tram.

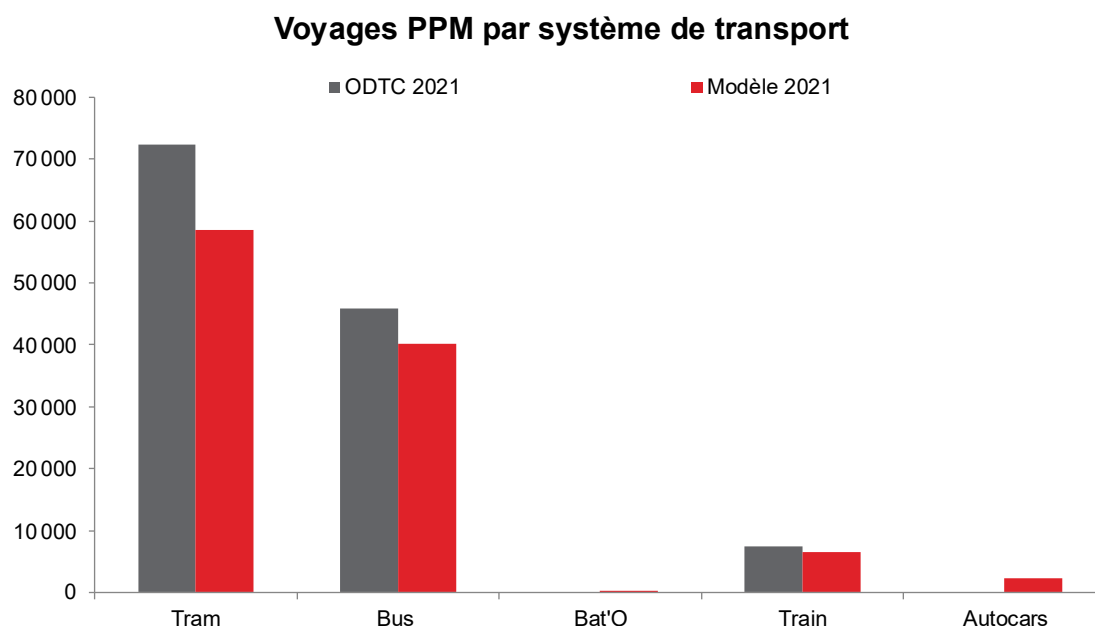


Figure 226 : Voyages TC par systèmes de transport, 2021 PPM

Il est à noter que la fréquentation des autocars est sans les scolaires du secondaire.

Fréquentation par lignes

Les tendances de l'enquête sont bien reproduites à l'échelle des lignes.

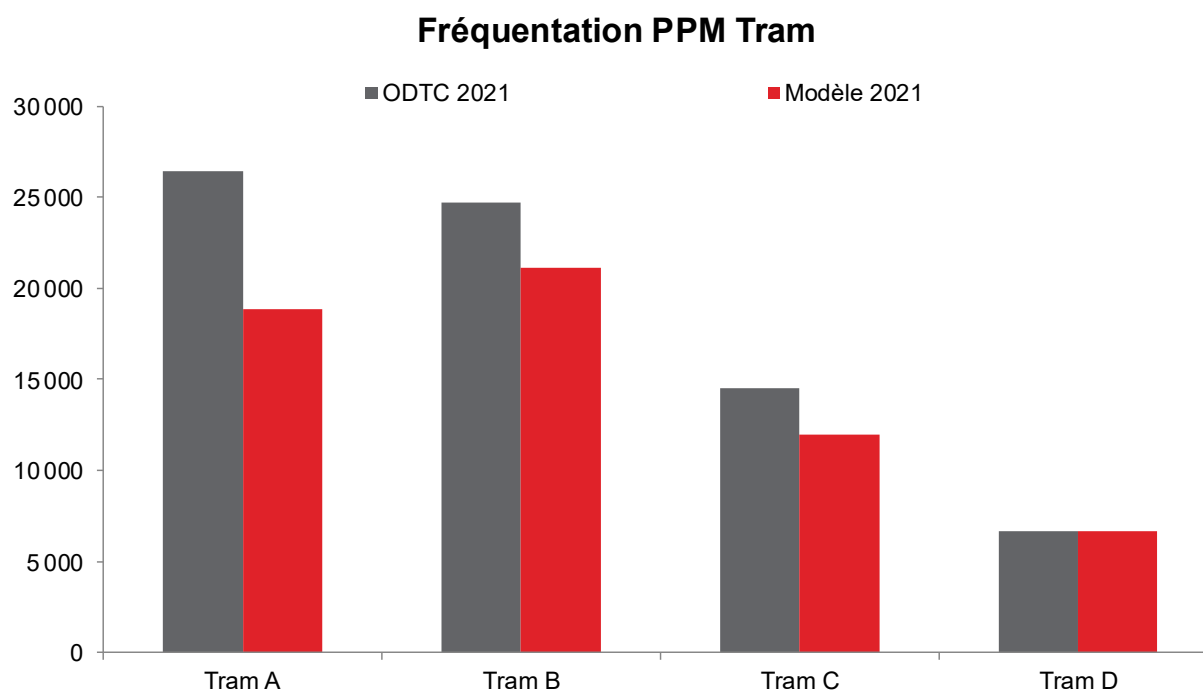


Figure 227 : Voyages TC des trams, 2021 PPM

Fréquentation PPM Bus Lianes

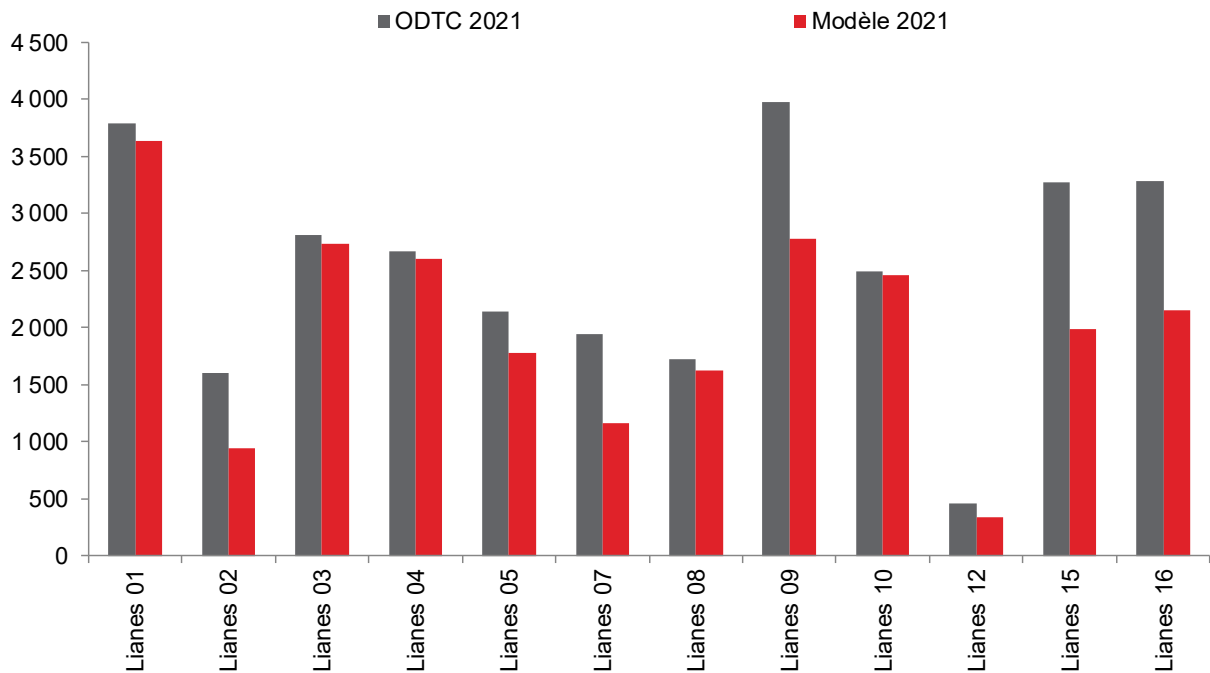


Figure 228 : Voyages TC des bus lianes, 2021 PPM

Fréquentation PPM Bus Principales et Corol

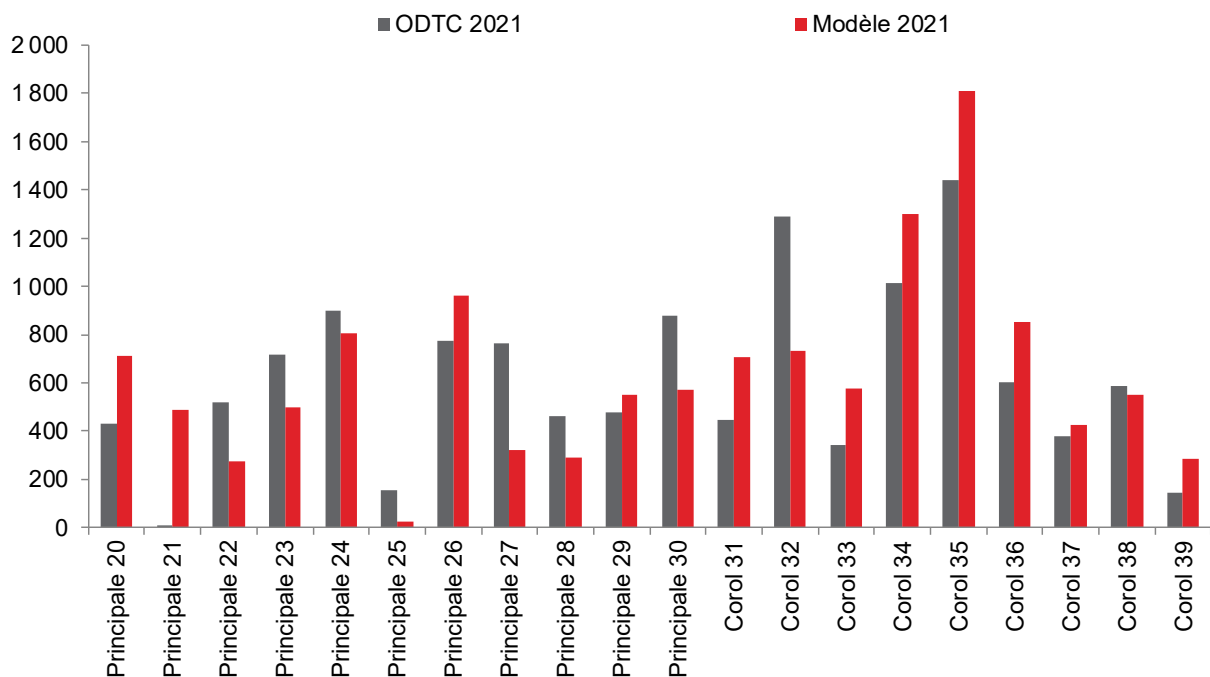


Figure 229 : Voyages TC des bus Corol, 2021 PPM

Les principaux écarts à la hausse sur les lignes Corol sont liés aux voyages réalisés par les étudiants, comme le montre le graphe suivant issu d'une analyse réalisée avec une version antérieure du modèle (d'où des écarts entre le graphe suivant et précédent pour la colonne « Modèle 2021 »).

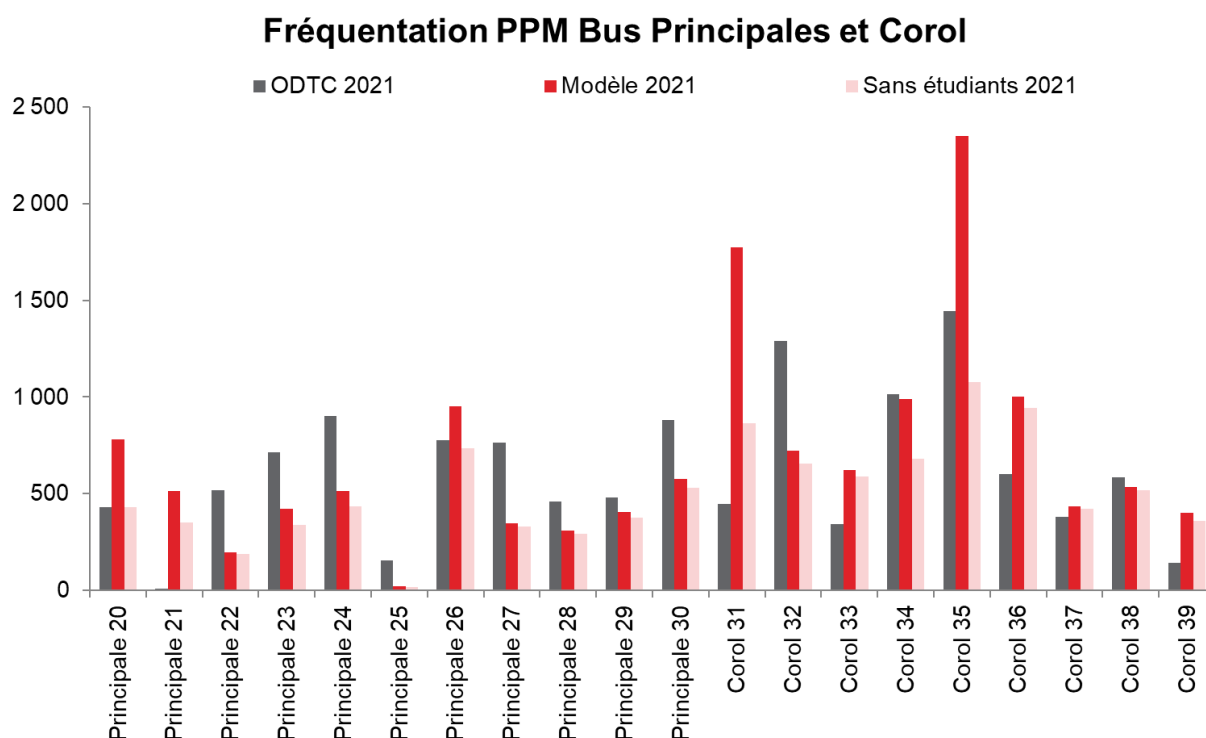


Figure 230 : Voyages TC des bus Corol, 2021 PPM, avec et sans étudiants (source : version antérieure)

Correspondances

Le modèle reproduit relativement bien les tendances de l'ODTC en termes de correspondances entre systèmes de transport, avec des correspondances majoritairement réalisées en lien avec le tram.

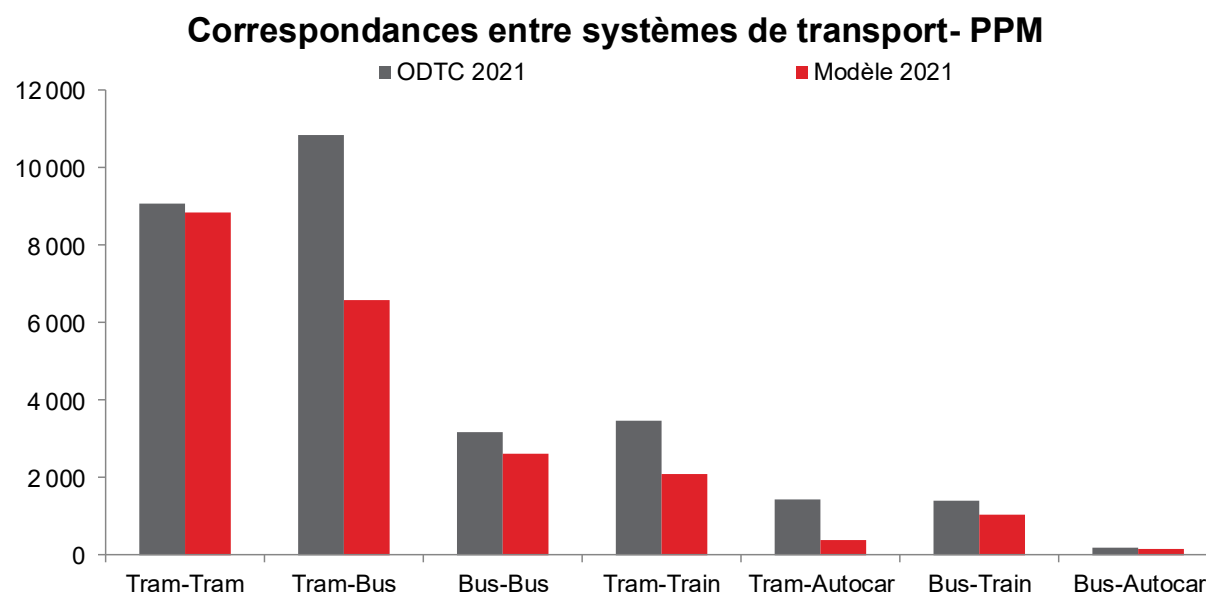


Figure 231 : Correspondances TC entre systèmes de transport, 2021 PPM

De même, le MMM33 reproduit bien les principaux pôles d'échange.

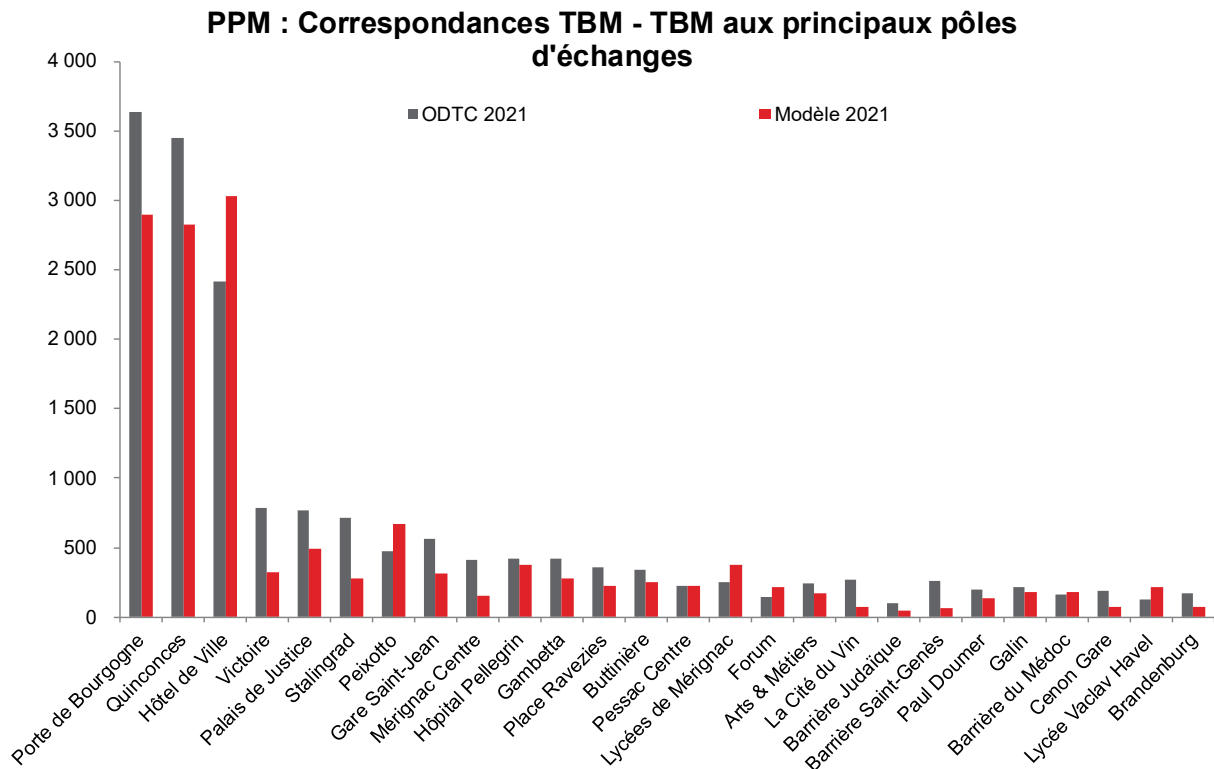


Figure 232 : Correspondances TC aux principaux pôles d'échange, 2021 PPM

Montées et descentes aux arrêts

Les hiérarchies des arrêts sont bien reproduites telles qu'elles apparaissent dans l'ODTC, aussi bien pour les trams que pour les bus.

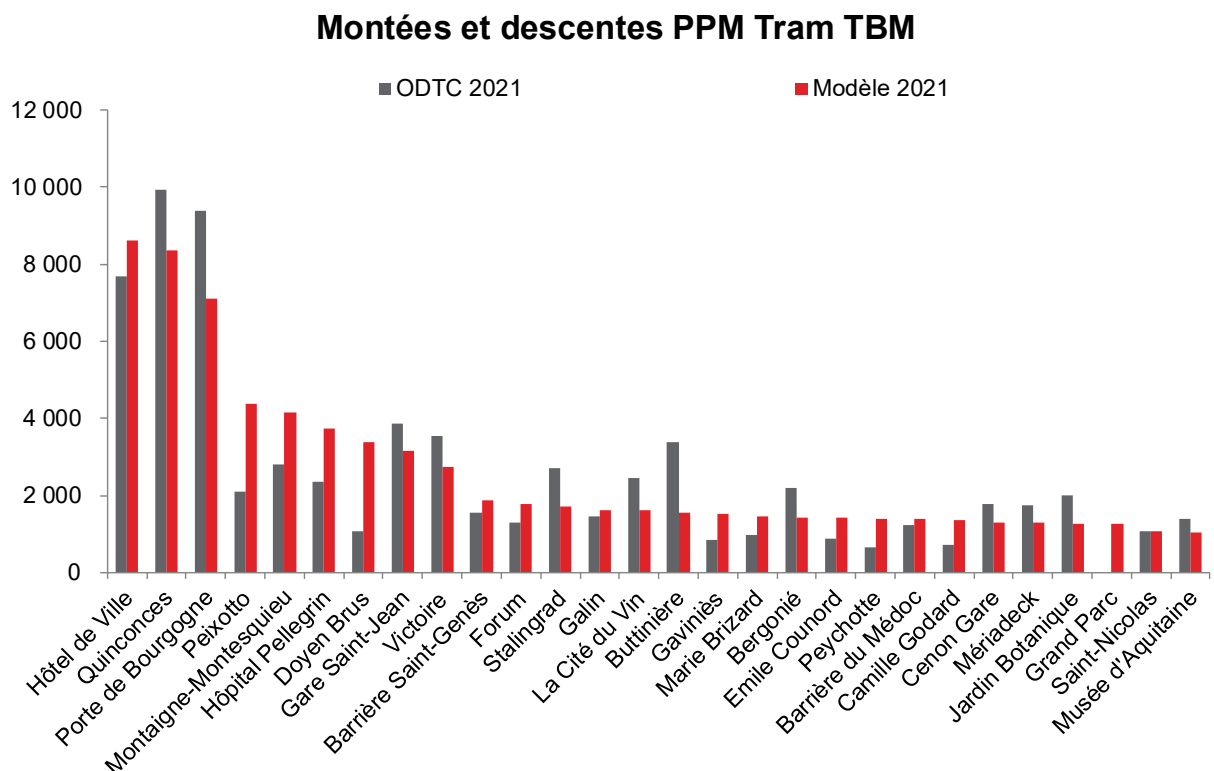


Figure 233 : Montées et descentes Tram aux principaux pôles d'échange, 2021 PPM

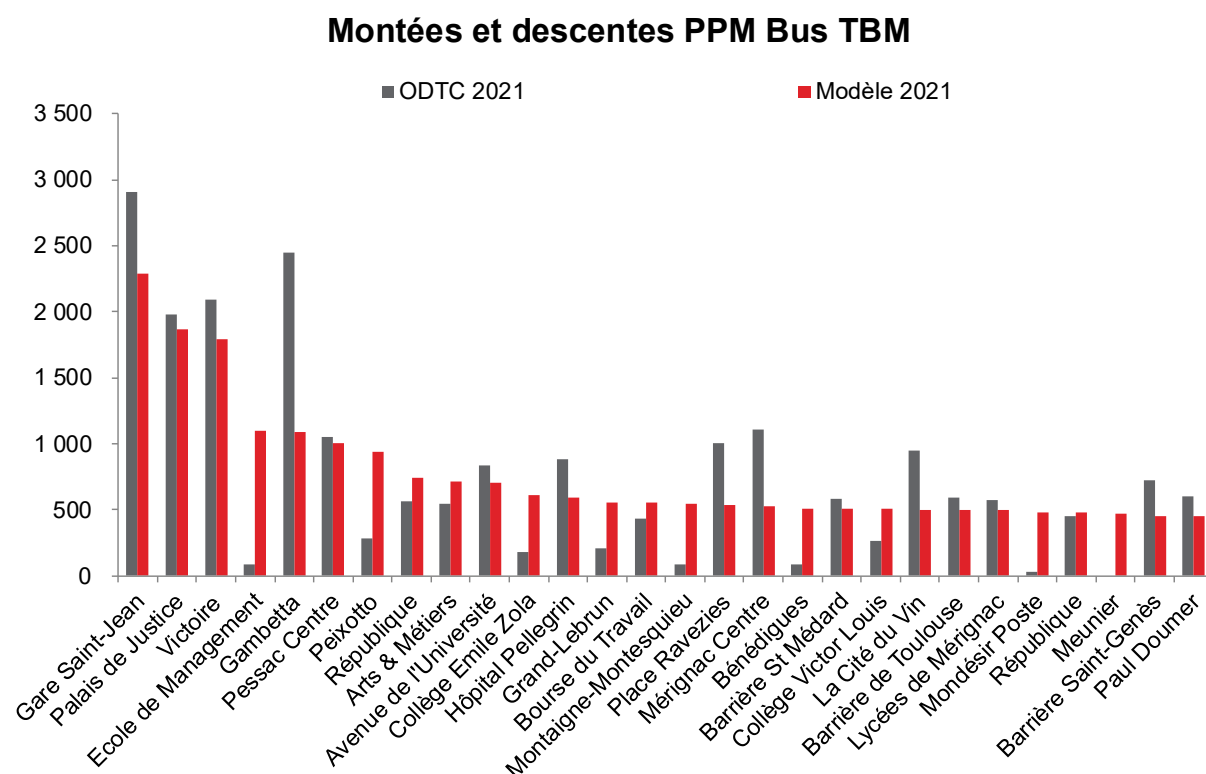


Figure 234 : Montées et descentes Bus aux principaux pôles d'échange, 2021 PPM

Les principaux écarts à la hausse, sont une nouvelle fois liés aux étudiants comme le montre les graphes suivants issus d'une analyse réalisée avec une version antérieure du modèle (d'où des écarts entre le graphe suivant et précédent pour la colonne « Modèle 2021 »).

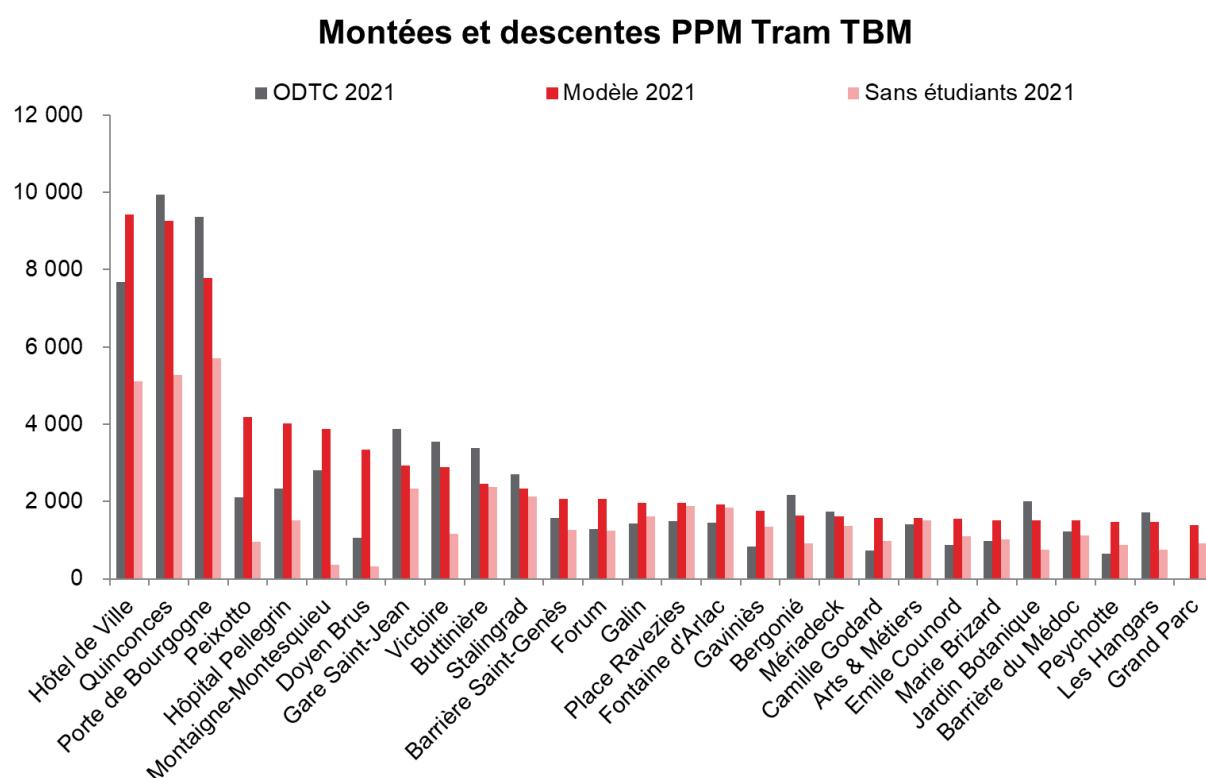


Figure 235 : Montées et descentes Tram aux principaux pôles d'échange, 2021 PPM avec et sans étudiants (source : version antérieure)

Montées et descentes PPM Bus TBM

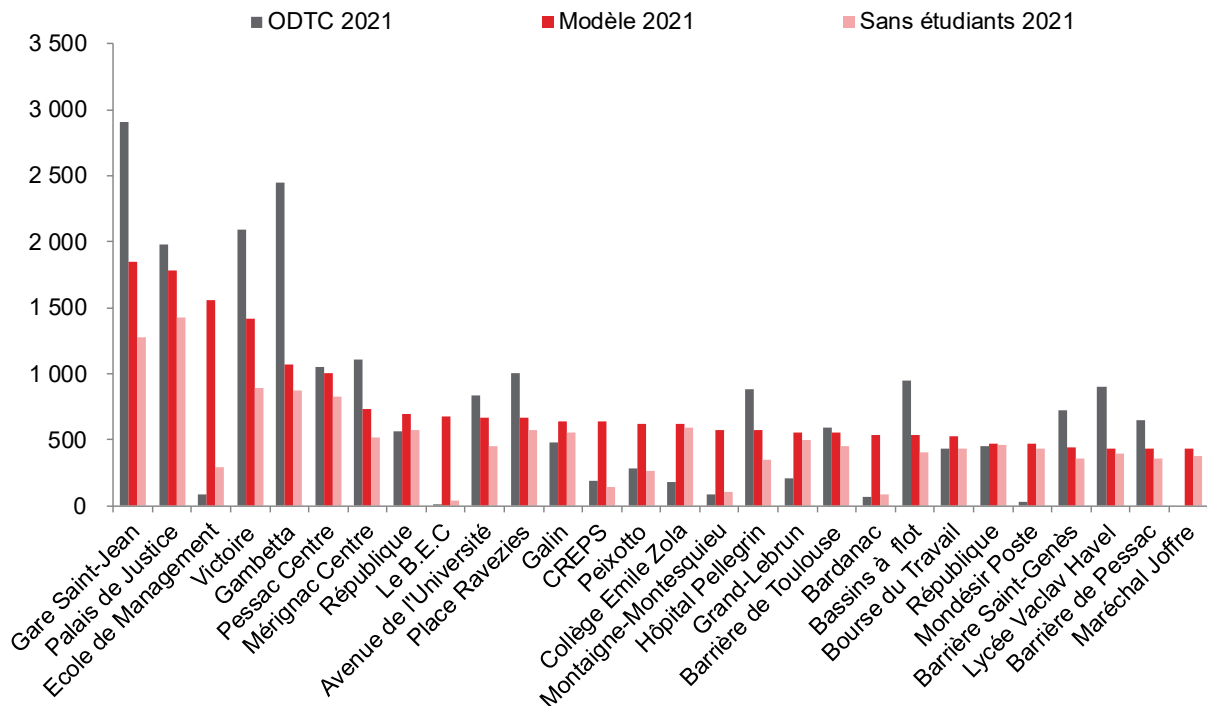


Figure 236 : Montées et descentes Bus aux principaux pôles d'échange, 2021 PPM avec et sans étudiants (source : version antérieure)

Les hiérarchies des montées et descentes en gare TER sont bien reproduites telles qu'elles apparaissent dans les comptages. Un manque apparaît en gare Saint-Jean, qui semble provenir d'un manque dans la matrice d'échange, étant donnée qu'aucune autre sous-estimation est notable sur les autres gares du périmètre.

Montées et descentes PPM TER Région

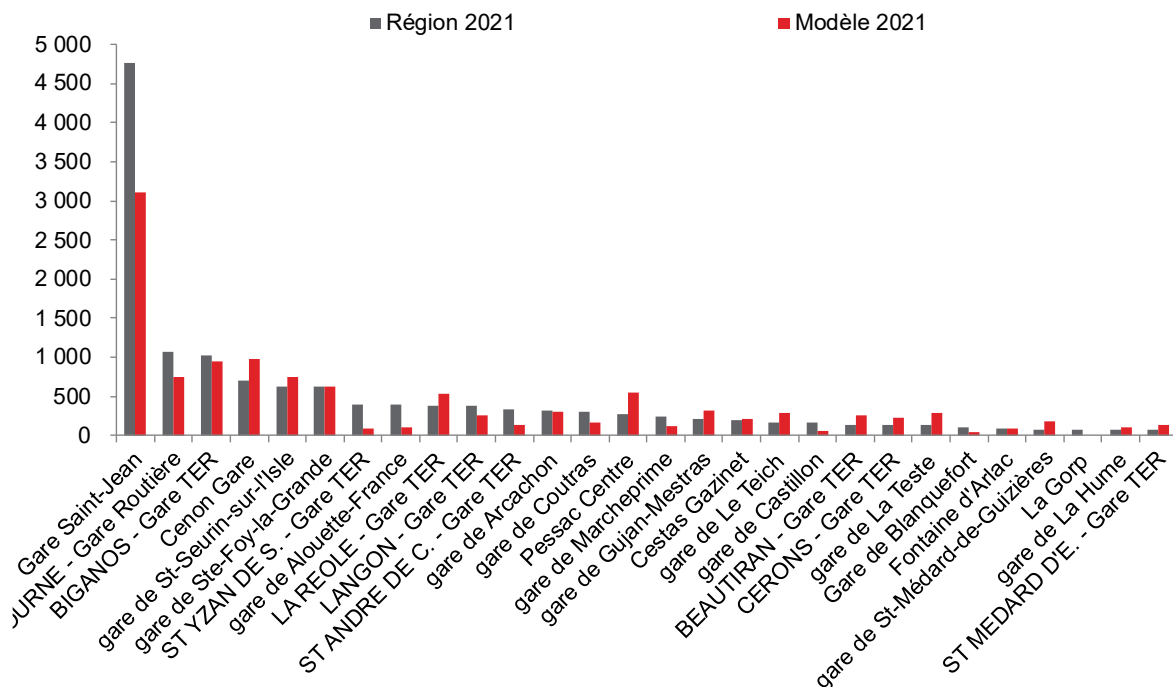


Figure 237 : Montées et descentes TER aux gares de la Gironde, 2021 PPM

11.3.4. Affectation TC PPS

L'affectation du soir se fait à la période de pointe retenue (16h - 19h) . Ce chapitre présente les résultats de l'affectation TC à la PPS.

Fréquentations par systèmes de transport

Les résultats d'affectation TC à la PPS présentent une bonne reproduction des fréquentations par systèmes de transport et des hiérarchies avec une majorité des voyages réalisés sur le tram.

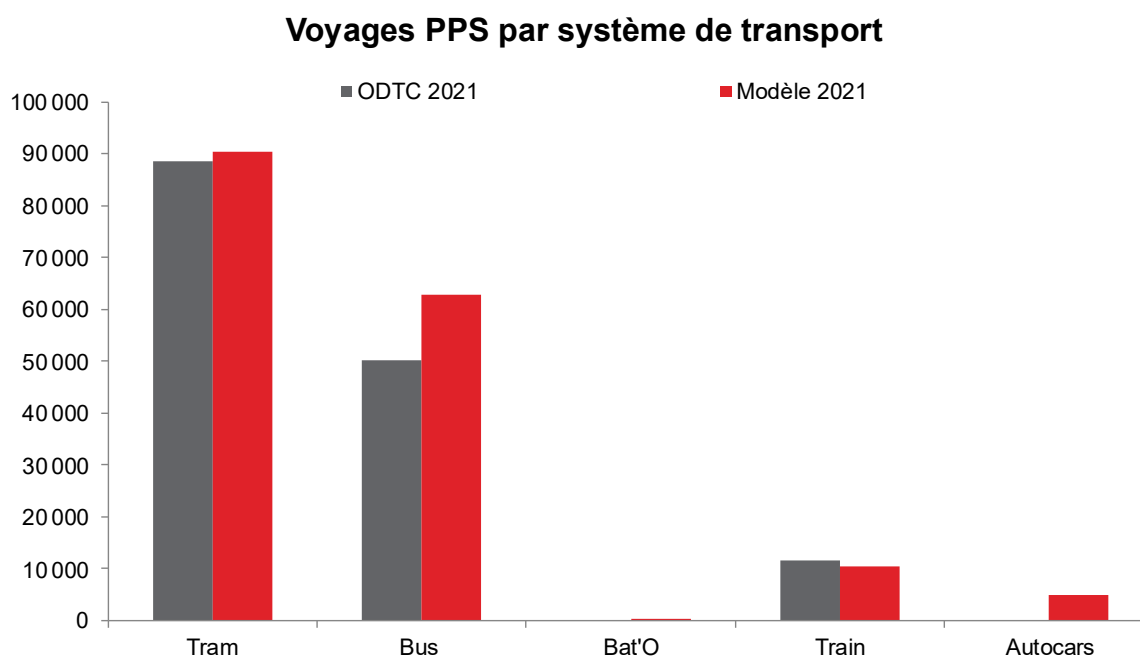


Figure 238 : Voyages TC par systèmes de transport, 2021 PPS

Il est à noter que la fréquentation des autocars est sans les scolaires du secondaire.

Fréquentation par lignes

Les tendances de l'enquête sont bien reproduites à l'échelle des lignes.

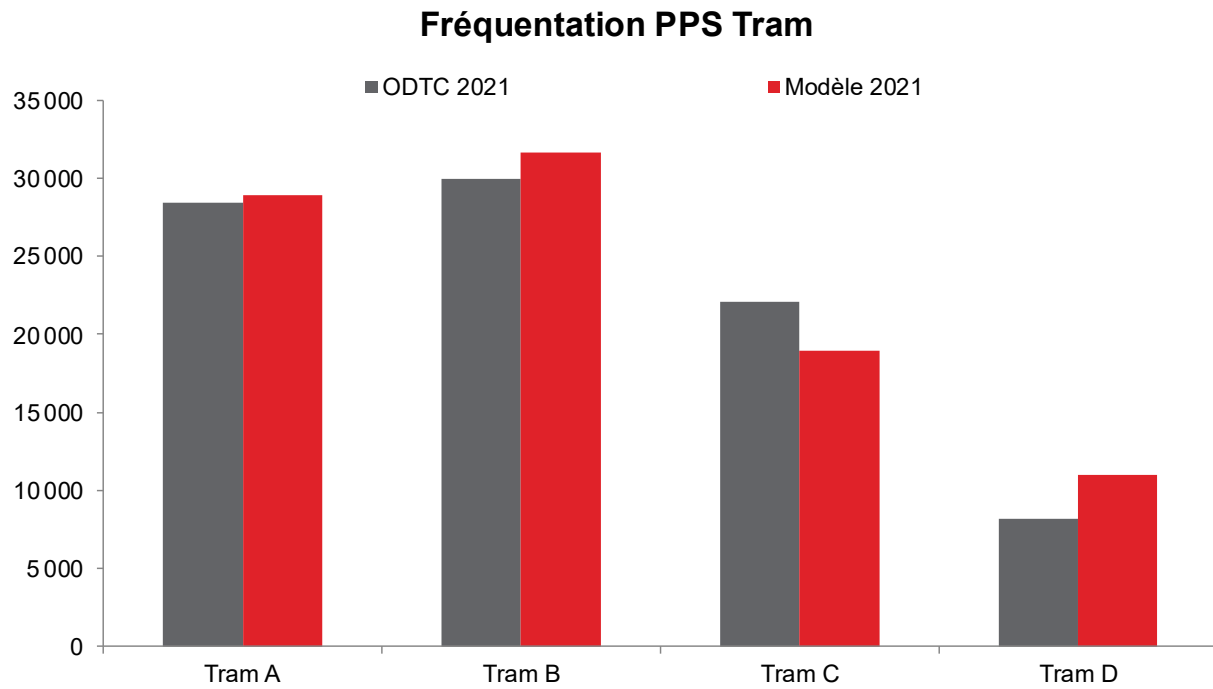


Figure 239 : Voyages TC des trams, 2021 PPS

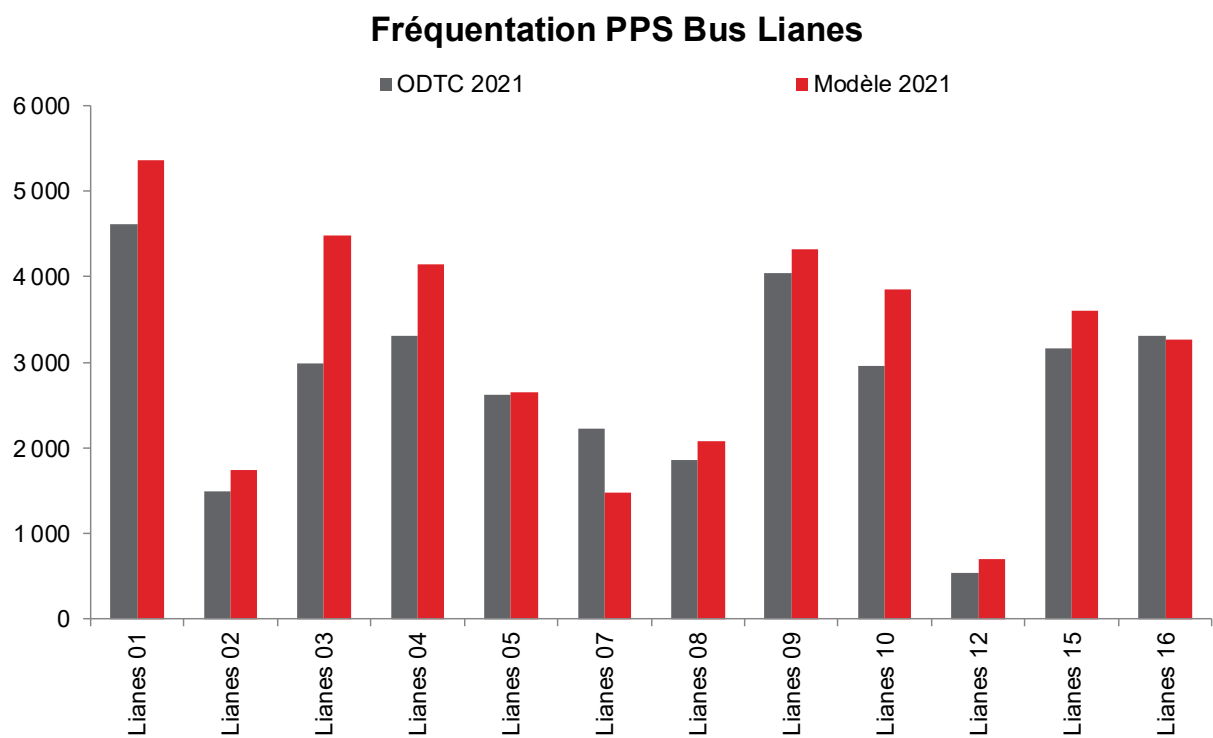


Figure 240 : Voyages TC des bus lianes, 2021 PPS

Fréquentation PPS Bus Principales et Corol

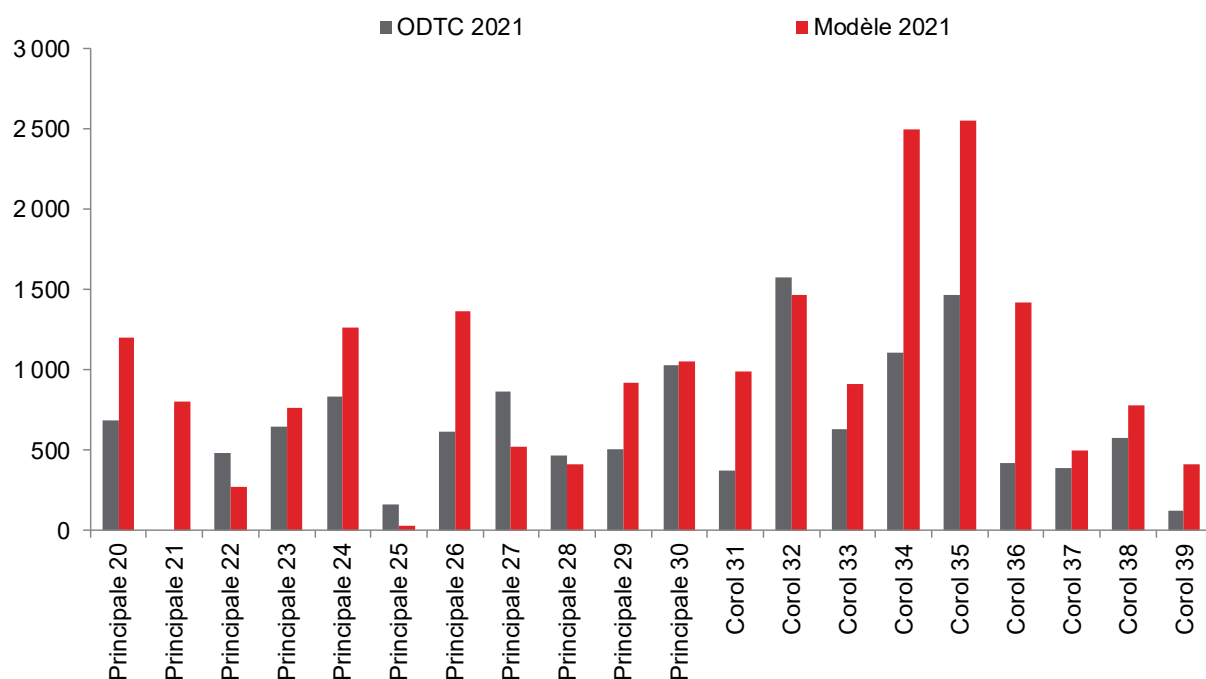


Figure 241 : Voyages TC des bus Corol, 2021 PPS

Tout comme à la PPM, les principaux écarts à la hausse sur les lignes Corol sont liés aux étudiants sont liés aux voyages réalisés par les étudiants, comme le montre le graphe suivant issu d'une analyse réalisée avec une version antérieure du modèle (d'où des écarts entre le graphe suivant et précédent pour la colonne « Modèle 2021 »).

Fréquentation PPS Bus Principales et Corol

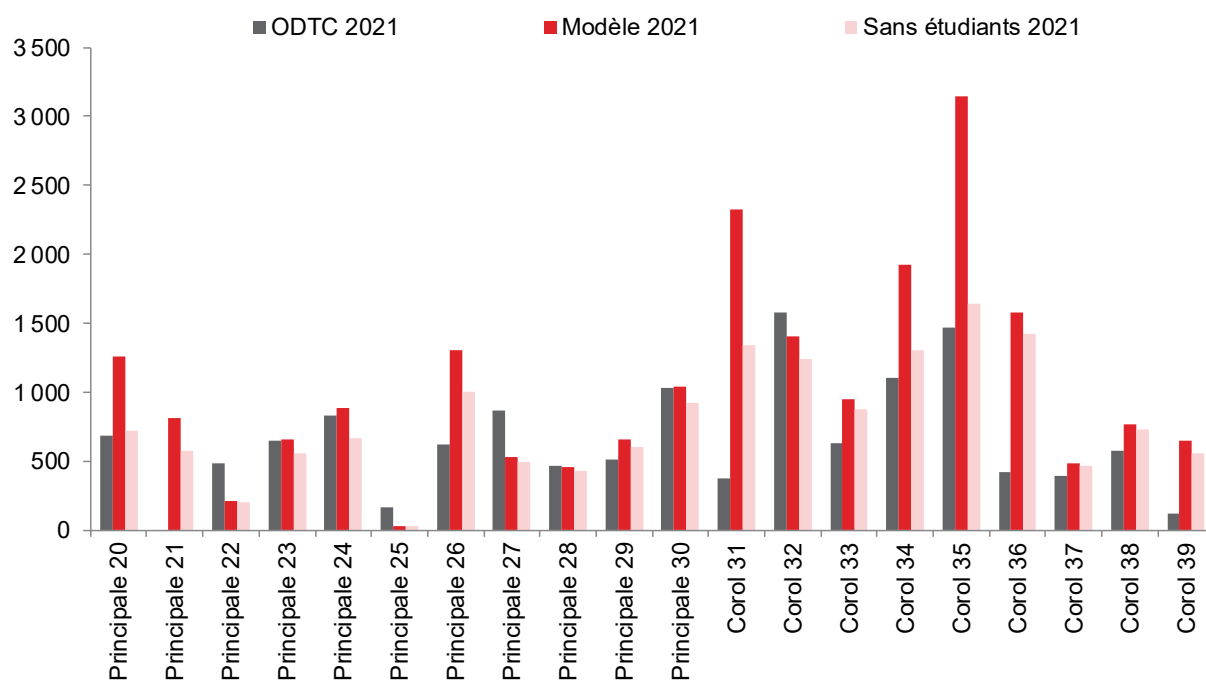


Figure 242 : Voyages TC des bus Corol, 2021 PPS, avec et sans étudiants (source : version antérieure)

Correspondances

Le modèle reproduit relativement bien les tendances de l'ODTC en termes de correspondances entre systèmes de transport, avec des correspondances majoritairement réalisées en lien avec le tram.

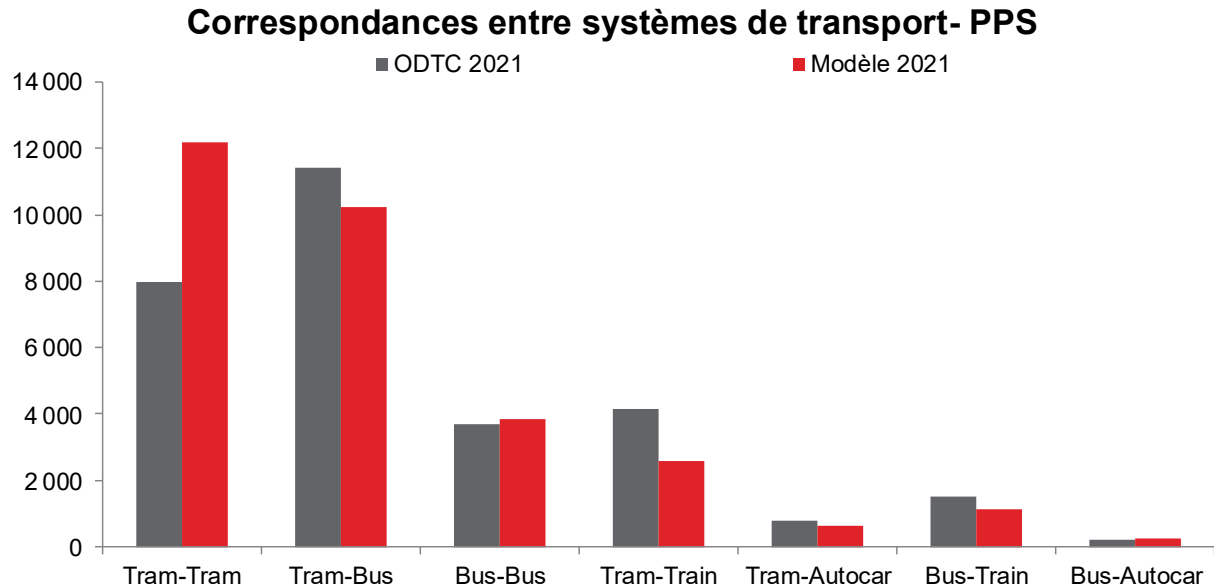


Figure 243 : Correspondances TC entre systèmes de transport, 2021 PPS

De même, le MMM33 reproduit bien les principaux pôles d'échange.

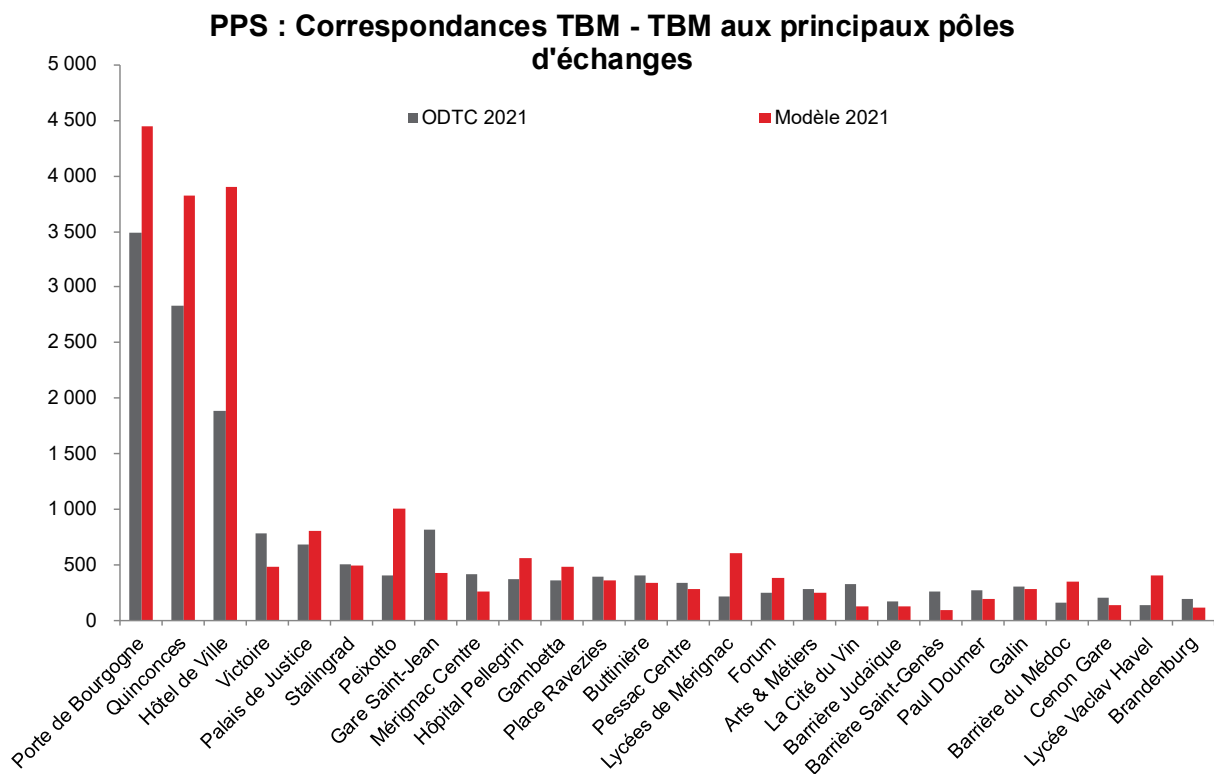


Figure 244 : Correspondances TC aux principaux pôles d'échange, 2021 PPS

Montées et descentes aux arrêts

Les hiérarchies des arrêts sont bien reproduites telles qu'elles apparaissent dans l'ODTC, aussi bien pour les trams que pour les bus.

Montées et descentes PPS Tram TBM

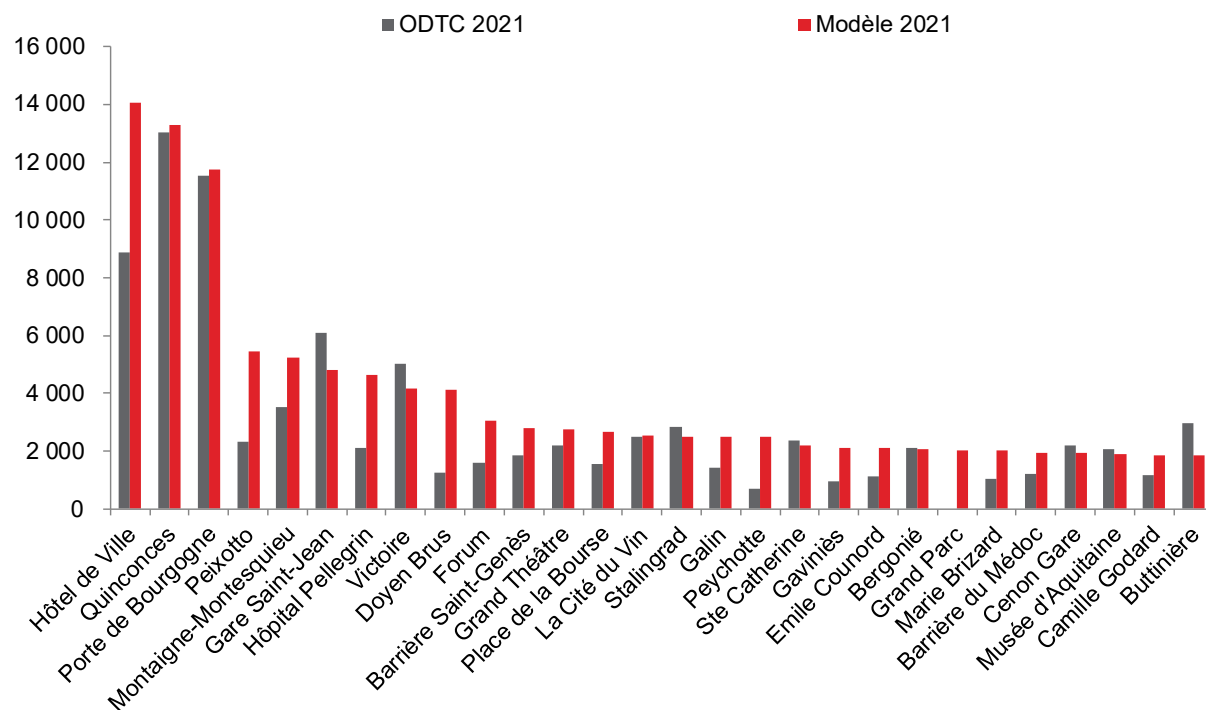


Figure 245 : Montées et descentes Tram aux principaux pôles d'échange, 2021 PPS

Montées et descentes PPS Bus TBM

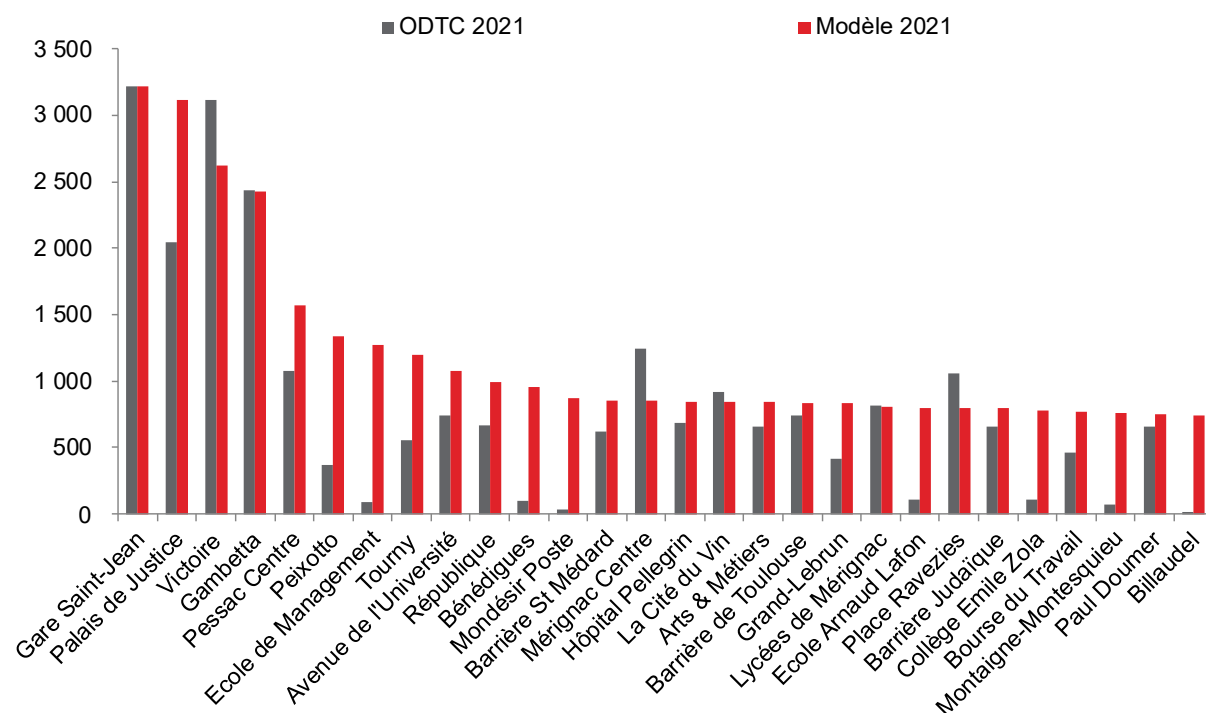


Figure 246 : Montées et descentes Bus aux principaux pôles d'échange, 2021 PPS

Les principaux écarts à la hausse, sont une nouvelle fois liés aux étudiants comme le montre les graphes suivants issus d'une analyse réalisée avec une version antérieure du modèle (d'où des écarts entre le graphe suivant et précédent pour la colonne « Modèle 2021 »).

Montées et descentes PPS Tram TBM

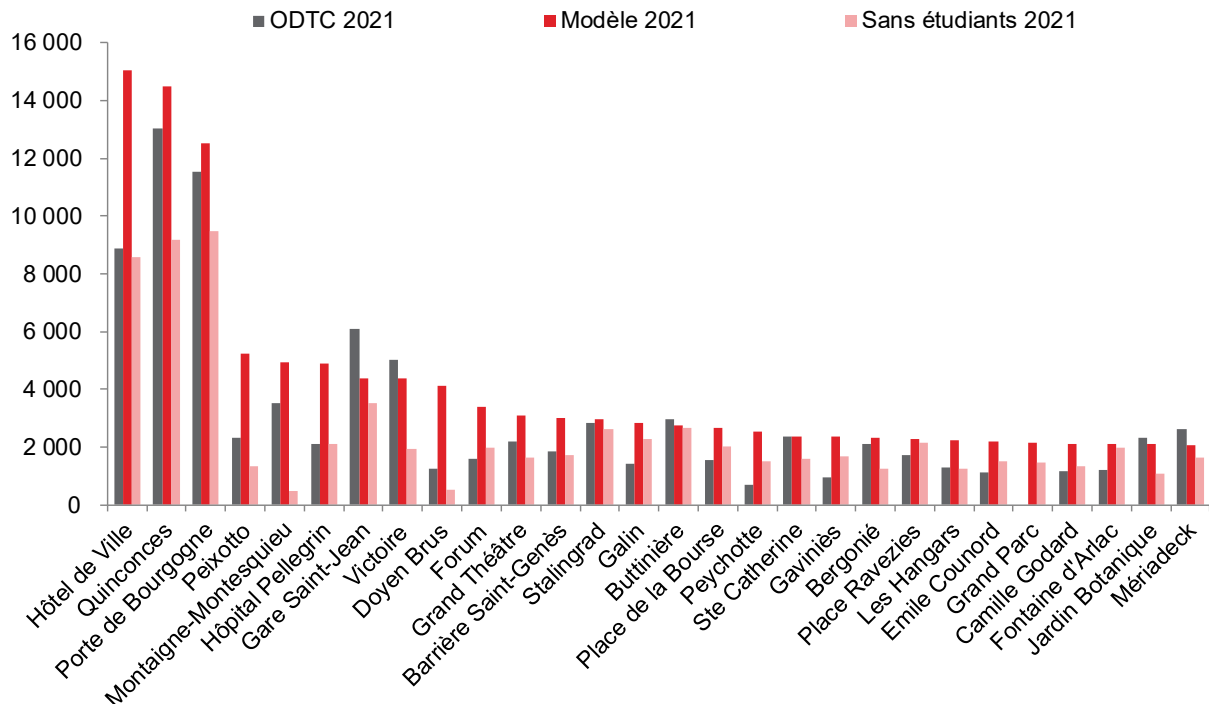


Figure 247 : Montées et descentes Tram aux principaux pôles d'échange, 2021 PPS avec et sans étudiants (source : version antérieure)

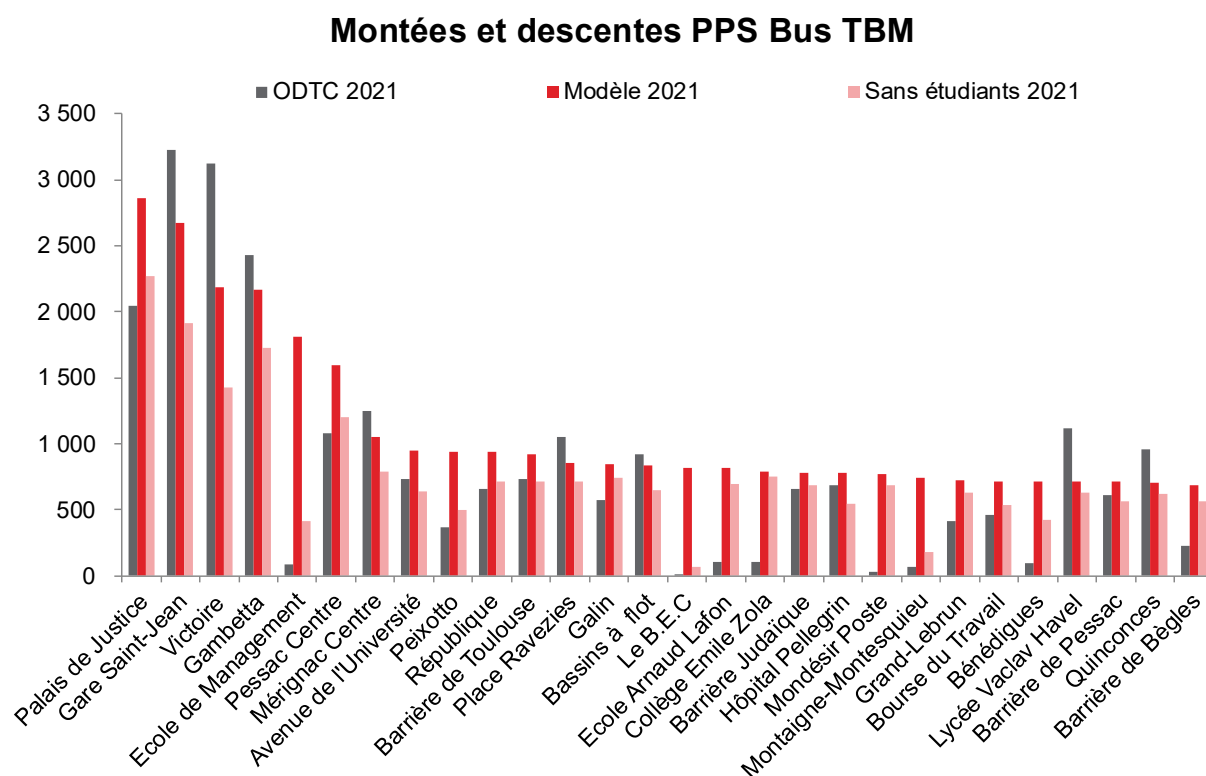


Figure 248 : Montées et descentes Bus aux principaux pôles d'échange, 2021 PPS avec et sans étudiants
(source : version antérieure)

Les hiérarchies des montées et descentes en gare TER sont bien reproduites telles qu'elles apparaissent dans les comptages. Un manque apparaît en gare Saint-Jean, qui semble provenir d'un manque dans la matrice d'échange, étant donnée qu'aucune autre sous-estimation est notable sur les autres gares du périmètre. Les résultats sont similaires à la PPM.

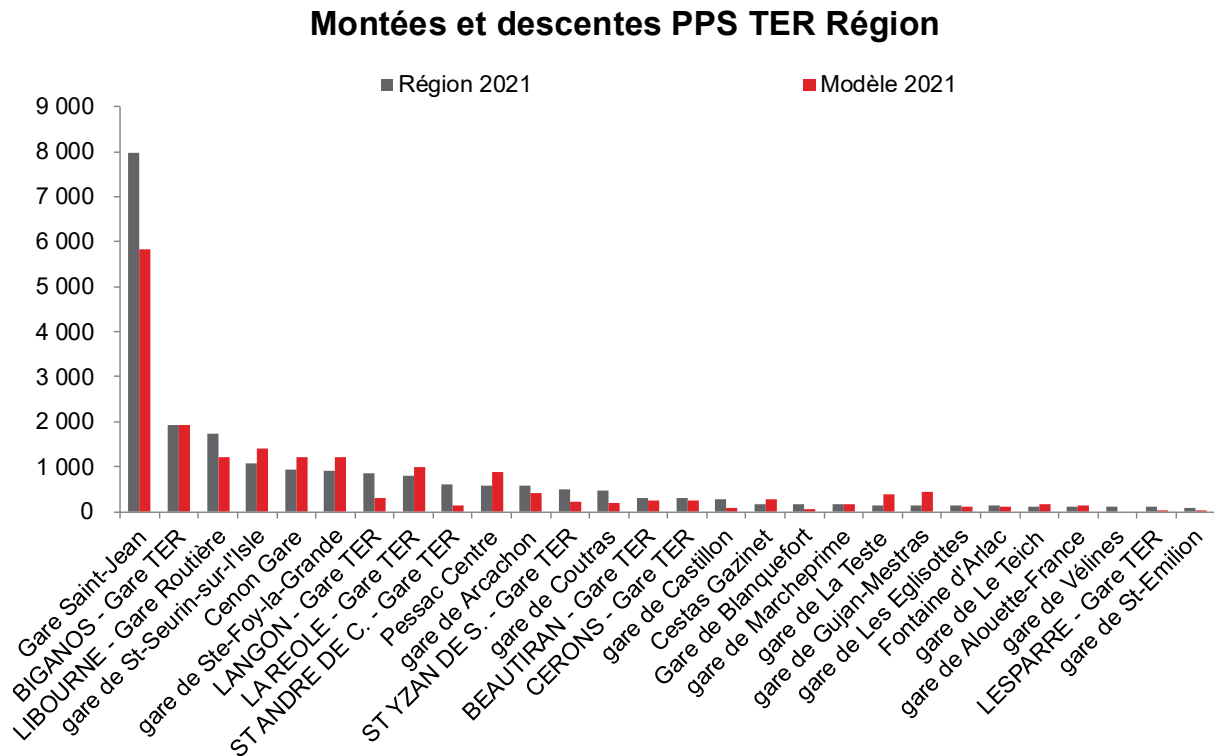


Figure 249 : Montées et descentes TER aux gares de la Gironde, 2021 PPS

11.3.5. Affectation TC JOUR

L'affectation jour se fait à l'ensemble de la journée (0h - 24h) . Ce chapitre présente les résultats de l'affectation TC à la journée.

Fréquentations par systèmes de transport

Les résultats d'affectation TC à la journée présentent une bonne reproduction des fréquentations par systèmes de transport et des hiérarchies avec une majorité des voyages réalisés sur le tram.

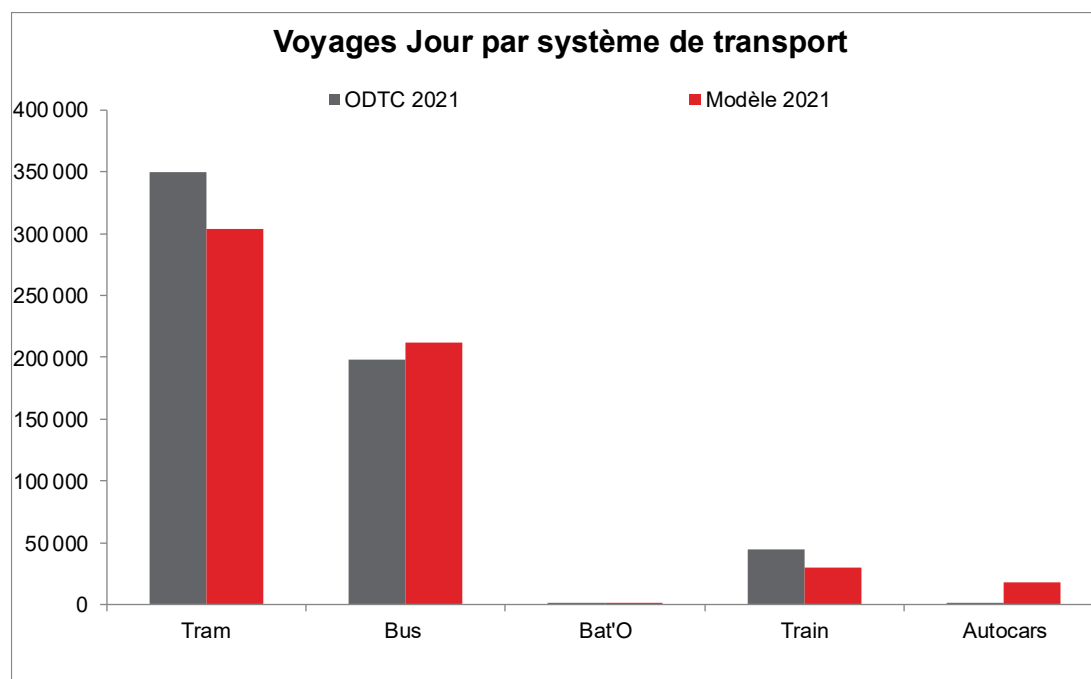


Figure 250 : Voyages TC par systèmes de transport, 2021 Jour

Il est à noter que la fréquentation des autocars est sans les scolaires du secondaire.

Fréquentation par lignes

Les tendances de l'enquête sont bien reproduites à l'échelle des lignes.

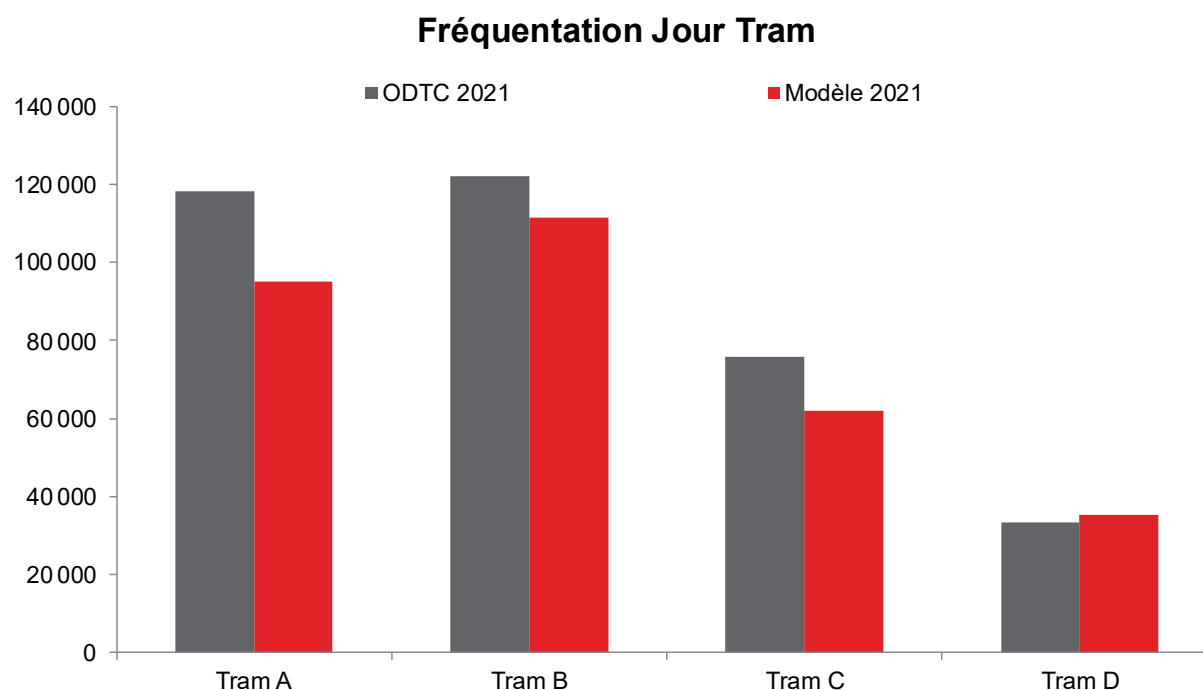


Figure 251 : Voyages TC des trams, 2021 Jour

Fréquentation Jour Bus Lianes

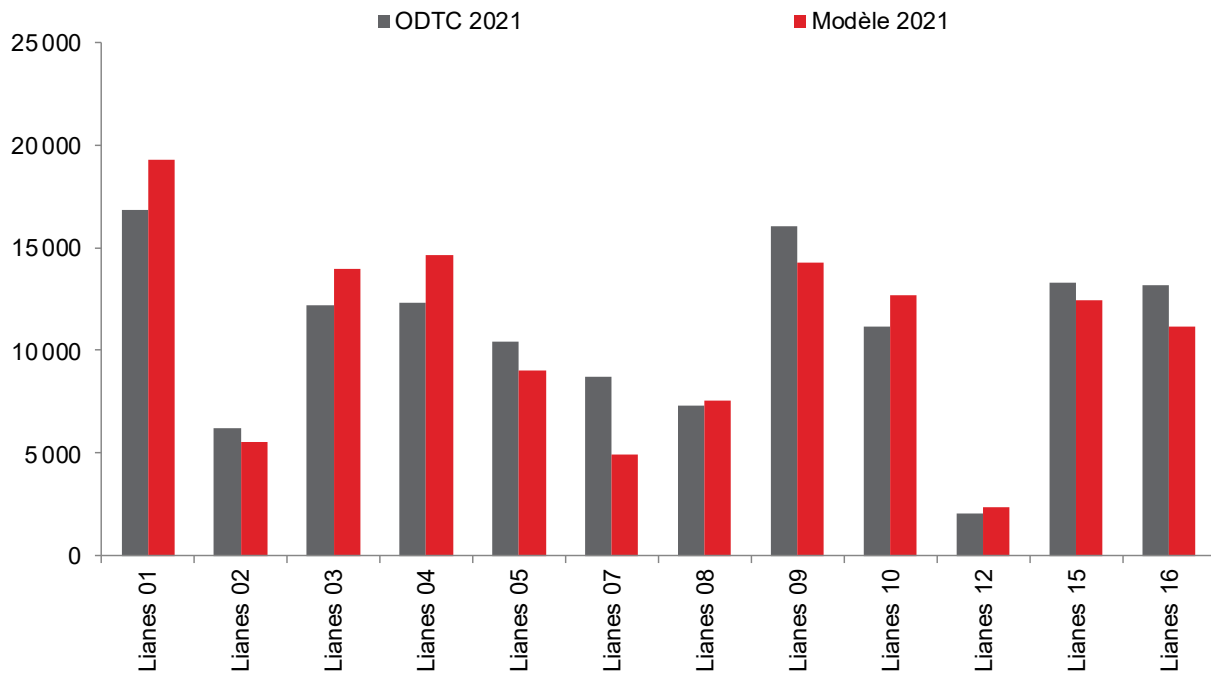


Figure 252 : Voyages TC des bus lianes, 2021 Jour

Fréquentation Jour Bus Principales et Corol

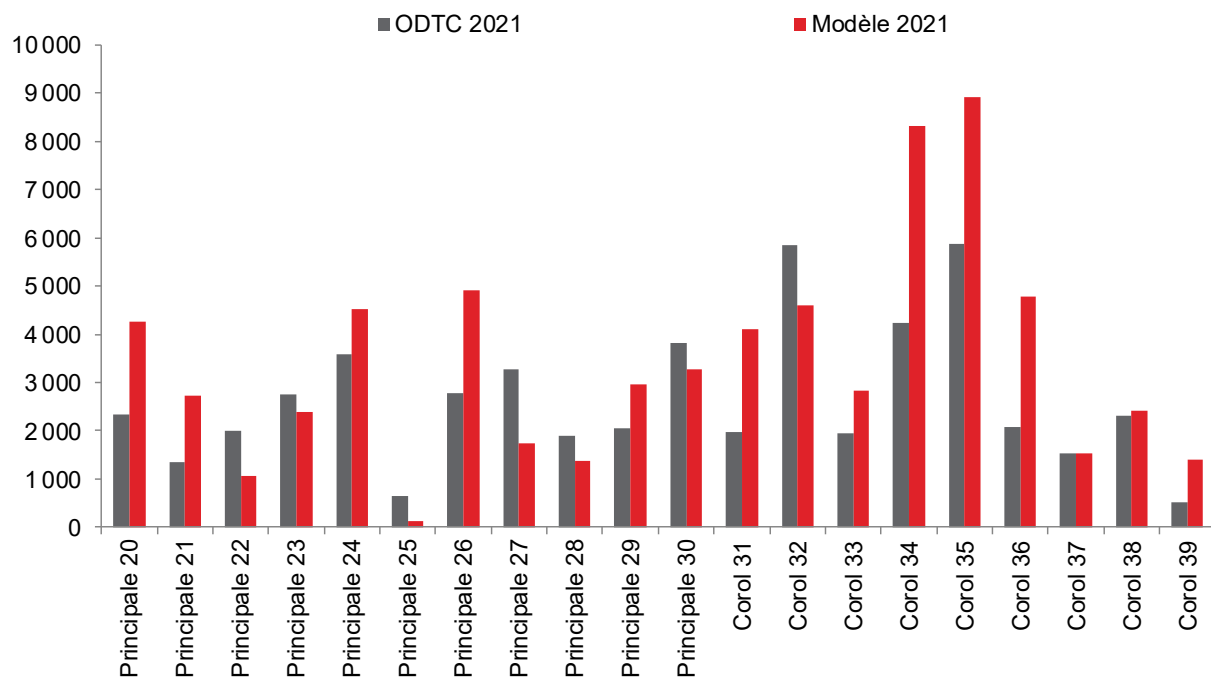


Figure 253 : Voyages TC des bus Corol, 2021 Jour

Correspondances

Le modèle reproduit bien les tendances de l'ODTC en termes de correspondances entre système

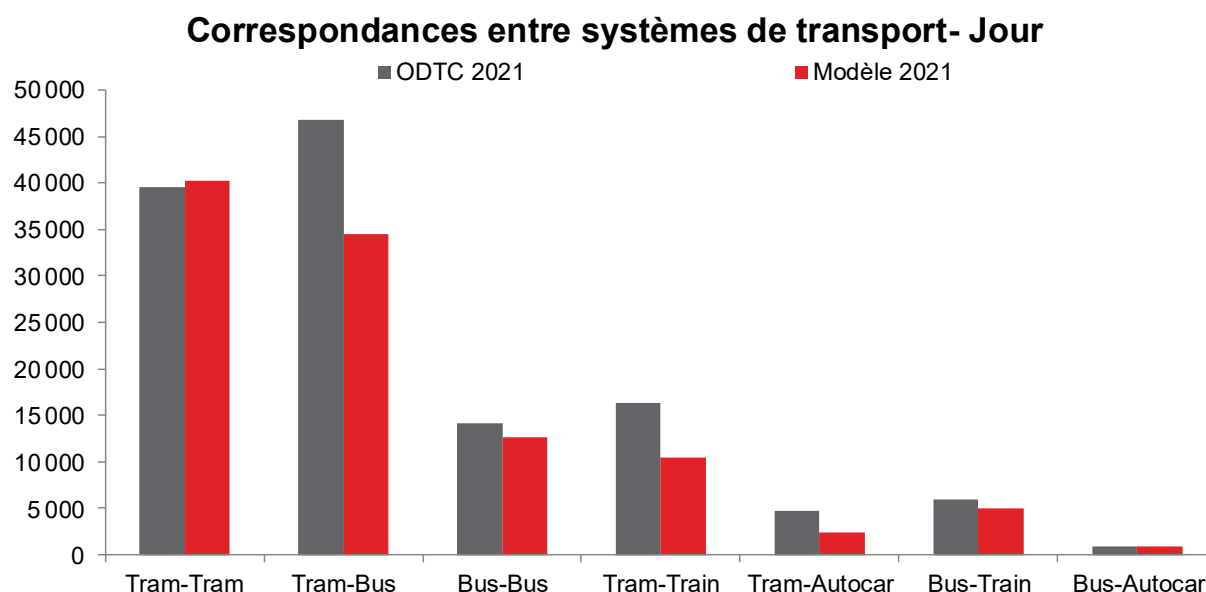


Figure 254 : Correspondances TC entre systèmes de transport, 2021 Jour

De même, le MMM33 reproduit bien les principaux pôles d'échange.

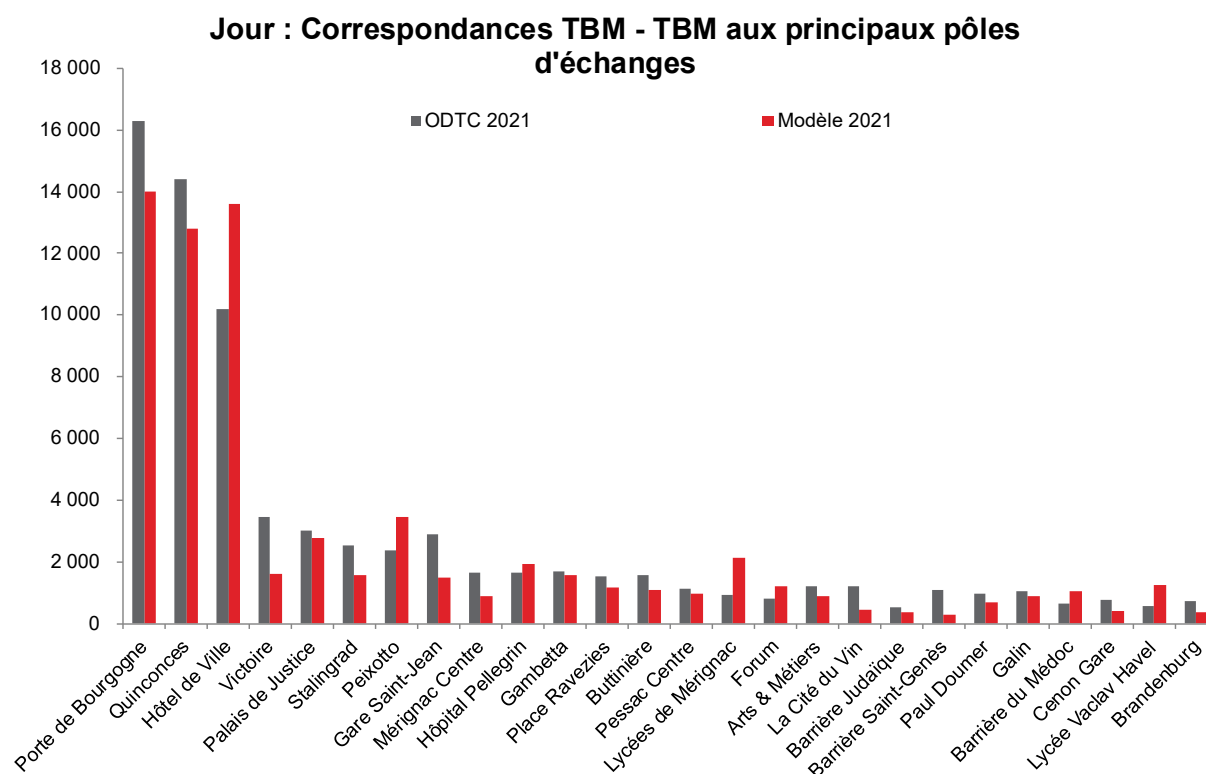


Figure 255 : Correspondances TC aux principaux pôles d'échange, 2021 PPS

Montées et descentes aux arrêts

Les hiérarchies des arrêts sont bien reproduites telles qu'elles apparaissent dans l'ODTC, aussi bien pour les trams que pour les bus.

Montées et descentes Jour Tram TBM

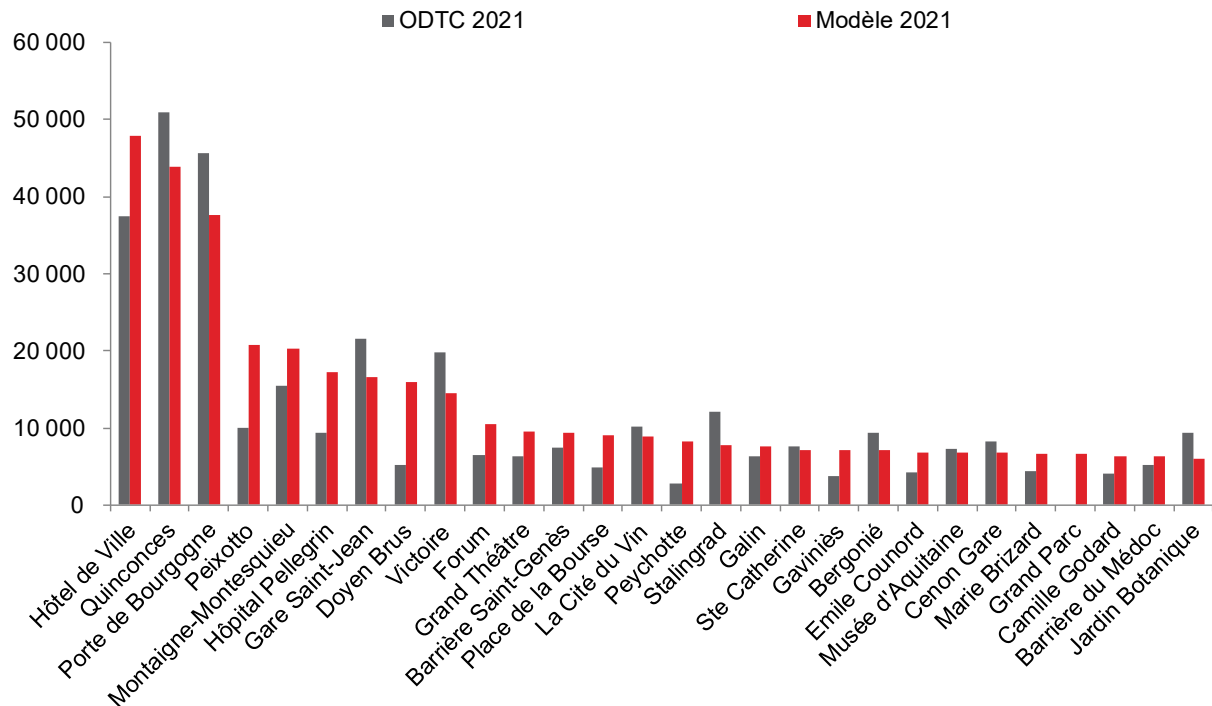


Figure 256 : Montées et descentes Tram aux principaux pôles d'échange, 2021 Jour

Montées et descentes Jour Bus TBM

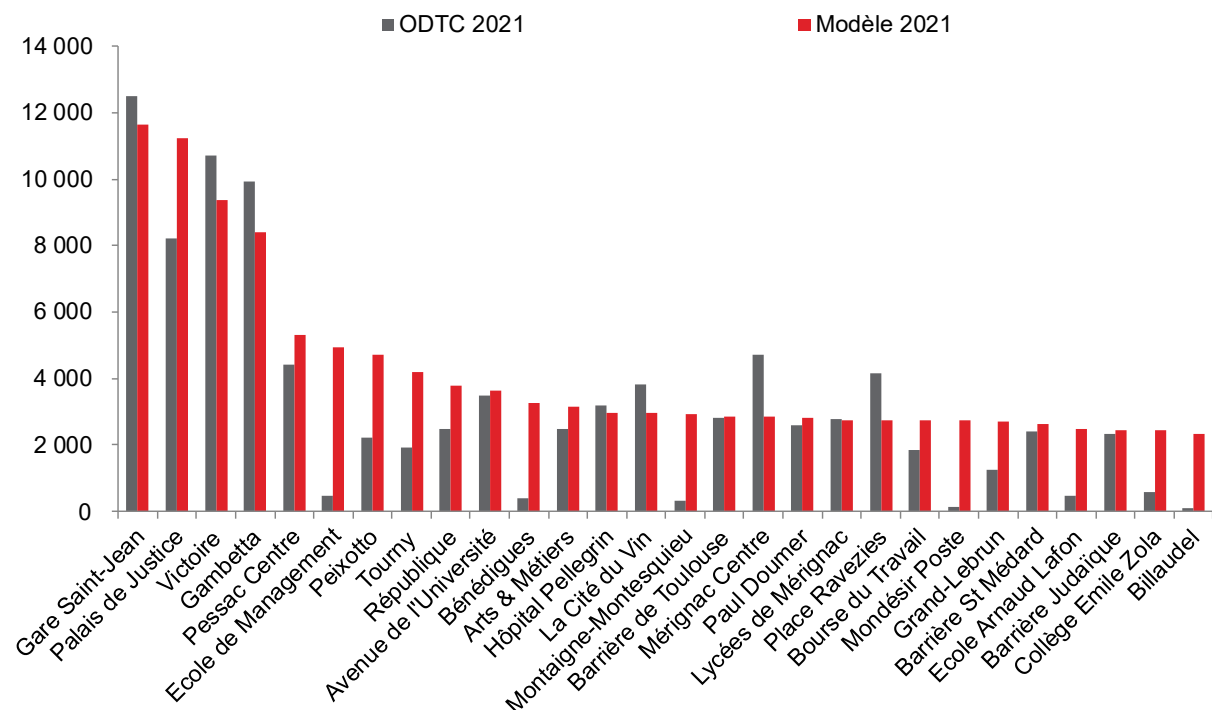


Figure 257 : Montées et descentes Bus aux principaux pôles d'échange, 2021 Jour

Les hiérarchies des montées et descentes en gare TER sont bien reproduites telles qu'elles apparaissent dans les comptages. Un manque apparaît en gare Saint-Jean, qui semble provenir principalement d'un manque dans la matrice d'échange, étant donnée qu'aucune autre sous-estimation est notable sur les autres gares du périmètre.

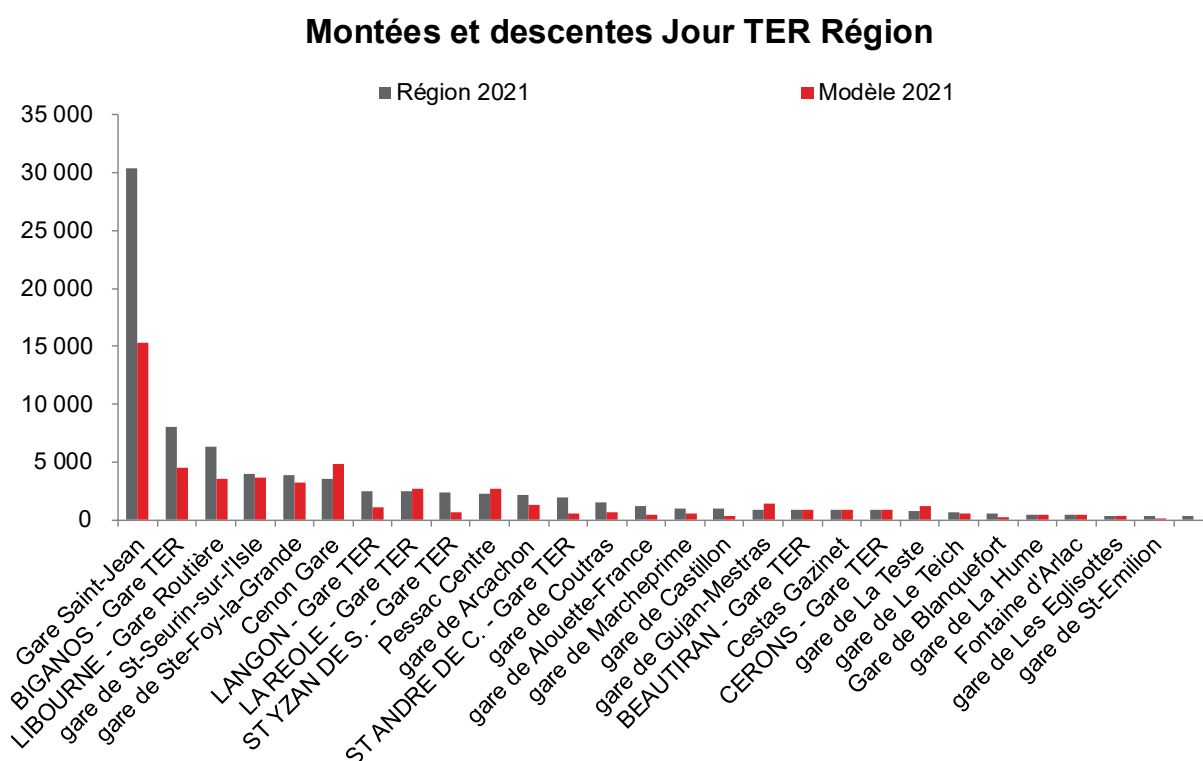


Figure 258 : Montées et descentes TER aux gares de la Gironde, 2021 Jour

11.4. Résultats d'affectation vélo

La méthode d'affectation retenue est « l'affectation de trafic cycliste » possédant une part d'aléatoire dans la sélection des chemins. Elle est paramétrée afin de proposer plusieurs chemins par OD, sans pour autant que la partie aléatoire implique trop de chemins sous-optimaux.

Une comparaison des résultats d'affectation obtenus avec les données d'observatoire des comptages est réalisée. Trois années de comptages sont proposées pour différents postes : 2021, 2022 et 2023. Lorsque plusieurs années existent pour un même poste, l'année la plus proche de celle de l'horizon de calage est retenue, à savoir 2021. La comparaison est réalisée sur les volumes Jour, dans les deux sens cumulés.

Au global, 176 000 vélos sont comptés pour les 136 postes retenus. Sur ces mêmes postes, le modèle affecte 195 000 vélos, soit un écart de +11%.

Le graphique suivant montre les résultats de comparaison poste par poste. La courbe de tendance obtenue donne un R^2 de 0.61 avec une pente de 0.78, ce qui est cohérent avec des charges inférieures aux comptages les plus élevés.

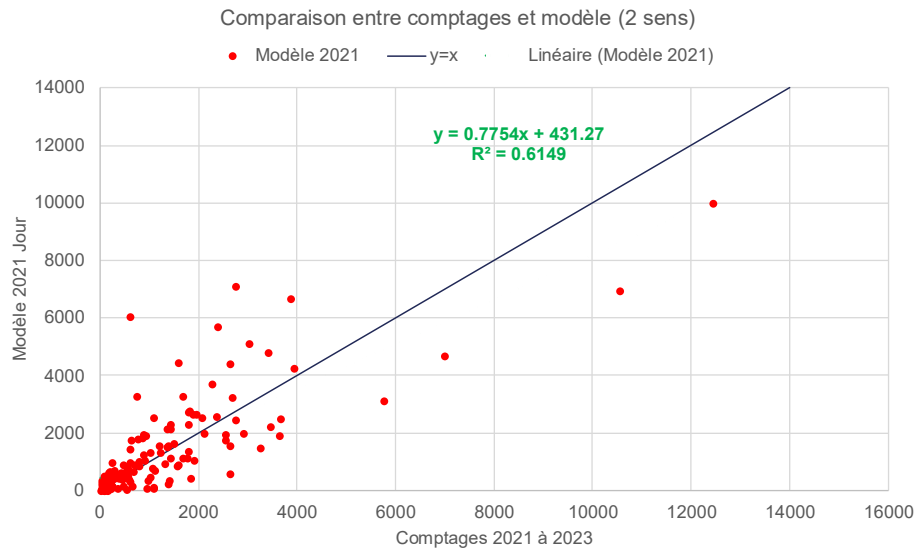


Figure 259 : Comparaison 2 sens des résultats du modèle avec les comptages vélo

Selon les comptages de l'observatoire du vélo 2021 à 2023, le modèle surestime fortement une dizaine de postes (valeurs modèle situées entre 4000 et 6000 pour des comptages inférieurs à 4000). Cela s'explique par un maillage du réseau en centre-ville qui n'est pas très détaillé, et donc concentre les flux vélos sur quelques tronçons.

Concernant le volume global de traversées journalières, le volume global ainsi que la répartition sur les ponts sont bien reproduits, comme le détaille le tableau suivants.

Ponts	Observatoire Vélo 2021	Observatoire Vélo 2022	Observatoire Vélo 2023	Comptages BxM (VSA 28/03/2025)	Modèle 2021	Modèle 2023	Commentaires Observatoire	Commentaires Comptages BxM
Aquitaine RG > RD	119	101	107	149	536	597	MJO (7h-11h + 15h-19h) x 1.65	MJA 2023
Aquitaine RD > RG	122	107	130	116	472	520	MJO (7h-11h + 15h-19h) x 1.65	MJA 2023
Chaban RG > RD	978	1 582	1 495	2 191	1 428	1 764	MJO (7h-11h + 15h-19h) x 1.65	2024
Chaban RD > RG	813	1 676	1 457	2 069	1 304	1 624	MJO (7h-11h + 15h-19h) x 1.65	2024
Pierre RG > RD	0	5 874	5 943	9 628	4 939	5 104	MJO (7h-11h + 15h-19h) x 1.65	
Pierre RD > RG	0	6 572	6 514	6 819	5 060	5 406	MJO (7h-11h + 15h-19h) x 1.65	
Saint-Jean RG > RD	518	495	378	559	1 246	1 620	MJO (7h-11h + 15h-19h) x 1.65	2023
Saint-Jean RD > RG	573	632	553	744	1 313	1 535	MJO (7h-11h + 15h-19h) x 1.65	2023
Veil RG > RD	0	0	0	599	0	0	MJO (7h-11h + 15h-19h) x 1.65	
Veil RD > RG	0	0	0	642	0	0	MJO (7h-11h + 15h-19h) x 1.65	
Total (hors S. Veil)	3 123	17 039	16 577	22 275	16 298	18 170		

Figure 260 : Comparaison des résultats du modèle avec les comptages vélo, ponts sur la Garonne

Les 4 postes avec les valeurs de comptages les plus élevées sont les suivants :

- Le Pont de Pierre :
 - 12 500 cyclistes par jour dans les deux sens selon l'observatoire vélo ;
 - 10 000 cyclistes par jour dans les deux sens selon le modèle ;
 - Entre 8 000 et 10 000 cyclistes par jour dans les deux sens selon l'open data de Bordeaux Métropole pour un jour ouvré.
- Cours Victor Hugo (dans le prolongement direct du pont de Pierre) :
 - 7 000 cyclistes par jour dans les deux sens selon l'observatoire vélo ;
 - 4 700 cyclistes par jour dans les deux sens selon le modèle ;
 - Pas de donnée disponible l'open data de Bordeaux Métropole pour un jour ouvré.
- 10 Quai Louis XVIII :

- 10 500 cyclistes par jour dans les deux sens selon l'observatoire vélo ;
- 7 000 cyclistes par jour dans les deux sens selon le modèle ;
- Pas de donnée disponible l'open data de Bordeaux Métropole pour un jour ouvré.
- 12 Quai Sainte Croix (entre Pont Saint-Jean et Pont de Pierre) :
 - 5 700 cyclistes par jour dans les deux sens selon l'observatoire vélo ;
 - 3 100 cyclistes par jour dans les deux sens selon le modèle ;
 - Pas de donnée disponible l'open data de Bordeaux Métropole pour un jour ouvré.

Les volumes journaliers de l'observatoire vélo sont reconstitués à partir de comptages réalisés sur 8h (7h à 11h et 15 à 19h) et d'une multiplication par 1,65 de ce volume. Cela peut poser des questions de fiabilité du volume, il convient de prendre ces comparaisons avec précautions. Cependant, les intitulés laissent penser qu'ils s'agit de volumes en jour ouvrés et non incluant des weekends, vacances ou jours fériés qui auraient des impacts non négligeables sur les volumes comptés.

Les écarts observés sur les 2 premiers postes cités ci-dessus sont néanmoins comparables l'un avec l'autre avec une sous-estimation de 2 500 cyclistes par jour dans les deux sens.

Les 2 postes suivants sont situés au bord de l'eau, qui peut être lié à un effet de « plaisir » non reproductible en l'état par le modèle :

- Aménagements ne se comportant pas comme des aménagements équivalents pour leur proximité avec l'eau et parcs les rendant plus attractifs même pour des déplacements quotidiens ;
- Des déplacements de types « balades » non reproduits par le modèle.

Il est à noter que les écarts apparaissant sur les autres postes peuvent être des effets du niveau de maillage du réseau :

- Des postes situés dans des grandes zones seront mécaniquement sous-estimés, car la part de déplacements intrazonaux comptés sera plus importante ;
- En zone urbaine, le maillage du réseau n'est pas complet, et donc les axes codés se verront recevoir l'intégralité du flux qui autrement pourrait se répartir sur les axes parallèles.

12. Tests de sensibilité et élasticités

L'objectif d'un test de sensibilité est d'observer la réactivité du modèle à l'application d'une mesure fictive. Les impacts sont observés sur l'évolution des parts modales impliquées par la variation d'un indicateur spécifique utilisé dans le choix modal. Les tests de sensibilité permettent donc d'évaluer comment réagit le modèle à des modifications de l'offre.

Ont été testées :

- Une augmentation et une baisse de 10% des temps de parcours VP ;
- Une augmentation et une baisse de 10% des temps de parcours TC ;
- Une augmentation et une baisse de 10% des temps de parcours vélo ;
- Une hausse de 50% de la pénalité de stationnement VP ;
- Une réduction de la fréquence des TC traduite par une hausse de 10% du temps d'attente ;
- Une baisse de la constante du choix modal pour le vélo pour le groupe d'actifs sans voiture ;
- Une baisse de la constante du choix modal pour le vélo pour tous les groupes.

Les élasticités ont été calculées pour les variations citées (à l'exception des 2 derniers tests) afin d'évaluer l'incidence de la variation sur la part modale. Il s'agit du quotient de la variation de la demande sur la variation de l'indicateur : $-0.22 = -2.2\% / +10\%$.

Le signe négatif de l'élasticité signifie que la part modale évolue dans le sens contraire de la variation de l'indicateur. Ce qui est ici normal : en baissant les temps de parcours d'un mode, on augmente le nombre de déplacements réalisés sur ce mode.

Une élasticité à 1 signifie que l'évolution en relatif de la part modale est identique à la variation en relatif de l'indicateur : une baisse de 10% de l'indicateur implique une baisse de 10% de la part modale.

Le tableau suivant montre les réponses du modèle de la demande aux variations testées. La partie droite précise depuis quels modes proviennent les déplacements gagnés, ou vers quels modes se répartissent les déplacements perdus.

Variable	mode	élasticité	Evol Nb Depl	déplacements reportés de/vers				
				TC	MàP	VPC	VPP	Vélo
Temps de parcours +10%	VPC+VPP	-0.22	-72 000	26%	52%	x	x	16%
Temps en véhicule +10%	TC	-0.36	-18 100	x	23%	35%	25%	15%
Temps de parcours +10%	Vélo	-1.37	-35 900	19%	31%	36%	13%	x
Pénalité stationnement +50%	VPC+VPP	-0.08	-132 100	26%	47%	x	x	21%
Temps d'attente +10%	TC	-0.29	-14 900	x	24%	27%	35%	13%
Temps de parcours -10%	VPC+VPP	-0.23	+72 400	26%	53%	x	x	16%
Temps en véhicule -10%	TC	-0.37	+19 100	x	23%	36%	25%	15%
Temps de parcours -10%	Vélo	-1.69	+44 200	18%	30%	38%	13%	x
Constante Vélo -0.1pt AsV	Vélo	/	+1 700	40%	44%	11%	6%	x
Constante Vélo -0.1pt ts gpes	Vélo	/	+24 700	18%	35%	32%	14%	x

Figure 261 : Elasticités à l'offre

Les reports modaux se font bien sur les modes attendus :

- Les élasticités sont relativement symétriques si on compare les réactions aux baisses ou hausses des variables.
- Une augmentation de 10% des temps de parcours VP qui donne une élasticité de -0.22, ce qui correspond à l'état de l'art de la modélisation statique, plutôt dans la fourchette haute. Les VP se reportent sur la marche à pied pour les courtes distances, puis sur les TC et vélo.
- Une augmentation de 10% des temps de parcours TC qui donne une élasticité de -0.36 ce qui est satisfaisant. Les voyageurs TC se reportent sur l'ensemble des modes TI en privilégiant les VP Conducteurs et un peu moins les vélos.
- Une augmentation de 10% des temps de parcours vélo qui donne une élasticité de -1.37, ce qui montre une bonne réaction aux évolutions d'offre qui impactent la vitesse, plutôt dans la fourchette basse. Les cyclistes se reportent d'abord sur les modes TI : VPC et Marche à Pied avant les TC.
- Une baisse de la constante vélo de -0.1 point pour l'ensemble des groupes permet un gain de +10% du nombre de déplacements vélo, principalement en provenance de la MâP.

Les graphiques suivants présentent des comparaisons avec d'autres modèles au moment de leur recalage ou mise en place par PTV, pour les tests comparables. Le MMM33 se situe au milieu des modèles ayant des périmètres comparables, et ne présente pas de réactions extrêmes par rapport à ceux-ci.

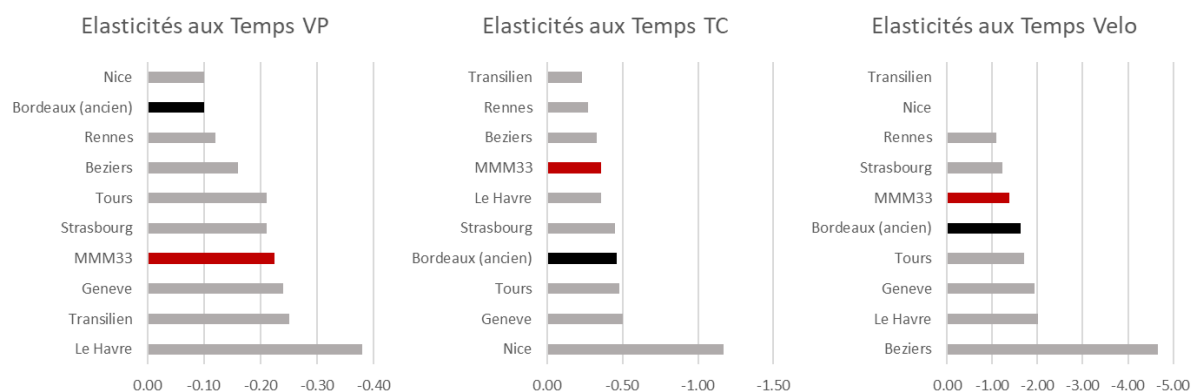


Figure 262 : Comparaison des élasticités du MMM33 par rapport à d'autres modèles

13. Conclusion sur le modèle en situation de calage

En conclusion, le niveau de reproduction des indicateurs obtenu est bon et reproduit bien la situation observée au niveau des temps de parcours et comportements.

Les critères de calage ne sont pas toujours strictement respectés, cependant les écarts observés sont maîtrisés, et ceci sans matrice additionnelle. En effet, les données servant d'indicateurs de calage ne sont pas suffisamment robustes (enquêtes réalisées en périodes de crise sanitaire, redressements globaux qui posent questions finement, forte saturation qui impacte les flux absorbés et complique la comparaison avec la demande, etc.) pour que le respect strict des indicateurs de GEH soit rédhibitoire. De la même manière, construire des matrices additionnelles de correction sur la base de ces données n'est pas judicieux.

Le modèle est donc considéré calé sur l'horizon de calage 2021 et permet donc de construire des scénarios fiables de référence en situation prospective.

14. Hypothèses des situations prospectives

Cette mise à jour et recalage du modèle MMM33 s'accompagne de la création de 3 scénarios de référence post calage :

- Situation actuelle 2023 ;
- Situation prospective moyen terme 2030 ;
- Situation prospective long terme 2040.

Au-delà des évolutions de population (nombre de personnes et structure), des changements dans les réseaux et niveaux d'offre influencent la mobilité des personnes, il est donc important de prendre en compte les évolutions envisagées ou actées pour la réalisation de scénarios de référence, afin que ceux-ci puissent servir par la suite pour la réalisation de tests différentiels ou études sectorielles visant à tester différents changements dans les niveaux d'offres et infrastructures qui apparaîtront au cours du temps.

Ce chapitre détaille les différentes hypothèses d'évolution de la socio-économie et des réseaux des scénarios modélisés pour les horizons dits prospectifs et de référence.

Les évolutions relatives à la voirie et à ses caractéristiques d'infrastructure (vitesse, nombre de voies, capacité, etc.) sont modélisées à l'aide des types de tronçons, tel que précisé au chapitre 4.1.1.

14.1. Evolutions socio-économiques entre 2021 et 2040

14.1.1. Evolution de la population

14.1.1.1. Données et cibles

Trois jeux de population ont été créés pour les scénarios prospectifs : correspondant aux situations projetées 2023, 2030 et 2040.

Les données à disposition sont les suivantes :

- La répartition et les volumes de population déjà implémentés dans le modèle pour 2021 (INSEE 2020)
- Des projections de l'agence d'urbanisme (AURBA) appelées « Projections H2 » comprenant les volumes cibles par tranche de population de 5 ans aux horizons 2023, 2028, 2033, 2038, 2043 et 2048, cela à l'échelle des communes dans Bordeaux métropole et des EPCI hors de la métropole.
- Le croisement des classes d'âges et des groupes déterminés d'après l'EMC² 2022
- Les projets (dans BxM et hors BxM) en m² de logements ou en nombre de logements : le nombre d'habitants générés à partir des projets est déterminé avec les hypothèses suivantes : **1 habitant / 41m²** ou **1.82 personnes / logement**.

D'après Bordeaux métropole, le nombre de personne par logement vaut 2,14 en ne prenant en compte que les habitants d'un logement principal et 1,82 si en considérant aussi les logements secondaires. Dans la logique qu'une part des nouveaux logements peut être utilisée pour des logements secondaires et locatifs de courte durée, et afin de ne pas surestimer le poids des nouveaux projets (et de limiter le nombre d'endroits où les projets pourraient dépasser la population cible), Bordeaux Métropole propose de retenir la valeur de 1,82 personnes par nouveau logement.

Dans un premier temps, les différentes sources de données pour la prospective ont été comparées afin de déterminer les volumes cibles à choisir.

Les graphes suivants représentent les données par années de l'INSEE et des projections OMPHALES et AURBA sur les périmètres de la Gironde d'une part et de la métropole d'autre part. Les points rouges représentent les choix qui seront appliqués au modèle :

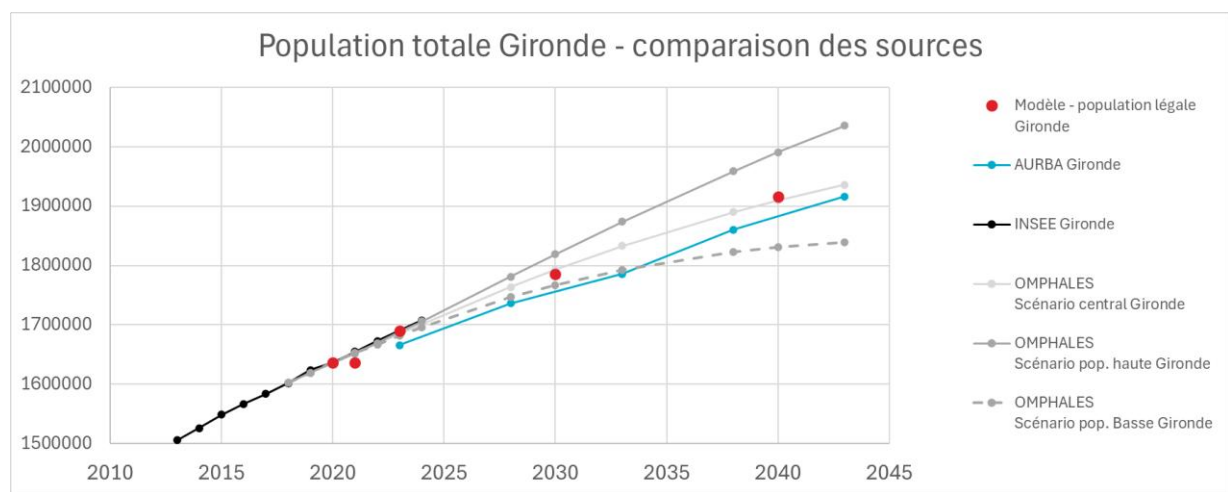


Figure 263 : Comparaison des sources de projection de population - Gironde

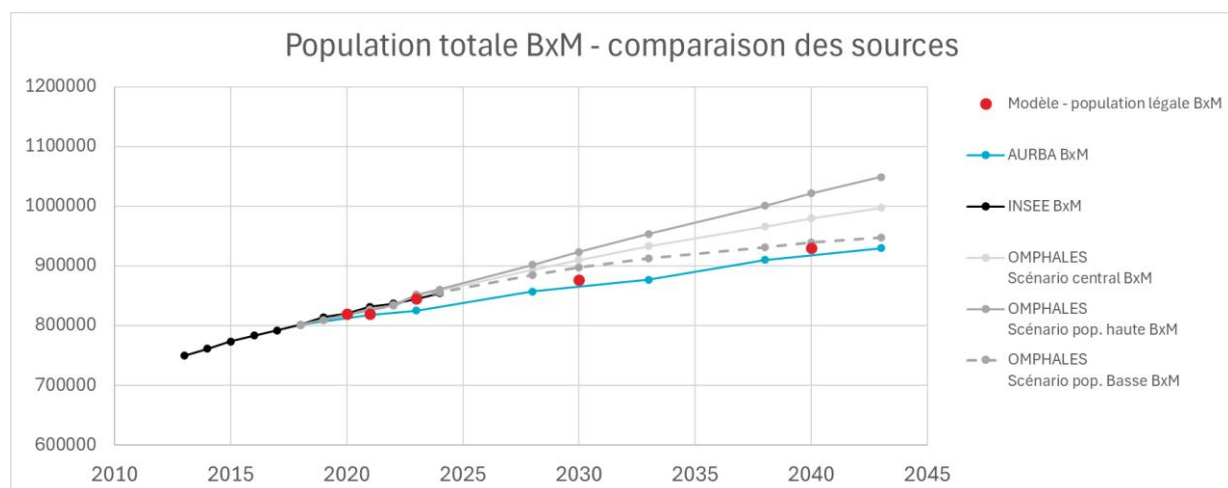


Figure 264 : Comparaison des sources de projection de population – Bordeaux métropole

Les volumes de population et répartitions retenus sont les suivants :

- Cible 2021 : INSEE 2020 (dernière disponible à l'IRIS au moment de sa construction)
- Cible 2023 à atteindre : volumes INSEE 2023 et répartition (par EPCI hors BxM et par commune dans BxM) de l'AURBA 2023

- Cible 2030 à atteindre : volume et répartition AURBA 2033
- Cible 2040 à atteindre : volume et répartition AURBA 2043.

14.1.1.2. Méthodologie pour l'horizon 2023

Le volume de population cible à l'échelle des EPCI hors Métropole, et des communes dans la métropole est le volume des projections AURBA 2023.

Tous les projets de logement prévus en 2023 sont ajoutés à la population 2021 sur chaque zone modèle concernée.

A l'échelle des EPCI hors Métropole, et des communes dans la métropole :

- Si la population 2021 augmentée des projets 2023 dépasse la cible : on n'ajoute pas de diffus : la population 2023 calculée dépasse donc parfois la cible sur certaines communes ou EPCI
- Si la population 2021 augmentée des projets 2023 est inférieure à la cible : on peut ajouter du diffus.

Le diffus pour chaque EPCI-commune est ajouté de manière à obtenir les bons volumes totaux dans la métropole et hors de la métropole. Il ne correspond donc pas exactement à la différence entre le volume cible et le volume calculé avec les projets : le diffus global est légèrement diminué au prorata du diffus réel prévu pour compenser les EPCI-communes pour lesquels la population 2023 calculée est supérieure à la population 2023 cible.

Une fois le diffus répartis les communes ou EPCI, il est de nouveau réparti à l'échelle de la zone au prorata de la population existante. Cependant, aucune population n'est ajoutée dans les zones avec une densité :

- très faible : inférieure à 50 hab/m² : il n'y a, a priori, pas de raison d'ajouter des gens dans des champs ou des forêts en l'absence de projets
- très forte : supérieure à 5000 hab/km² : si c'est très dense, et qu'il n'y a pas de projets identifiés, l'infrastructure existante ne peut pas vraiment absorber plus de personnes et les effets de nombre de personnes moyen par logements, âges de ménages etc. sont plus constants dans le temps.

14.1.1.3. Méthodologie pour l'horizon 2030

A l'horizon 2030, les projets de logement enregistrés par la métropole génèrent une population largement supérieure à la cible de projection (AURBA 2033).

Hors métropole, aucun projet de logement n'est connu au moment de la construction des scénarios prospectif.

La part globale des projets qui doit être conservée pour atteindre juste la cible est calculée et donne 59%, ce taux est appliqué uniformément sur toutes les communes de la métropole. C'est donc la population générée par 59% des projets de logements qui est ajoutée à la population 2023, directement à l'échelle de la zone.

Dans la métropole, aucune population diffuse n'est calculée car le volume de population cible est atteint en prenant 59% des projets.

Hors métropole par contre, de la population est ajoutée en diffus pour atteindre les volumes cibles.

Que l'on soit sur les communes de métropole ou sur les EPCI hors métropole, si une tendance à la baisse est observée dans les projections, elle est bien conservée. C'est le cas pour les communes de Ambès, Blanquefort, Saint-Louis-de-Montferrand, sur la Communauté de Communes du Grand Saint-Emilionnais et sur la Communauté d'agglomération du Libournais.

Pour répartir ensuite les volumes de diffus sur les zones du modèle, les mêmes règles de répartition qu'en 2023 sont appliquées pour les zones avec une densité très faible ou très forte.

14.1.1.4. Méthodologie pour l'horizon 2040

Pour 2040, la population 2030 est augmentée du restant des projets 2030 soit 41% des projets 2030 ainsi que des projets de logement prévus entre 2030 et 2040.

Dans la métropole, le volume ainsi atteint correspond à 100 habitants près au volume cible 2040, donc aucune population diffuse n'est ajoutée.

Hors Métropole : du diffus est ajouté pour atteindre le volume cible.

Comme pour 2030, si une commune ou un ECPI a une tendance à la baisse dans les projections AURBA, cette tendance est conservée dans le modèle. Entre 2030 et 2040, trois collectivités sont concernées : Ambès, Saint-Vincent-de-Paul et la Communauté de Communes du Grand Saint-Emilionnais.

Les règles de répartition du diffus sur les zones restent similaires à 2023 et 2030 pour les zones de densité très faibles et très fortes

14.1.1.5. Répartition sur les groupes de population

En plus des volumes de population, la structure de la population évolue dans le temps. Ainsi, afin de répartir les nouveaux volumes de population dans les groupes de personnes à comportements homogènes, les répartitions par tranche de 5 ans projetés par l'AURBA ont été analysées pour chacun des trois horizons prospectifs.

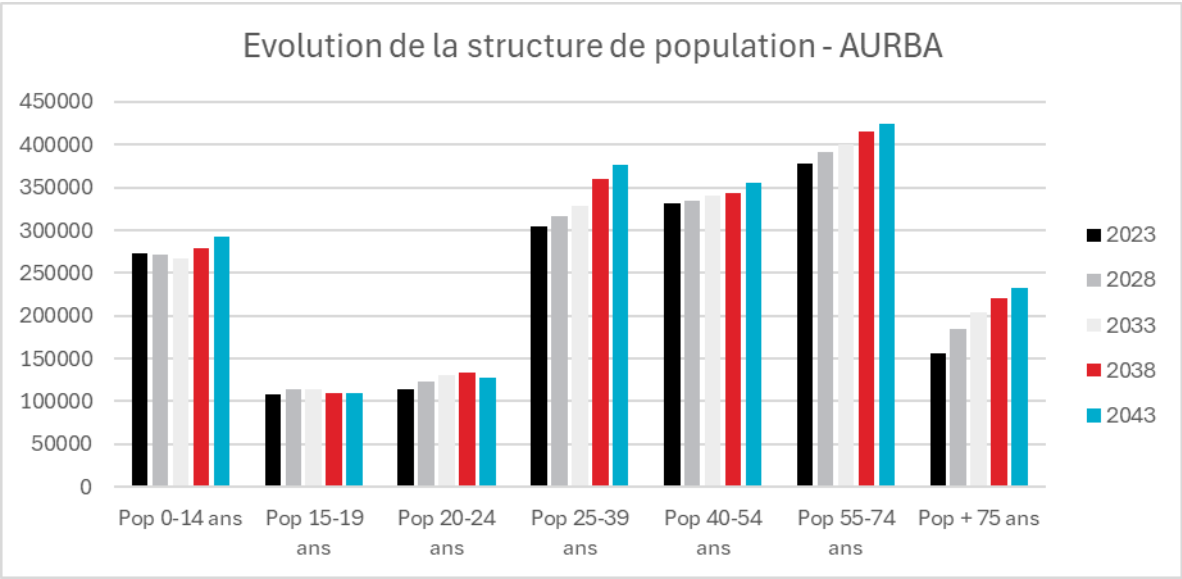


Figure 265 : Evolution de la structure de la population à l'échelle de la Gironds (source AURBA - projections H2)

Les classes d'âge ont été réparties sur les classes d'âge de l'INSEE utilisée pour la construction des groupes :

Classes AURBA	Répartition dans les classes INSEE
0 à 4 ans	100% dans la classe 1
5 à 9 ans	100% dans la classe 2
10 à 14 ans	20% dans la classe 2 et 80% dans la classe 3
15 à 19 ans	60% dans la classe 3 et 40% dans la classe 4
20 à 24 ans	100% dans la classe 4
25 à 29 ans	100% dans la classe 5
30 à 34 ans	100% dans la classe 5
35 à 39 ans	100% dans la classe 5
40 à 44 ans	100% dans la classe 6
45 à 49 ans	100% dans la classe 6
50 à 54 ans	100% dans la classe 6
55 à 59 ans	100% dans la classe 7
60 à 64 ans	100% dans la classe 7
65 à 69 ans	100% dans la classe 7
70 à 74 ans	100% dans la classe 7
75 à 79 ans	100% dans la classe 8
80 à 84 ans	100% dans la classe 8
85 à 89 ans	100% dans la classe 8
90 à 94 ans	100% dans la classe 8
95 à 99 ans	100% dans la classe 8
100 à 104 ans	100% dans la classe 8
105 à 109 ans	100% dans la classe 8
110 à 114 ans	100% dans la classe 8
plus de 115 ans	100% dans la classe 8

Classes d'âge INSEE	
1	0 à 4
2	5 à 10
3	11 à 17
4	18 à 24
5	25 à 39
6	40 à 54
7	55 à 74
8	plus de 75

Figure 266 : Table de passage entre classes d'âge AURBA et classes d'âge INSEE

Ensuite, c'est la répartition des classes d'âge par groupe et par zonage D10 de l'EMC² qui est utilisée par passer des classes d'âges aux groupes de personnes.

Cela permet d'atteindre un volume de population pour les groupes suivants :

- Actifs avec voiture
- Actifs sans voiture,
- Enfants
- Ecoliers du primaire
- Ecoliers du secondaire
- Etudiants
- Inactifs avec voiture
- Inactifs sans voiture
- Retraités de moins de 75 ans avec voiture
- Retraités de moins de 75 ans sans voiture
- Retraités de plus de 75 ans
- Migrants.

La répartition par classe d'âge de l'AURBA est déclinée à la commune dans Bordeaux Métropole et à l'EPCI en dehors, ce qui est moins fin que la donnée IRIS disponible pour l'horizon 2021. La répartition au sein des communes est donc homogène selon les zones si l'on ne considère que les données AURBA. Cela représente un biais important pour les grandes communes, Bordeaux notamment.

Pour remédier à cela, dans un premier temps, la répartition par groupe de personnes de l'horizon 2021 est donc utilisé sur le total de population 2023 afin de garder les nuances par zone au sein des communes et EPCI.

Ensuite, ces répartitions sont adaptées pour retrouver les volumes par groupes de personnes obtenus à la commune/à l'EPCI avec les données de classes d'âge de l'AURBA.

Télétravailleurs

Les actifs avec et sans voiture sont répartis dans les groupes télétravailleurs ou non télétravailleurs au prorata de la part de télétravailleurs (respectivement avec ou sans voiture) à l'horizon de calage (2021).

Etudiants

De plus à chacun des horizons, un post-traitement des étudiants est appliqué afin de mieux représenter les lieux réels de leurs logements (déclarés généralement chez leurs parents, parfois hors du périmètre, ou hors métropole). Pour cela, comme à l'horizon 2021, environ 4800 étudiants sont ajoutés au volume global de population, et ils sont re-répartis sur les sites de résidences étudiantes, en diffus et à proximité des lignes de trams.

Ce post-traitement conduit à une population totale au-delà des cibles qui sont formulées en population légale, c'est pourquoi les tableaux de population présentent d'une part les populations légales dans le modèle et d'autre part les populations après post-traitement des étudiants.

14.1.1.6. Bilan

Finalement, les volumes cibles à l'échelle de la métropole et de la Gironde hors métropole sont bien atteints, à l'exception d'une différence non significative de 65 habitants sur la métropole en 2040, volontairement conservée car le volume ainsi obtenu provient des projets de logement « purs ».

Hypothèses retenues		volume cible et répartition INSEE 2020	volume cible INSEE dépt 2023- répartition AURBA 2023	volumes cibles et répartitions AURBA H2 2033	volumes cibles et répartitions AURBA H2 2043
		2021	2023	2030	2040
Modèle - Population légale	Gironde	1 636 391	1 690 231	1 785 613	1 916 662
	BxM	819 604	845 116	876 872	929 445
	hBxM	816 787	845 115	908 741	987 218
Modèle - Population avec répartition étudiants	Gironde	1 641 236	1 695 076	1 790 458	1 921 507
	BxM	836 352	863 658	896 668	949 029
	hBxM	804 884	831 418	893 790	972 478
Volumes validés par partenaires	Gironde	1 636 391	1 690 231	1 785 613	1 916 597
	BxM	819 604	845 116	876 872	929 379
	hBxM	816 787	845 116	908 741	987 218

Sources : INSEE AURBA

Figure 267 : Volumes de population globaux aux horizons prospectifs

Globalement, les volumes atteints à l'échelle des communes dans la métropole et des EPCI hors métropole sont très proches des cibles de l'AURBA comme le montre les graphiques ci-dessous. Les données numériques correspondantes sont dans l'onglet « Bilan » du fichier de socio-économie prospective livrée avec le modèle.

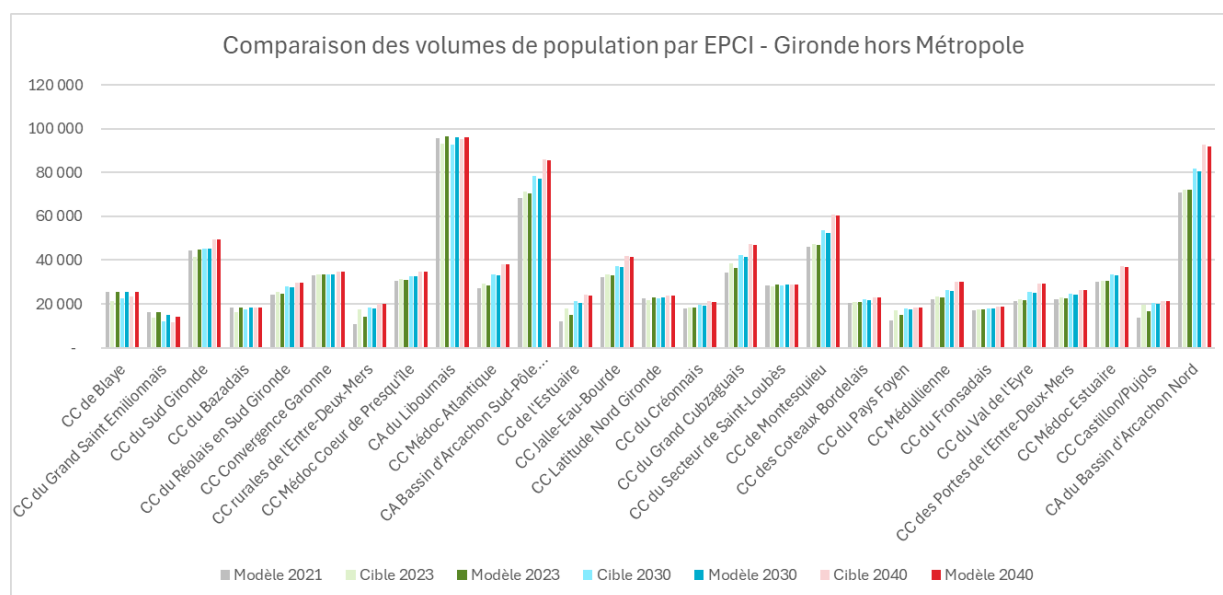


Figure 268 : Comparaison des volumes de population cibles et calculée à l'échelle des EPCI - hors Métropole

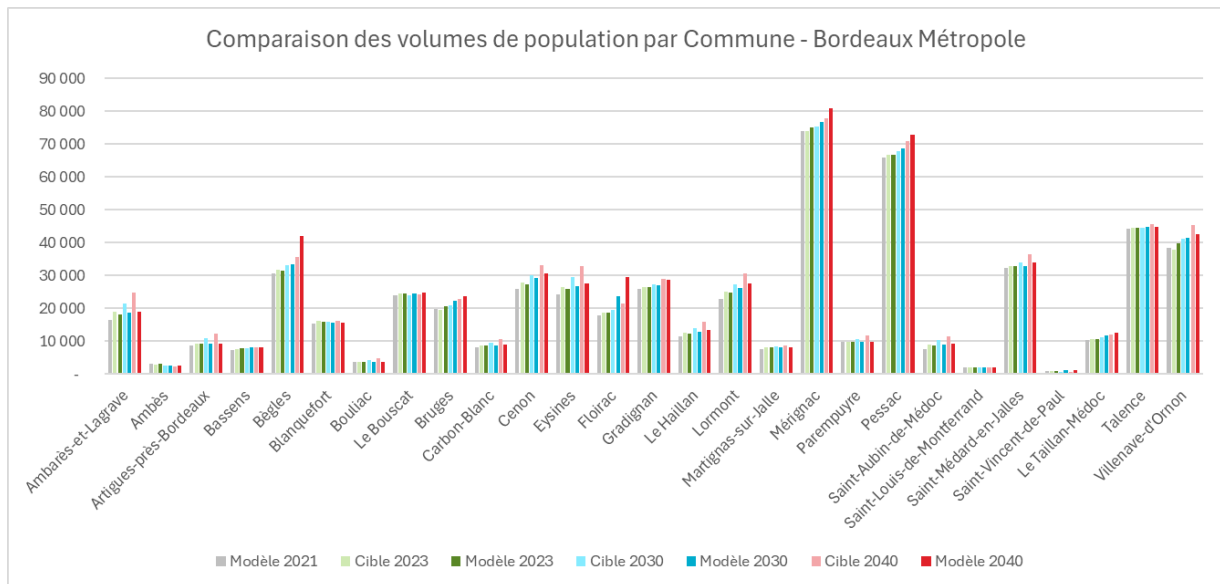


Figure 269 : Comparaison des volumes de population cibles et calculée à l'échelle des communes - Métropole

Les cartes qui suivent présentent l'évolution des populations entre les différents horizons à l'échelle du périmètre et centré sur la métropole en nombre d'habitants par zones.

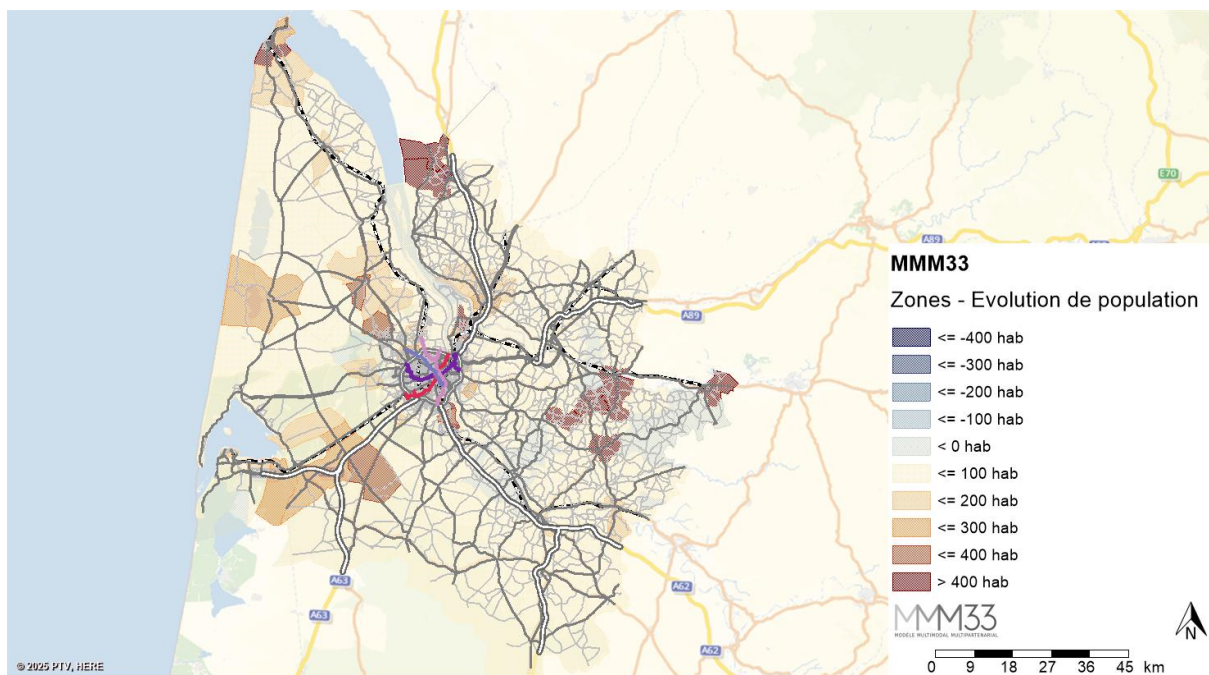


Figure 270 : Evolution de la population entre 2021 et 2023 sur le périmètre modèle

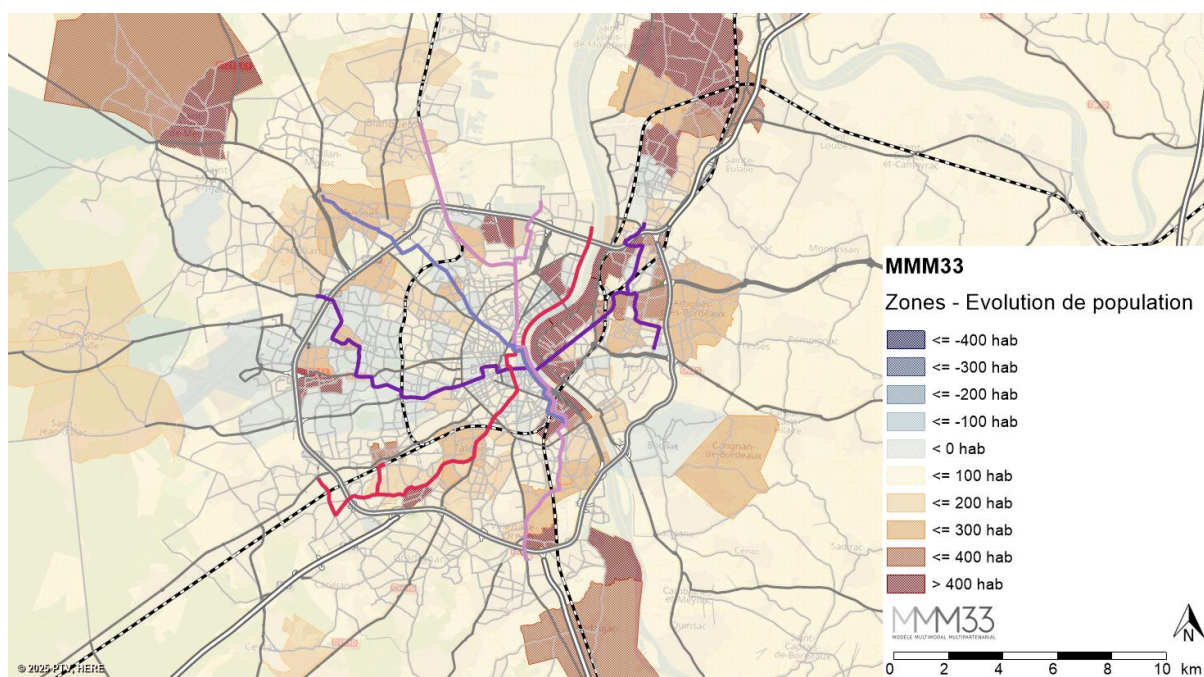


Figure 271 : Evolution de la population entre 2021 et 2023 sur la métropole

Entre 2021 et 2023, on observe une augmentation importante de la population en bordure de la Garonne rive droite dans Bordeaux, liée aux projets Bastide-Niel, Brazza, et ZAC Garonne-Eiffel notamment.

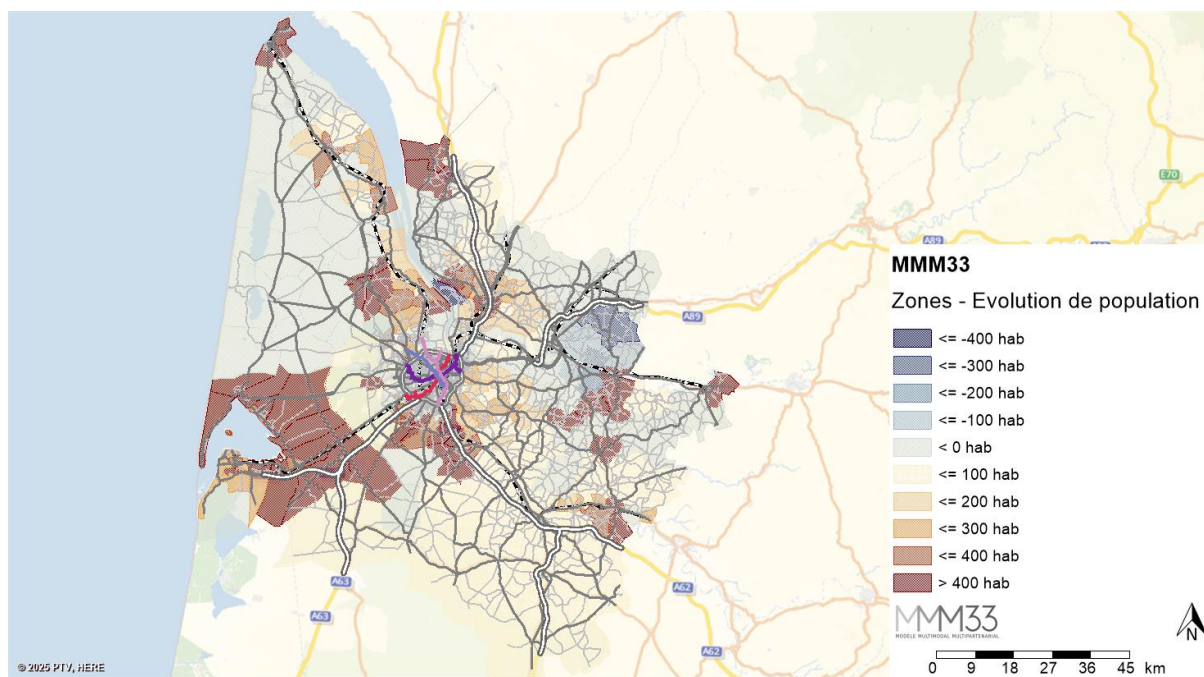


Figure 272 : Evolution de la population entre 2023 et 2030 sur le périmètre modèle

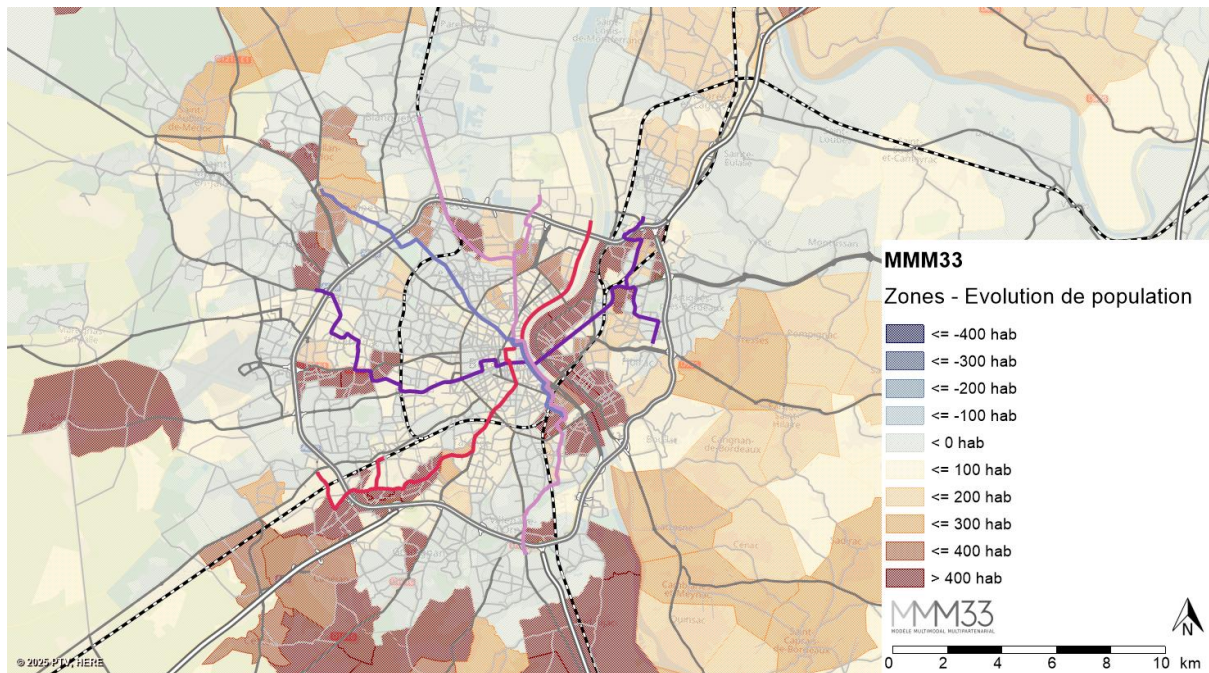


Figure 273 : Evolution de la population entre 2023 et 2030 sur la métropole

Aux horizons 2030 et 2040, la partie hors métropole ne comprend pas de projets de logements connus. Le diffus ajouté pour atteindre les cibles est réparti au prorata des populations existantes, beaucoup plus denses autour du bassin d'Arcachon et dans quelques zones spécifiques que dans le reste de la Gironde, ce qui provoque des augmentations importantes sur ces zones.

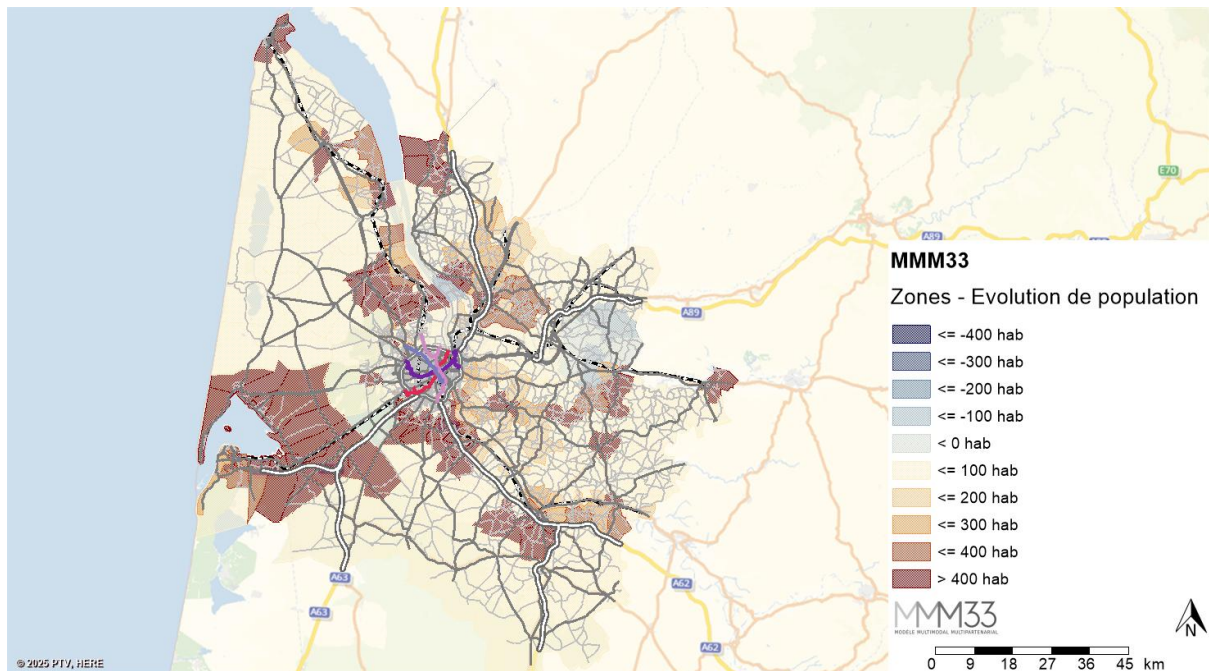


Figure 274 : Evolution de la population entre 2030 et 2040 sur le périmètre modèle

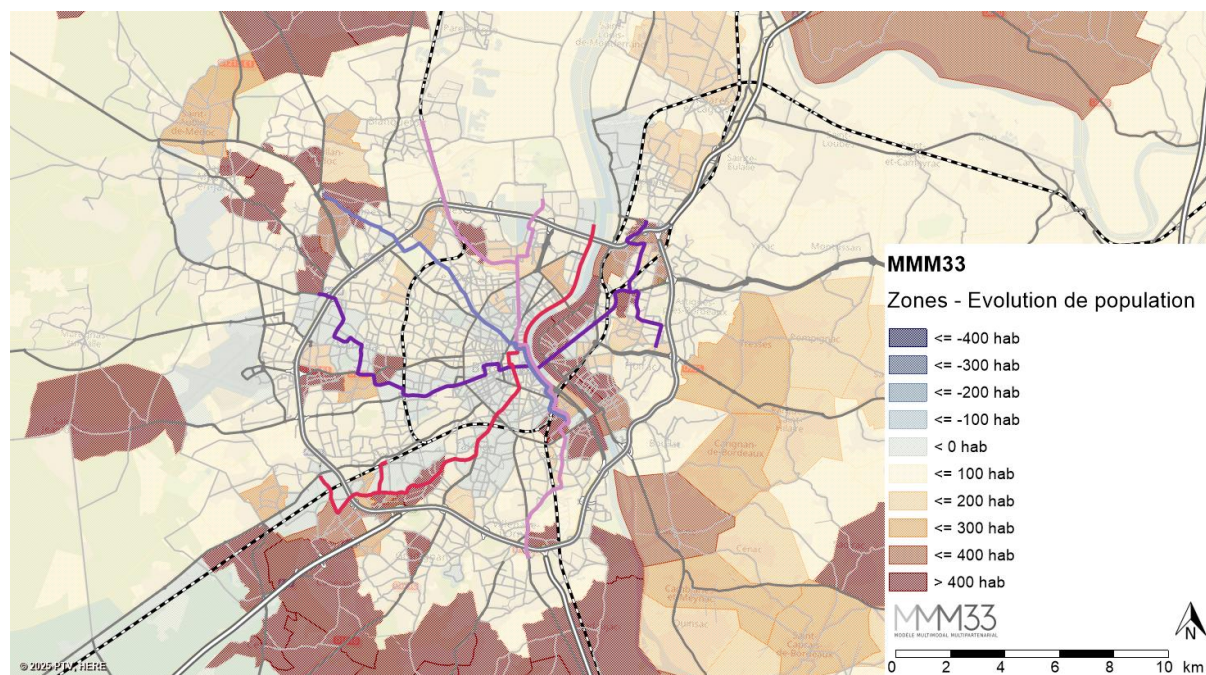


Figure 275 : Evolution de la population entre 2030 et 2040 sur la métropole

14.1.2. Evolution des attractions

14.1.2.1. Evolution des emplois

Les données disponibles pour faire évoluer le nombre d'emplois en prospectives sont rares, surtout en termes de cible. Un certain nombre de projets sont connus au niveau des zones, pour lesquels sont renseignées des surfaces en fonction du type d'activité (activités, bureaux, hôtels, commerces, équipements). Ces surfaces sont déclinées en nombres d'emplois avec la formule suivante :

$$\text{Nb emplois} = 0,0142 * \text{surface (activité, hôtels, commerces, équipement publique)} + 0,0288 * \text{surface (bureaux)}$$

Cette formule reprend les ratios du modèle existant et n'a pas été remise en question par les partenaires.

L'hypothèse utilisée pour estimer un volume cible d'emploi est que le volume d'emplois évolue parallèlement au volume d'actifs sur le territoire, dans un premier temps sans distinction métropole / hors métropole.

- Pour l'horizon 2023, l'ensemble des projets connus entre 2021 et 2023 sont pris en compte et ajoutés aux emplois 2021.
- Pour l'horizon 2030, 59% des projets sont considérés et ajoutés aux emplois 2023 afin d'être cohérent avec les 59% de projets de logement pris en compte lors du calcul de la population.
- Pour l'horizon 2040, le restant des emplois créés par les projets prévus à 2030 (41%) ainsi que les projets prévus entre 2030 et 2040 sont ajoutés aux emplois 2030 calculés précédemment.

Dans la métropole, de nombreux projets sont connus et l'ajout de ces projets conduit à une évolution plus importante que l'évolution du nombre d'actifs. Cela ne semble pas étonnant que les emplois évoluent plus dans la métropole que la population correspondante, qui s'installe en partie hors métropole.

Pour absorber cette importante évolution des emplois en métropole, une évolution moins importante du volume d'emplois est appliquée en diffus sur les zones hors métropole au prorata des emplois existants.

Ainsi, l'évolution des emplois suit bien l'évolution des actifs à l'échelle du département et les emplois générés par les projets sont bien intégrés et localisés.

Les tableaux ci-dessous présentent les taux d'évolution distincts métropole (en rouge) et hors métropole (en vert).

						Emplois projets 2021- 2023	Emplois projets 2023- MT	Emplois projets MT-LT
		2021	2023	2030	2040			
Actifs	Gironde	599 428	613 165	637 561	688 182			
	BxM	308 585	315 158	324 849	349 092			
	hBxM	290 843	298 007	312 712	339 089			
Emplois - cibles	Gironde	705 451	721 618	750 328	809 903	10066	37268	29670
	BxM	443 796	453 862	475 494	520 500	10066	36968	29670
	hBxM	261 655	267 756	274 835	289 403	0	300	0
Emplois - modèle	Gironde	705 451	721 618	750 328	809 903			
	BxM	443 796	453 862	475 494	520 500			
	hBxM	261 655	267 756	274 835	289 403			

Figure 276 : Evolution du volume d'actifs et nombre d'emplois créés par les projets

		Evol 2021- 2023	Evol 2023- 2030	Evol 2030- 2040	Evol. Annuelle 2021-2023	Evol. Annuelle 2023-2030	Evol. Annuelle 2030-2040
Actifs	Gironde	2.3%	4.0%	7.9%	1.14%	0.56%	0.77%
	BxM	2.1%	3.1%	7.5%	1.06%	0.43%	0.72%
	hBxM	2.5%	4.9%	8.4%	1.22%	0.69%	0.81%
Emplois - cibles	Gironde	2.3%	4.0%	7.9%	1.14%	0.56%	0.77%
	BxM	2.3%	4.8%	9.5%	1.13%	0.67%	0.91%
	hBxM	2.3%	2.6%	5.3%	1.16%	0.37%	0.52%

Figure 277 : Evolution en relatif des volumes d'actifs et d'emplois métropole/hors métropole

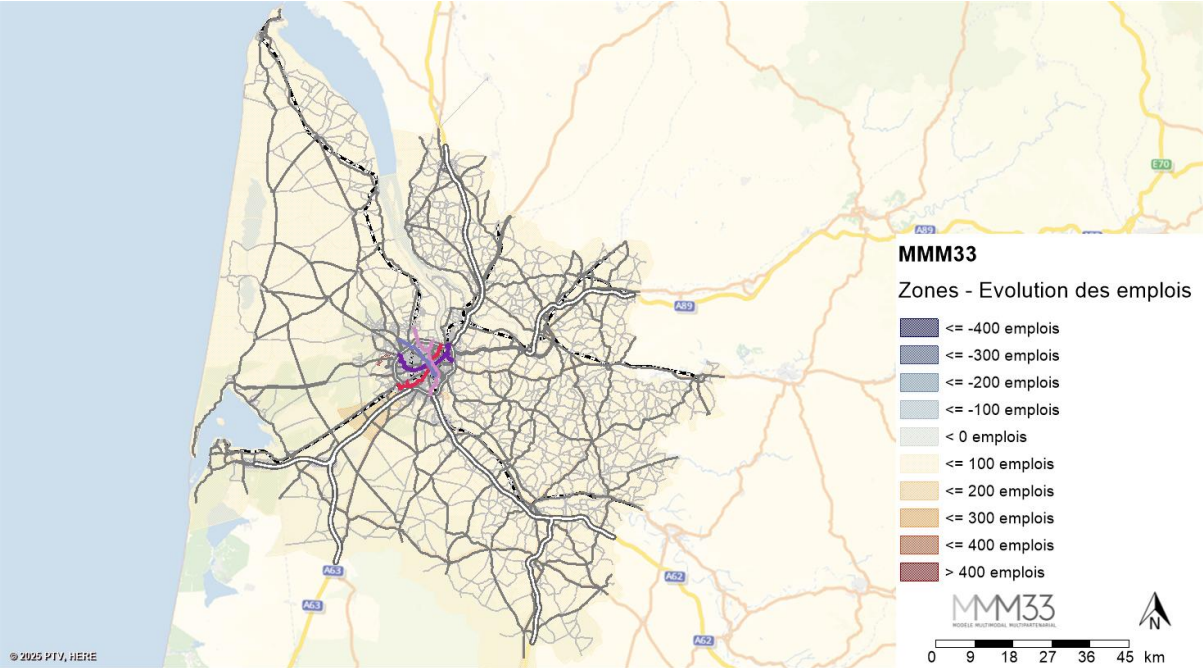


Figure 278 : Evolution des emplois entre 2021 et 2023 sur le périmètre modèle

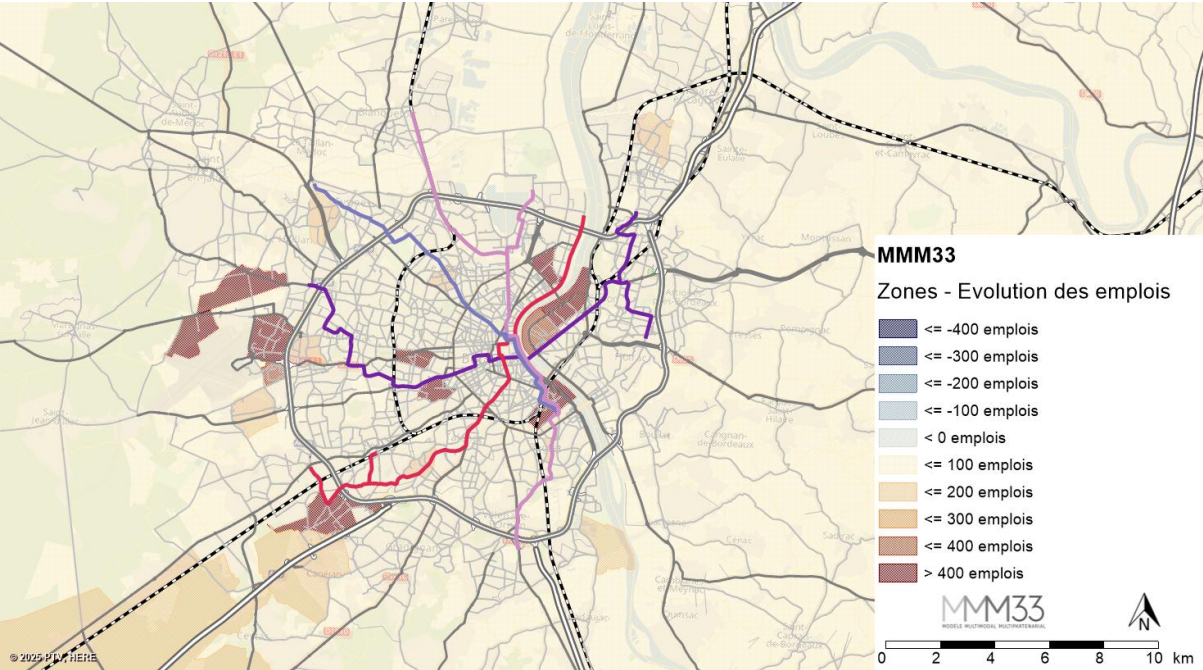


Figure 279 : Evolution des emplois entre 2021 et 2023 sur la métropole

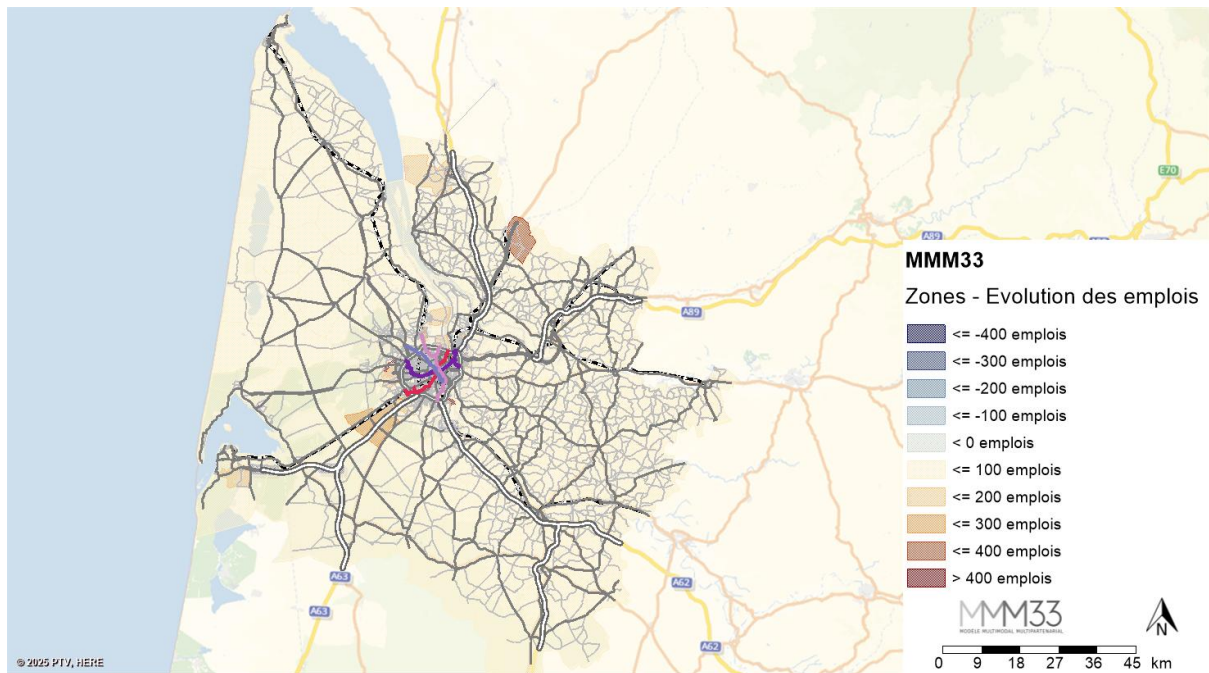


Figure 280 : Evolution des emplois entre 2023 et 2030 sur le périmètre modèle

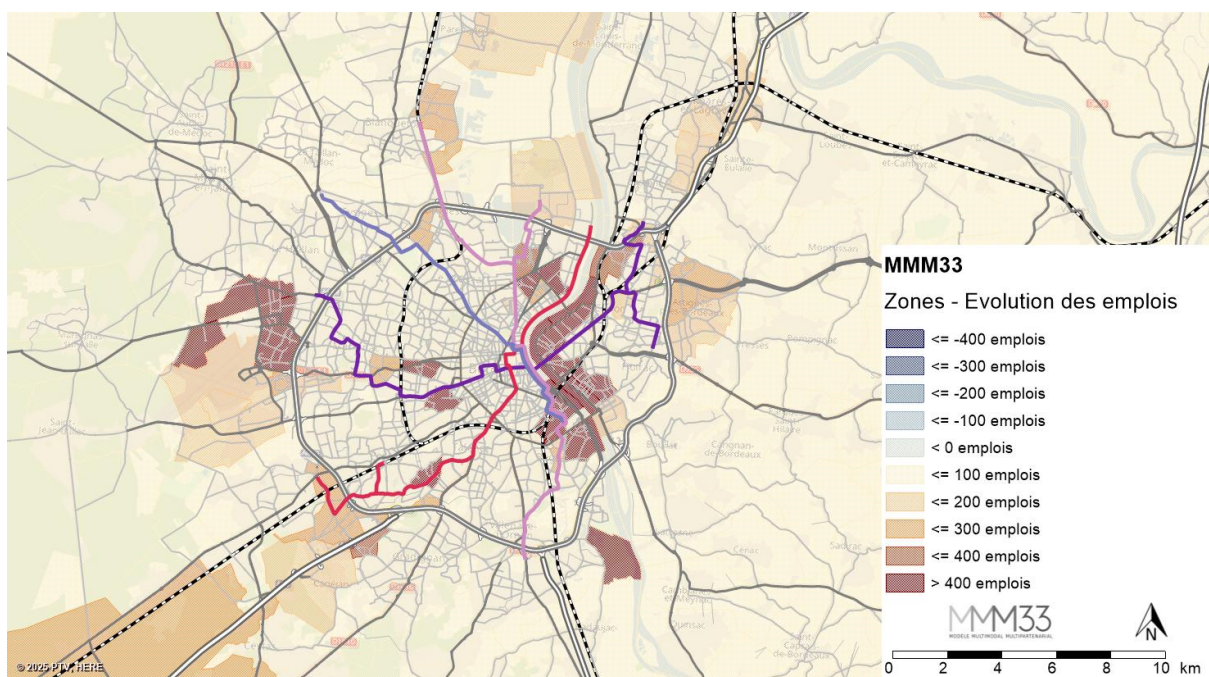


Figure 281 : Evolution des emplois entre 2023 et 2030 sur la métropole

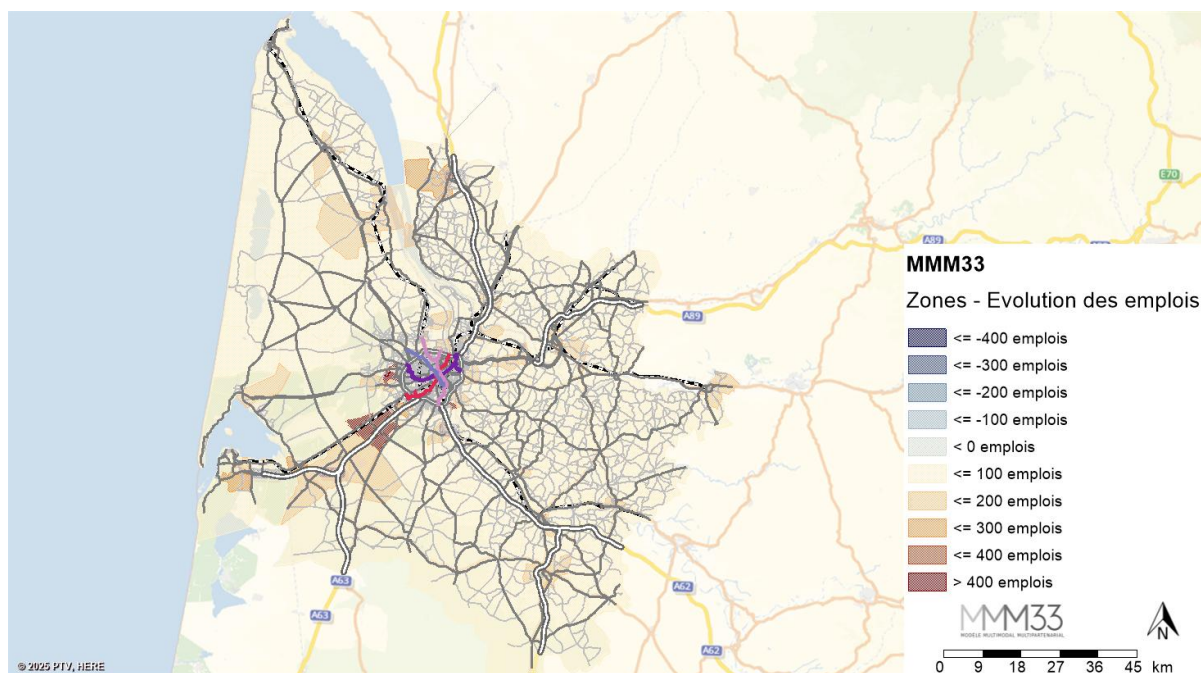


Figure 282 : Evolution des emplois entre 2030 et 2040 sur le périmètre modèle

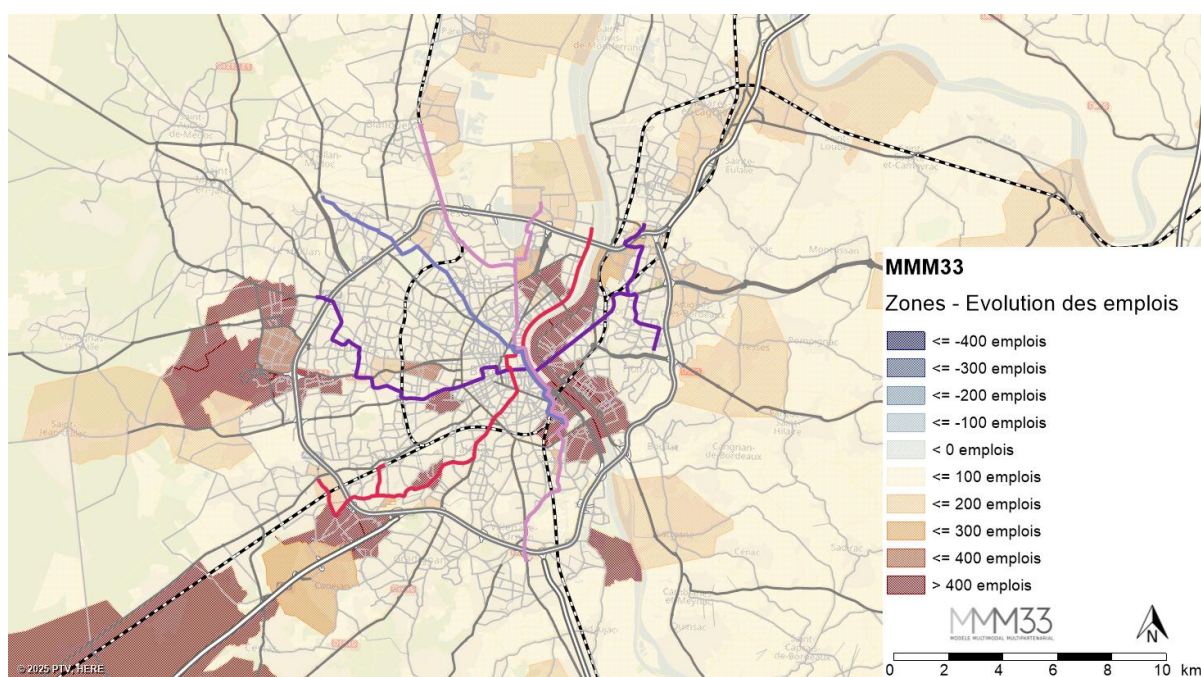


Figure 283 : Evolution des emplois entre 2030 et 2040 sur la métropole

14.1.2.2. Evolution des autres potentiels d'attraction

Pour les différents motifs, les potentiels d'attractions sont recalculés comme décrit dans le chapitre 9.1 :

- En ajoutant les potentiels liés aux nouveaux projets :
 - Pour les achats quotidiens et exceptionnels, en fonction des surfaces de commerces renseignés dans les projets, les équivalents en termes d'équipements sont ajoutés, à savoir :

Commerces	surface <	
petit commerce	400	m ²
moyen commerce (supermarché)	2 500	m ²
grand commerce (hypermarché)	99 999	m ²

Figure 284 : Types de commerces en fonction de la surface

- Pour les motifs loisirs et visites, c'est l'évolution des surfaces d'équipement qui est considérée
- Et en prenant en compte la nouvelle répartition des populations pour les motifs loisirs, visites et accompagnement.

Concernant les écoles, collèges, lycées et université : aucune ouverture de nouvel établissement n'a été ajoutée dans les hypothèses prospectives donc les potentiels restent inchangés.

NB : Une contrainte selon l'attraction est appliquée au motif travail, le nombre d'emplois doit donc être cohérent avec le nombre de déplacements générés. Pour les autres motifs, ce n'est pas le cas, seule la répartition entre les zones en relatif à un effet sur les choix de destination (étape de distribution), il n'est donc pas nécessaire de faire évoluer par exemple tous les effectifs scolaires uniformément.

14.1.3. Evolution du modèle TMV

Pour rappel (cf. chapitre 10), les attributs de valeur caractéristique de zone de chaque activité (qui sont utilisés lors du calcul du modèle de demande) sont calculés dans la séquence de procédure, pour chaque zone du modèle et chaque secteur d'activité, à l'aide

- du nombre d'emploi total, utilisé comme potentiel d'attraction du motif « Travail »,
- de la part du nombre d'emploi par activité, stockée dans l'attribut utilisateur « PART_XXX », où XXX fait référence à l'activité.

De même, les données de nombre de personnes sont calculées dans la séquence de procédure à partir d'un ratio de génération par activité, stocké dans les attributs de réseau « RATIO_XXX », et du nombre d'emplois par activité dans la zone.

Cette méthodologie permet de faire en sorte que les évolutions prospectives sur les emplois du périmètre (cf. chapitre 14.1.2.1) soient directement prises en compte dans le modèle TMV sans intervention des utilisateurs. En supposant une répartition et un ratio de génération constants par activité.

14.1.4. Evolutions des matrices cordon

Les matrices cordons, définies au chapitre 7, sont amenées à évoluer au cours du temps. Se situant en dehors du champs d'action du modèle, ces évolutions sont donc des hypothèses de construction. Les hypothèses d'évolutions sont variable selon le type de la matrice et l'horizon prospectif concerné. Ce chapitre récapitule les hypothèses retenues pour ces évolutions.

Matrices d'échange

Les hypothèses d'évolution pour les matrices d'échange et de transit se basent sur les projections de la demande de transport sur le long terme pour la SNCB2 d'octobre 2021 scénario AMS :

- VL : hypothèse des VL longue distance
 - + 0,7% par an entre 2015 et 2030 ;
 - + 1,5% par an entre 2030 et 2050 ;
- PL :
 - + 0,6% par an entre 2015 et 2030 ;
 - + 0,2% par an entre 2030 et 2050.

Matrices aéroport

L'hypothèse d'évolution des matrices en lien avec l'aéroport sont supposées identiques pour les TI et les TC, et se base sur les projections de fréquentation en voyageurs de l'aéroport à l'horizon 2030. Cette projection se traduit par une hausse annuelle de +3.1% à partir de 2023.

En effet, les données mettent en évidence l'effet pandémie avec un retour aux valeurs 2019 en 2023 et un creux entre ces deux années.

Matrices gare

L'hypothèse d'évolution des matrices en lien avec la gare sont supposées identiques pour les TI et les TC, et se base sur les projections de fréquentation en voyageurs de la gare à l'horizon 2030. Cette projection se traduit par une hausse annuelle de +3.3%.

En effet, les données mettent en évidence l'effet pandémie avec un retour aux valeurs 2019 en 2023 et un creux entre ces deux années.

14.2. Evolutions des réseaux d'offre à l'horizon 2023

Le scénario 2023 n'est pas un scénario prospectif à proprement parler puisqu'il s'agit d'un horizon antérieur à la réalisation de cette mission, cependant, du point de vue du modèle il en a le même fonctionnement.

Il a pour but de valider le calage en vérifiant que les tendances produites par le modèle entre 2021 et 2023 sont cohérentes avec celles observées. Mais aucun recalage n'aura lieu à cet horizon, étant donné le caractère incomplet des données à cet horizon (quelques comptages TI, mais aucun TC, etc.).

Il permet aussi de disposer d'un horizon plus récent que 2021 pour servir de base pour de futures études réalisées à partir du MMM33.

Ce chapitre présente les évolutions des réseaux entre 2021 et 2023.

14.2.1. Réseau TI et covoiturage

Entre 2021 et 2023, les principales évolutions du réseau TI sont :

- Le passage en 3*3 voies du périphérique de Bordeaux, notamment dans le quart Nord-Ouest qui était encore en travaux en 2021.
- Au niveau de la tête du pont Saint-Jean, les circulations ont été modifiées.
- Le boulevard Frédéric Joliot-Curie ainsi que les voies sur Berges au sud du pont Saint-Jean ont été requalifiées en voies urbaines (contre des voies rapides en 2021), ce qui se traduit par une légère baisse de la capacité.
- A Fargues-Saint-Hilaire, un contournement est créé, avec notamment une voie de covoiturage.
- La déviation du Taillan-Médoc est mise en circulation.
- Au Sud de Gujan-Mestras, la N250 passe à 2*2 voies séparées avec suppression des ronds-points.

Les illustrations suivantes montrent les évolutions de capacités horaires.

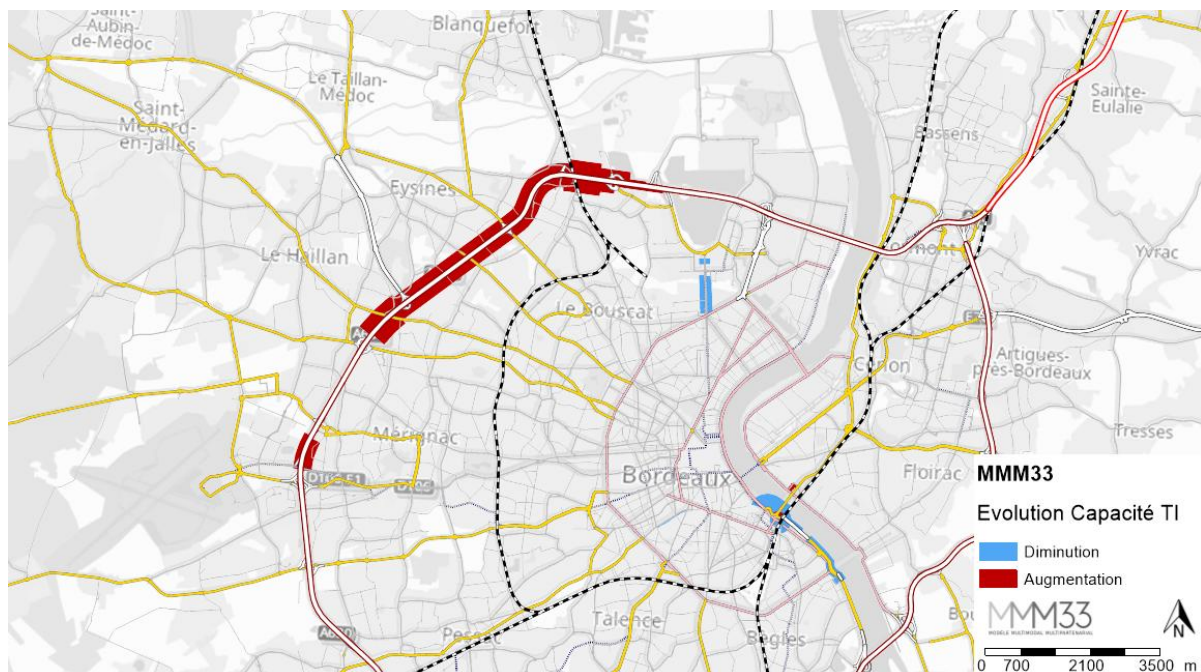


Figure 285 : Evolutions de capacité horaire 2021-2023 sur Bordeaux



Figure 286 : Evolutions de capacité horaire 2021-2023 sur Fargues-Saint-Hilaire

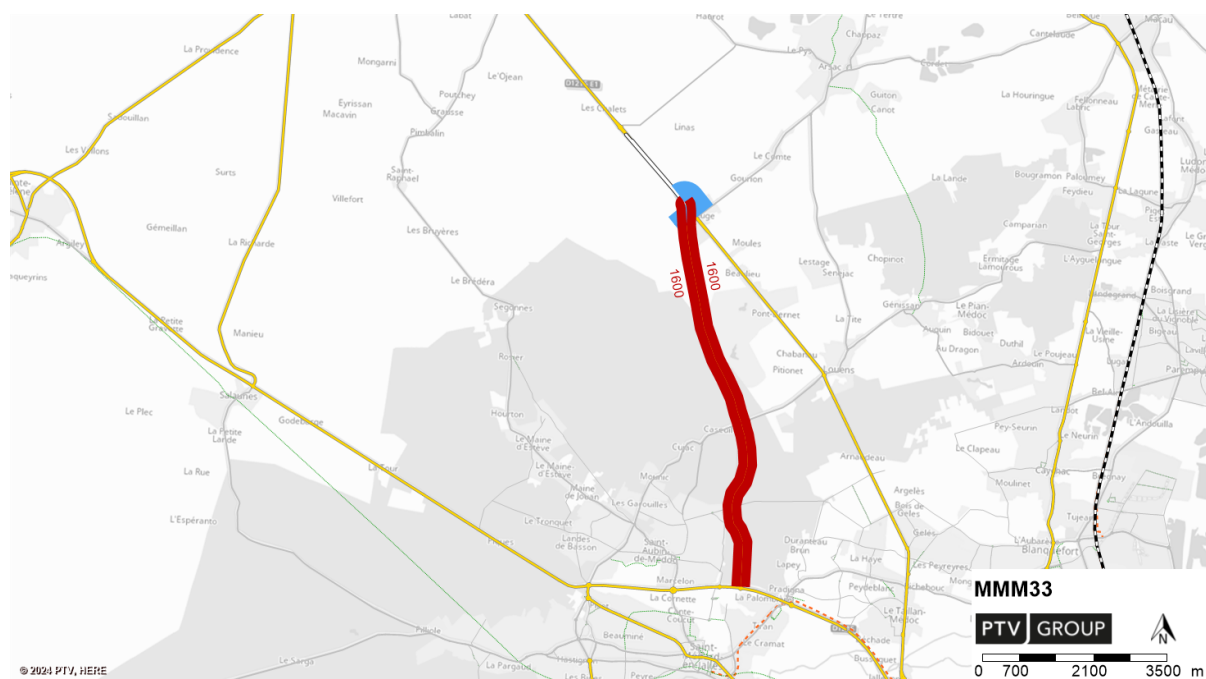


Figure 287 : Evolutions de capacité horaire 2021-2023 sur la déviation du Taillan-Médoc

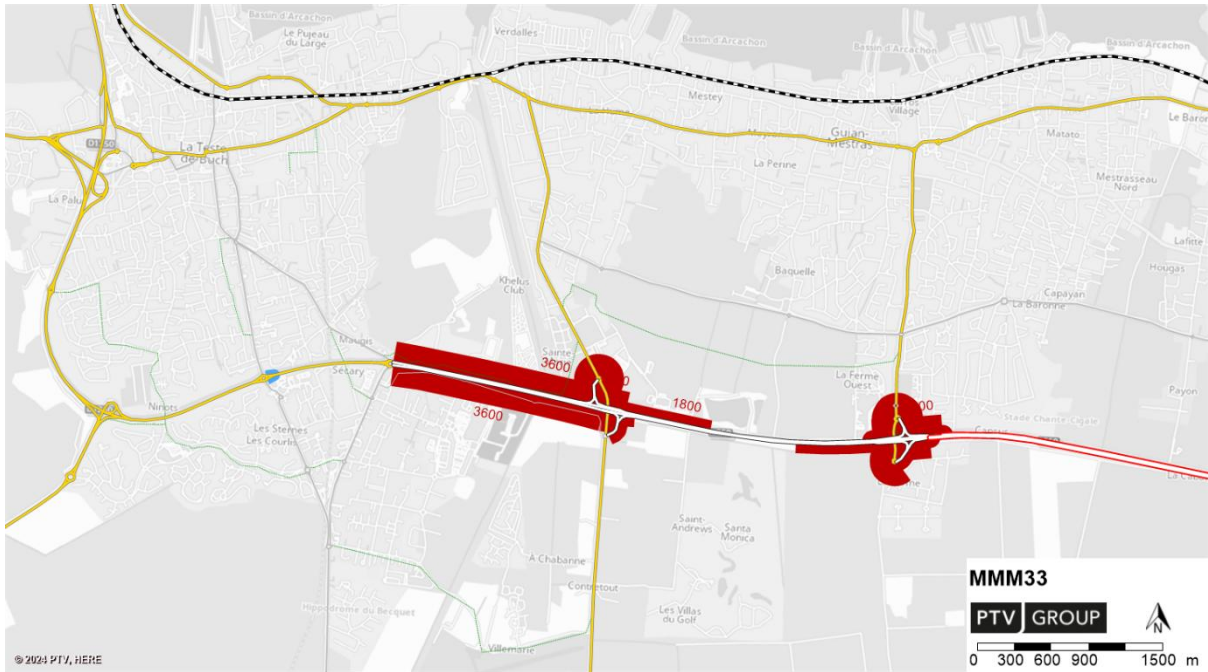


Figure 288 : Evolutions de capacité horaire 2021-2023 au Sud de Gujan-Mestras

Attention sur cette dernière représentation, l'ancien codage de la voirie n'est pas conservé, la capacité indiquée est donc la nouvelle capacité, et non une évolution.

14.2.2. Réseau TC

Le réseau TBM pris en compte pour l'horizon 2023 est le GTFS du deuxième trimestre 2024, qui a été réintégré proprement lors de la mise à jour. Il comprend les lignes suivantes :

Réseau	Nom	Réseau	Nom
TBM	TBM2024_01	TBM	TBM2024_60
TBM	TBM2024_02	TBM	TBM2024_61
TBM	TBM2024_03	TBM	TBM2024_64
TBM	TBM2024_04	TBM	TBM2024_65
TBM	TBM2024_05	TBM	TBM2024_66
TBM	TBM2024_07	TBM	TBM2024_67
TBM	TBM2024_08	TBM	TBM2024_69
TBM	TBM2024_09	TBM	TBM2024_70
TBM	TBM2024_15	TBM	TBM2024_71
TBM	TBM2024_16	TBM	TBM2024_72
TBM	TBM2024_20	TBM	TBM2024_73
TBM	TBM2024_21	TBM	TBM2024_74
TBM	TBM2024_22	TBM	TBM2024_75
TBM	TBM2024_23	TBM	TBM2024_76
TBM	TBM2024_24	TBM	TBM2024_77
TBM	TBM2024_25	TBM	TBM2024_78
TBM	TBM2024_26	TBM	TBM2024_79
TBM	TBM2024_27	TBM	TBM2024_80
TBM	TBM2024_28	TBM	TBM2024_81
TBM	TBM2024_29	TBM	TBM2024_82
TBM	TBM2024_30	TBM	TBM2024_83
TBM	TBM2024_31	TBM	TBM2024_84
TBM	TBM2024_32	TBM	TBM2024_85
TBM	TBM2024_33	TBM	TBM2024_86
TBM	TBM2024_34	TBM	TBM2024_87
TBM	TBM2024_35	TBM	TBM2024_89
TBM	TBM2024_37	TBM	TBM2024_90
TBM	TBM2024_38	TBM	TBM2024_BAT3
TBM	TBM2024_39	TBM	TBM2024_BusC
TBM	TBM2024_51	TBM	TBM2024_tramA
TBM	TBM2024_52	TBM	TBM2024_tramB
TBM	TBM2024_53	TBM	TBM2024_tramC
TBM	TBM2024_55	TBM	TBM2024_tramD
TBM	TBM2024_57		

Figure 289 : Lignes TBM prises en compte en 2023

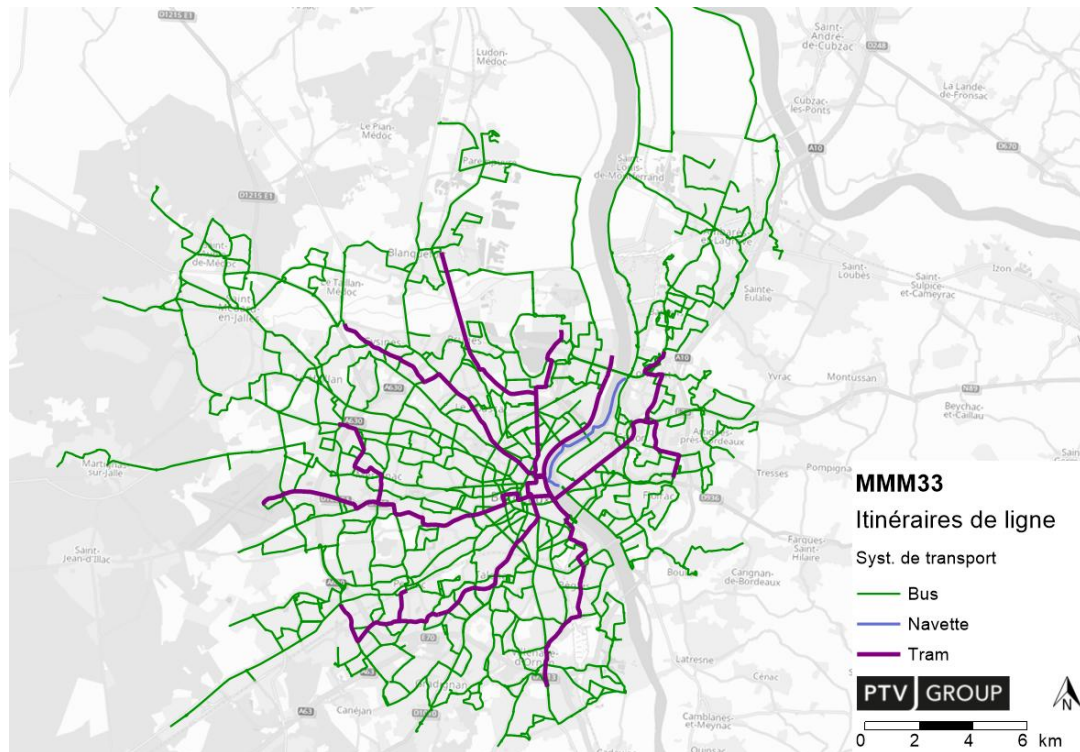


Figure 290 : Représentation du réseau TBM 2023

Le réseau TNA pris en compte est celui du GTFS 2022 qui était déjà présent dans le MMM33 avant le début de la mise à jour. Les lignes de Car Express Bordeaux-Blaye et Bordeaux-Créon (déjà pour l'horizon 2021) ont été insérées, à la place des lignes respectivement 430 et 407.

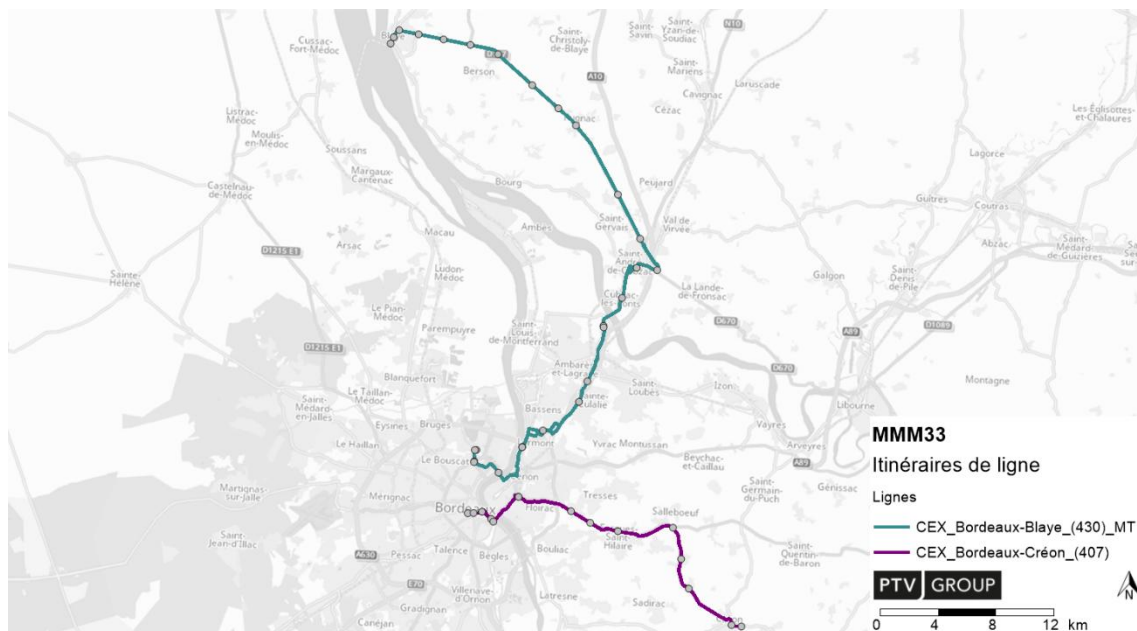


Figure 291 : Desserte des lignes de Car Express 2023

Nom ligne	Départ	Arrivée	Fréquence HPM	Fréquence HPS	Fréquence HC
CEX_Bordeaux-Créon_(407)	Centre Commercial	République	15 min	30 min	60 min
	République	Centre Commercial	30 min	15 min	60 min
CEX_Bordeaux-Blaye_(430)_MT	Blaye – Office du Tourisme	Les Aubiers	20 min	40 min	60 min
	Les Aubiers	Blaye – Office du Tourisme	40 min	20 min	60 min

Figure 292 : Fréquence de desserte des lignes de Car Express 2023

Le réseau TNA 2023 du modèle comprend donc les lignes suivantes :

Réseau	Nom	Réseau	Nom
TNA	CEX_Bordeaux-Blaye_(430)_MT	TNA	TNA2022_405
TNA	CEX_Bordeaux-Créon_(407)	TNA	TNA2022_406
TNA	TNA2022_201	TNA	TNA2022_501
TNA	TNA2022_202	TNA	TNA2022_502
TNA	TNA2022_210	TNA	TNA2022_503
TNA	TNA2022_212	TNA	TNA2022_504
TNA	TNA2022_213	TNA	TNA2022_505
TNA	TNA2022_214	TNA	TNA2022_506
TNA	TNA2022_301	TNA	TNA2022_510
TNA	TNA2022_302	TNA	TNA2022_511
TNA	TNA2022_303	TNA	TNA2022_512
TNA	TNA2022_304	TNA	TNA2022_514
TNA	TNA2022_310	TNA	TNA2022_601
TNA	TNA2022_313	TNA	TNA2022_602
TNA	TNA2022_314	TNA	TNA2022_610
TNA	TNA2022_315	TNA	TNA2022_701
TNA	TNA2022_316	TNA	TNA2022_702
TNA	TNA2022_317	TNA	TNA2022_703
TNA	TNA2022_318	TNA	TNA2022_704
TNA	TNA2022_320	TNA	TNA2022_705
TNA	TNA2022_401	TNA	TNA2022_710
TNA	TNA2022_402	TNA	TNA2022_711
TNA	TNA2022_403	TNA	TNA2022_712
TNA	TNA2022_404	TNA	TNA2022_713

Figure 293 : Lignes TNA prises en compte en 2023

Le réseau TER 2023 a été entièrement réintégré à l'aide du GTFS de 2023 et comprend les lignes suivantes :

Réseau	Nom
TER	TER2023_LigneD15_La Rochelle - Rochefort - Saintes - Bordeaux
TER	TER2023_LigneD31_Limoges - Périgueux - Bordeaux
TER	TER2023_LigneD33_Bordeaux - Bergerac - Sarlat
TER	TER2023_LigneD44_Bordeaux - Langon - Marmande - Agen
TER	TER2023_LigneD45_Bordeaux - Morcenx - Mont-de-Marsan
TER	TER2023_LigneD51_Bordeaux - Dax - Bayonne - Hendaye
TER	TER2023_LigneD52_Bordeaux - Dax - Pau - Tarbes
TER	TER2023_LigneF32_Ussel - Brive - Périgueux - Bordeaux
TER	TER2023_LigneF41+_Libourne - Bordeaux - Arcachon
TER	TER2023_LigneF41_Bordeaux - Arcachon
TER	TER2023_LigneF42_Le Verdon - Macau - Bordeaux / Pessac
TER	TER2023_LigneF43_Saint-Mariens - Bordeaux
TER	TER2023_LigneF44_Bordeaux - Langon - Marmande - Agen
TER	TER2023_LigneL13_Angoulême - Bordeaux
TER	TER2023_LigneL15_La Rochelle - Rochefort - Saintes - Bordeaux
TER	TER2023_LigneL31_Limoges - Périgueux - Bordeaux
TER	TER2023_LigneL32_Ussel - Brive - Périgueux - Bordeaux
TER	TER2023_LigneL33_Bordeaux - Bergerac - Sarlat
TER	TER2023_LigneL42_Le Verdon - Macau - Bordeaux / Pessac
TER	TER2023_LigneL44_Bordeaux - Langon - Marmande - Agen
TER	TER2023_LigneL45_Bordeaux - Morcenx - Mont-de-Marsan
TER	TER2023_LigneL51_Bordeaux - Dax - Bayonne - Hendaye
TER	TER2023_LigneL52_Bordeaux - Dax - Pau - Tarbes

Figure 294 : Lignes TER prises en compte en 2023

14.2.3. Réseau Vélo

Entre 2021 et 2023, les aménagements cyclables évoluent sur trois secteurs :

- Au Sud de Gujan-Mestras, des aménagements sont prévus sur les nouvelles traversées de la RN250,
- Le long du Boulevard Frédéric Joliot-Curie en arrivant vers le Pont Saint-Jean,
- Au bout de la D936, en arrivant vers le Boulevard Joliot-Curie.

Pour rappel, la vitesse vélo est liée à une vitesse vélo de base (distincte pour VSA et VAE) à laquelle s'ajoute une vitesse en fonction des aménagements, une vitesse en fonction de la pente et une vitesse « ressentie » dépendant du niveau de confort et de sécurité liée elle aussi à l'aménagement. C'est l'évolution de cette résultante qui est présentée ci-dessous.

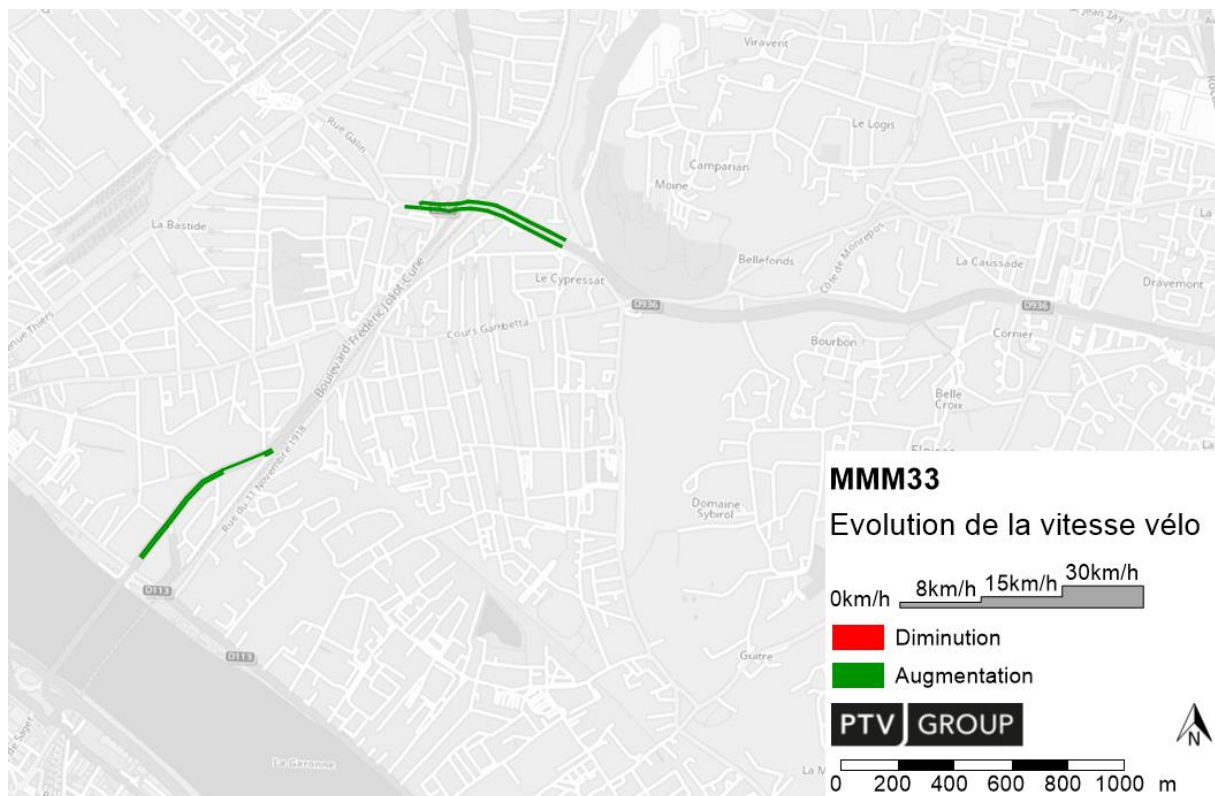


Figure 295 : Evolution de la vitesse vélo modélisée (Sans Assistance) entre 2021 et 2023

14.2.4. Parcs relais

Aucune évolution des parkings relais n'a eu lieu entre 2021 et 2023.

14.3. Evolutions des réseaux d'offre à l'horizon 2030

Ce chapitre présente les évolutions des réseaux entre 2023 et 2030.

14.3.1. Réseau TI et covoiturage

De nombreux projets routiers sont prévus entre 2023 et 2030. Voici les projets pris en compte dans le modèle :

ID	Nom du projet	Type de projet	Commune(s) / Secteur
5039	Plan circulation Brazza Niel	Projets routiers	
5040	Plan circulation OIN Euratlantique	Projets routiers	
5041	Plan circulation OIN Euratlantique (Zac Garonne Eiffel)	Projets routiers	
5042	Plan circulation OIM Aeroparc	Projets routiers	
5043	Plan circulation OIN RD Souys	Projets routiers	
5046	Diverses modifications voiries liées aux projets urbains	Projets routiers	
5047	Déviations Martignas < > St Jean Illiac	Projets routiers	
5048	Activation pont Simone Veil	Projets routiers	
5049	Offre TI BxM 2024	Projets routiers	
6006	Réalisation d'une aire de covoiturage à Arsac de 24 places (RD1 proximité RD1215E1 déviation St Aubin de Médoc – Le Taillan-Médoc)	Projets covoiturage	Arsac
6009	RD1215e1 – Projet de doublement de la RD1215e1	Projets routiers	Arsac et Avensan
6011	Giratoires Médoc RD1215	Projets routiers	Médoc
6013	Réaménagement de l'échangeur A63/RD211	Projets routiers	Cestas
6014	Réaménagement de l'échangeur A660/RD216	Projets routiers	Mios
6018	Recalibrage du Chemin du Baron	Projets routiers	Saint Jean d'Ilac
6020	RN250 x RD1250 - giratoire de Bissérié	Projets routiers	La Teste-de-Buch
6021	RN250 entre Bissérié et Pyla	Projets routiers	La Teste-de-Buch
6025	Reconstruction du pont de Saint Denis de Pile	Projets routiers	Saint Denis de Pile et Bonzac
6027	AFSB	Projets routiers	Cadaujac et Saint Médard d'Eyrans
6032	Voie de covoiturage sur les RD 106	Projets covoiturage	Mérignac – Saint-Jean d'Ilac
6033	Voie de covoiturage sur les RD 113	Projets covoiturage	Bouliac – Camblanes-et-Meynac
6034	Voie de covoiturage sur les RD 936 (prolongement de l'actuelle)	Projets covoiturage	Fargues-Saint-Hilaire, Tresses

8003	Rocade / Voie auxiliaire d'entrecroisement (VAE) entre les échangeurs 17 et 18 sens extérieur	Projets routiers	Villeneuve-d'Ornon
8004	A62 / VR2+ entre l'échangeur 1 et la rocade – Scénario 5 km	Projets routiers	Ayguemorte-les-Graves ; Saint-Médard d'Eyrans ; Cadaujac ; Villeneuve-d'Ornon
8008	A10 / VRTC entre les échangeurs 40a ou 40b et 41 puis VR2+ sur voie de gauche jusqu'à l'échangeur 45	Projets routiers	Saint-André-de-Cubzac ; Cubzac-les-Ponts ; Saint-Vincent-de-Paul ; Ambarès-et-Lagrave ; Sainte-Eulalie ; Carbon-Blanc ; Lormont
8009	N230 – Sens extérieur / Voie auxiliaire d'entrecroisement (VAE) entre les échangeurs 25 et 26	Projets routiers	Artigues-près-Bordeaux
8010	A630 - Sens intérieur / Augmentation de la capacité de l'échangeur 20	Projets routiers	Bègles
8011	RN230 – Sens extérieur / Augmentation de la capacité de l'échangeur 24	Projets routiers	Floirac ; Artigues-près-Bordeaux
8012	RN230 – Sens extérieur / Augmentation de la capacité de l'échangeur 25	Projets routiers	Artigues-près-Bordeaux
8013	RN230 - Sens intérieur / Augmentation de la capacité de l'échangeur 22	Projets routiers	Bouliac
8018	A10 / VR2+ - Echangeur 1 Rocade extérieure entrée : utilisation d'une voie	Projets routiers	Lormont

Figure 296 : Tableau des modifications de réseau TI et covoiturage entre 2023 et 2030

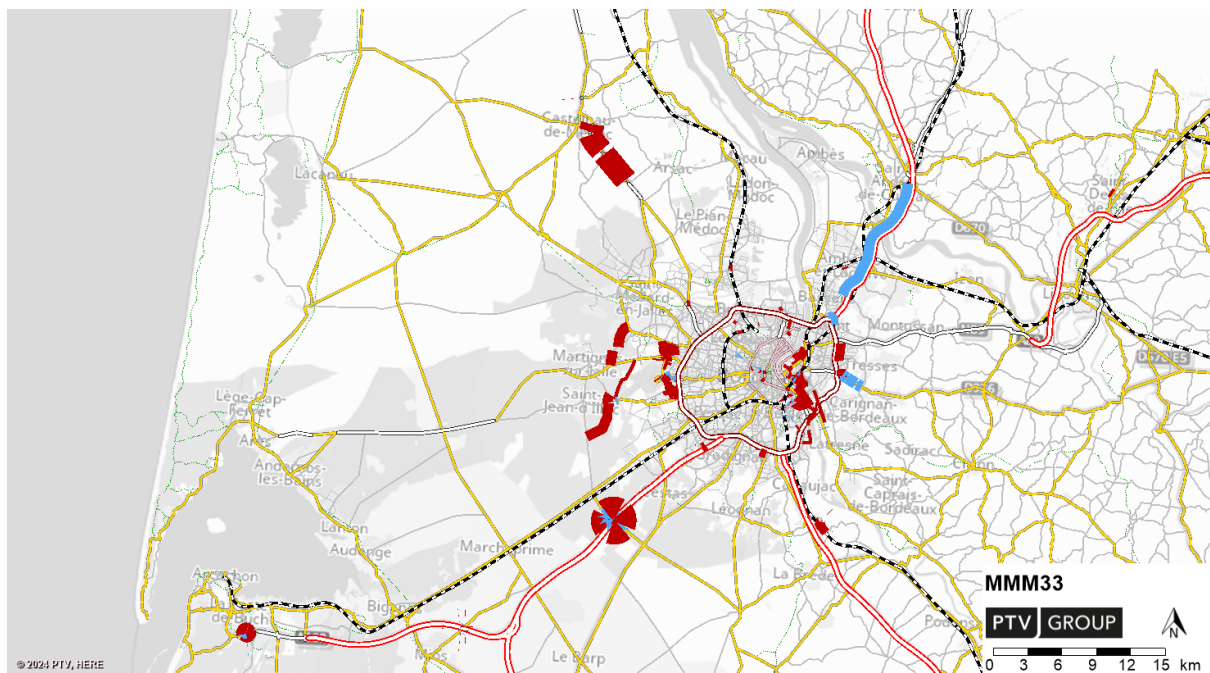


Figure 297 : Evolution de capacité horaire 2023-2030 sur le périmètre modèle

Sur l'A10 et sur la RD936, la diminution de capacité sur les voies principales est liée à l'utilisation d'une voie pour le covoiturage, comme le montre la figure suivante. La capacité globale toutes voies confondues reste équivalente.

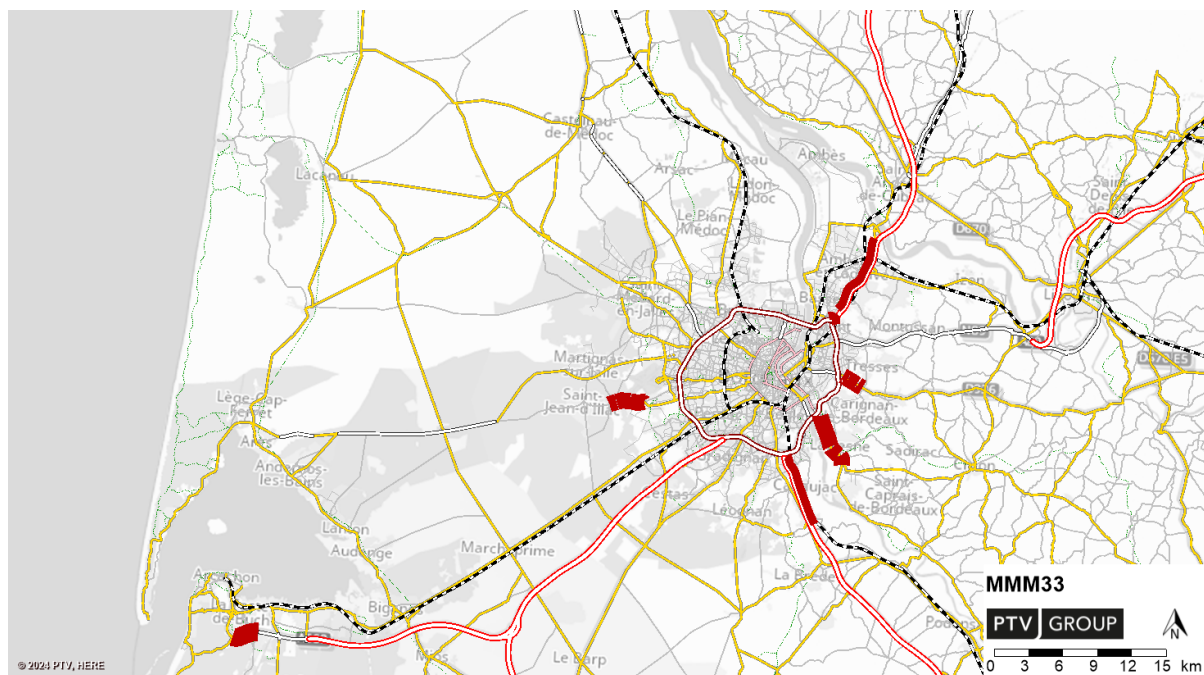


Figure 298 : Ajout de voies réservées au covoiturage

Pour les voies réservées au covoiturage, la vitesse appliquée est de 70km/h notamment sur l'A62 où la voie est prévue à 50km/h. En effet, PTV préconise de laisser 70km/h car en limitant à 50km/h avec des effets de congestion, la vitesse risque de diminuer trop fortement par rapport à la réalité, tandis qu'en limitant à 70km/h, les effets de congestion devraient naturellement diminuer la vitesse en charge à 50km/h.

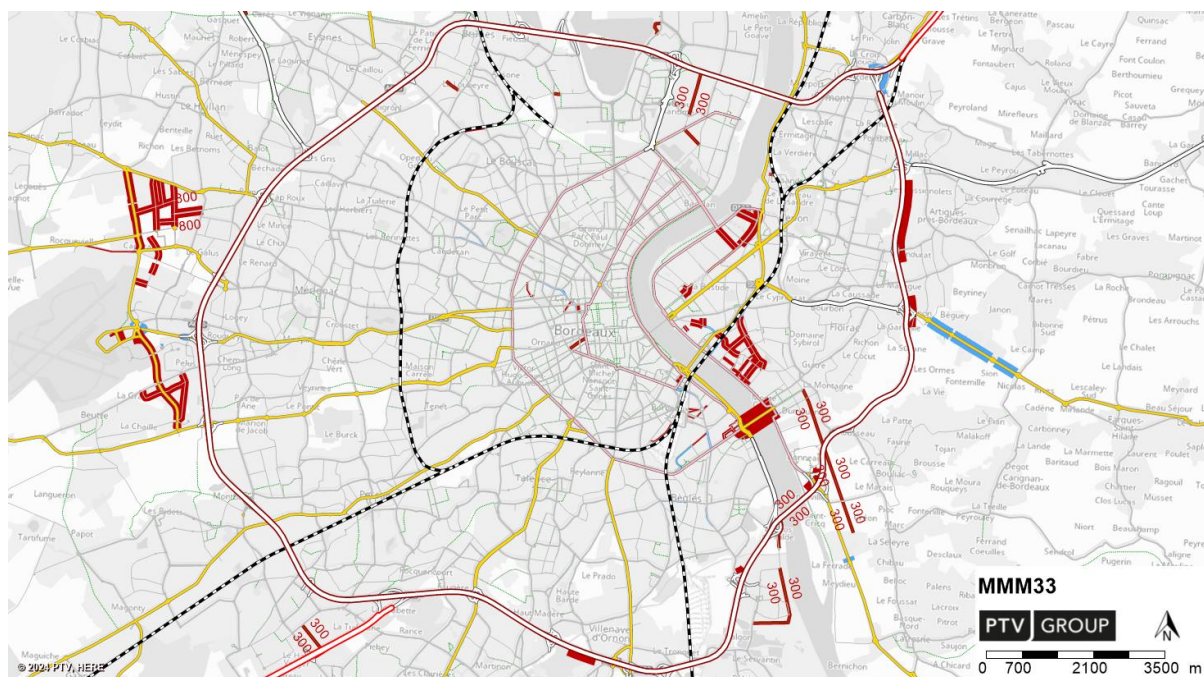


Figure 299 : Evolution de capacité horaire 2023-2030, zoom sur Bordeaux

14.3.2. Réseau TC

Entre 2023 et 2030, le réseau TBM 2024 est conservé pour la plupart des lignes de bus. Cependant, les lignes suivantes sont supprimées :

Réseau	Nom	Syst Transport
TBM	TBM2024_01	Bus
TBM	TBM2024_03	Bus
TBM	TBM2024_04	Bus
TBM	TBM2024_08	Bus
TBM	TBM2024_09	Bus
TBM	TBM2024_31	Bus
TBM	TBM2024_32	Bus
TBM	TBM2024_34	Bus
TBM	TBM2024_35	Bus
TBM	TBM2024_39	Bus
TBM	TBM2024_BAT3	Navette fluviale
TBM	TBM2024_BusC	Bus
TBM	TBM2024_tramA	Tram
TBM	TBM2024_tramC	Tram
TBM	TBM2024_tramD	Tram

Figure 300 : Lignes supprimées ou modifiées du réseau TBM en 2030

Et à la place sont ajoutées plusieurs lignes dont des lignes à fort niveau de desserte (tram et BHNS). Le tram B 2024 est conservé :

Réseau	Nom	Syst Transport
TBM	TBM_01_2024_v1	Bus
TBM	TBM_32_2024_v1	Bus
TBM	TBM_54_2024_v1	Bus
TBM	TBM_A_2025_Lormont-Le Haillan Rostand	Tram
TBM	TBM_A_SP_2025_Service Partiel Cenon Gare<>Pellegrin	Tram
TBM	TBM_BATO_2025	Navette fluviale
TBM	TBM_C_2025_Parc Expo<>Villenave Pyrenees	Tram
TBM	TBM_D_2025_Carle Vernet<>Carre des Jalles	Tram
TBM	TBM_E_2025_Floirac Dravemont<>Blanquefort	Tram
TBM	TBM_F_2025_Gare de Begles<>Aéroport	Tram
TBM	TBM_G_2024_StAubin<>Meca	BHNS
TBM	TBM_H1_Circulaire_Boulevard_Itinéraire trémie	BHNS
TBM	TBM_H2_Circulaire_Boulevard_Itinéraire Cenon Gare	BHNS
TBM	TBM_I_2027_Gradignan<>CHU	BHNS
TBM	TBM_J_2028_Presquile<>Campus	BHNS
TBM	TBM_K_2027_Intra_Rocade	BHNS
TBM	TBM_L_2027_Extra_Rocade_Technobus	BHNS
TBM	TBM_M_2030_Artigues<>Mariadeck	BHNS

Figure 301 : Nouvelles lignes TBM 2030

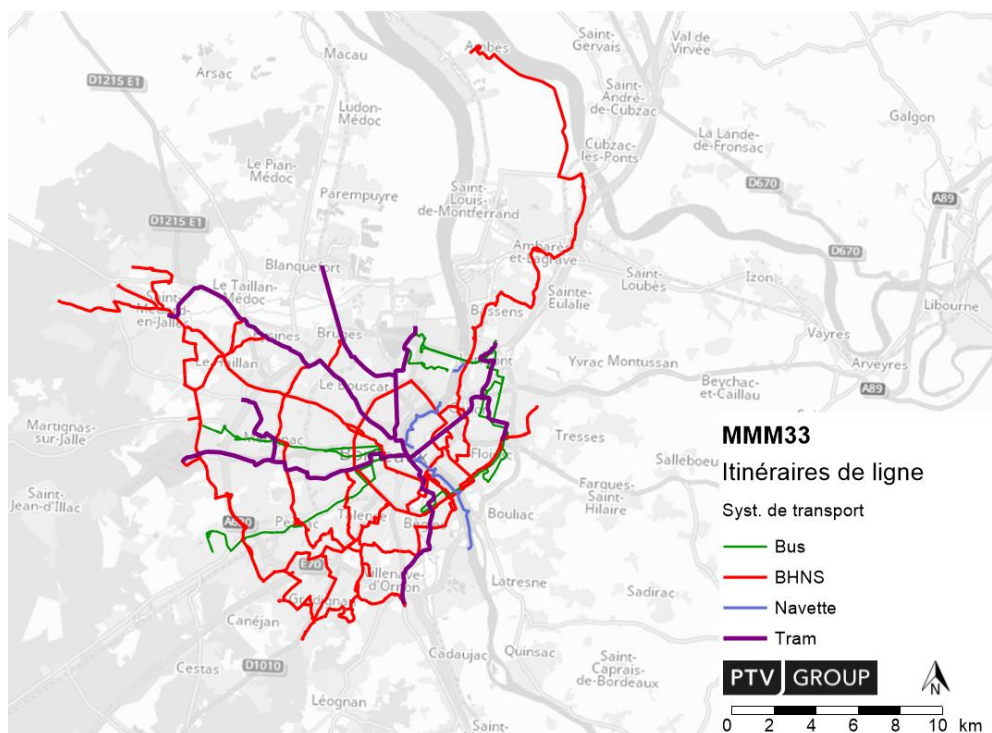


Figure 302 : Réseau TBM : lignes ajoutées/modifiées en 2030

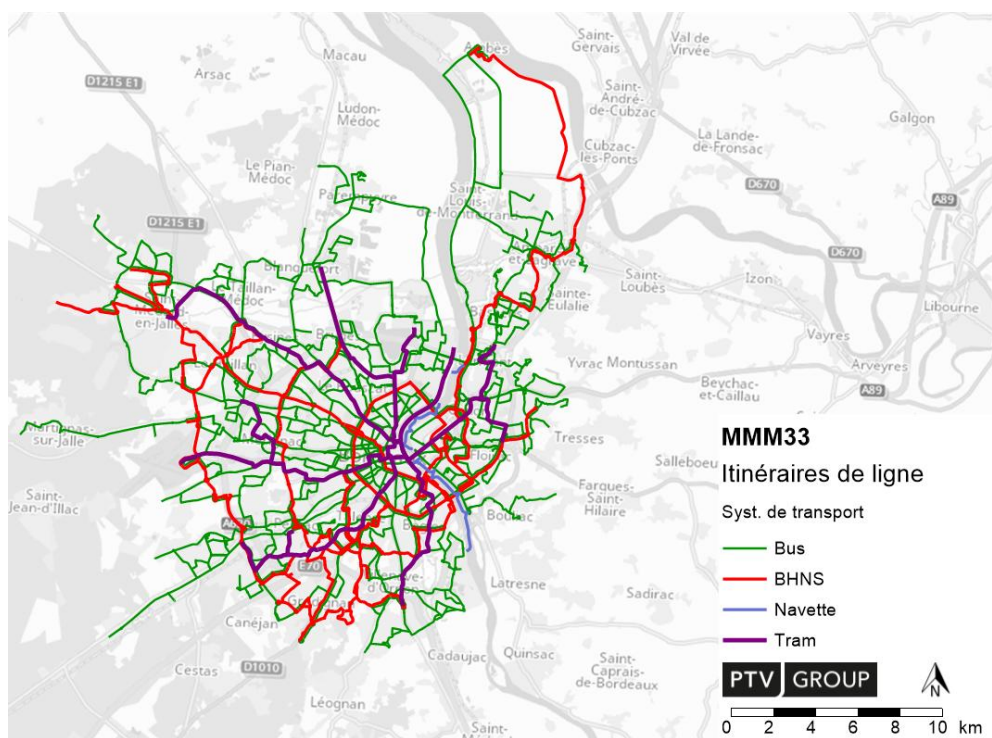


Figure 303 : Réseau TBM complet 2030

Le réseau TNA est également conservé pour la plupart de ces lignes. Deux lignes sont supprimées par rapport à 2023 : la ligne 601 et la ligne 703 car elles sont remplacées par des lignes de Car Express, respectivement les Car Express Bordeaux-Bassin-Nord et Corridor-Médoc. La ligne de Car Express Ceinture-Sud-Ouest est également mise en place.

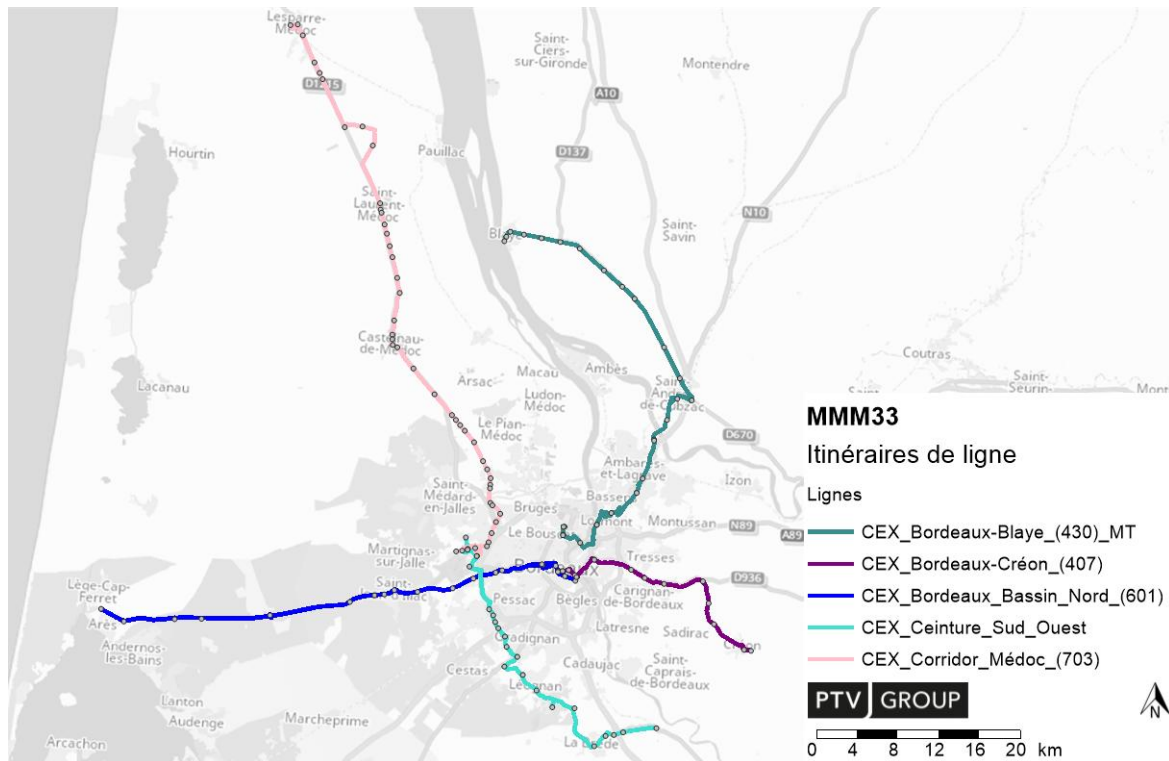


Figure 304 : Tracés des lignes Car Express 2030

Nom ligne	Départ	Arrivée	Fréquence HPM	Fréquence HPS	Fréquence HC
CEX_Bordeaux_Bassin_Nord_(601)	Gare Saint-Jean	Lège D106	30 min	15 min	60 min
	Lège D106	Gare Saint-Jean	15 min	30 min	60 min
CEX_Ceinture_Sud_Ouest	5 Chemins	Beautiran – Gare TER	30 min	15 min	60 min/30 min
	Beautiran – gare TER	5 Chemins	15 min	30 min	60 min/30 min
CEX_Corridor_Médoc_(703)	Rocquevielle	Lesparre – Gare TER	15 min	15 min	60 min
	Lesparre – Gare TER	Rocquevielle	15 min	15 min	60 min

Figure 305 : Fréquences des nouvelles lignes de Car Express 2030

Le réseau TER est également revu, avec notamment certaines lignes diamétralisées de part et d'autre de Bordeaux et la mise en place de Services Express Métropolitain (SER Métropolitains).

Notamment, le SER Bordeaux Le Verdon/Lesparre avec 1 départ par heure de la gare de Bordeaux-St-Jean et 1 départ par heure de la gare de Pessac, dont la desserte est la suivante :



Figure 306 : Tracé de la ligne SER Bordeaux-Le Verdon/Lesparre

Les lignes vers Arcachon à l'Ouest et vers Libourne à l'Est sont diamétralisées avec une fréquence de 30 minutes selon la desserte suivante :

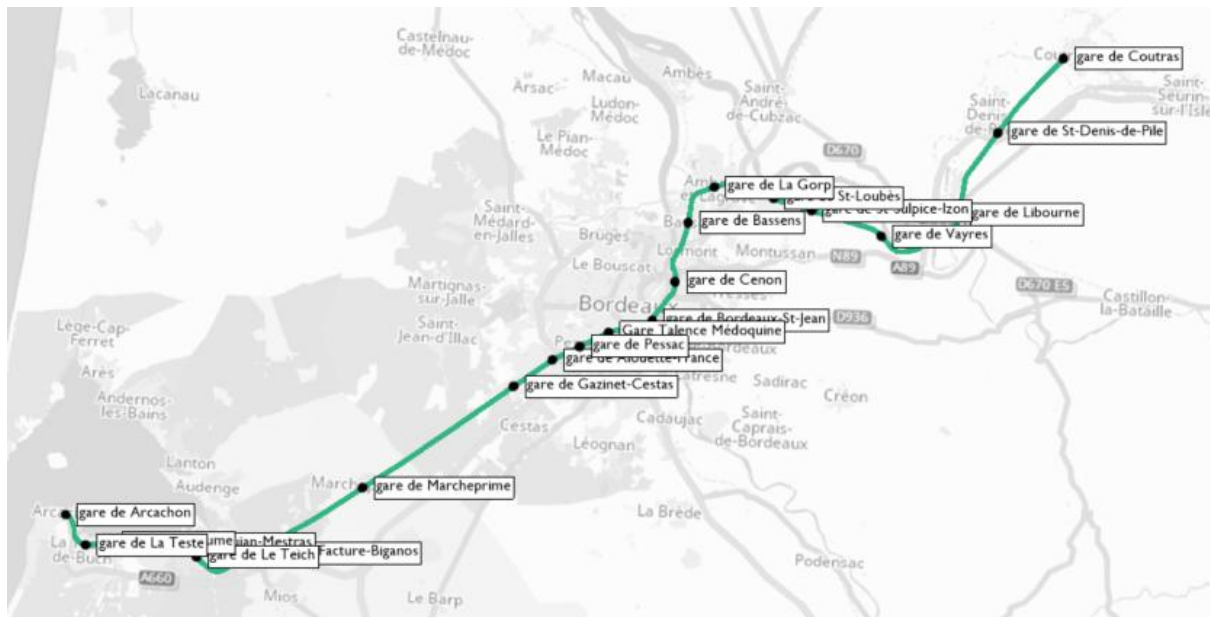


Figure 307 : Tracé de la ligne SER Arcachon-Libourne diamétralisée

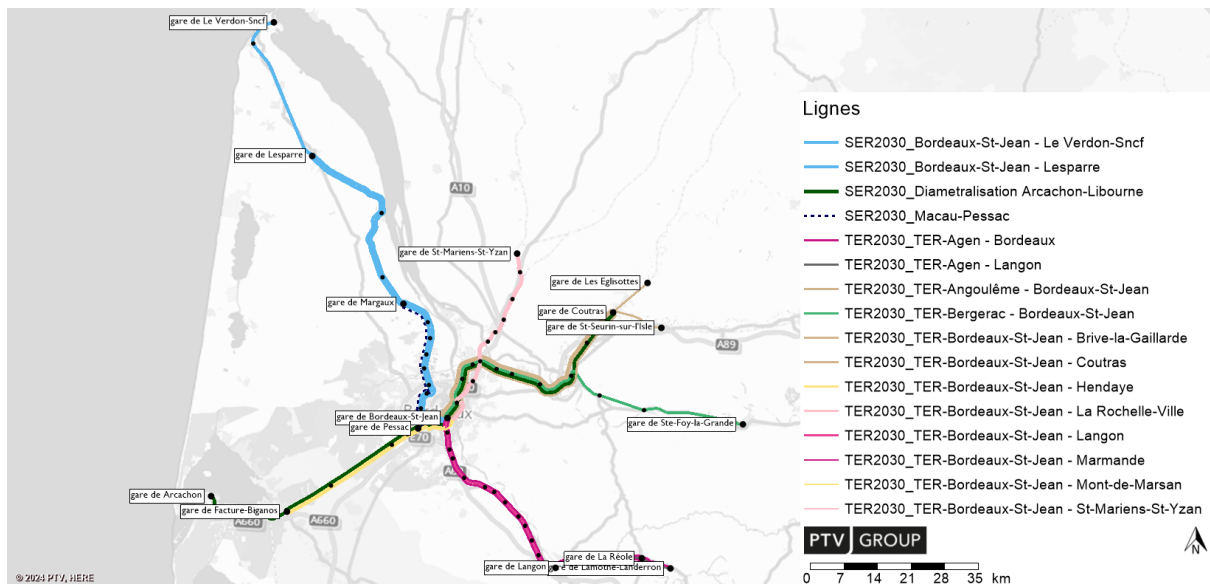


Figure 308 : Réseau TER/SER 2030

Globalement l'offre TER est nettement augmentée en 2030 par rapport à 2023 :

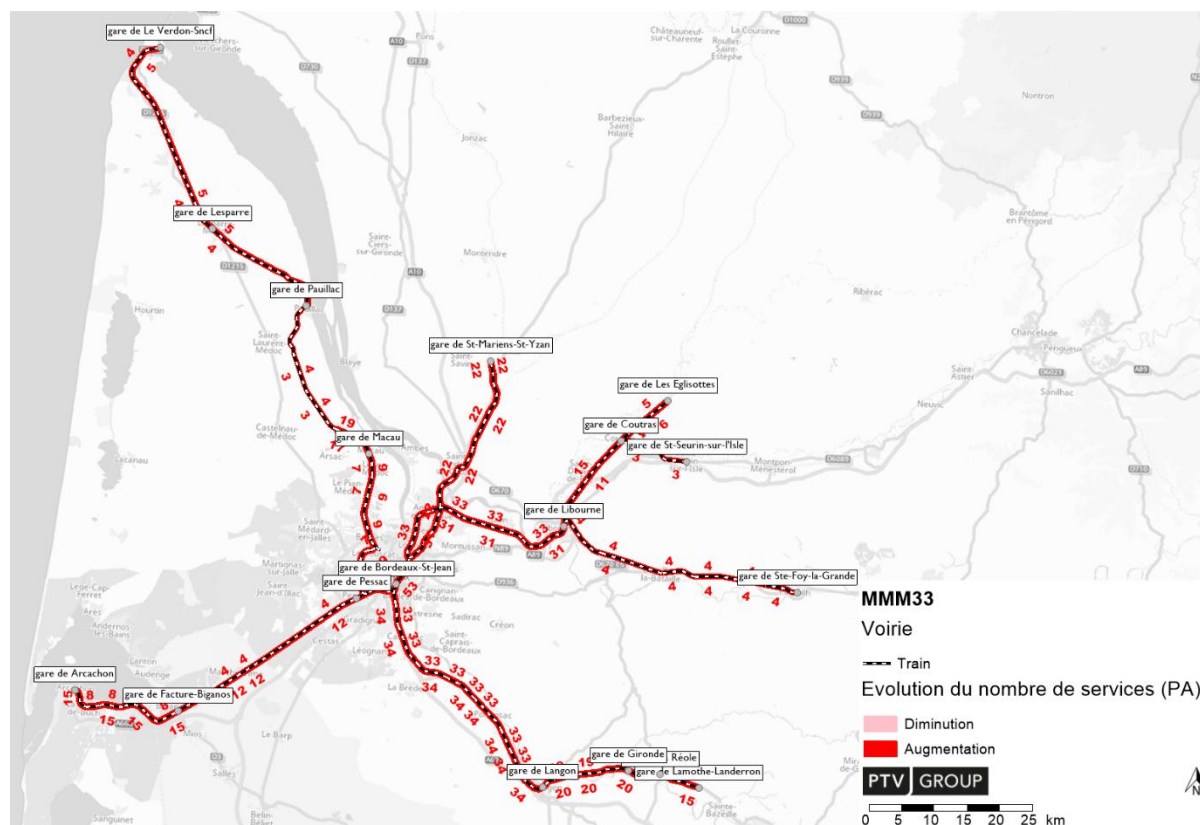


Figure 309 : Evolution du nombre de services 2023-2030 TER/SER à la PPM (7h-9h)

14.3.3. Réseau Vélo

Entre 2023 et 2030, une politique forte en faveur du vélo est appliquée avec de nombreux aménagements, notamment le réseau ReVe et des pistes cyclables sur Bordeaux métropole et également dans quelques secteurs du département.

Notamment, une passerelle piétonne est créée sous le pont François Mitterrand permettant des traversées de la Garonne au Sud.

Le nouveau réseau a pour nom réseau « RêVe » et une partie des projets à 2030 font partie du financement AAP-FMA.

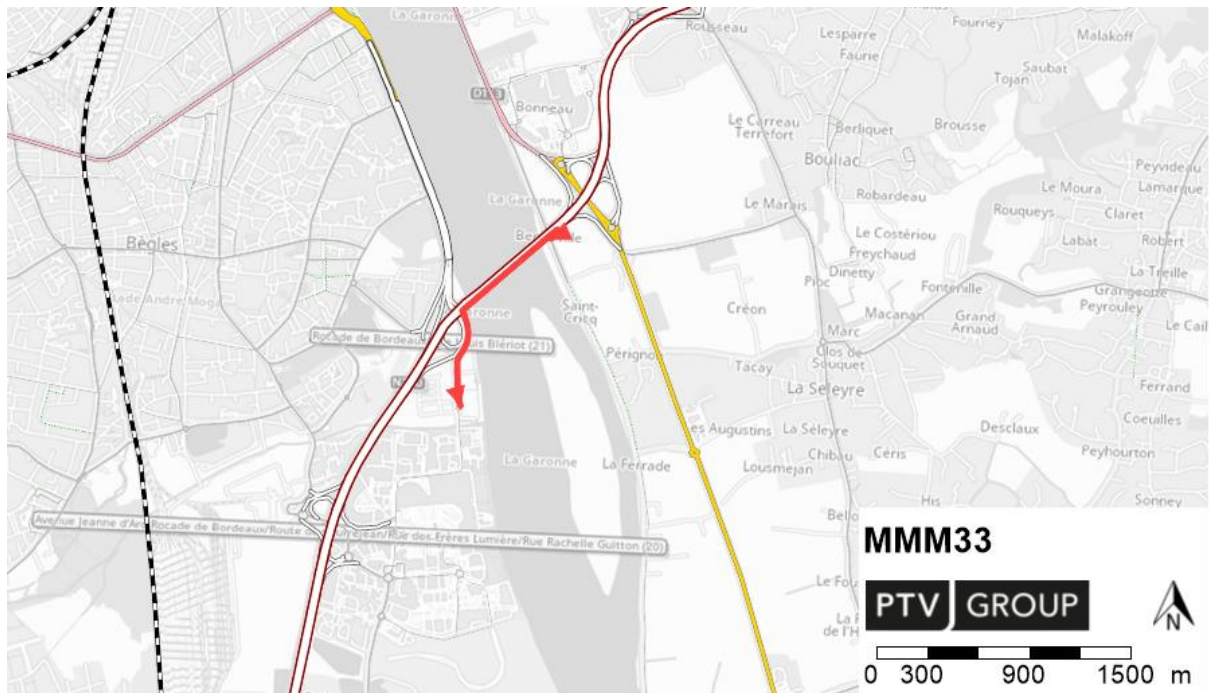


Figure 310 : Création d'une passerelle modes doux sous le Pont François Mitterrand à l'horizon 2030

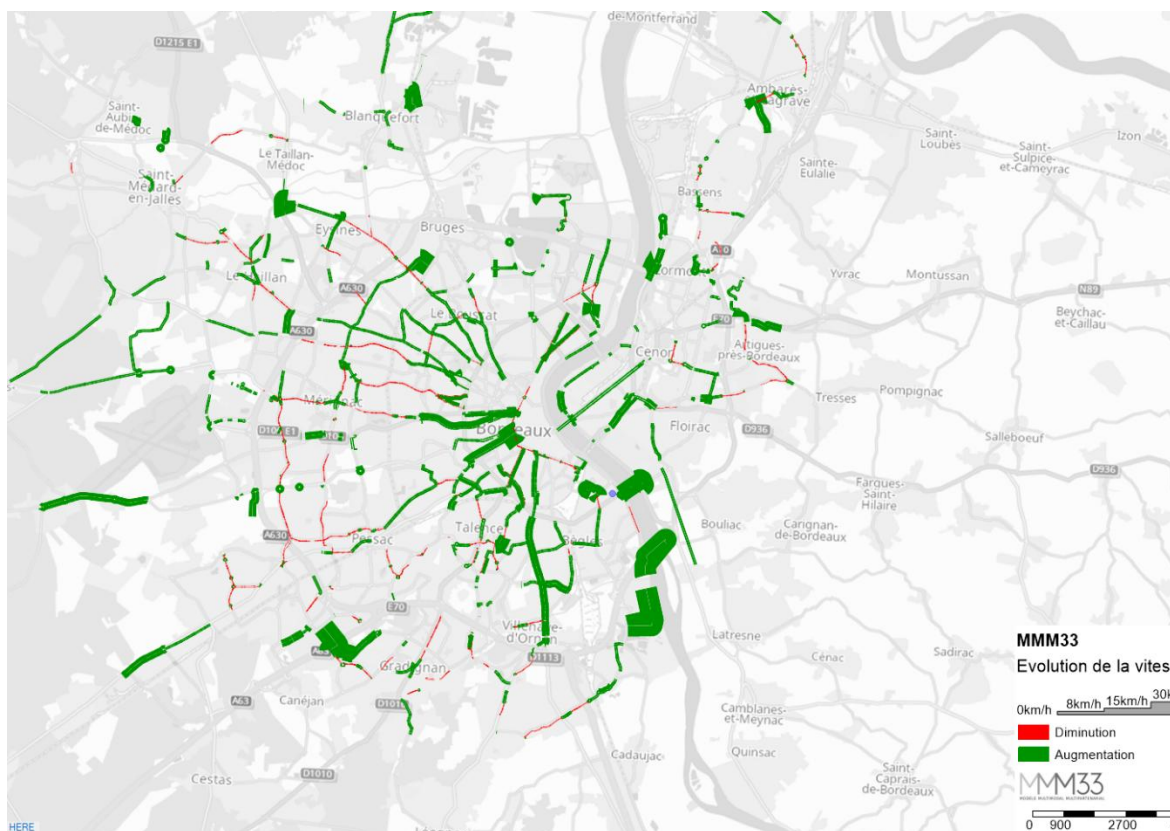


Figure 311 : Evolution de la vitesse vélo mécanique entre 2023 et 2030

Globalement le réseau est largement amélioré. Sur certains axes, la vitesse des vélos sans assistance diminue très légèrement, c'est le passage de bandes cyclables à pistes cyclables qui entraîne ce phénomène. En effet, une vitesse plus rapide a été constatée dans l'étude des traces GPS sur les bandes cyclables par rapport aux pistes. Ce phénomène ne s'observe

pas sur les vélos à assistance électrique, voici l'évolution de la vitesse des VAE entre 2023 et 2030 :

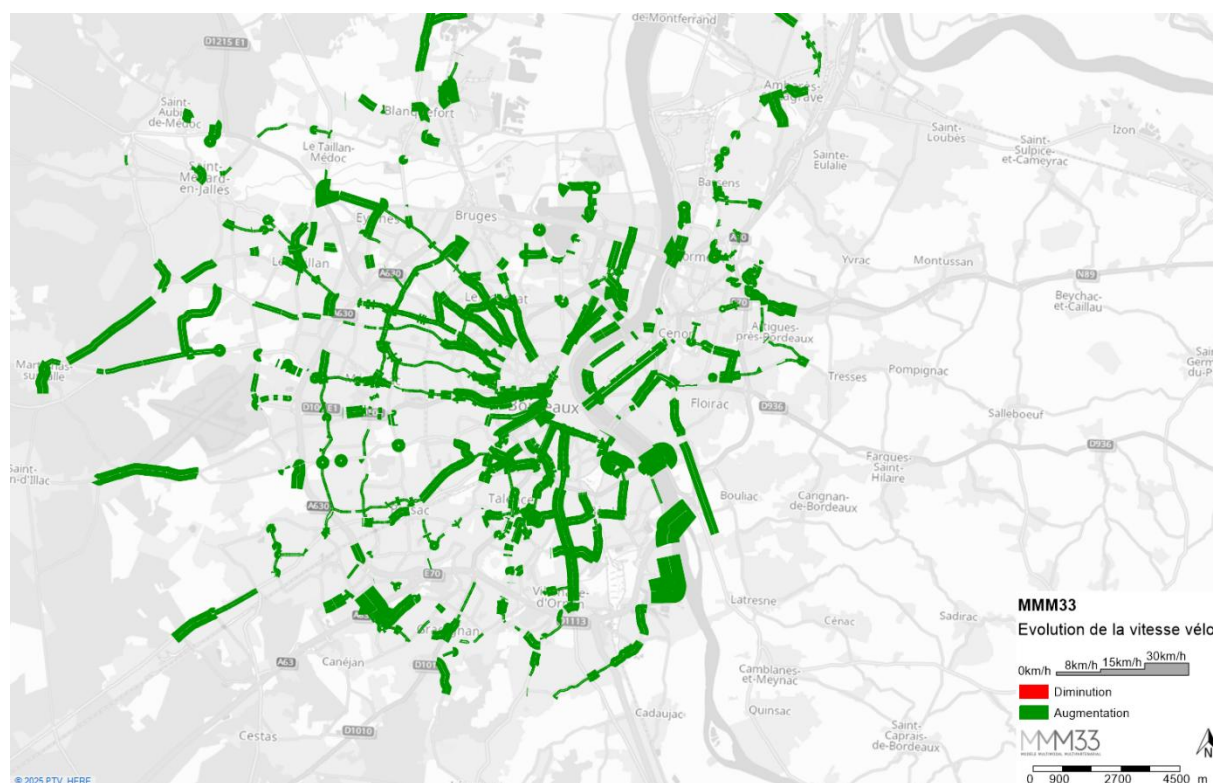


Figure 312 : Evolution de la vitesse vélo à assistance électrique entre 2023 et 2030

Quelques nouvelles portions de pistes cyclables hors métropole peuvent être notées :

- A Lacanau :

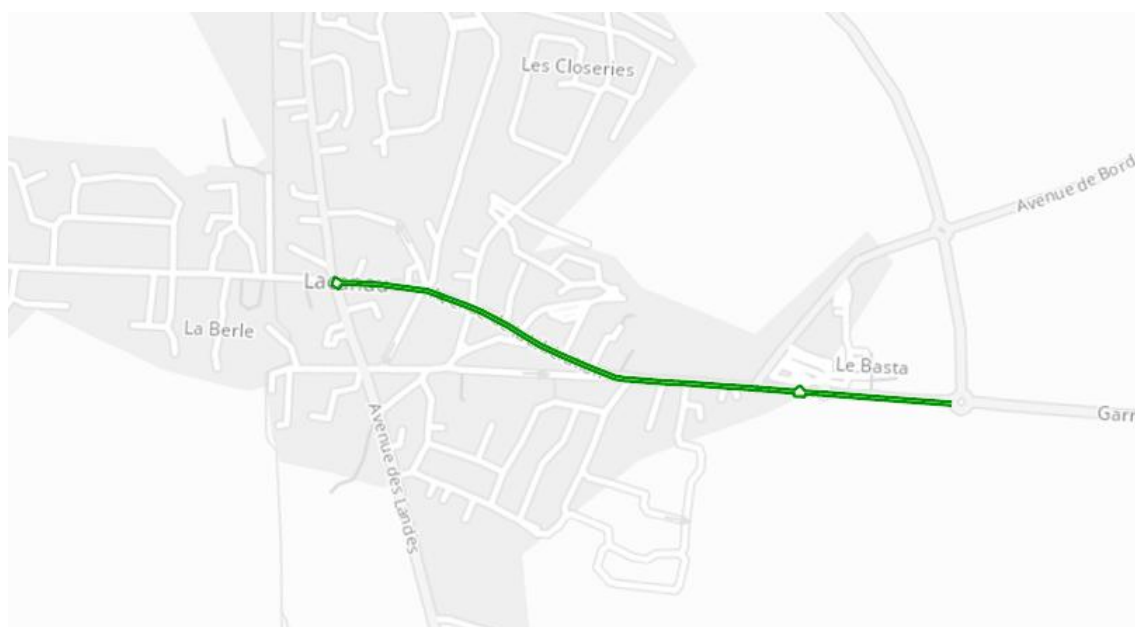


Figure 313 : Aménagements cyclables 2030 à Lacanau

- Plusieurs portions autour du bassin d'Arcachon :



Figure 314 : Aménagements cyclables 2030 autour du bassin d'Arcachon

- Entre la Réole (passage de Bande Cyclable à Voie Verte) et Saint Macaire :

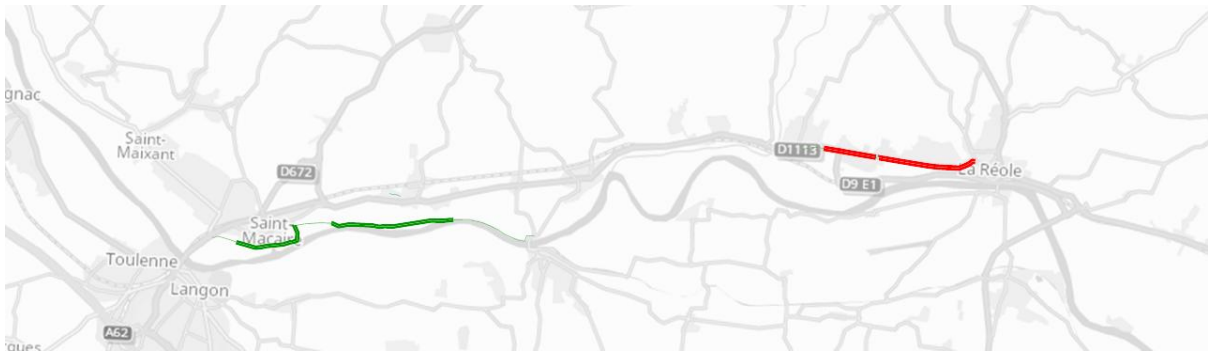


Figure 315 : Aménagements cyclables 2030 entre La Réole et Saint-Macaire

14.3.4. Parcs relais

A l'horizon 2030, 12 évolutions concernant les parcs relais sont intégrées au modèle

- Une fermeture : P+R Stalingrad
- Une réduction de capacité : P+R Gare de Bègles
- Deux agrandissements : P+R Buttinière et Galin
- Huit ouvertures.

Les évolutions sont présentées dans le tableau suivant.

Capacité des parc relais	2021	2030
P+R Buttinière	611	880
P+R Galin	279	576
P+R Mermoz	0	360
P+R de la Plaine des Sports	0	160
P+R Blancherie	0	150
P+R Thouars	0	147
P+R Amplitude	0	120
P+R Caroline Aigle	0	103
P+R Gare De Begles	193	100
P+R Picot	0	50
P+R Beausoleil	0	30
P+R Stalingrad	214	0

Figure 316 : Evolution des capacités de P+R à l'horizon 2030

La capacité globale des P+R passe donc de 8 160 places à 9 540 places. Les localisations et capacités des parcs relais sont présentés dans la carte ci-dessous.

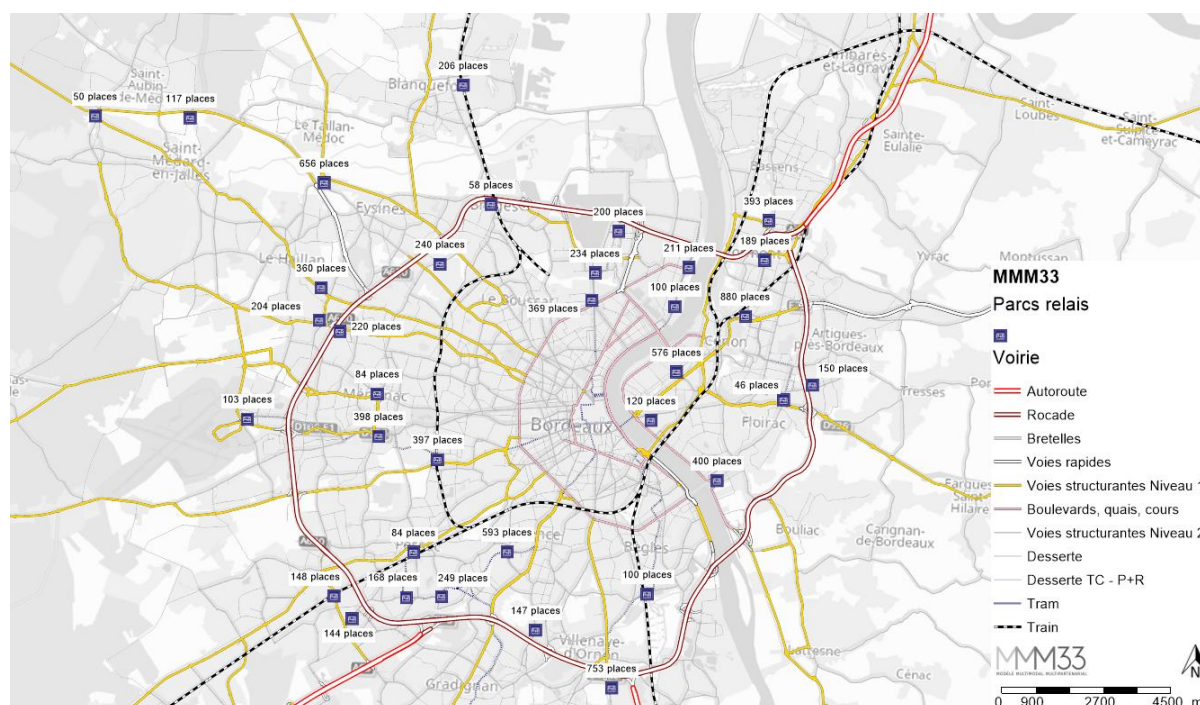


Figure 317 : Localisation et capacité des P+R à l'horizon 2030

Un nouveau parking relais de 160 places a ouvert à la Plaine des Sports à la Teste-de-Buch. Seulement actuellement dans le modèle, le réseau COBAS qui devrait desservir ce P+R n'est pas représenté. Ce P+R ne peut donc pas être utilisé en l'état dans le modèle, mais peut servir en cas de connexion avec une ligne CEX.



Figure 318 : Localisation du P+R La Plaine des Sports créé à l'horizon 2030

14.4. Evolutions des réseaux d'offre à l'horizon 2040

Ce chapitre présente les évolutions des réseaux entre 2030 et 2040.

14.4.1. Réseau TI et covoiturage

Plusieurs projets TI ou de covoiturage sont ajoutés à la situation 2030 :

ID	Nom du projet	Type de projet	Commune(s) / Secteur
6010	RD1215 – Prolongement du 2 * 2 voies déjà existant	Projets routiers	Lesparre Médoc et Saint Laurent de Médoc
6012	Améliorations des mobilités à Lesparre	Projets routiers	Lesparre Médoc
6015	Aménagement d'un échangeur A10/RD22	Projets routiers	Saint Christoly de Blaye
6019	Nord-Est de Saint Jean d'Ilac	Projets routiers	Saint Jean d'Ilac
6022	RD1250 entre Pyla et Grand Chêne - covoiturage	Projets covoiturage	La Teste de Buch et Arcachon
8000	Nœud A10 / Rocade – Sens entrant	Projets routiers	Artigues-près-Bordeaux ; Lormont ; Carbon-Blanc
8001	Rocade / Noeud A10 – Sens sortant	Projets routiers	Artigues-près-Bordeaux ; Lormont ; Carbon-Blanc
8002	RN230 / Echangeur 26	Projets routiers	Artigues-près-Bordeaux
8005	A62 / VR2+ entre l'échangeur 1.1 et la rocade – Scénario 10 km	Projets routiers	Ayguemorte-les-Graves ; Saint-Médard d'Eyrans ; Cadaujac ; Villenave-d'Ornon

Figure 319 : Tableau des modifications de réseau TI et covoiturage entre 2030 et 2040

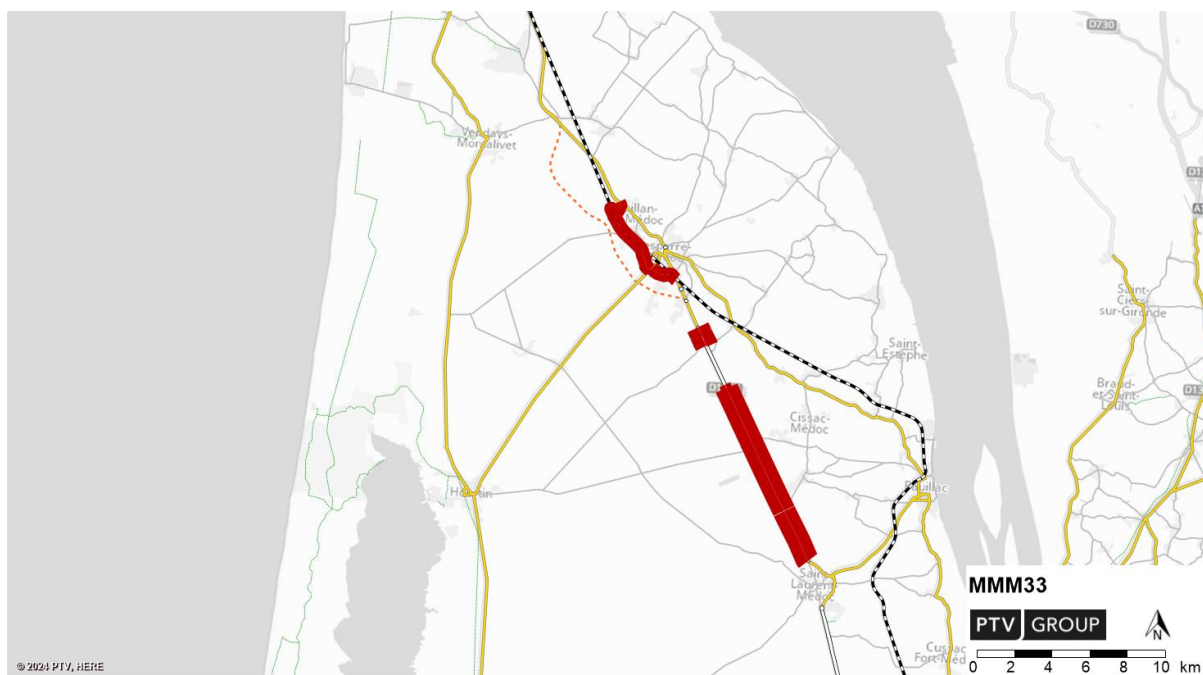


Figure 320 : Evolution des capacités horaires autour de Lesparre-Médoc et Saint-Laurent de Médoc

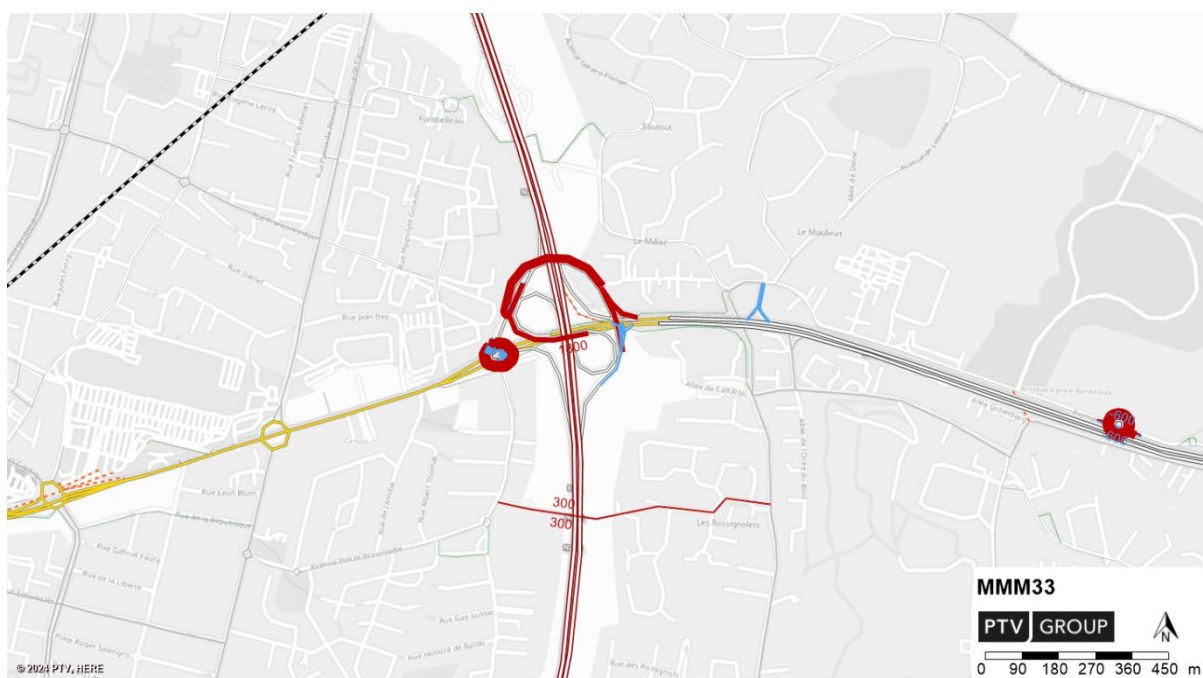


Figure 321 : Reconfiguration de l'échangeur 26 sur la RN230

Deux nouvelles portions de covoiturage sont créées :

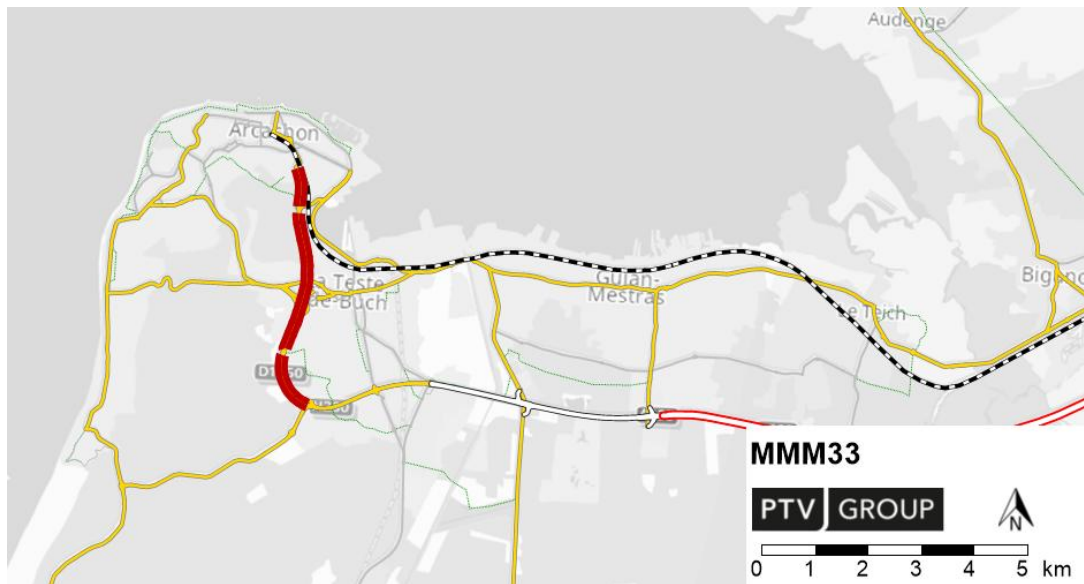


Figure 322 : Création d'une voie réservée au covoiturage entre Pyla et Grand Chêne

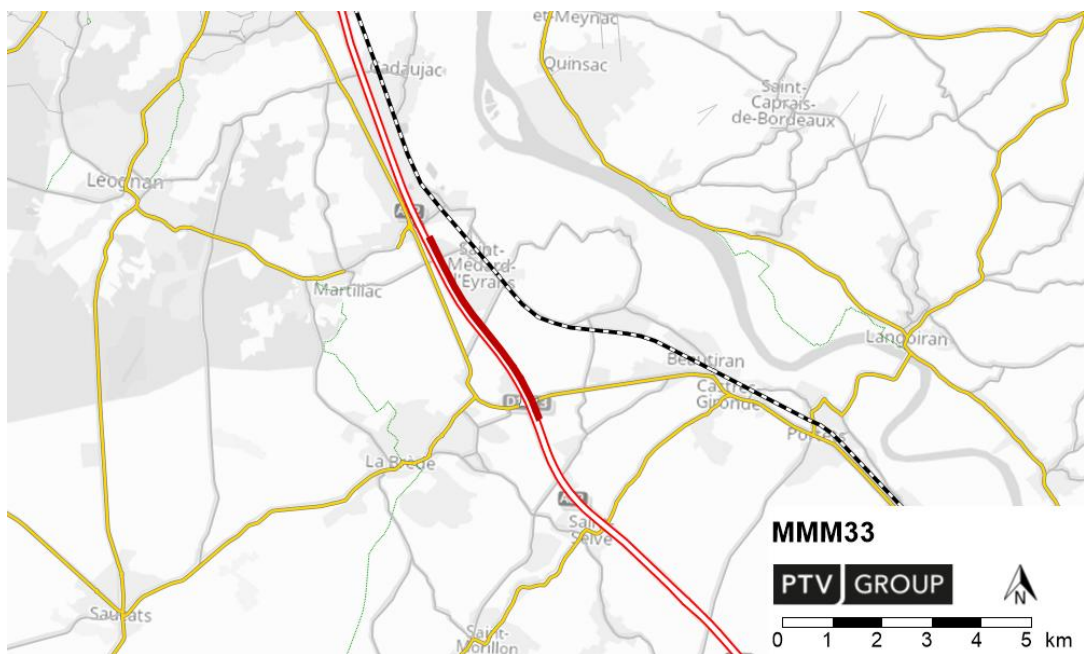


Figure 323 : Prolongement de la portion de covoiturage sur l'A63

14.4.2. Réseau TC

Concernant le réseau TBM, la seule évolution par rapport au réseau 2030 est l'ajout d'une ligne de téléphérique. Son tracé se situe entre l'arrêt Achard et le P+R de Buttinière :

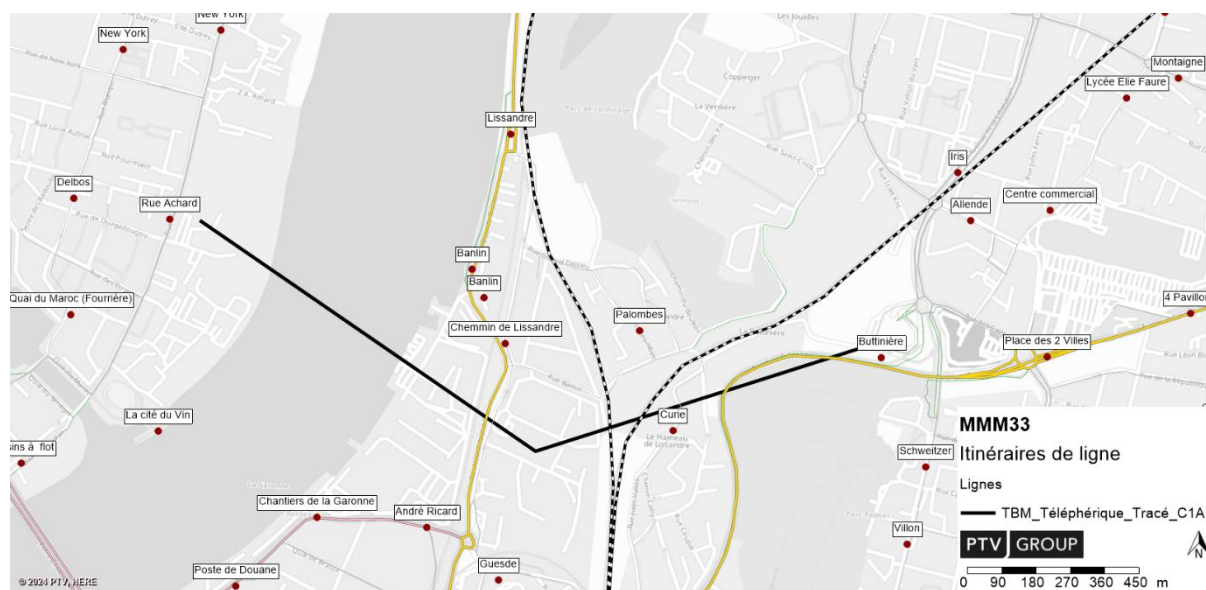


Figure 324 : Tracé du téléphérique prévu à l'horizon 2040

Pour le réseau TNA, une ligne de Car Express est modifiée, il s'agit de la ligne Bordeaux-Blaye qui en 2040 utilise une voie réservée sur l'A10 :

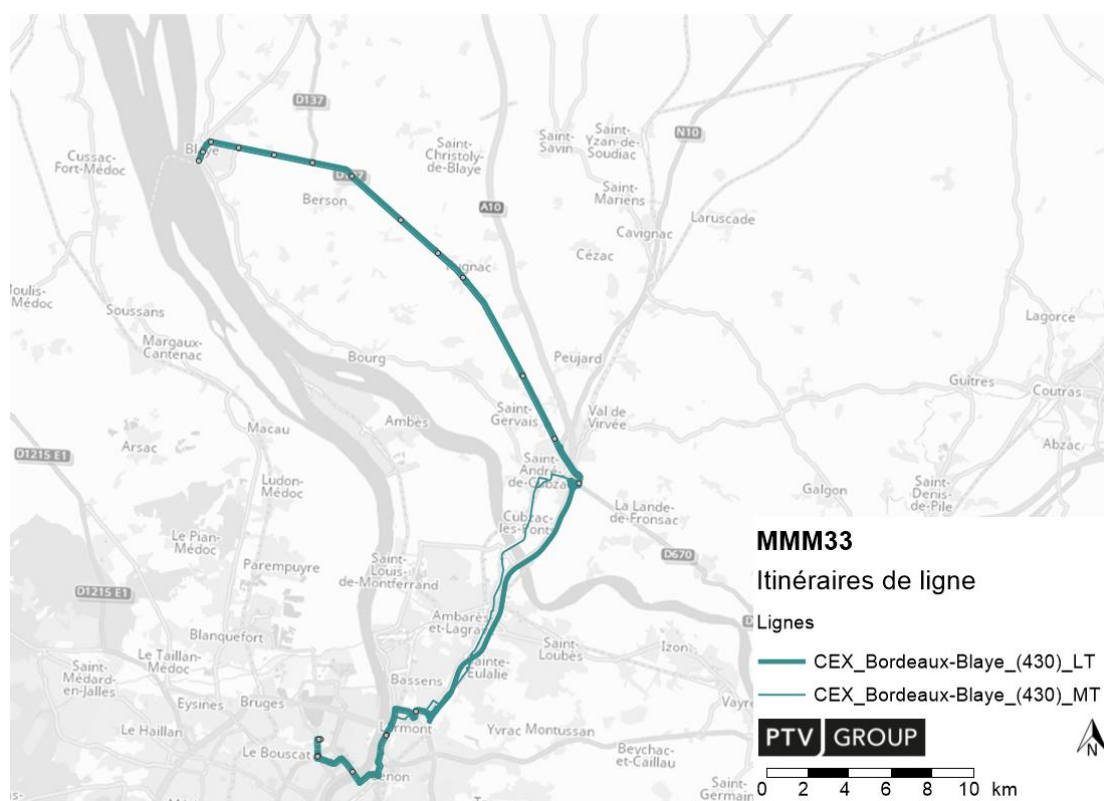


Figure 325 : Evolution du tracé de la ligne Car Express Bordeaux-Blaye entre 2030 et 2040

La fréquence de la ligne reste la même avec 20 minutes en heure de pointe dans le sens de la pointe, 40 minutes en heure de pointe et sens contre-pointe et 60 minutes en heure creuse.

Sur le réseau TER, la ligne SER diamétralisée Langon-Saint Mariens est mise en service (en 2032) avec une fréquence de 30 minutes. Le reste du réseau TER/SER reste inchangé par

rapport à 2030. Cela conduit à une légère augmentation des services sur l'axe Langon-St Mariens.

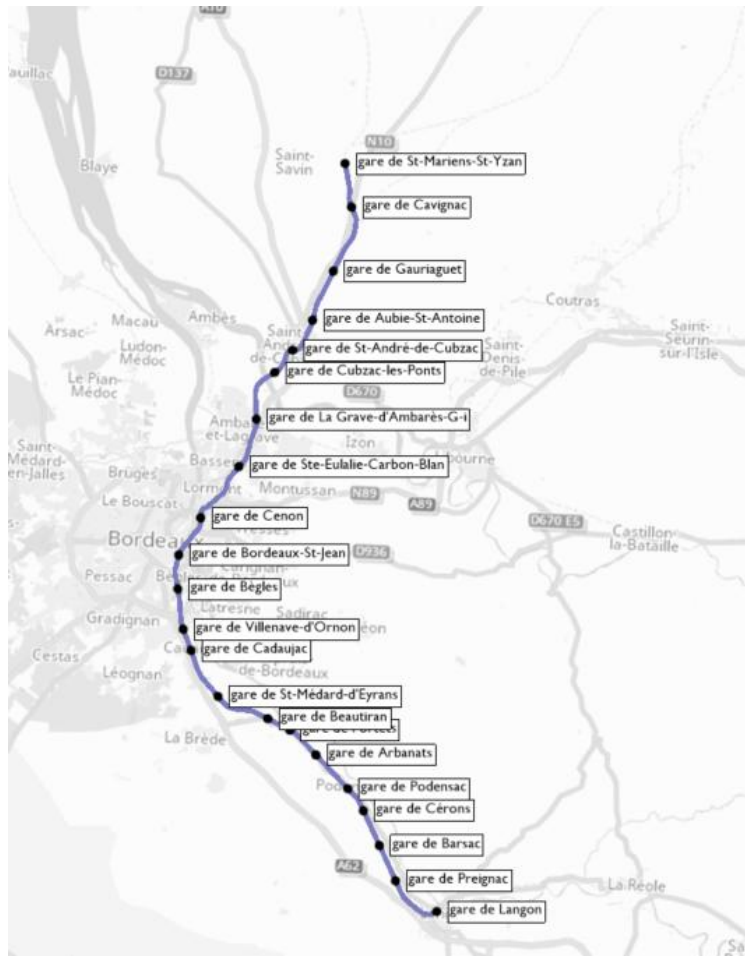


Figure 326 : Tracé de la ligne SER Langon-Saint Mariens diamétralisée

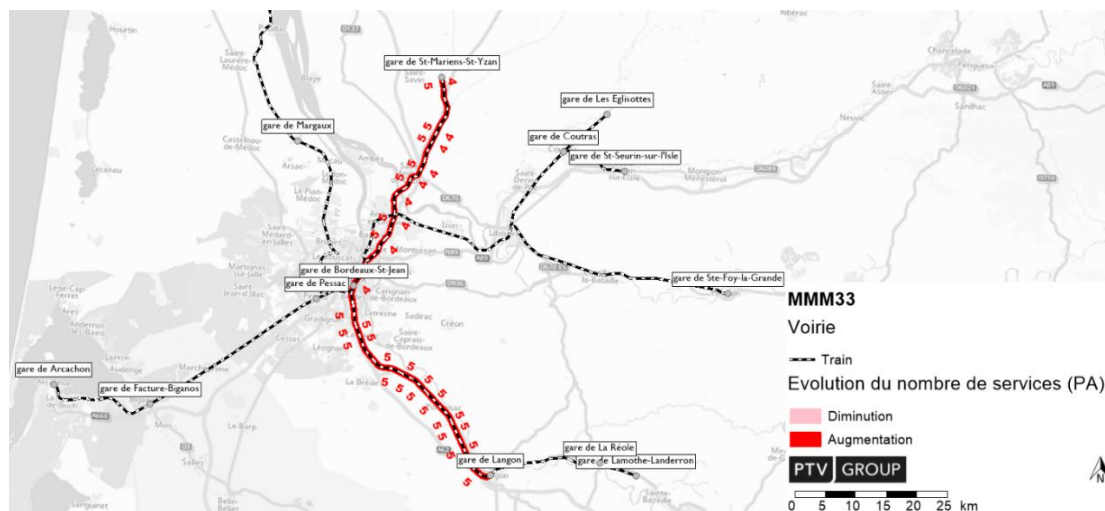


Figure 327 : Evolution du nombre de services 2030-2040 TER/SER à la PPM (7h-9h)

14.4.3. Réseau Vélo

Entre 2030 et 2040, aucune évolution de réseau cyclable n'est encore programmée.

14.4.4. Parcs relais

Aucun projet de Parking Relais n'est pris en compte entre 2030 et 2040.

14.5. Synthèse de l'évolution de l'offre TC

Les tableaux suivants présentent les fréquences TC sur les lignes Trams, BHNS, Lianes, Bato et Car Express aux différents horizons :

Tram	Fréquence (min) 8h-9h sens A				Fréquence (min) 8h-9h sens R			
	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040
Tram A	3.8	3.5	8.6	8.6	3.2	3.0	8.6	8.6
Tram A (sp)	0.0	0.0	5.0	5.0	0.0	0.0	5.0	5.0
Tram B	3.2	3.3	3.3	3.3	3.2	3.5	3.5	3.5
Tram C	5.0	5.0	10.0	10.0	5.0	5.0	10.0	10.0
Tram D	7.5	7.5	6.0	6.0	7.5	7.5	5.5	5.5
Tram E	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	6.7	6.7
Tram F	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	10.0	10.0
Téléphérique	0.0	0.0	0.7	0.7	0.0	0.0	0.7	0.7
Tram	Fréquence (min) 17h-18h sens A				Fréquence (min) 17h-18h sens R			
	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040
Tram A	3.3	3.5	8.6	8.6	3.2	3.2	8.6	8.6
Tram A (sp)	0.0	0.0	5.0	5.0	0.0	0.0	5.0	5.0
Tram B	3.3	3.3	3.3	3.3	3.0	3.3	3.3	3.3
Tram C	5.0	5.0	10.0	10.0	5.0	5.0	10.0	10.0
Tram D	7.5	7.5	6.0	6.0	7.5	7.5	5.5	5.5
Tram E	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	7.5	7.5
Tram F	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	8.6	8.6
Téléphérique	0.0	0.0	0.7	0.7	0.0	0.0	0.7	0.7

Figure 328 : Fréquences tram en minute à l'HPM et l'HPS par sens et par horizon

BHNS	Fréquence (min) 8h-9h sens A				Fréquence (min) 8h-9h sens R			
	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040
BHNS G (ex Lianes 03)	12.0	12.0	6.0	6.0	7.5	10.0	7.5	7.5
BHNS H1	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	10.0	10.0
BHNS H2	0.0	0.0	8.6	8.6	0.0	0.0	8.6	8.6
BHNS I (ex Lianes 08)	12.0	12.0	5.0	5.0	15.0	12.0	4.6	4.6
BHNS J (ex Corol 31)	20.0	5.5	4.6	4.6	15.0	6.0	4.6	4.6
BHNS K (ex Corol 35)	15.0	10.0	5.5	5.5	20.0	12.0	5.5	5.5
BHNS L (ex Corol 39)	20.0	12.0	6.0	6.0	20.0	20.0	7.5	7.5
BHNS M	0.0	0.0	5.0	5.0	0.0	0.0	5.0	5.0
BHNS	Fréquence (min) 17h-18h sens A				Fréquence (min) 17h-18h sens R			
	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040
BHNS G (ex Lianes 03)	7.5	7.5	6.0	6.0	10.0	10.0	6.7	6.7
BHNS H1	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	10.0	10.0
BHNS H2	0.0	0.0	8.6	8.6	0.0	0.0	8.6	8.6
BHNS I (ex Lianes 08)	12.0	12.0	5.0	5.0	12.0	12.0	4.6	4.6
BHNS J (ex Corol 31)	20.0	5.5	4.6	4.6	15.0	5.0	4.6	4.6
BHNS K (ex Corol 35)	12.0	10.0	5.5	5.5	20.0	10.0	5.5	5.5
BHNS L (ex Corol 39)	20.0	10.0	6.7	6.7	15.0	10.0	7.5	7.5
BHNS M	0.0	0.0	5.0	5.0	0.0	0.0	5.0	5.0

Figure 329 : Fréquences BHNS en minute à l'HPM et l'HPS par sens et par horizon

Lianes	Fréquence (min) 8h-9h sens A				Fréquence (min) 8h-9h sens R			
	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040
Lianes 01	7.5	6.0	10.0	10.0	7.5	6.7	10.0	10.0
Lianes 02	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	20.0	20.0	20.0
Lianes 04	12.0	8.6	0.0	0.0	10.0	8.6	0.0	0.0
Lianes 05	8.6	7.5	7.5	7.5	8.6	7.5	7.5	7.5
Lianes 07	15.0	15.0	15.0	15.0	12.0	15.0	15.0	15.0
Lianes 09	8.6	7.5	0.0	0.0	8.6	7.5	0.0	0.0
Lianes 10	4.6	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0
Lianes 12	15.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0
Lianes 15	10.0	10.0	10.0	10.0	8.6	10.0	10.0	10.0
Lianes 16	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	8.6	8.6	8.6

Lianes	Fréquence (min) 17h-18h sens A				Fréquence (min) 17h-18h sens R			
	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040
Lianes 01	7.5	6.0	10.0	10.0	6.7	6.0	12.0	12.0
Lianes 02	12.0	12.0	12.0	12.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Lianes 04	12.0	8.6	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0
Lianes 05	8.6	7.5	7.5	7.5	8.6	7.5	7.5	7.5
Lianes 07	15.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Lianes 09	8.6	7.5	0.0	0.0	8.6	7.5	0.0	0.0
Lianes 10	5.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0
Lianes 12	15.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0
Lianes 15	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	8.6	8.6	8.6
Lianes 16	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	8.6	8.6	8.6

Figure 330 : Fréquences Lianes en minute à l'HPM et l'HPS par sens et par horizon

Navette fluviale BAT ³	Fréquence (min) 8h-9h sens A				Fréquence (min) 8h-9h sens R			
	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040
	12.0	10.0	5.5	5.5	12.0	10.0	5.5	5.5

Navette fluviale BAT ³	Fréquence (min) 17h-18h sens A				Fréquence (min) 17h-18h sens R			
	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040
	10.0	10.0	5.5	5.5	12.0	10.0	5.5	5.5

Figure 331 : Fréquences BATO en minute à l'HPM et l'HPS par sens et par horizon

Car Express	Fréquence (min) 8h-9h sens A				Fréquence (min) 8h-9h sens R			
	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040
Bordeaux - Blaye	0.0	60.0	60.0	60.0	0.0	60.0	60.0	60.0
Bordeaux - Créon	12.0	12.0	12.0	12.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Bordeaux - BassinNord	0.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0	30.0	30.0
Ceinture Sud-Ouest	0.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0	12.0	12.0
Corridor Médoc	0.0	0.0	12.0	12.0	0.0	0.0	60.0	60.0

Car Express	Fréquence (min) 17h-18h sens A				Fréquence (min) 17h-18h sens R			
	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040
Bordeaux - Blaye	0.0	60.0	60.0	60.0	0.0	20.0	20.0	20.0
Bordeaux - Créon	20.0	20.0	20.0	20.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Bordeaux - BassinNord	0.0	0.0	12.0	12.0	0.0	0.0	20.0	20.0
Ceinture Sud-Ouest	0.0	0.0	12.0	12.0	0.0	0.0	20.0	20.0
Corridor Médoc	0.0	0.0	15.0	15.0	0.0	0.0	30.0	30.0

Figure 332 : Fréquences des Car Express en minute à l'HPM et l'HPS par sens et par horizon

15. Principaux résultats des scénarios prospectifs

Chaque scénario est modélisé à l'heure de pointe du matin et à l'heure de pointe du soir et à la journée.

Ce chapitre présente les résultats généraux obtenus après modélisations et analyses globales à l'échelle de la métropole des différents scénarios prospectifs de référence.

15.1. Déplacements générés et parts modales

Les évolutions socio-économiques (augmentation et vieillissement de la population) génèrent une évolution du nombre de déplacements totaux aux horizons prospectifs de référence par rapport à l'horizon de calage 2021.

Pour rappel, les taux de génération et chaînes de déplacements des groupes restent constantes dans le temps.

15.1.1. Evolutions sur le périmètre entier

Le tableau suivant résume les évolutions du nombre de déplacements totaux en comparant avec l'évolution de la population.

Interne au périmètre	2021	2023	2030	2040
Population	1 641 236	1 695 076	1 790 458	1 921 507
Déplacements totaux	5 224 500	5 440 800	5 713 900	6 106 000
Evolution de population		+3.3%	+5.6%	+7.3%
Evolution des déplacements		+4.1%	+5.0%	+6.9%

Figure 333 : Evolution de la population et des déplacements

La part modale est une résultante du modèle, qui prend en compte l'ensemble des évolutions des réseaux d'offre sur son périmètre d'action. Ses évolutions sont analysées à la journée.

Dans l'ensemble, les déplacements augmentent sur tous les modes à chaque horizon, comme le montre la figure suivante.

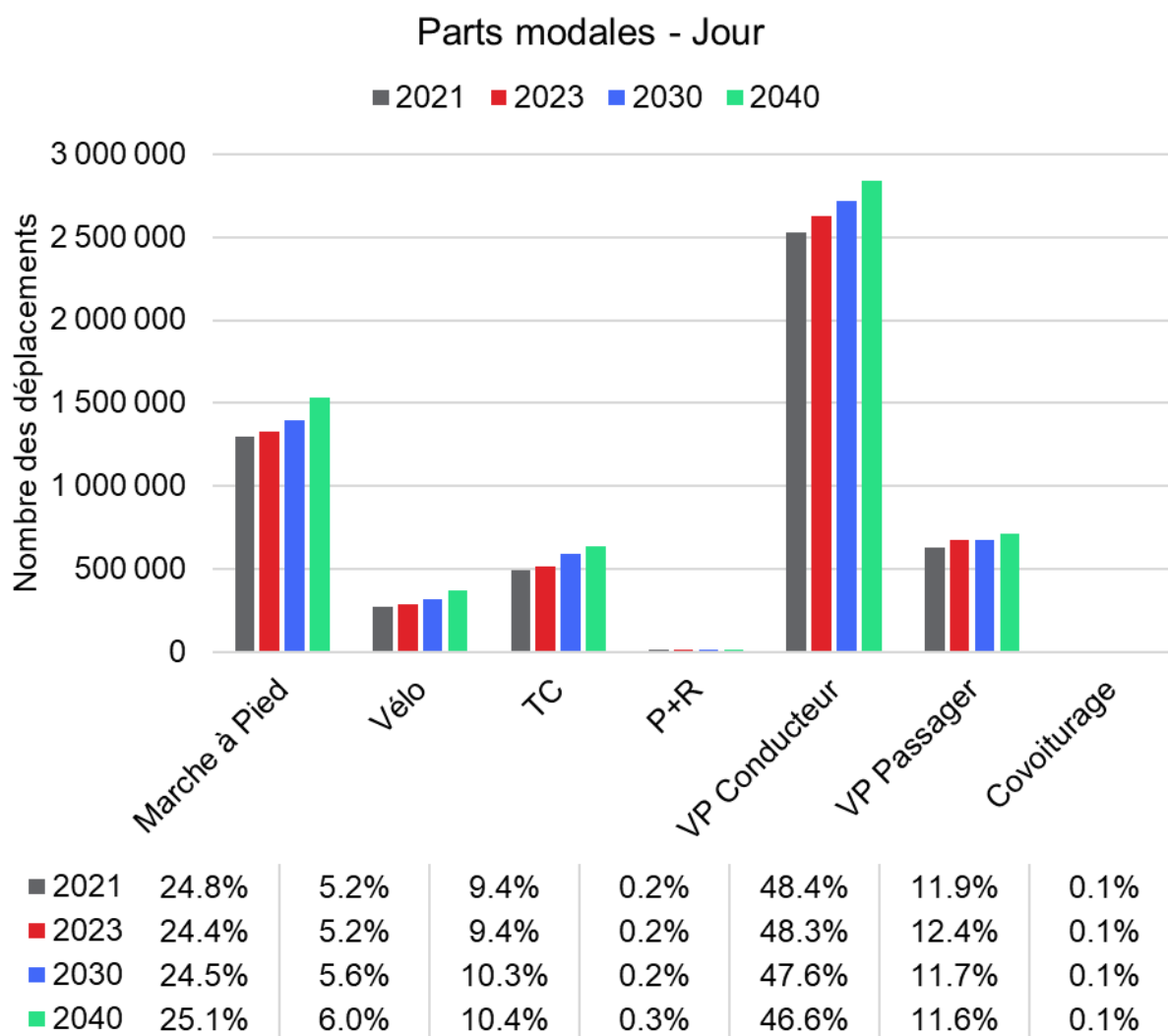


Figure 334 : Déplacements et parts modales, 2021 à 2040, Jour

Entre 2021 et 2023, les tendances d'évolutions sont similaires et peu marquées sur tous les modes et donc proches de l'évolution globale du nombre de déplacements.

Entre 2023 et 2030, les TC présentent une forte évolution avec +15.6% de déplacements, ce qui est nettement supérieur à l'évolution globale de +5.0%.

Entre 2030 et 2040, ce sont les vélos qui présentent la plus forte évolution avec +11.1%, là aussi supérieure à l'évolution globale de +6.9%.

Les évolutions VP conducteur sont quant à elles relativement stables dans le temps, entre +4.0% et +4.9%, globalement inférieure à l'évolution globale.

Ces éléments sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Déplacements	Jour			
	2021	2023	2030	2040
Marche à Pied	1 293 200	1 327 700	1 397 900	1 535 100
Vélo	274 200	283 300	318 600	368 400
TC	491 600	513 500	588 700	632 500
P+R	10 800	10 700	13 800	15 400
VP Conducteur	2 527 000	2 630 500	2 721 800	2 843 100
VP Passager	624 300	672 700	670 800	708 800
Covoiturage	3 500	3 600	3 600	4 000
Total	5 224 600	5 442 000	5 715 200	6 107 300

Parts modales	2021	2023	2030	2040
Marche à Pied	24.8%	24.4%	24.5%	25.1%
Vélo	5.2%	5.2%	5.6%	6.0%
TC	9.4%	9.4%	10.3%	10.4%
P+R	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%
VP Conducteur	48.4%	48.3%	47.6%	46.6%
VP Passager	11.9%	12.4%	11.7%	11.6%
Covoiturage	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%

Evolutions des volumes	2023	2030	2040
Marche à Pied	+2.7%	+5.3%	+9.8%
Vélo	+3.3%	+12.5%	+15.6%
TC	+4.5%	+14.6%	+7.4%
P+R	-0.9%	+29.0%	+11.6%
VP Conducteur	+4.1%	+3.5%	+4.5%
VP Passager	+7.8%	-0.3%	+5.7%
Covoiturage	+2.9%	+0.0%	+11.1%
Total	+4.2%	+5.0%	+6.9%

Evolutions des parts	2023	2030	2040
Marche à Pied	-1.4%	+0.3%	+2.8%
Vélo	-0.8%	+7.1%	+8.2%
TC	+0.3%	+9.2%	+0.5%
P+R	-4.9%	+22.8%	+4.4%
VP Conducteur	-0.1%	-1.5%	-2.2%
VP Passager	+3.4%	-5.0%	-1.1%
Covoiturage	-1.3%	-4.8%	+4.0%

Figure 335 : Evolution des déplacements par mode, 2021 à 2040, Jour

15.1.2. Evolutions par macrozone

Cependant, à l'échelle des macrozones, les évolutions sont plus contrastées. En effet, sur la Métropole, les parts modales VP Conducteur baissent notablement, et les parts modales TC augmentent fortement. Les parts modales vélo augmentent aussi mais dans une moindre mesure.

Dans les macrozones hors métropole, les parts modales restent globalement assez constantes.

Les parts modales par macrozone sont présentées dans la figure ci-dessous.

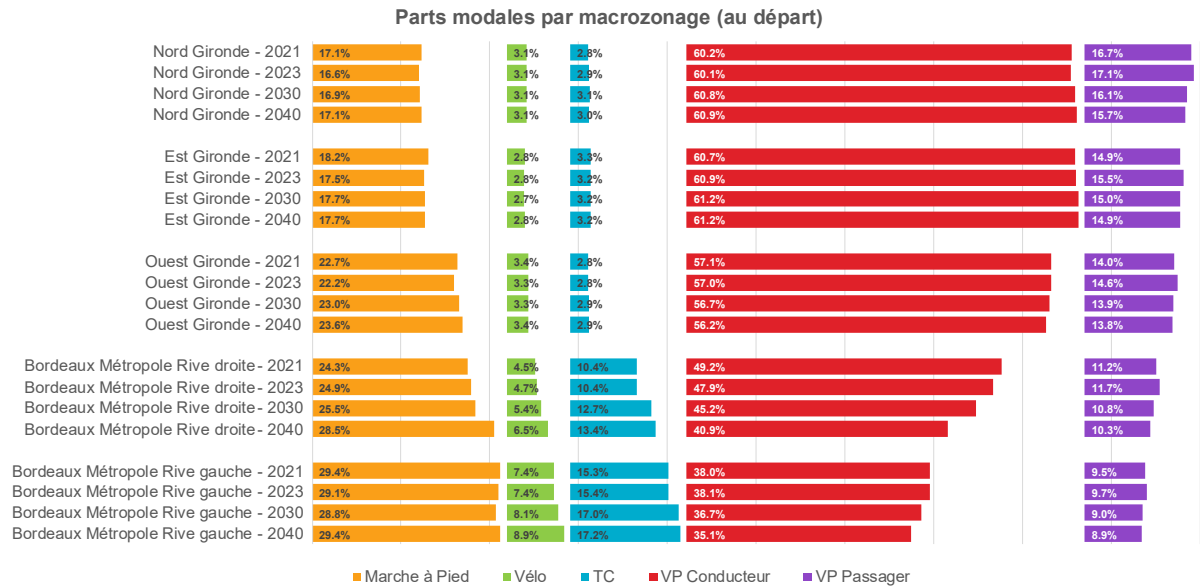


Figure 336 : Parts modales par macrozone, 2021 à 2040, Jour

En termes de volume de déplacements par mode, cela se traduit par des hausses marquées du nombre de déplacements VP Conducteur hors métropole, et des vélos et TC dans la métropole, comme présenté dans la figure ci-dessous.

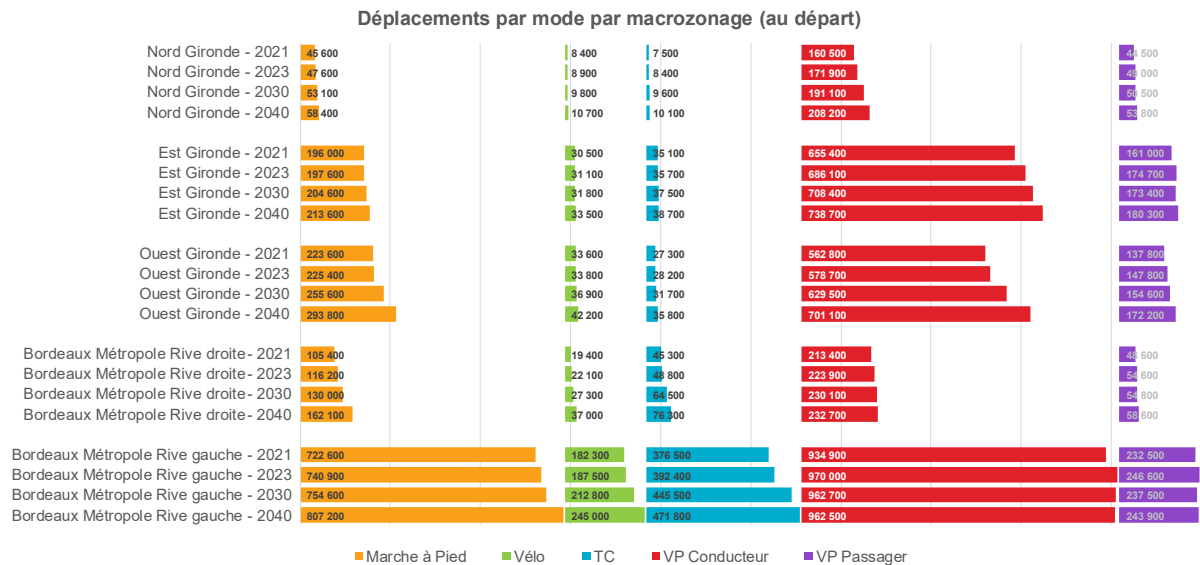


Figure 337 : Déplacements par macrozone, 2021 à 2040, Jour

15.2. Affectation TI

La méthode d'affectation TI et les périodes d'affectation TI ne changent pas au cours des horizons prospectifs. Ce qui est présenté au chapitre 11.1.1.5 s'applique aussi en situation prospective.

Les principaux indicateurs d'évolutions des résultats d'affectation sont présentés dans ce chapitre par période d'affectation.

15.2.1. Jour (00h – 24h)

Pour rappel, les charges journalières sont calculées sur la base d'une affectation à la journée des matrices jour issues du modèle de la demande.

Les cartes suivantes présentent les charges TI à la journée.



Figure 338 : Charges TI, Jour 2021



Figure 339 : Charges TI, Jour 2023

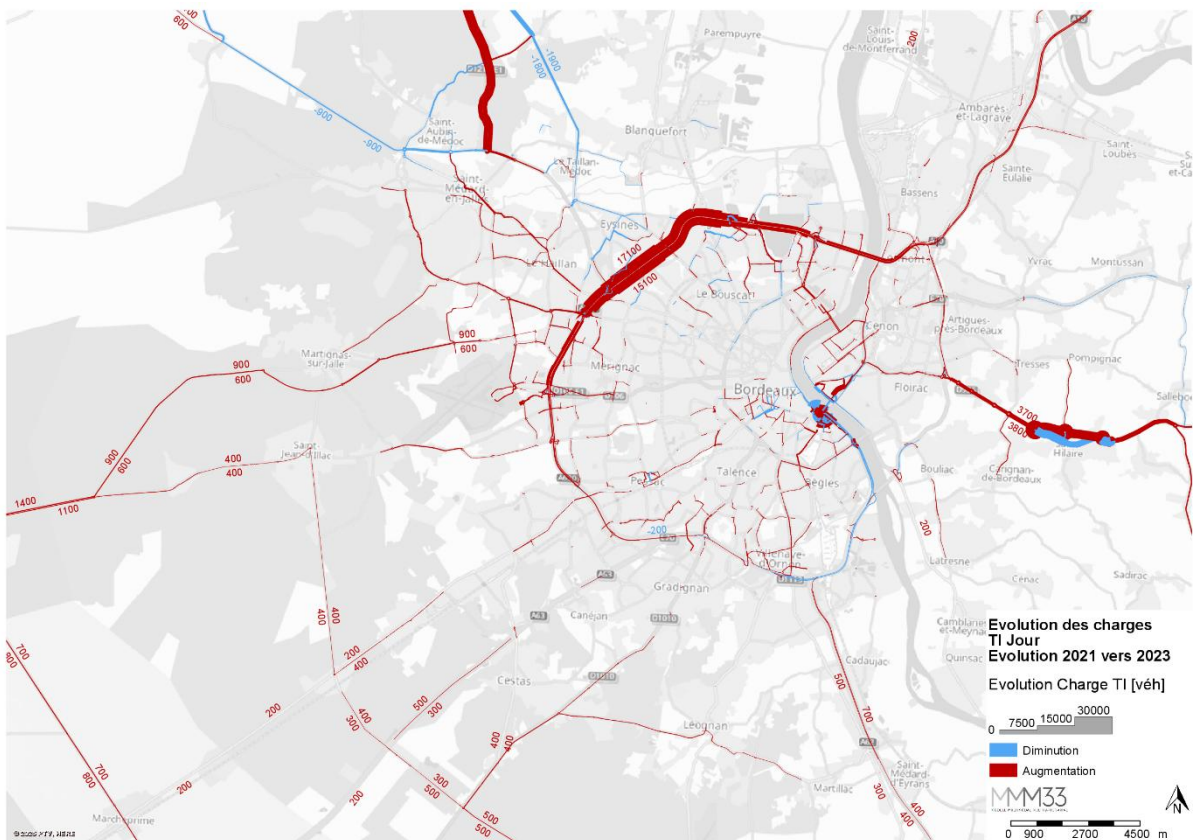


Figure 340 : Evolution des charges TI, Jour 2021 à 2023



Figure 341 : Charges TI, Jour 2030

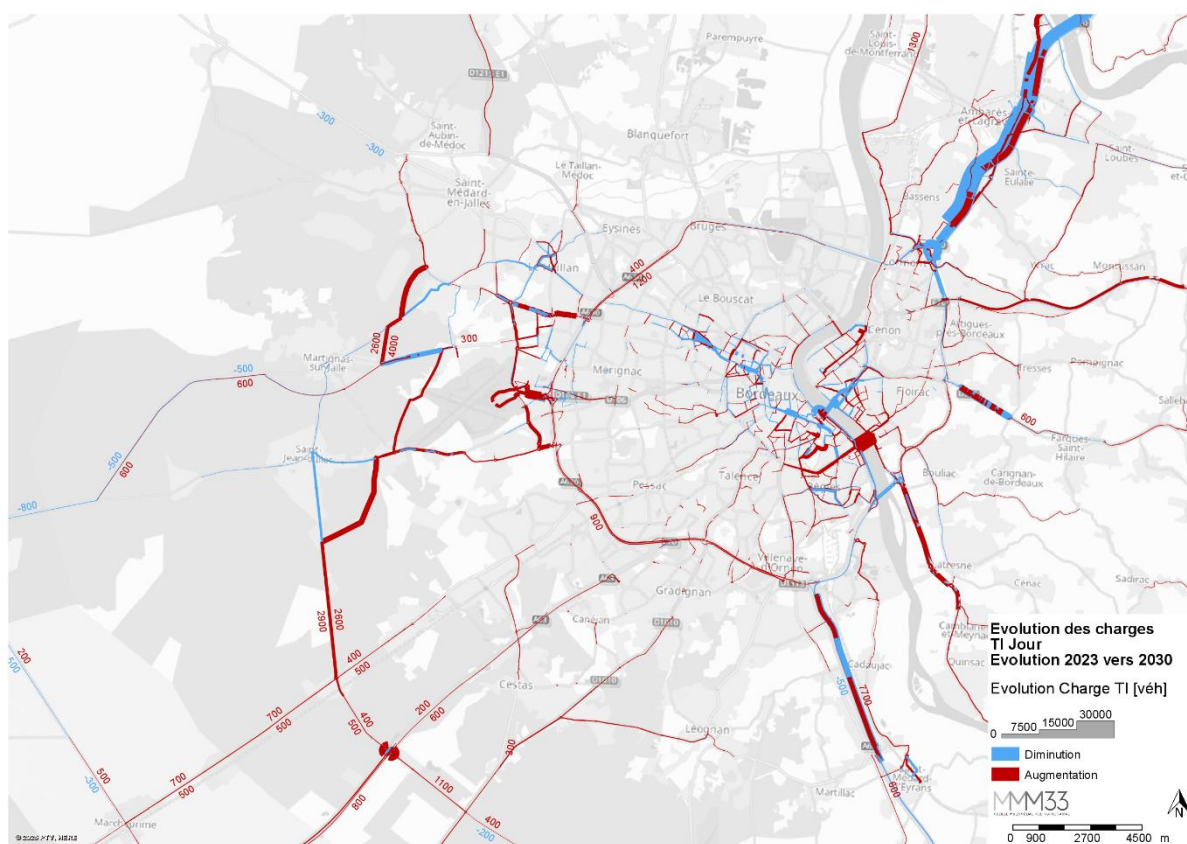


Figure 342 : Evolution des charges TI, Jour 2023 à 2030



Figure 343 : Charges TI, Jour 2040

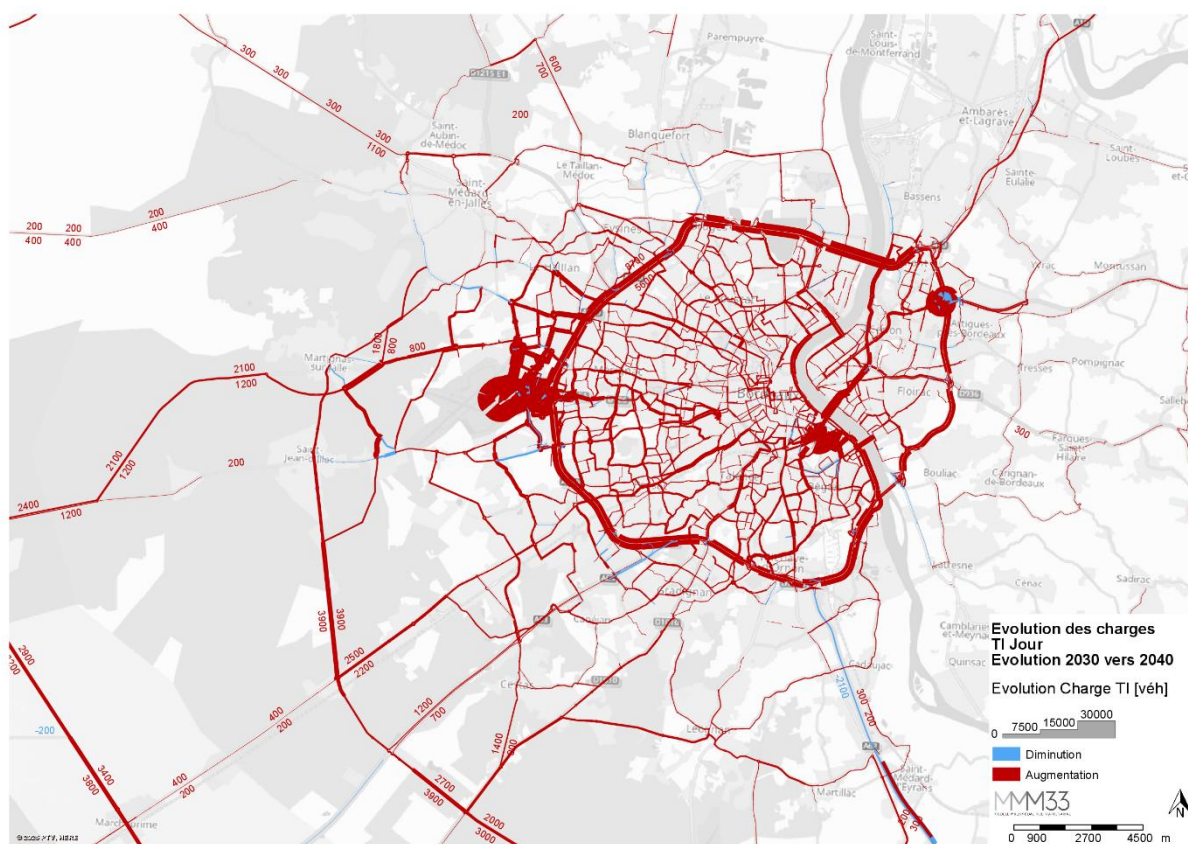


Figure 344 : Evolution des charges TI, Jour 2030 à 2040

15.2.2. Heure de pointe du matin (08h – 09h)

Pour rappel, l'affectation du matin se fait à l'heure de pointe retenue (8h - 9h) à partir des volumes calculés par le modèle de la demande sur la période de pointe du matin (PPM 7h - 9h). Le ratio de la demande PPM affectée pour l'HPM est conservé constant dans le temps.

L'horizon 2023 étant un horizon antérieur à la mise à jour du modèle, des données de temps de parcours sont disponibles et sont comparées aux résultats d'affectation à l'image de l'horizon de calage 2021. Les temps de parcours sur les 10 itinéraires retenus sont bien reproduits : comme le montre le tableau ci-dessous, avec les 10 itinéraires qui respectent les critères de calage. Le même niveau de calage que pour l'horizon 2021 est obtenu. Le détail des itinéraires se trouve en annexe 17.15.

2023 à l'HPM	Temps HPM [min]				Vitesse HPM [km/h]			Validé
	TomTom	Modèle	écart		TomTom	Modèle	écart	
A63 - A10 par périph Est	84	86	2%		79	78	-1.2	oui
A10 - A63 par périph Est	103	96	-7%		66	71	4.8	oui
D1010 - A89 par Bvds Nd	162	175	8%		42	39	-3.3	oui
A89 - D1010 par Bvds Nd	177	185	5%		39	37	-1.7	oui
A62 - D1215 par Cours	176	176	0%		44	44	0.1	oui
D1215 - A62 par Cours	173	186	7%		46	43	-3.1	oui
Quais - D1113 tour périph	157	180	14%		41	36	-5.2	oui
D1113 - Quais tour périph	166	194	17%		39	34	-5.8	non
D6 - D936 par Bvds Sud	148	167	13%		35	31	-3.9	oui
D936 - D6 par Bvds Sud	151	170	13%		34	30	-3.8	oui
								90%

Figure 345 : Comparaison des temps de parcours TomTom et modèle, HPM, 2023

Les évolutions de trafic observées à l'HPM suivent la même tendance qu'à la journée pour les différents horizons. Les cartes suivantes présentent les charges TI à l'HPM et les évolutions entre horizons.



Figure 346 : Charges TI, HPM 2021



Figure 347 : Charges TI, HPM 2023

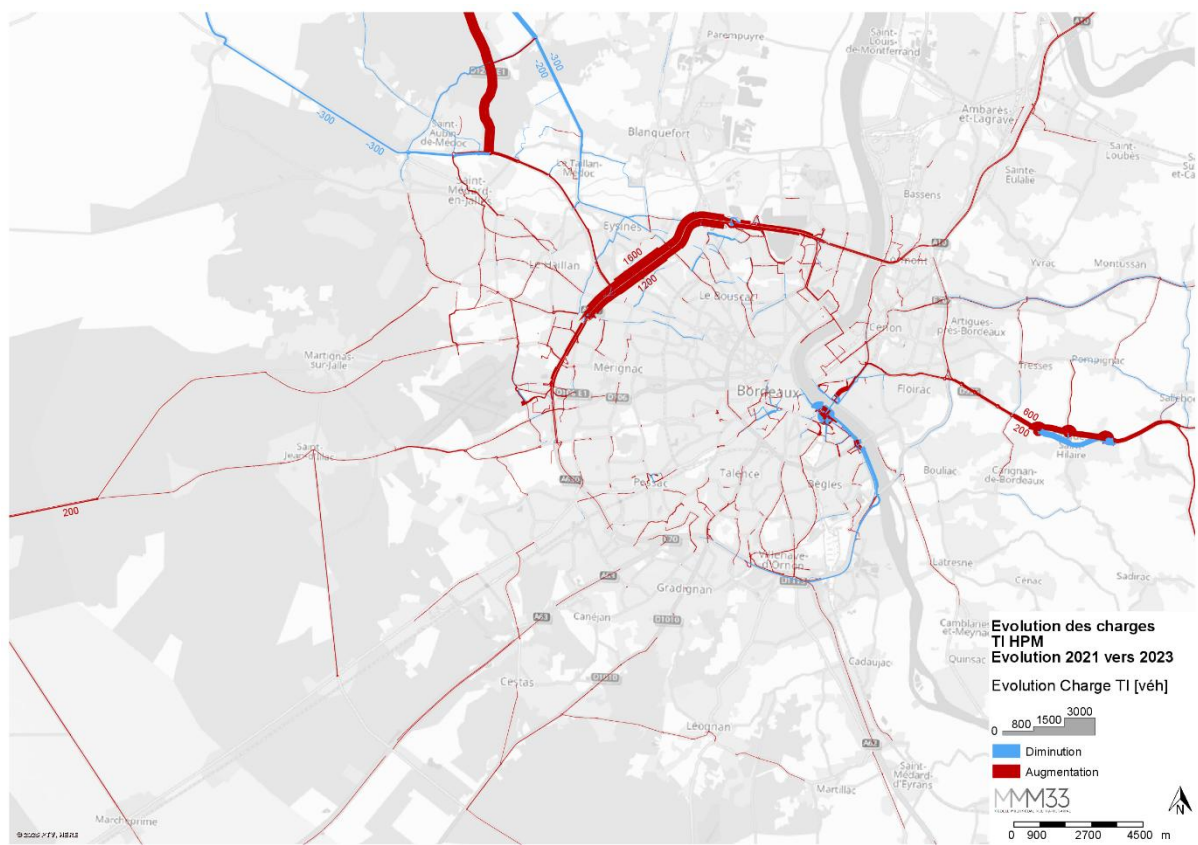


Figure 348 : Evolution des charges TI, HPM 2021 à 2023



Figure 349 : Charges TI, HPM 2030

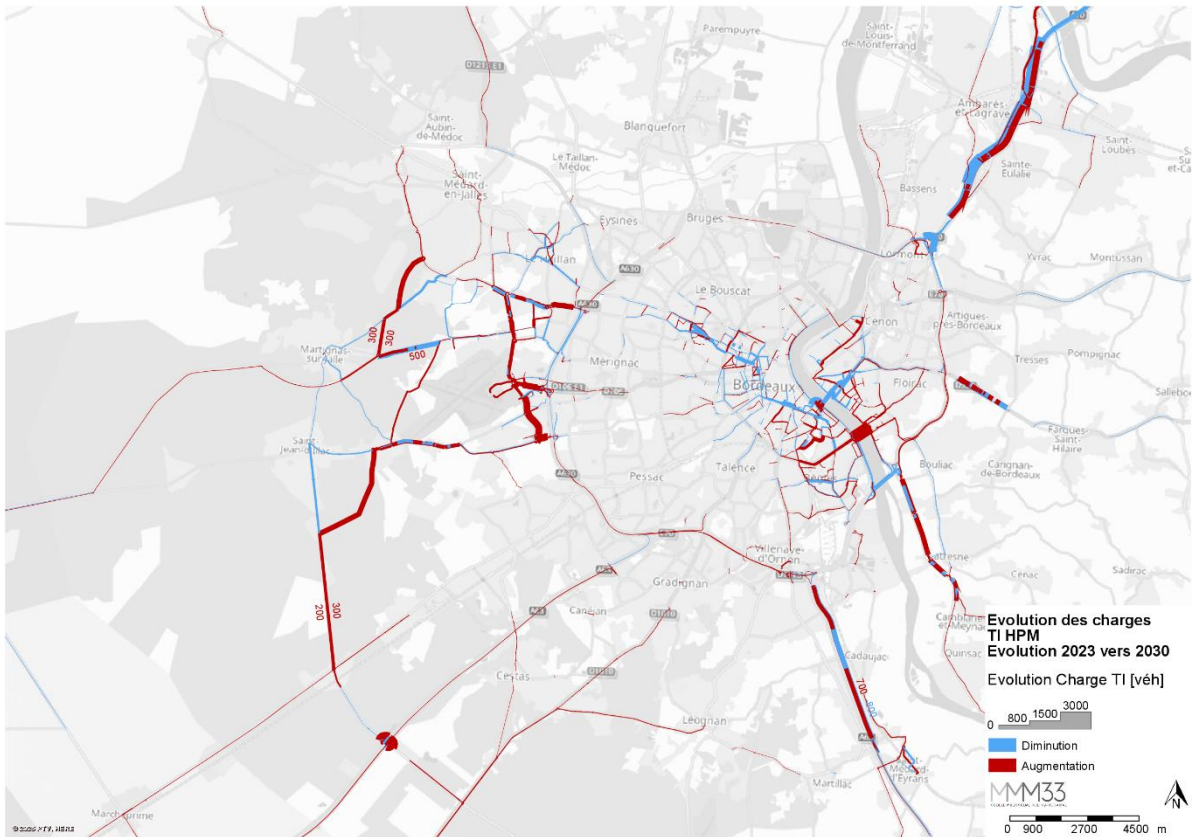


Figure 350 : Evolution des charges TI, HPM 2023 à 2030



Figure 351 : Charges TI, HPM 2040

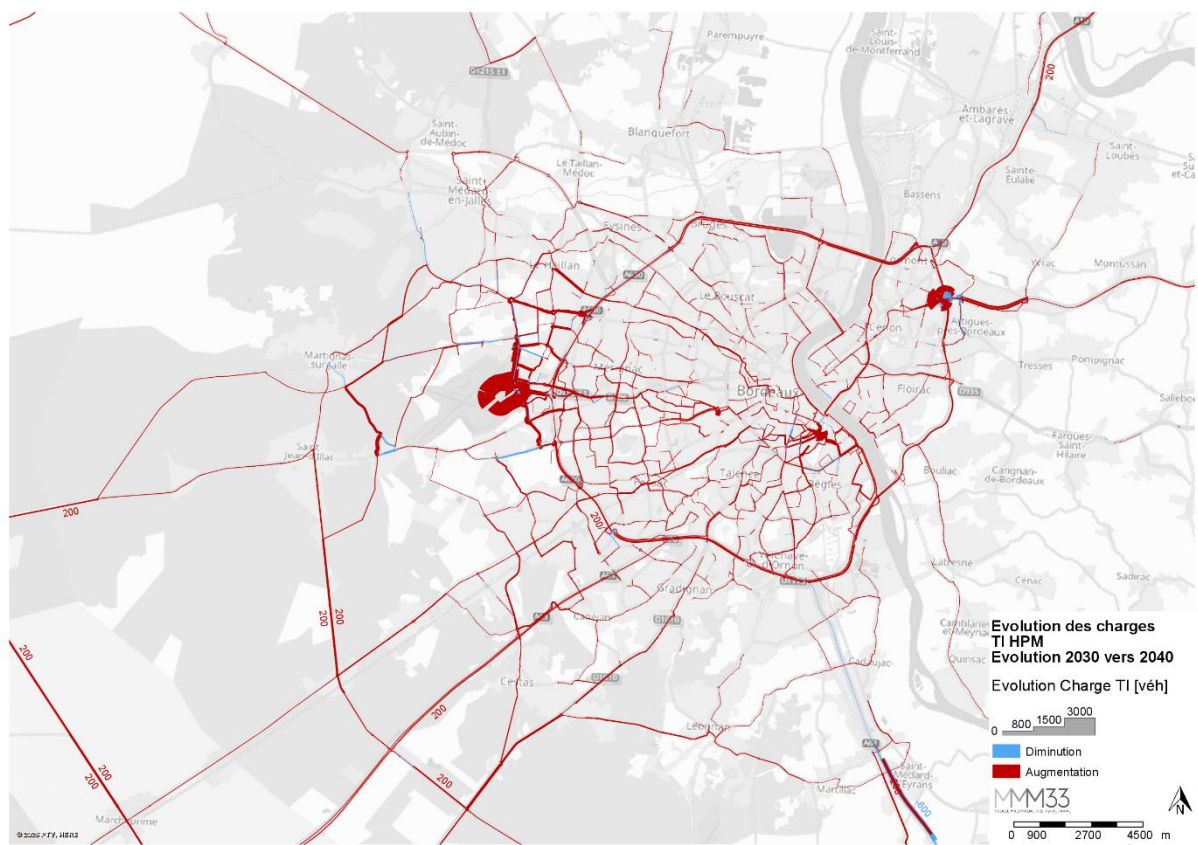


Figure 352 : Evolution des charges TI, HPM 2030 à 2040

15.2.3. Heure de pointe du soir (17h – 18h)

Pour rappel, l'affectation du soir se fait à l'heure de pointe retenue (17h - 18h) à partir des volumes calculés par le modèle de la demande sur la période de pointe du soir (PPM 16h - 19h). Le ratio de la demande PPS affectée pour l'HPS est conservé constant dans le temps.

L'horizon 2023 étant un horizon antérieur à la mise à jour du modèle, des données de temps de parcours sont disponibles et sont comparées aux résultats d'affectation à l'image de l'horizon de calage 2021. Les temps de parcours sur les 10 itinéraires retenus sont bien reproduits ; comme le montre le tableau ci-dessous, avec 9 itinéraires sur 10 qui respectent les critères de calage. Quasiment le même niveau de calage que pour l'horizon 2021 est obtenu. Le détail des itinéraires se trouve en annexe 17.15.

2023 à l'HPS	Temps HPS [min]				Vitesse HPS [km/h]			Validé
	TomTom	Modèle	écart		TomTom	Modèle	écart	
A63 - A10 par périph Est	91	99	10%		74	67	-6.6	oui
A10 - A63 par périph Est	79	96	22%		87	71	-15.7	non
D1010 - A89 par Bvds Nd	170	177	4%		40	39	-1.6	oui
A89 - D1010 par Bvds Nd	172	175	2%		40	39	-0.7	oui
A62 - D1215 par Cours	169	175	3%		46	44	-1.3	oui
D1215 - A62 par Cours	182	175	-4%		44	45	1.6	oui
Quais - D1113 tour périph	179	200	12%		37	33	-3.8	oui
D1113 - Quais tour périph	164	176	7%		40	37	-2.6	oui
D6 - D936 par Bvds Sud	149	158	6%		35	33	-2.0	oui
D936 - D6 par Bvds Sud	143	161	13%		36	32	-4.0	oui

90%

Figure 353 : Comparaison des temps de parcours TomTom et modèle, HPS, 2023

Les évolutions de trafic observées à l'HPS suivent la même tendance qu'à la journée pour les différents horizons. Les cartes suivantes présentent les charges TI à l'HPS et les évolutions entre horizons.



Figure 354 : Charges TI, HPS 2021



Figure 355 : Charges TI, HPS 2023

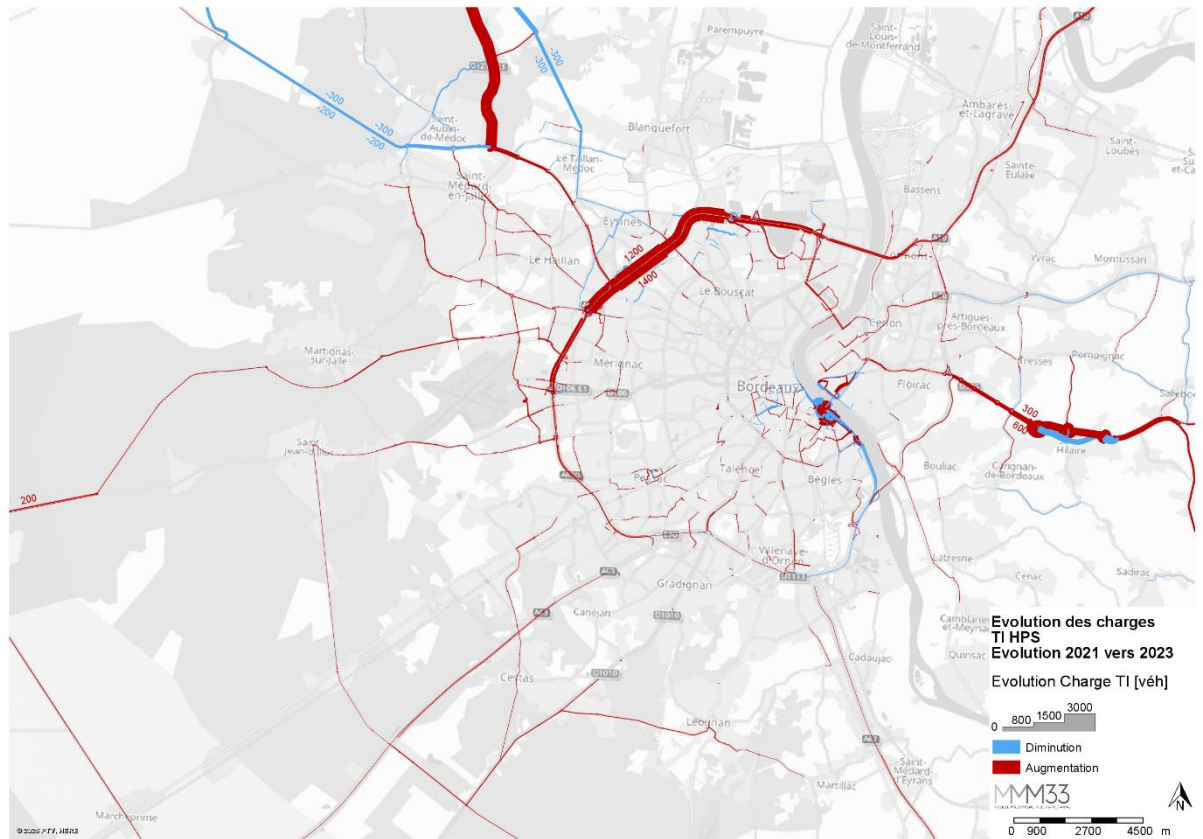


Figure 356 : Evolution des charges TI, HPS 2021 à 2023



Figure 357 : Charges TI, HPS 2030

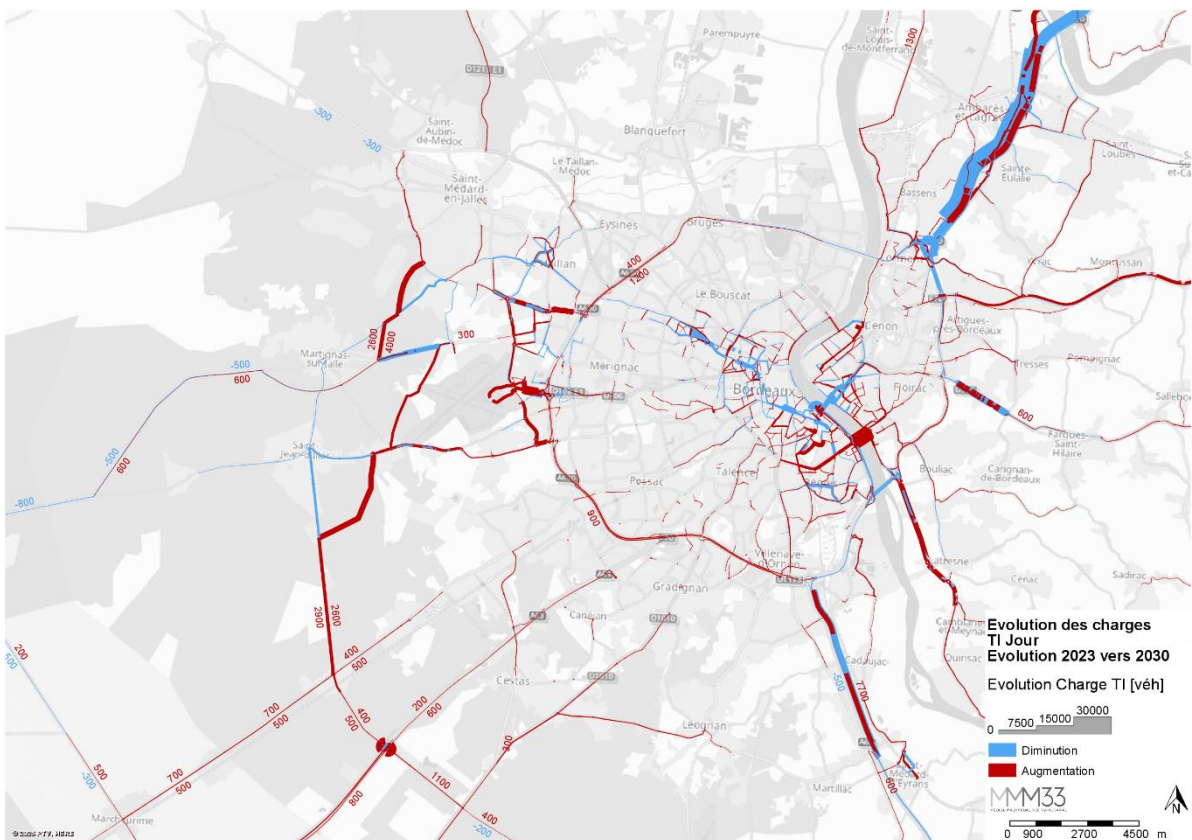


Figure 358 : Evolution des charges TI, HPS 2023 à 2030



Figure 359 : Charges TI, HPS 2040

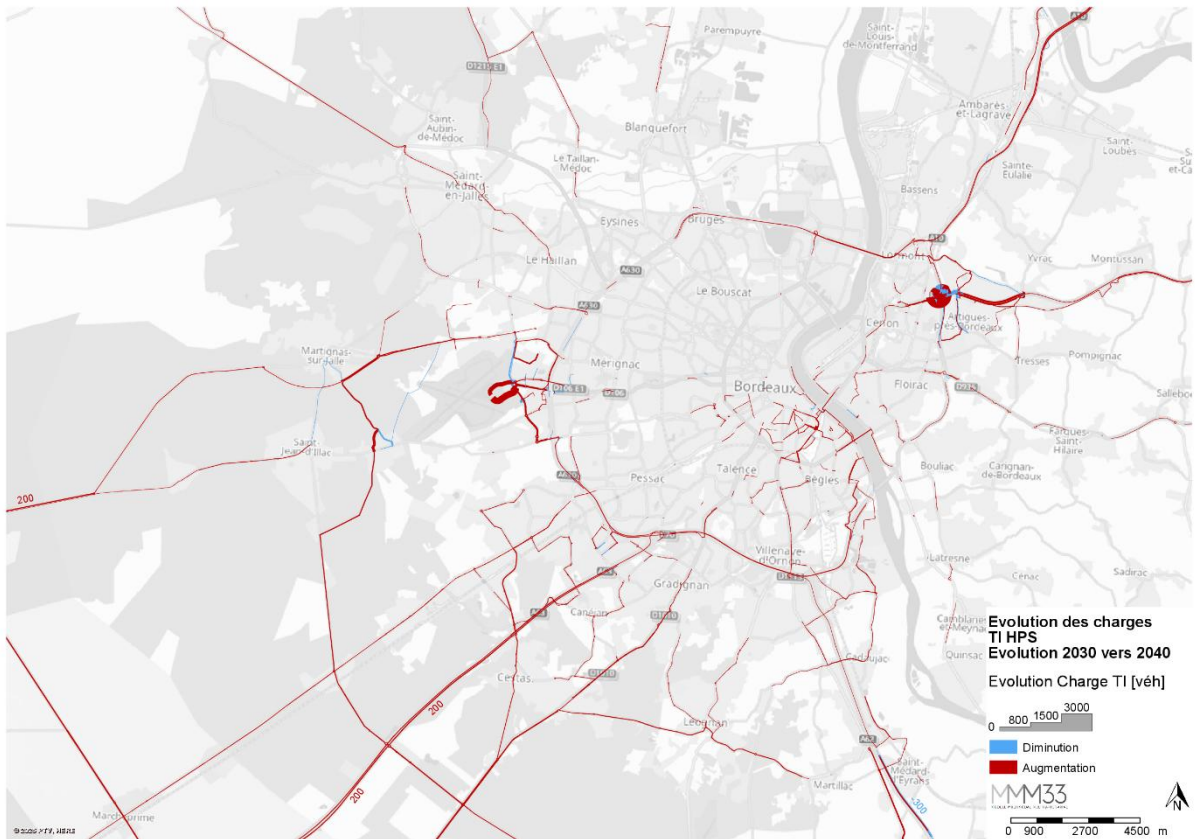


Figure 360 : Evolution des charges TI, HPS 2030 à 2040

15.3. Affectation TC

La méthode d'affectation TC et les périodes d'affectation TC ne changent pas au cours des horizons prospectifs. Ce qui est présenté au chapitre 11.3 s'applique aussi en situation prospective.

Les principaux indicateurs d'évolutions des résultats d'affectation sont présentés dans ce chapitre par période d'affectation.

Il est à noter qu'entre la première édition de la partie calage du rapport et la finalisation des scénarios prospectifs, quelques corrections et ajustements ont été réalisés sur les TC, et en particulier les autocars avec deux décisions impactant résultats de l'horizon 2021 entre ce chapitre et ce qui est présenté au chapitre 11.3.

La première modification importante est le retrait des scolaires hors métropole des affectations TC, ce qui a pour effet de réduire drastiquement les résultats de fréquentations autocars.

La deuxième modification est l'interdiction du cabotage en autocar au sein de la métropole, bien qu'officiellement autorisé, il n'est que marginalement réalisé. Le codage interdit maintenant strictement cette pratique, ce qui a pour effet d'augmenter légèrement fréquentations TBM en contrepartie.

Ces corrections ne remettent aucunement en cause le niveau de calage présenté dans la première édition.

15.3.1. Jour (00h – 24h)

L'ensemble des déplacements journaliers réalisés en TC sont affectés sur tous les réseaux du périmètre. Les graphiques et tableaux suivants présentent les évolutions au cours des horizons modélisés à la journée.

Fréquentations

Les résultats d'affectation TC à la journée présentent une hausse de +30% des voyages tous réseaux confondus entre 2021 et 2040.

Le poids du réseau urbain TBM au sein de l'ensemble du périmètre du modèle reste stable entre 2021 et 2040, couvrant 92% des voyages réalisés en 2021 pour 89% des voyages réalisés en 2040. Les évolutions des voyages par horizon et réseau sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Voyages Jour par système de transport	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Tram	303 900	302 200	313 000	340 600	-1 700	+10 800	+27 600	-1%	+4%	+9%
BHNS	0	0	160 500	179 200	+0	+160 500	+18 700			+12%
Bus	212 100	229 300	141 300	148 400	+17 200	-88 000	+7 100	+8%	-38%	+5%
Bat'O	60	100	1 500	2 000	+40	+1 400	+500	+67%	+1400%	+33%
Train	29 900	31 800	42 600	52 200	+1 900	+10 800	+9 600	+6%	+34%	+23%
Car Express	1 700	3 100	13 600	14 600	+1 400	+10 500	+1 000	+82%	+339%	+7%
Autocars	17 500	18 100	16 000	18 100	+600	-2 100	+2 100	+3%	-12%	+13%
Total	565 200	584 700	688 500	755 000	+19 500	+103 800	+66 500	+3%	+18%	+10%
Total TBM	516 100	531 500	614 800	668 100	+15 400	+83 300	+53 300	+3%	+16%	+9%

Figure 361 : Résumé de l'affectation TC, Jour, 2021 à 2040

Les lignes de BHNS sont performantes avec une estimation à 179 200 voyages par jour qui compense largement la baisse de -63 700 voyages par jour sur les bus du fait de la restructuration.

Voyages Jour par système de transport

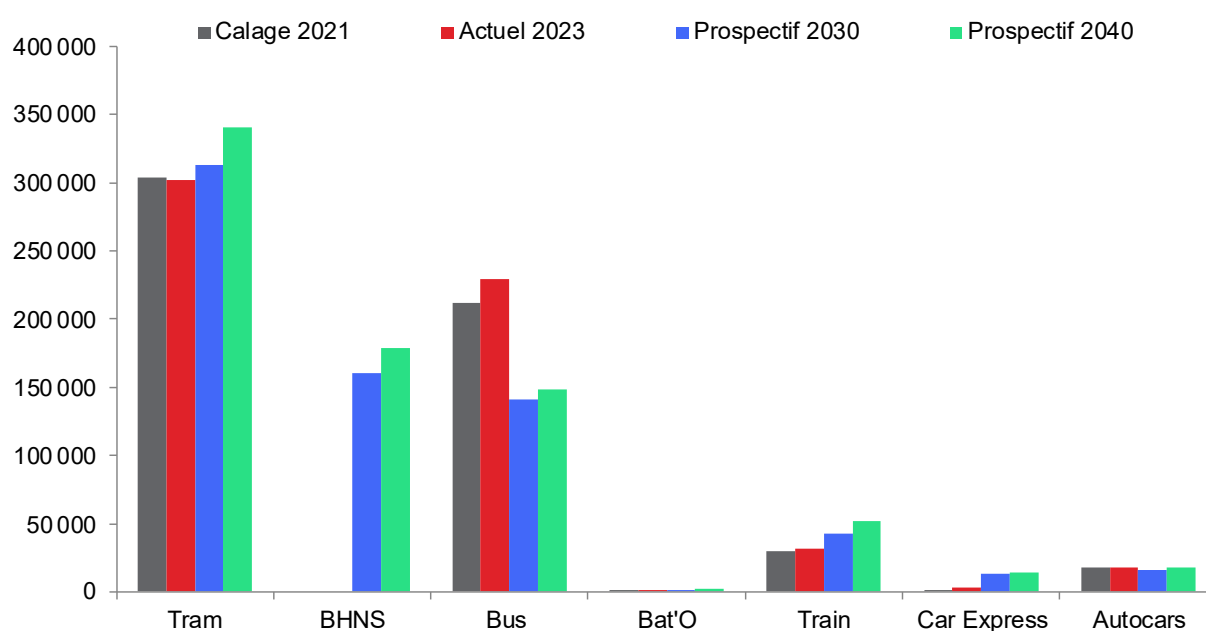


Figure 362 : Fréquentation par système de transport, Jour, 2021 à 2040

Les analyses des résultats par lignes présentent des évolutions versatiles selon les lignes, qu'il faut croiser avec les évolutions de socio-démographie et d'offre.

Par exemple concernant les trams, et de manière non exhaustive :

- La ligne B, dont l'offre reste constante entre 2021 et 2023 traversent des zones dont la population baisse (cf. chapitre 14.1.1) ;
- La ligne C, qui perd une branche au profit de la ligne E, et par la même occasion des services ;
- La ligne A découpée en deux lignes ;
- De manière plus globale, la présence de BHNS performants et attractifs sur des itinéraires compétitifs.

Le graphique suivant présente les évolutions des fréquentations par lignes de trams.

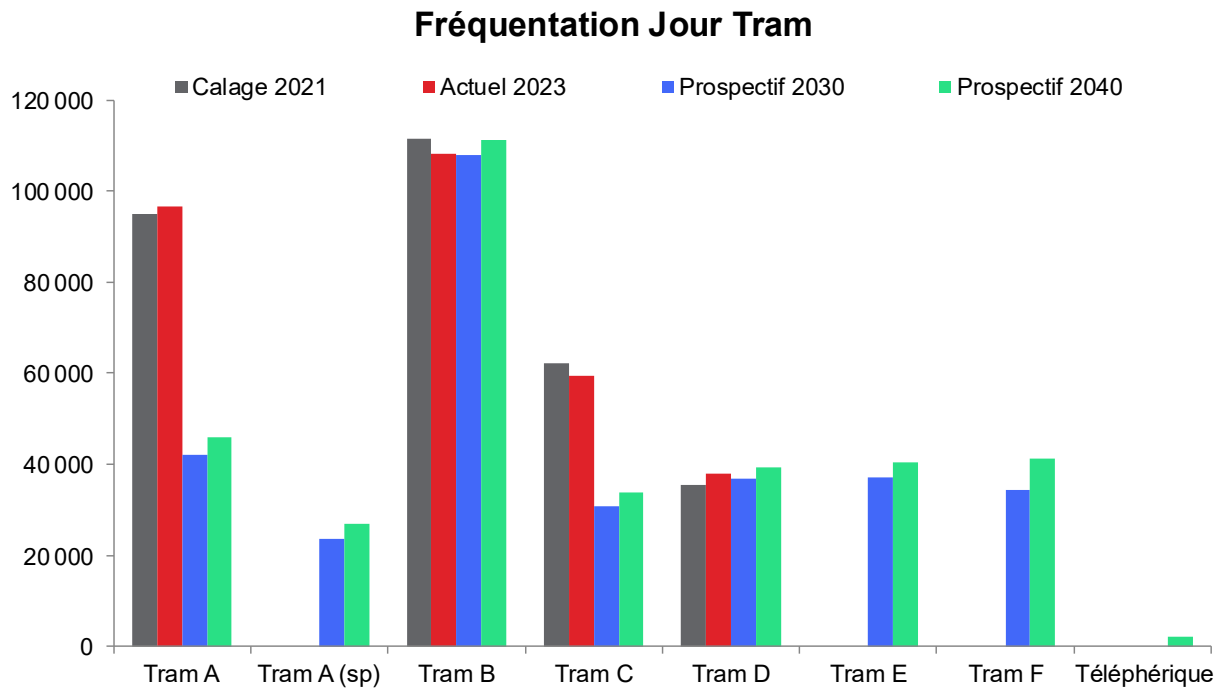


Figure 363 : Fréquentation par lignes de tram, Jour, 2021 à 2040

Comme évoqué précédemment, les lignes de BHNS présentent des fréquentations élevées et proches de celles des trams (C à F notamment), ce qui est assez cohérent avec un nombre de services aussi élevé voire plus élevé que pour les trams. Le graphique suivant présente l'évolution des fréquentations des lignes de BHNS, avec leurs lignes de bus classiques équivalentes avant 2030.

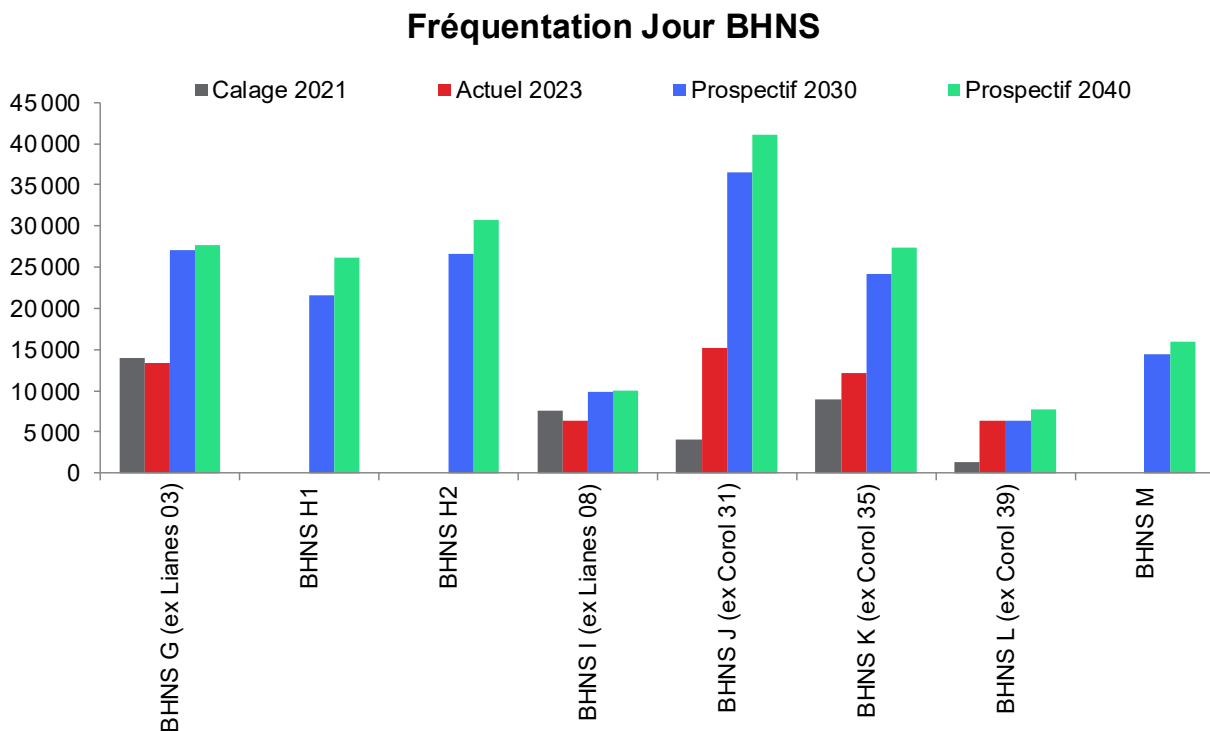


Figure 364 : Fréquentation par ligne de BHNS, Jour, 2021 à 2040

Les évolutions de fréquentations sur les lignes de bus Lianes sont principalement dues à des restructurations d'offre. En effet, les charges évoluent peu pour les lignes dont l'offre et le tracé évoluent peu. Le graphique suivant présente les fréquentations des lignes Lianes.

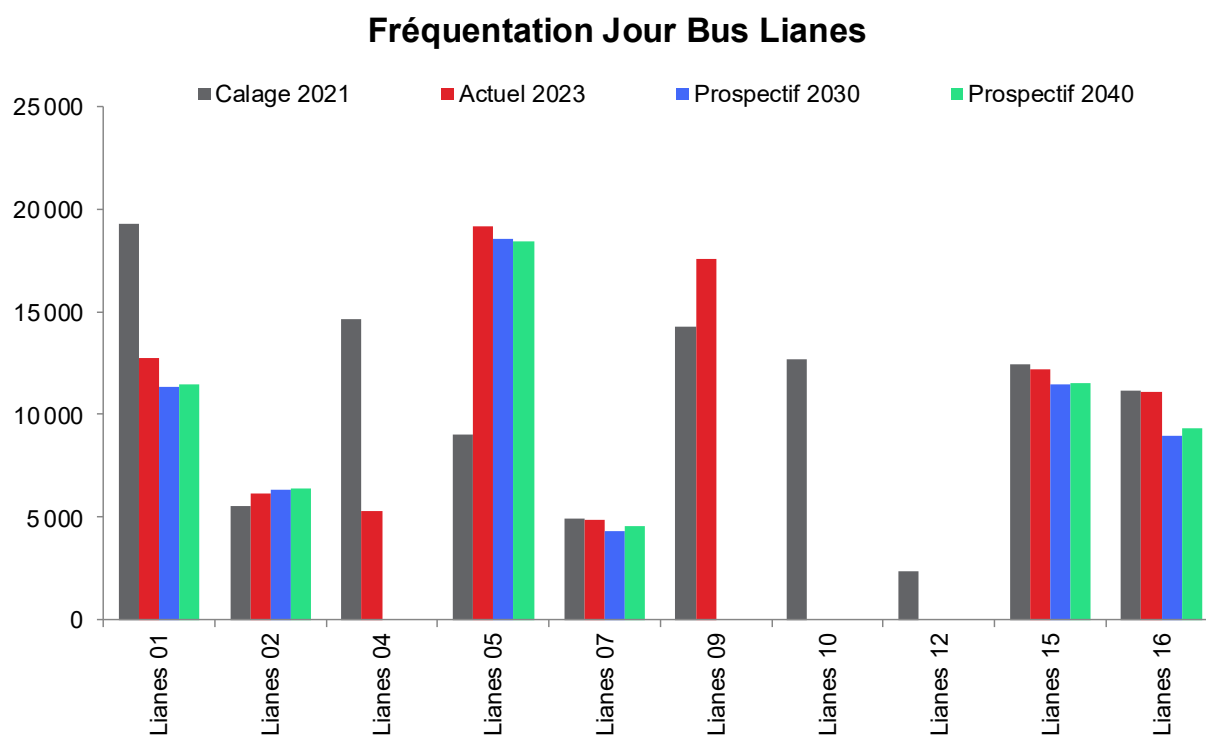


Figure 365 : Fréquentation par ligne de bus Lianes, Jour, 2021 à 2040

Concernant les TER, la hausse de +75% des voyages entre 2021 et 2040 se retrouve principalement sur les axes Arcachon-Libourne et Langon-Saint-Mariens. Le graphique suivant présente les évolutions de fréquentation des lignes de TER regroupées par axe (sans double compte).

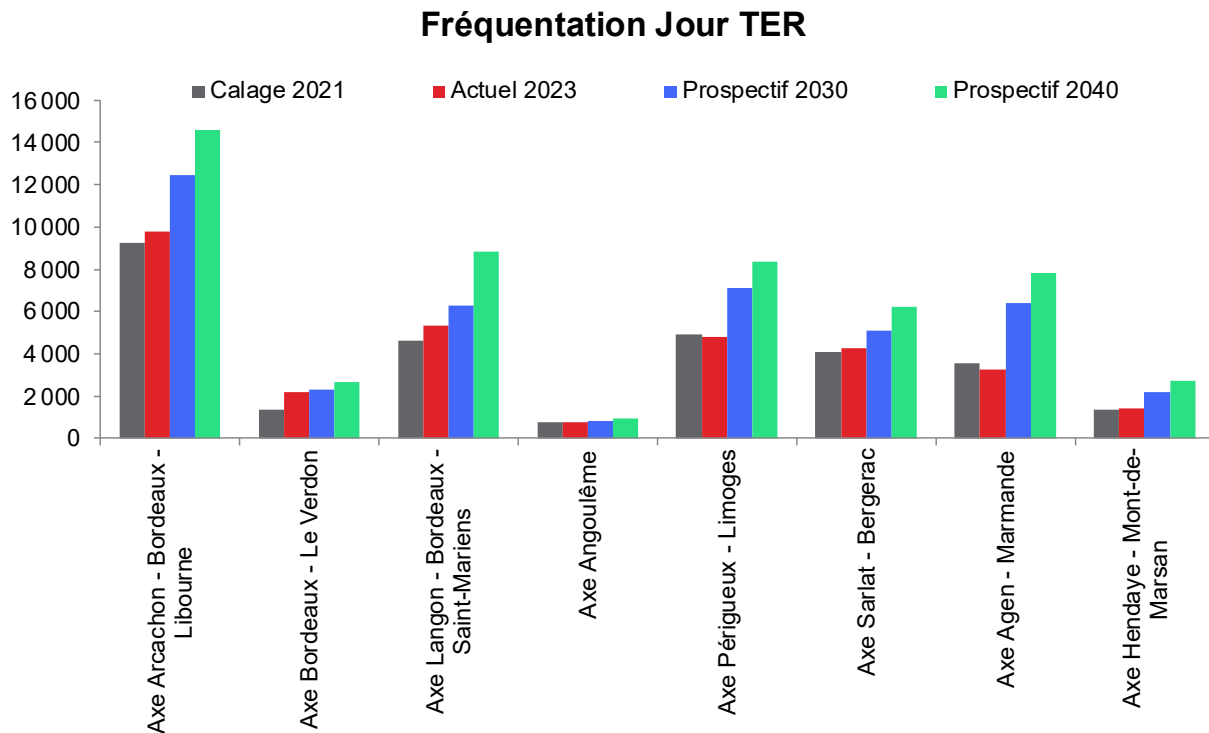


Figure 366 : Fréquentation par axe de TER, Jour, 2021 à 2040

Le détail des montées et descentes par lignes et leurs évolutions sont présentés dans les tableaux en annexe 17.16.

Montées et descentes

La restructuration du réseau urbain TBM, avec l'insertion de plusieurs lignes de BHNS, impacte notablement la dynamique des montées et descentes sur les bus avec l'apparition de nouveaux pôles importants. La restructuration impacte peu les trams avec un maintien de la hiérarchie existante.

Montées et descentes Jour Tram TBM

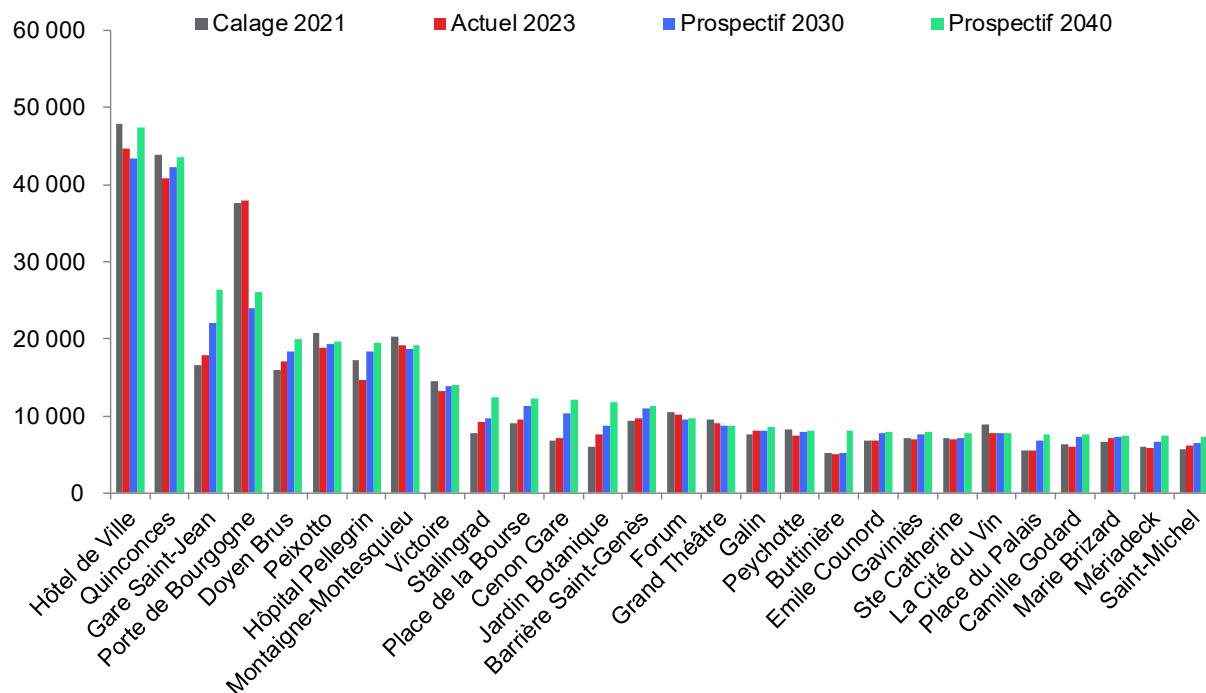


Figure 367 : Montées et descentes sur les trams, Jour, 2021 à 2040

Montées et descentes Jour Bus TBM

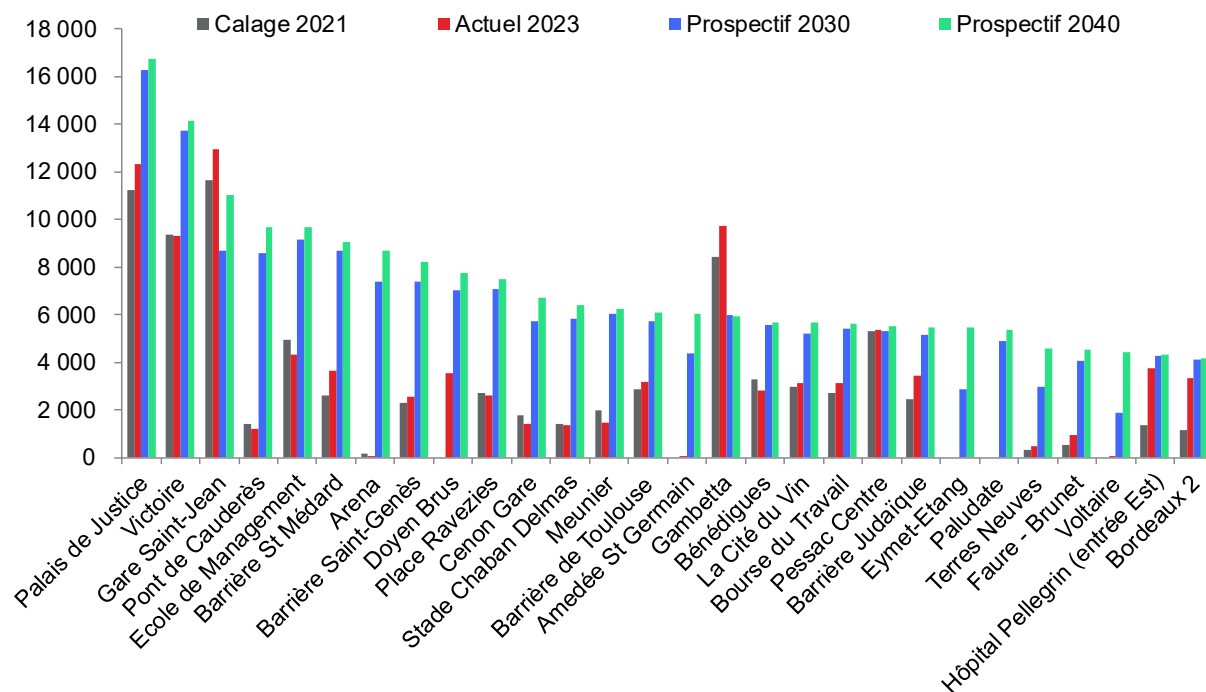


Figure 368 : Montées et descentes sur les bus, Jour, 2021 à 2040

Correspondances

Tout comme pour les montées et descentes, la restructuration du réseau TBM et la mise en service des BHNS change radicalement la structure des correspondances par systèmes de transport au sein du périmètre, en particulier avec une baisse de la part des correspondances en lien avec le tram.

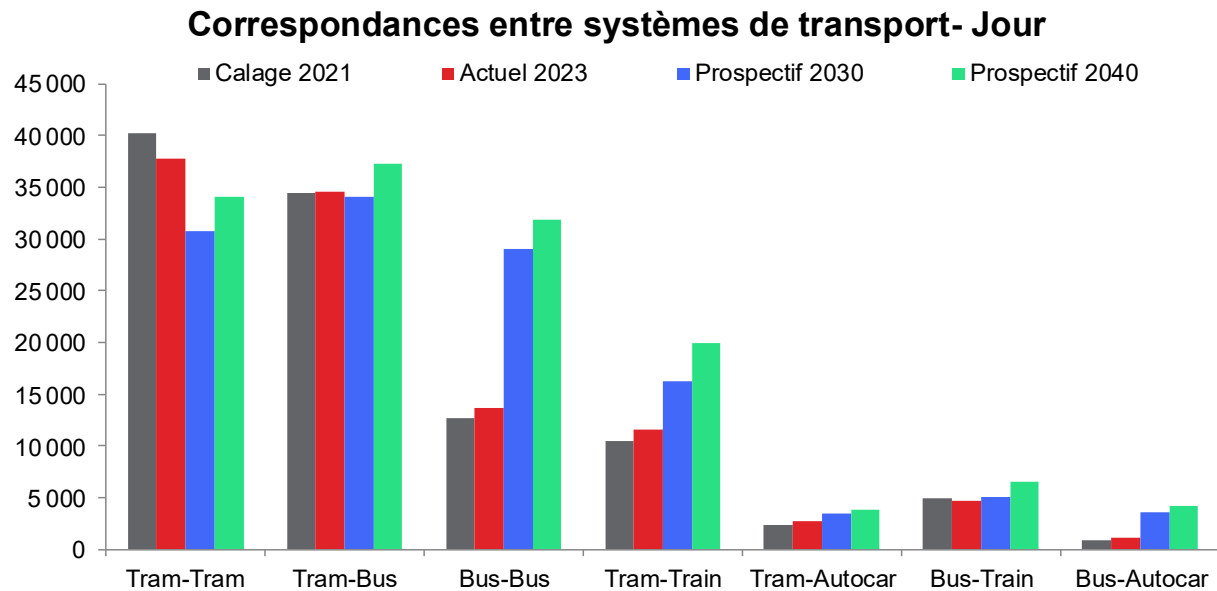


Figure 369 : Correspondances entre systèmes de transport, Jour, 2021 à 2040

Au niveau des correspondances aux arrêts, la même dynamique que pour les montées descentes s'observe avec l'apparition de nouveaux pôles d'échange importants dans le réseau TBM.

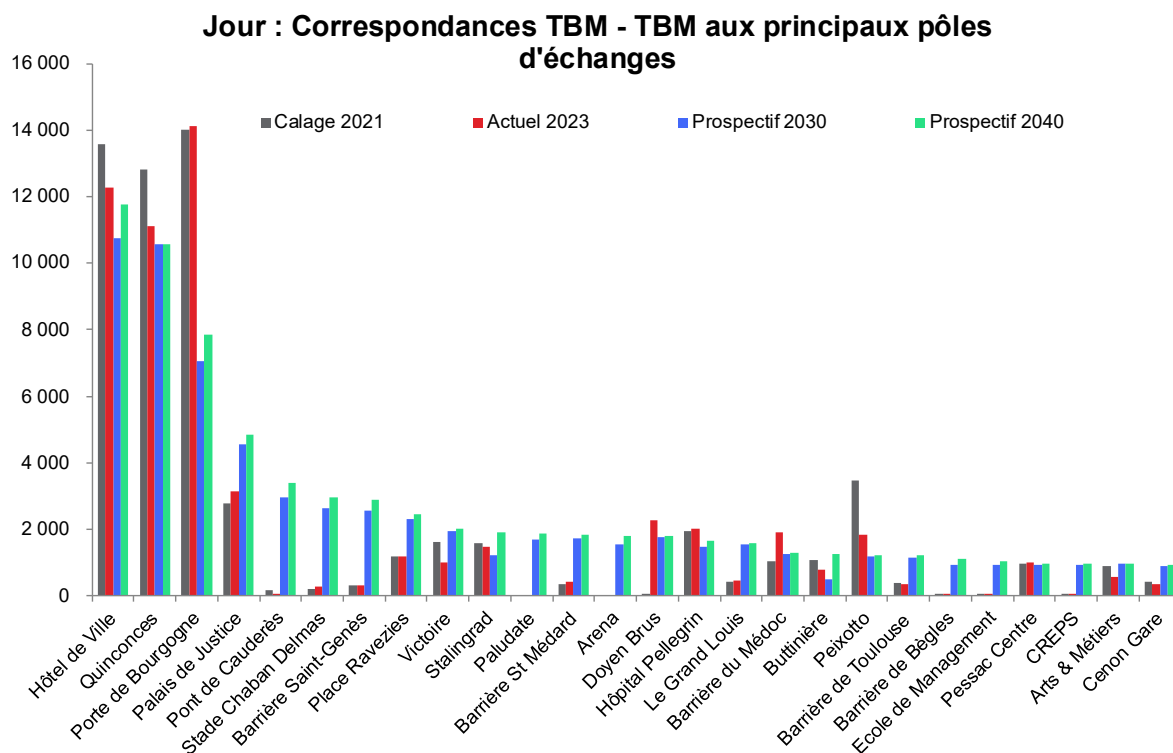


Figure 370 : Correspondances internes au réseau TBM, Jour, 2021 à 2040

Réseaux de charges et différences de charges

Les cartes suivantes représentent les charges TC sur le réseau principal aux différents horizons et les évolutions des charges d'un horizon à l'autre.

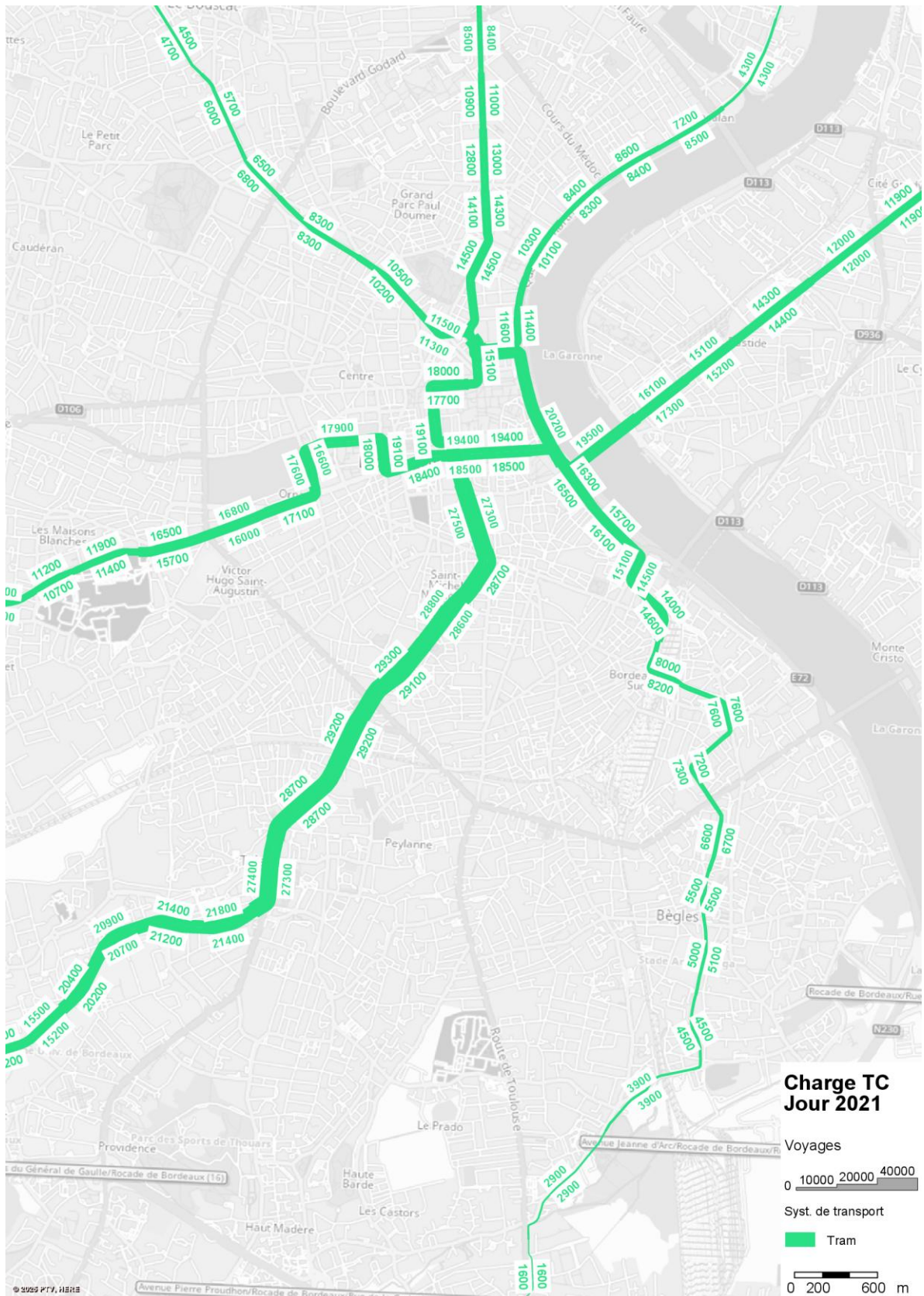


Figure 371 : Charges TC tram, cœur de métropole, jour 2021

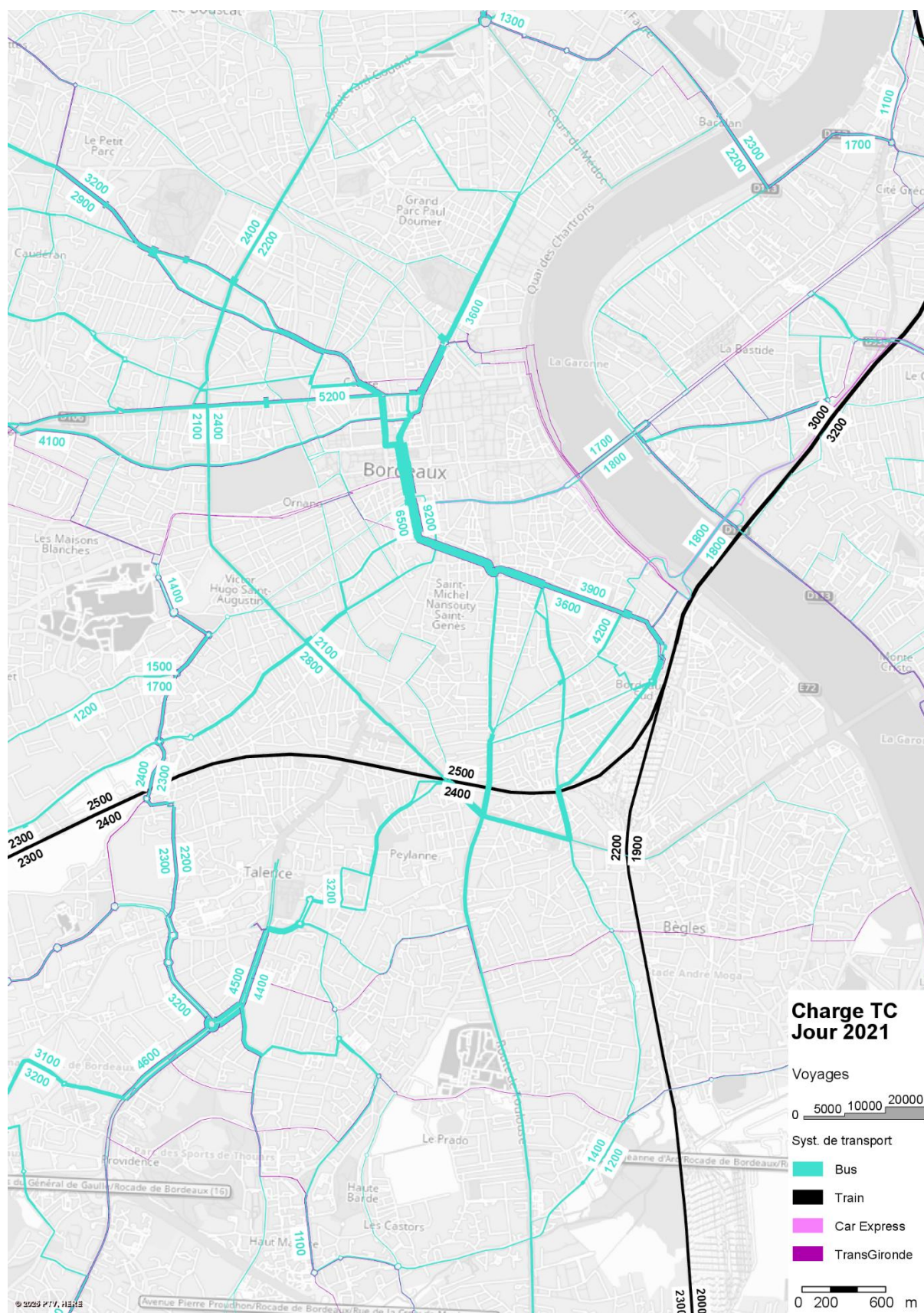


Figure 372 : Charges TC hors tram, cœur de métropole, Jour 2021

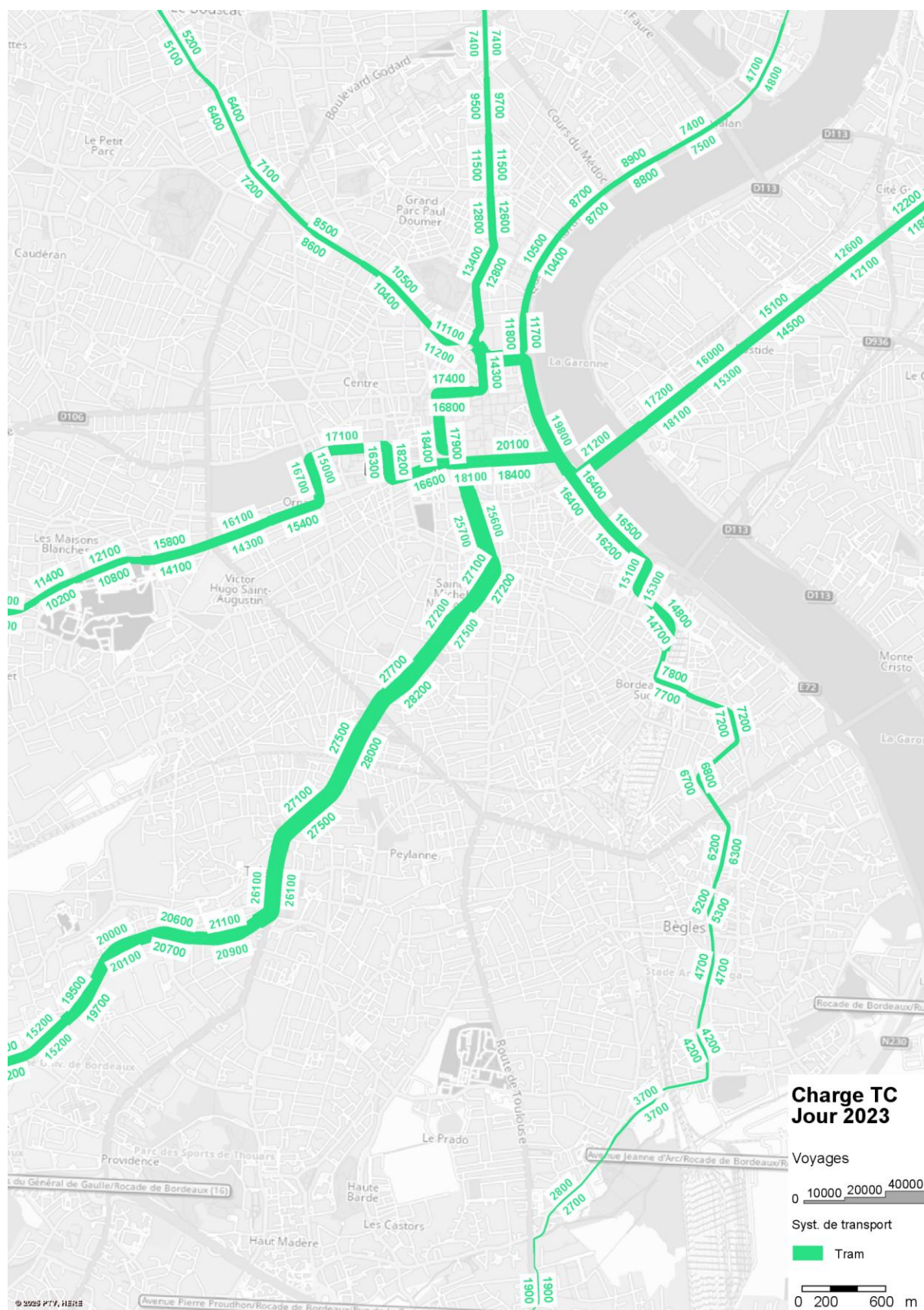


Figure 373 : Charges TC tram, cœur de métropole, Jour 2023

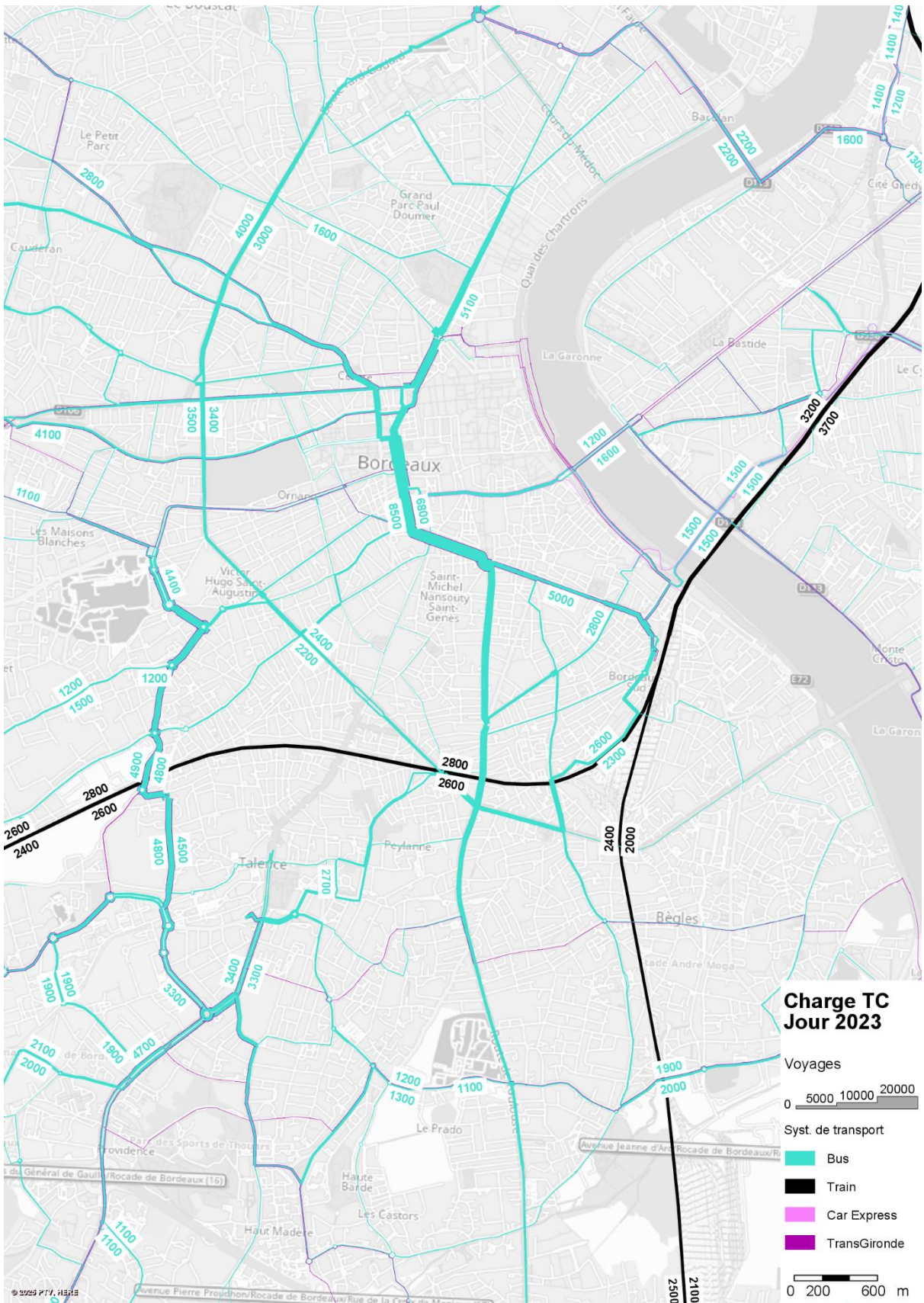


Figure 374 : Charges TC hors tram, cœur de métropole, Jour 2023

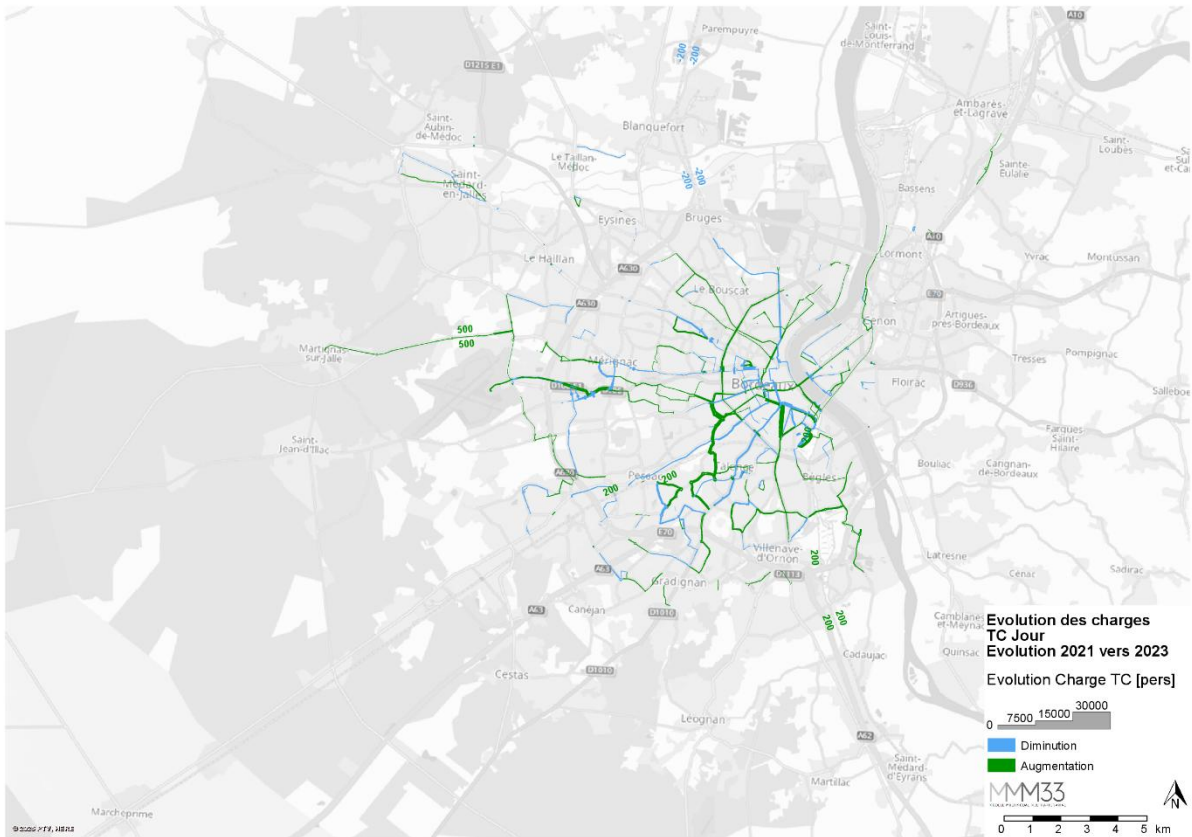


Figure 375 : Evolution des charges TC, cœur de métropole, Jour 2021 à 2023

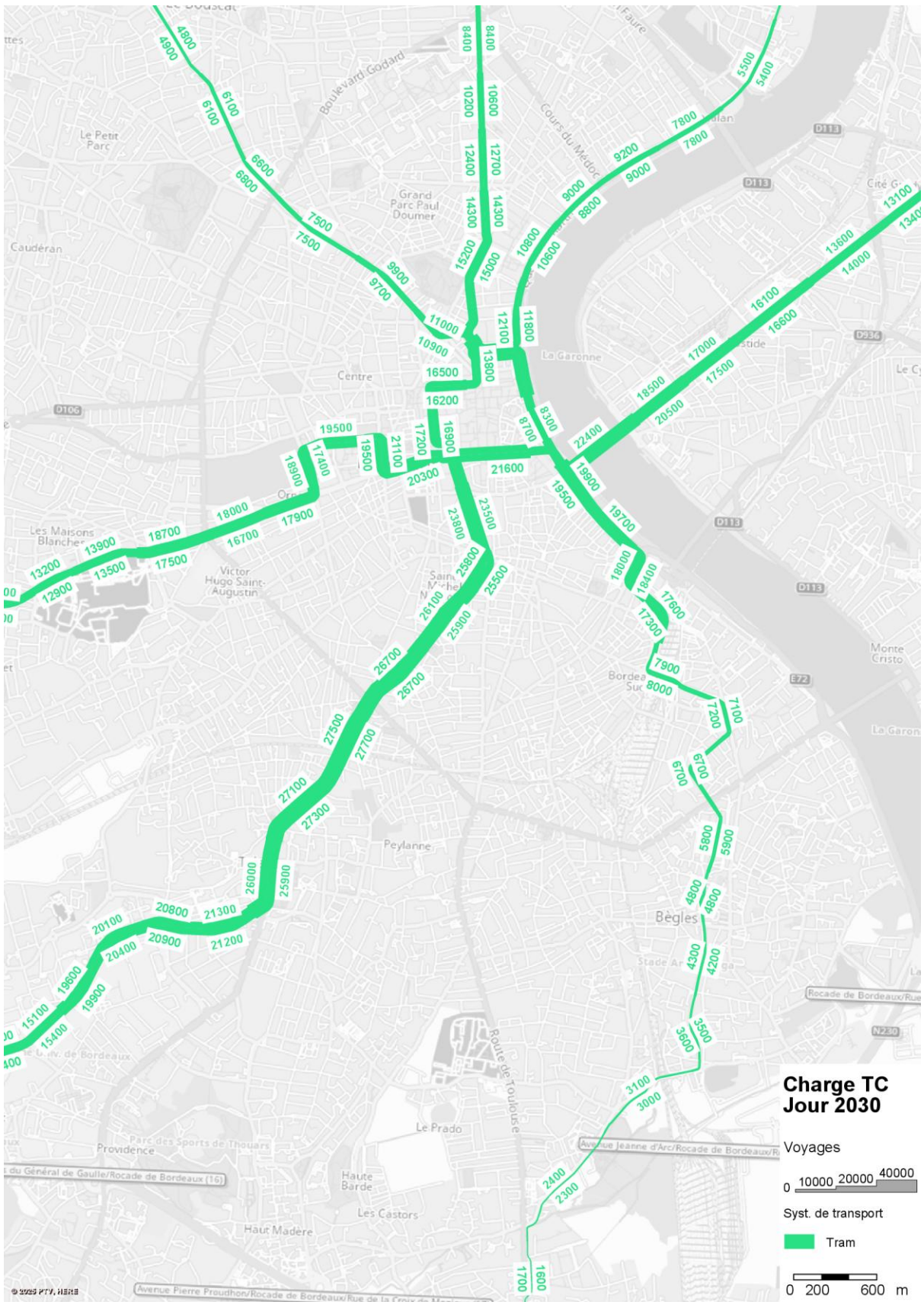


Figure 376 : Charges TC tram, cœur de métropole, Jour 2030

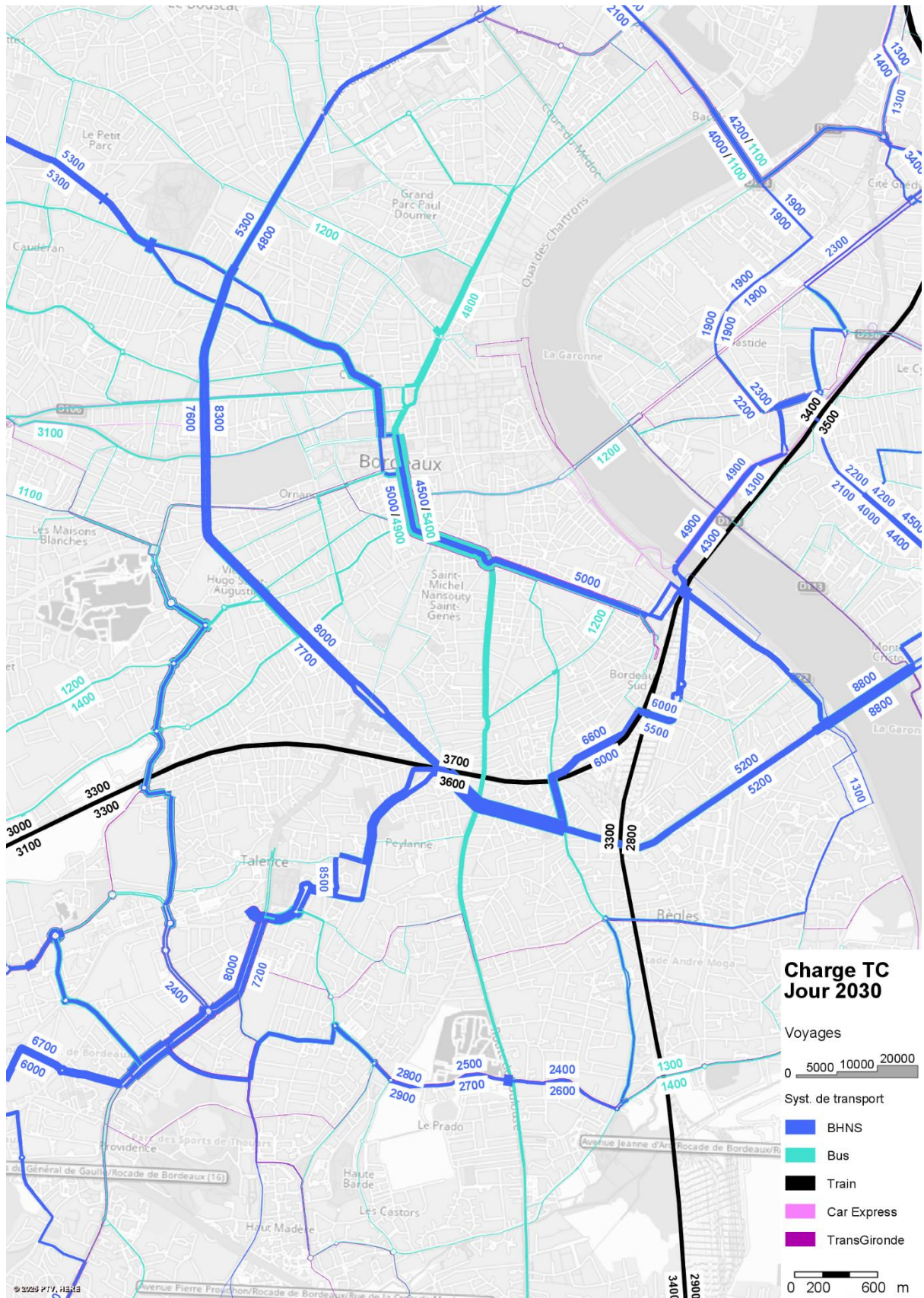


Figure 377 : Charges TC hors tram, cœur de métropole, Jour 2030

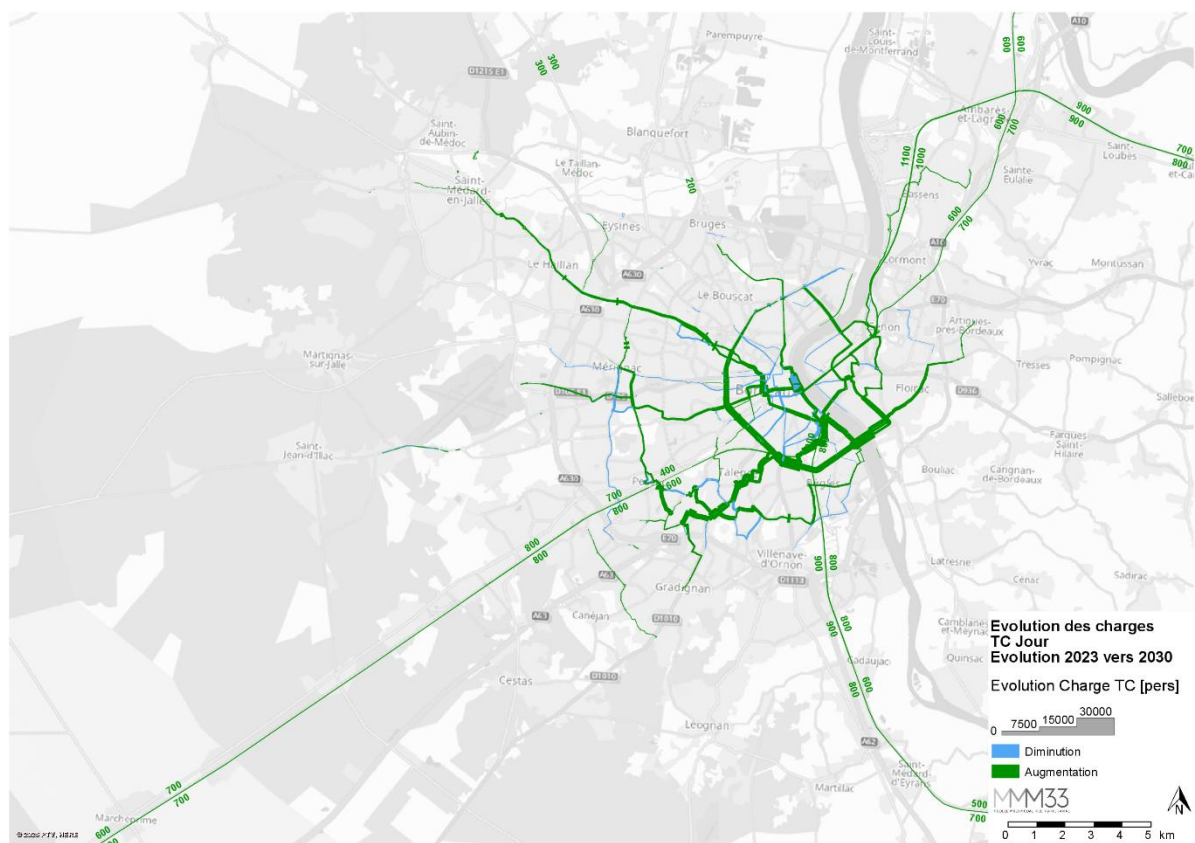


Figure 378 : Evolution des charges TC, cœur de métropole, Jour 2023 à 2030

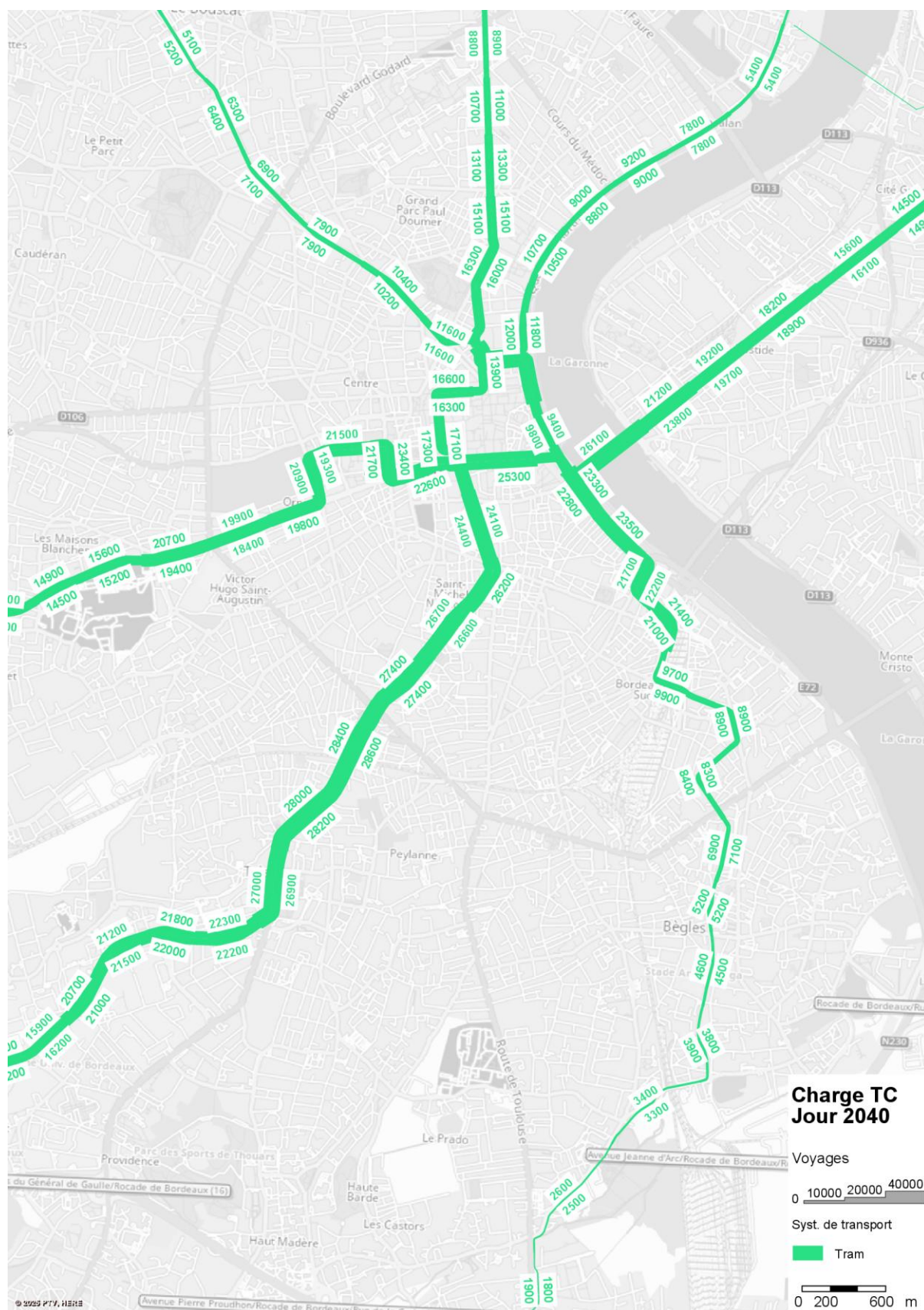


Figure 379 : Charges TC tram, cœur de métropole, Jour 2040

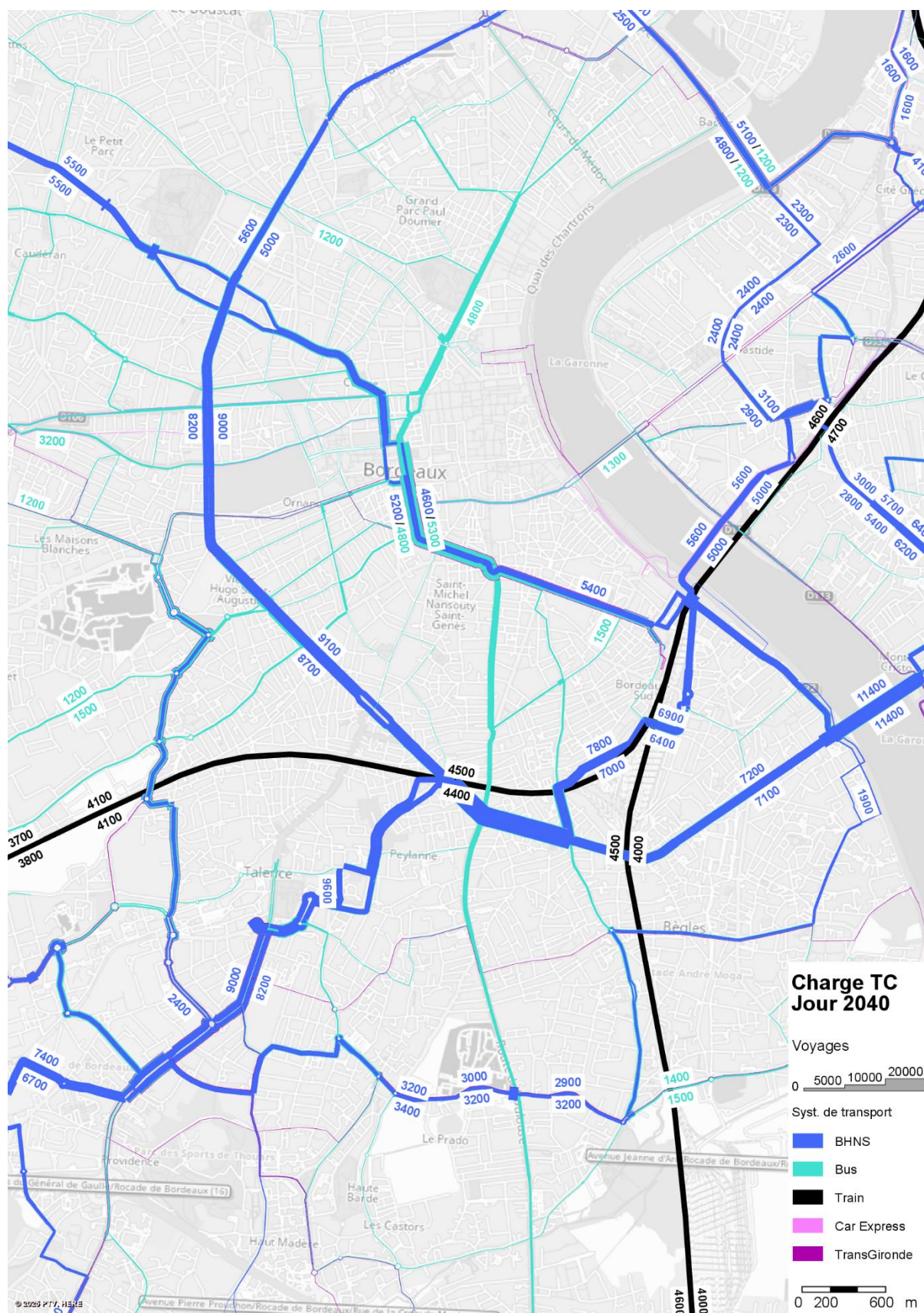


Figure 380 : Charges TC hors tram, cœur de métropole, Jour 2040

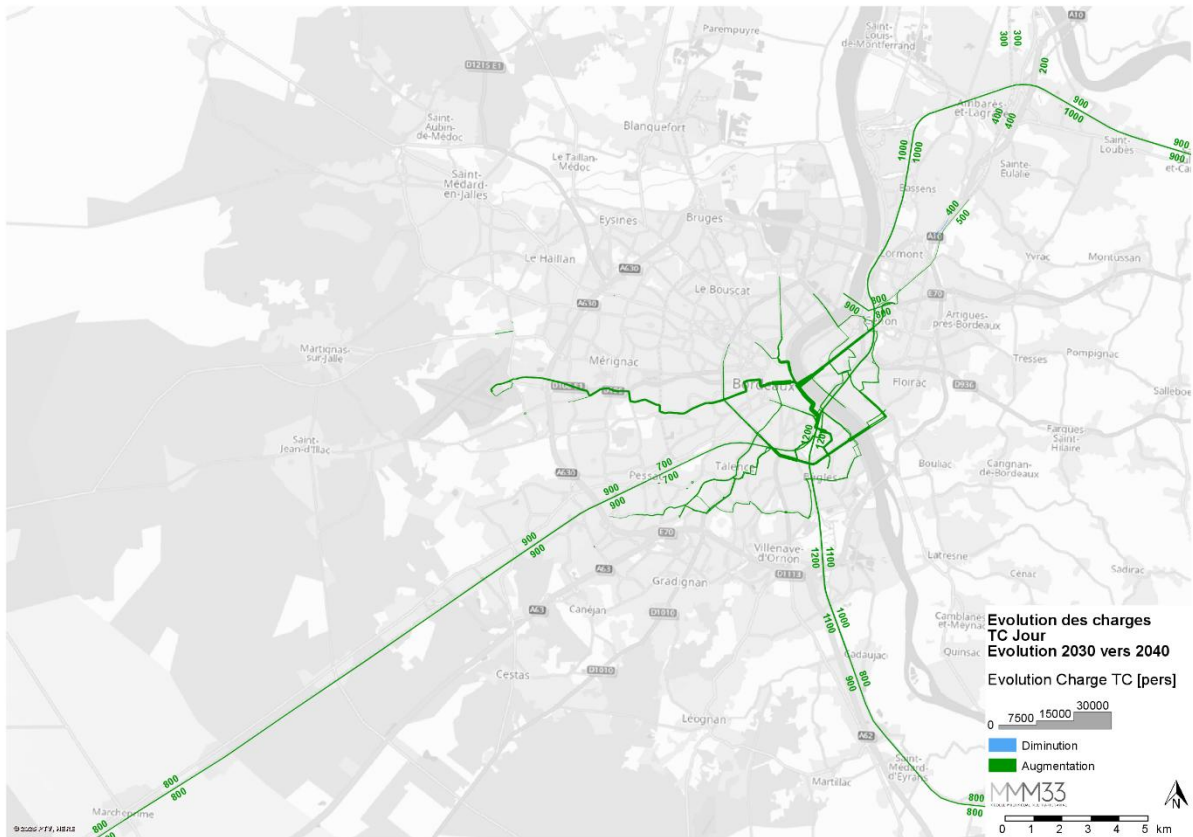


Figure 381 : Evolution des charges TC, cœur de métropole, Jour 2030 à 2040

15.3.2. Période de pointe du matin (07h – 09h)

L'ensemble des déplacements de la période de pointe du matin (PPM) réalisés en TC sont affectés sur tous les réseaux du périmètre. Les graphiques et tableaux suivants présentent les évolutions au cours des horizons modélisés à la PPM.

Globalement, les mêmes tendances qu'à la journée s'observent.

Fréquentations

Les résultats d'affectation TC à la PPM présentent une hausse de +32% des voyages tous réseaux confondus entre 2021 et 2040.

Le poids du réseau urbain TBM au sein de l'ensemble du périmètre du modèle reste stable entre 2021 et 2040, couvrant autour de 90% des voyages réalisés. Les évolutions des voyages par horizon et réseau sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Voyages PPM par système de transport	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Tram	58 600	59 200	59 600	64 700	+600	+400	+5 100	+1%	+1%	+9%
BHNS	0	0	34 800	38 600	+0	+34 800	+3 800	+0%	+11%	+11%
Bus	40 200	44 400	25 400	26 300	+4 200	-19 000	+900	+10%	-43%	+4%
Bat'O	10	10	210	300	+0	+200	+90	+0%	+2000%	+43%
Train	6 500	6 900	9 000	11 000	+400	+2 100	+2 000	+6%	+30%	+22%
Car Express	300	600	3 000	3 200	+300	+2 400	+200	+100%	+400%	+7%
Autocars	2 300	2 400	2 100	2 400	+100	-300	+300	+4%	-13%	+14%
Total	107 900	113 400	134 100	146 500	+5 500	+20 700	+12 400	+5%	+18%	+9%
Total TBM	98 800	103 600	119 800	129 600	+4 800	+16 200	+9 800	+5%	+16%	+8%

Figure 382 : Résumé de l'affectation TC, PPM, 2021 à 2040

Les lignes de BHNS sont performantes avec une estimation à 38 600 voyages à la PPM qui compense largement la baisse de -13 900 voyages sur les bus du fait de la restructuration.

Voyages PPM par système de transport

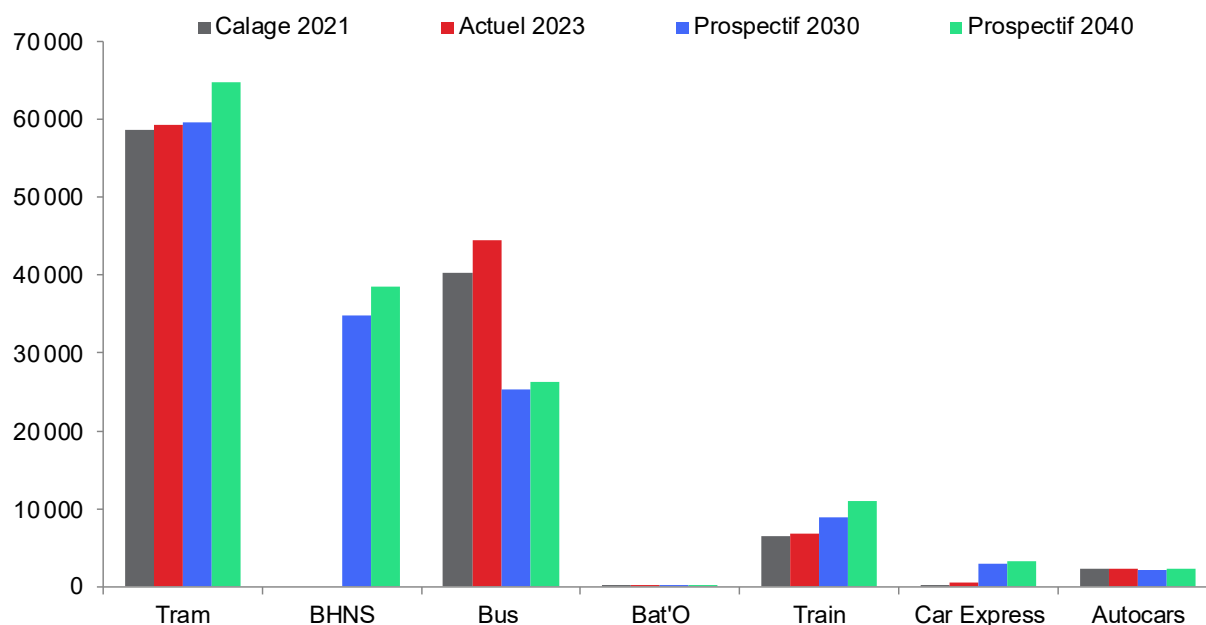


Figure 383 : Fréquentation par système de transport, PPM, 2021 à 2040

Les analyses des résultats par lignes présentent des évolutions versatiles selon les lignes, qu'il faut croiser avec les évolutions de socio-démographie et d'offre.

Par exemple concernant les trams, et de manière non exhaustive :

- La ligne B, dont l'offre reste constante entre 2021 et 2023 traversent des zones dont la population baisse (cf. chapitre 14.1.1) ;
- La ligne C, qui perd une branche au profit de la ligne E, et par la même occasion des services ;
- La ligne A découpée en deux lignes ;
- De manière plus globale, la présence de BHNS performants et attractifs sur des itinéraires compétitifs.

Le graphique suivant présente les évolutions des fréquentations par lignes de trams.

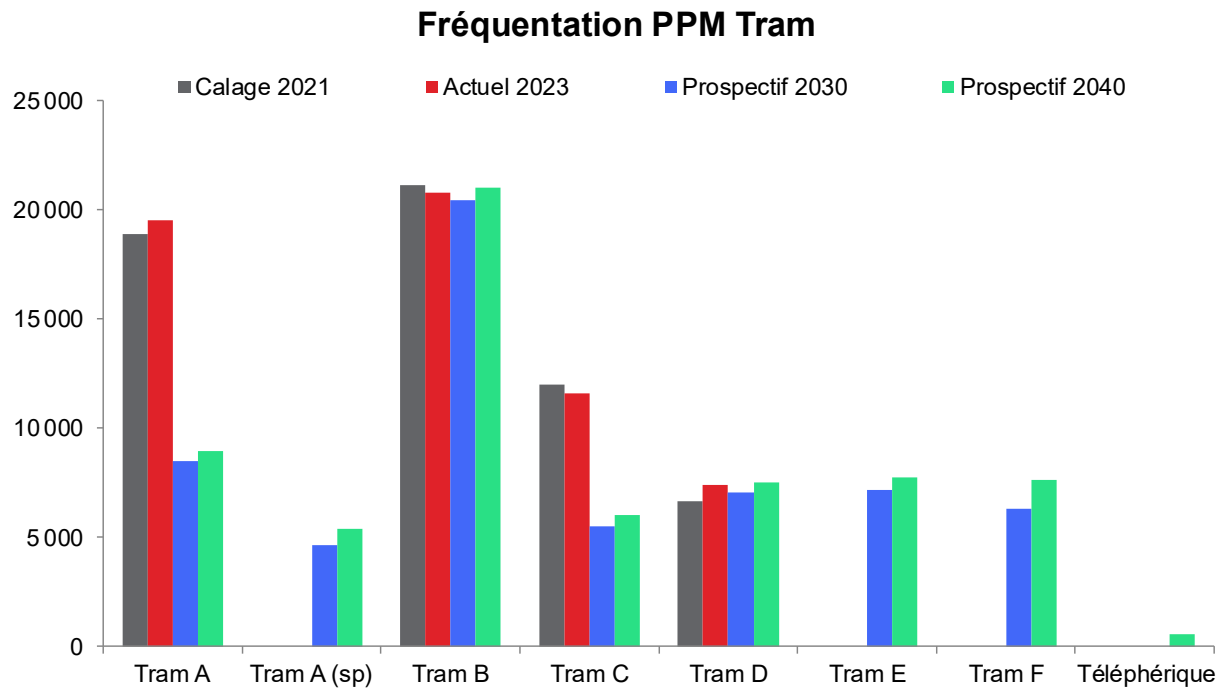


Figure 384 : Fréquentation par lignes de tram, PPM, 2021 à 2040

Comme évoqué précédemment, les lignes de BHNS présentent des fréquentations élevées et proches de celles des trams (C à F notamment), ce qui est assez cohérent avec un nombre de services aussi élevé voire plus élevé que pour les trams. Le graphique suivant présente l'évolution des fréquentations des lignes de BHNS, avec leurs lignes de bus classiques équivalentes avant 2030.

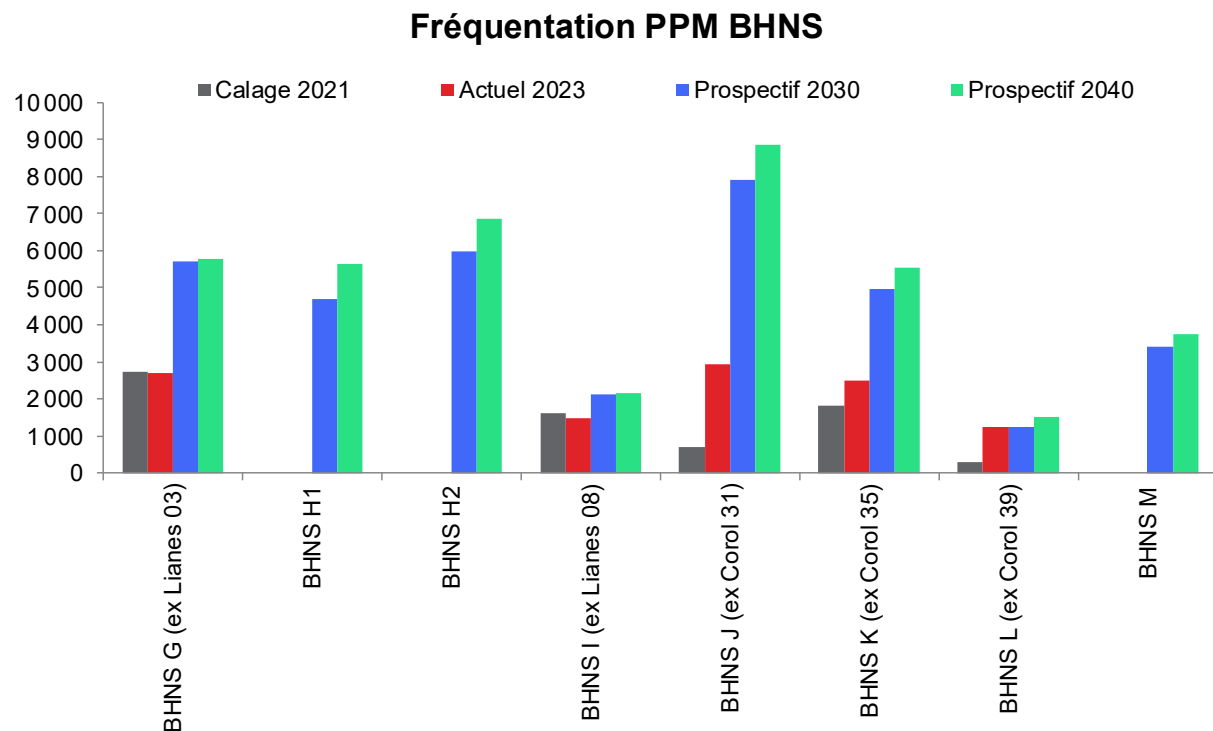


Figure 385 : Fréquentation par ligne de BHNS, PPM, 2021 à 2040

Les évolutions de fréquentations sur les lignes de bus Lianes sont principalement dues à des restructurations d'offre. En effet, les charges évoluent peu pour les lignes dont l'offre et le tracé évoluent peu. Le graphique suivant présente les fréquentations des lignes Lianes.

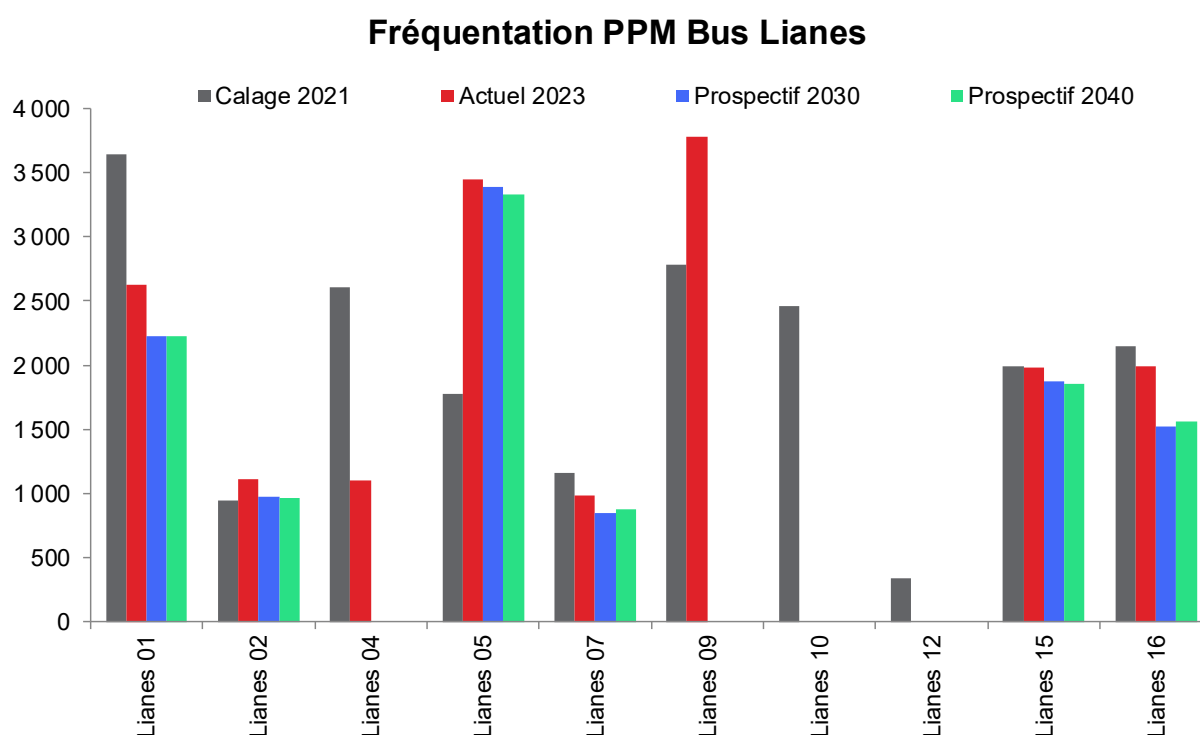


Figure 386 : Fréquentation par ligne de bus Lianes, PPM, 2021 à 2040

Concernant les TER, la hausse de +69% des voyages entre 2021 et 2040 se retrouve principalement sur les axes Arcachon-Libourne et Langon-Saint-Mariens. Le graphique suivant présente les évolutions de fréquentation des lignes de TER regroupées par axe (sans double compte).

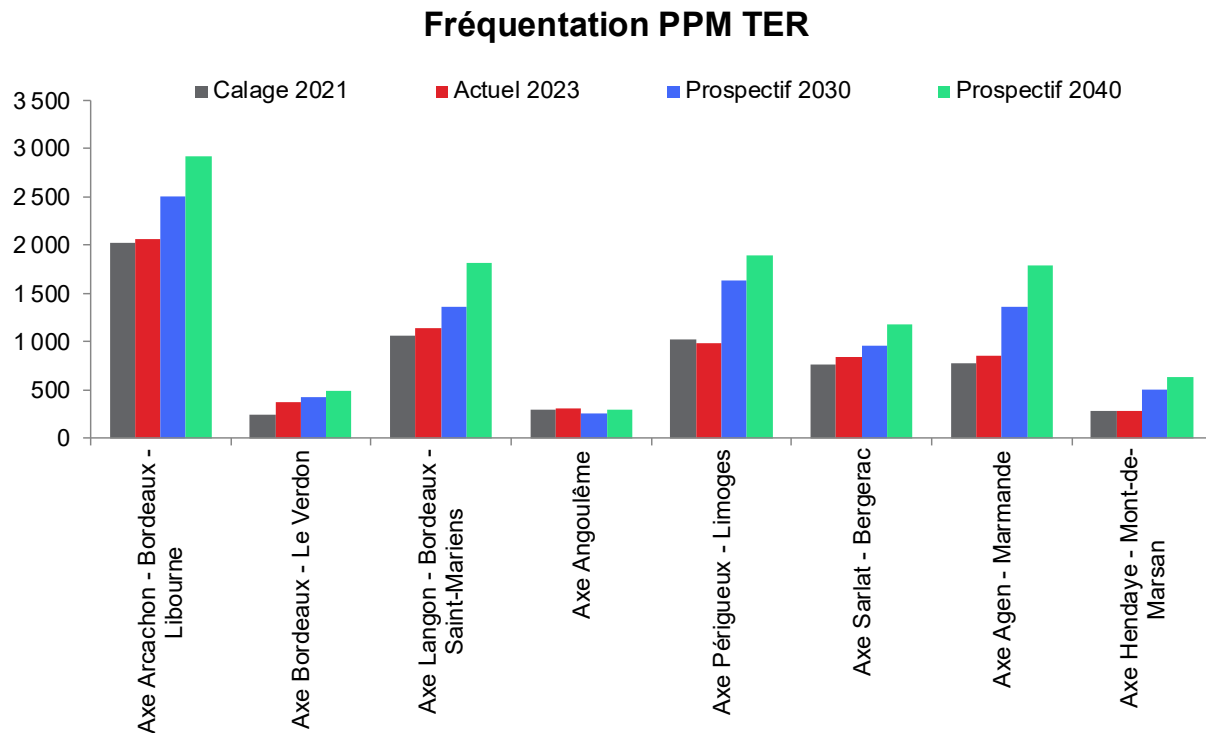


Figure 387 : Fréquentation par axe de TER, PPM, 2021 à 2040

Le détail des montées et descentes par lignes et leurs évolutions sont présentés dans les tableaux en annexe 17.17.

Montées et descentes

La restructuration du réseau urbain TBM, avec l'insertion de plusieurs lignes de BHNS, impacte notablement la dynamique des montées et descentes sur les bus avec l'apparition de nouveaux pôles importants. La restructuration impacte peu les trams avec un maintien de la hiérarchie existante.

Montées et descentes PPM Tram TBM

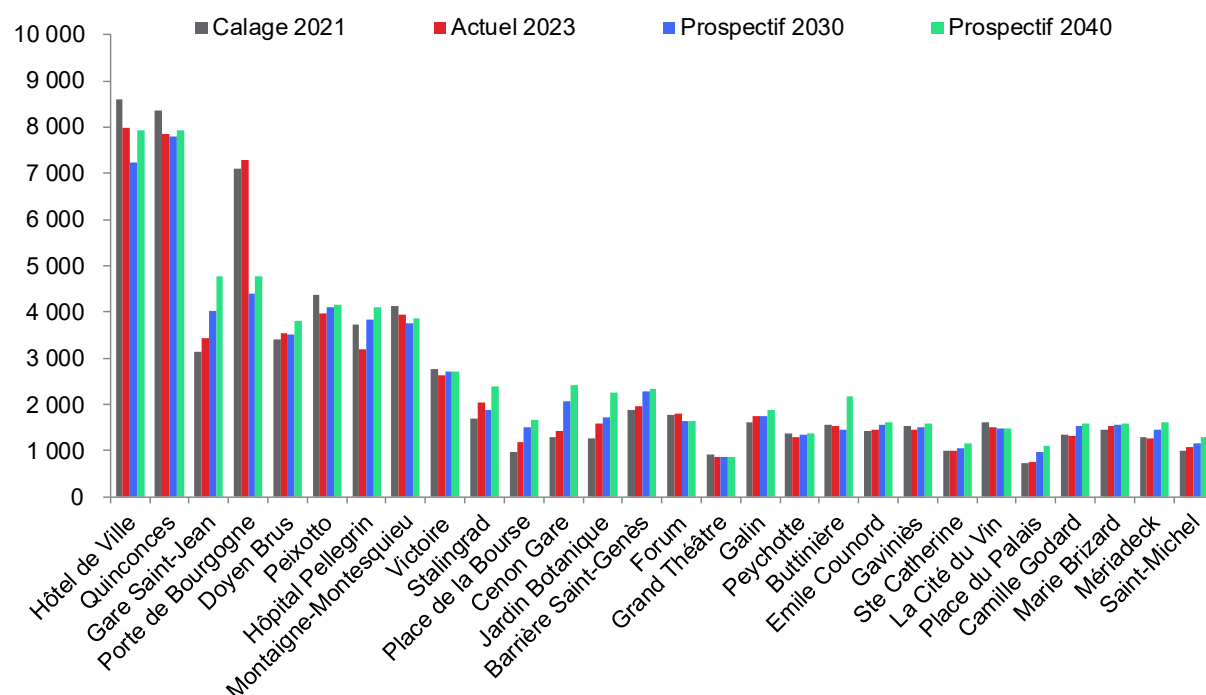


Figure 388 : Montées et descentes sur les trams, PPM, 2021 à 2040

Montées et descentes PPM Bus TBM

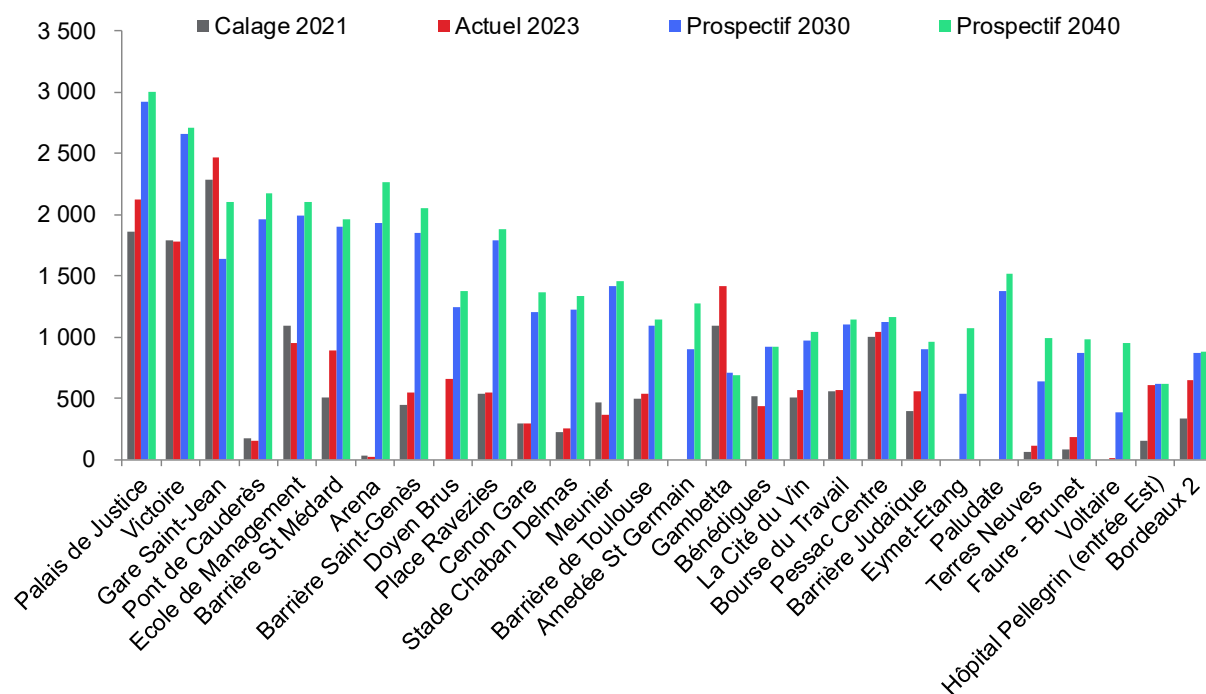


Figure 389 : Montées et descentes sur les bus, PPM, 2021 à 2040

Correspondances

Tout comme pour les montées et descentes, la restructuration du réseau TBM et la mise en service des BHNS change radicalement la structure des correspondances par systèmes de transport au sein du périmètre, en particulier avec une baisse de la part des correspondances en lien avec le tram.

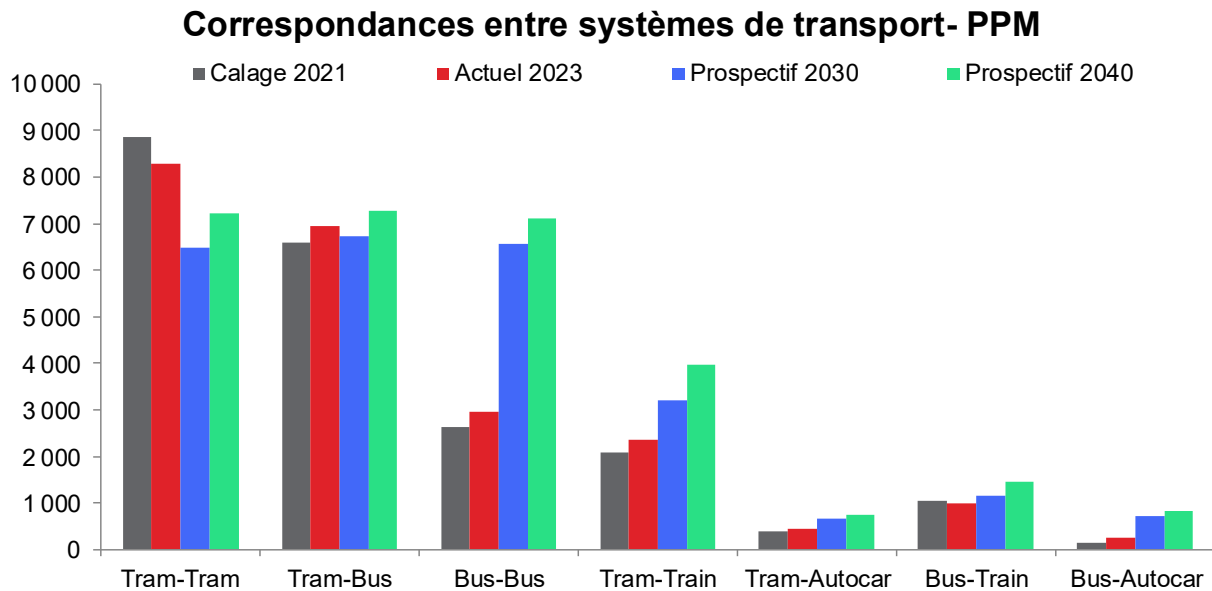


Figure 390 : Correspondances entre systèmes de transport, PPM, 2021 à 2040

Au niveau des correspondances aux arrêts, la même dynamique que pour les montées descentes s'observe avec l'apparition de nouveaux pôles d'échange importants dans le réseau TBM.

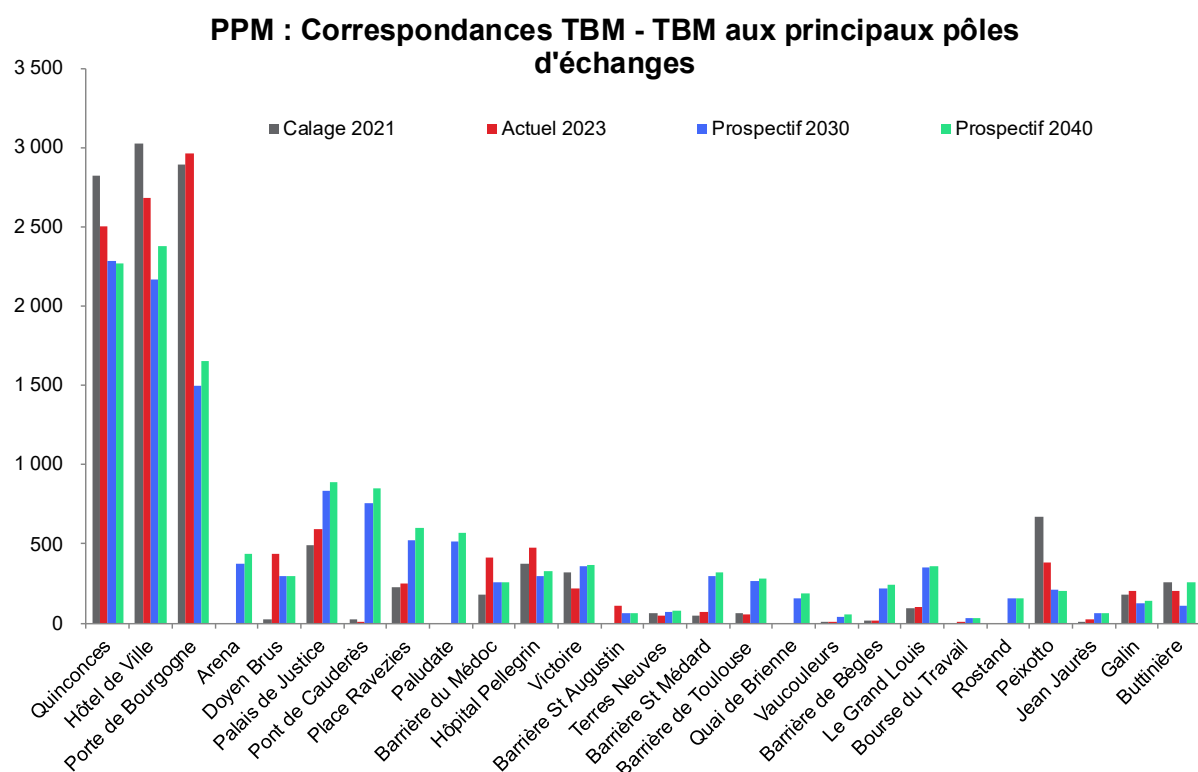


Figure 391 : Correspondances internes au réseau TBM, PPM, 2021 à 2040

Réseaux de charges et différences de charges

Les cartes suivantes représentent les charges TC sur le réseau principal aux différents horizons et les évolutions des charges d'un horizon à l'autre.

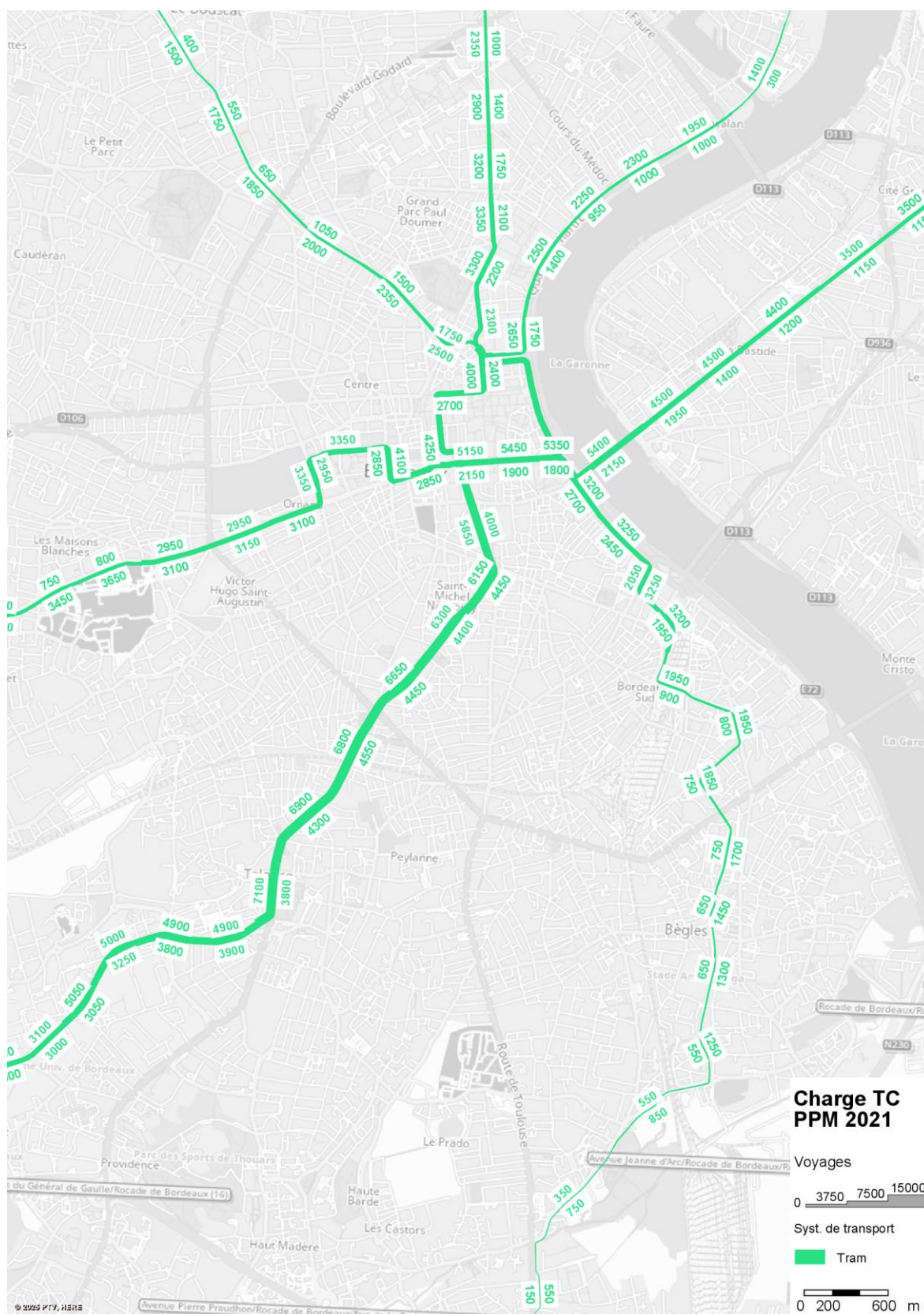


Figure 259 : Charges TC tram, cœur de métropole, PPM 2021

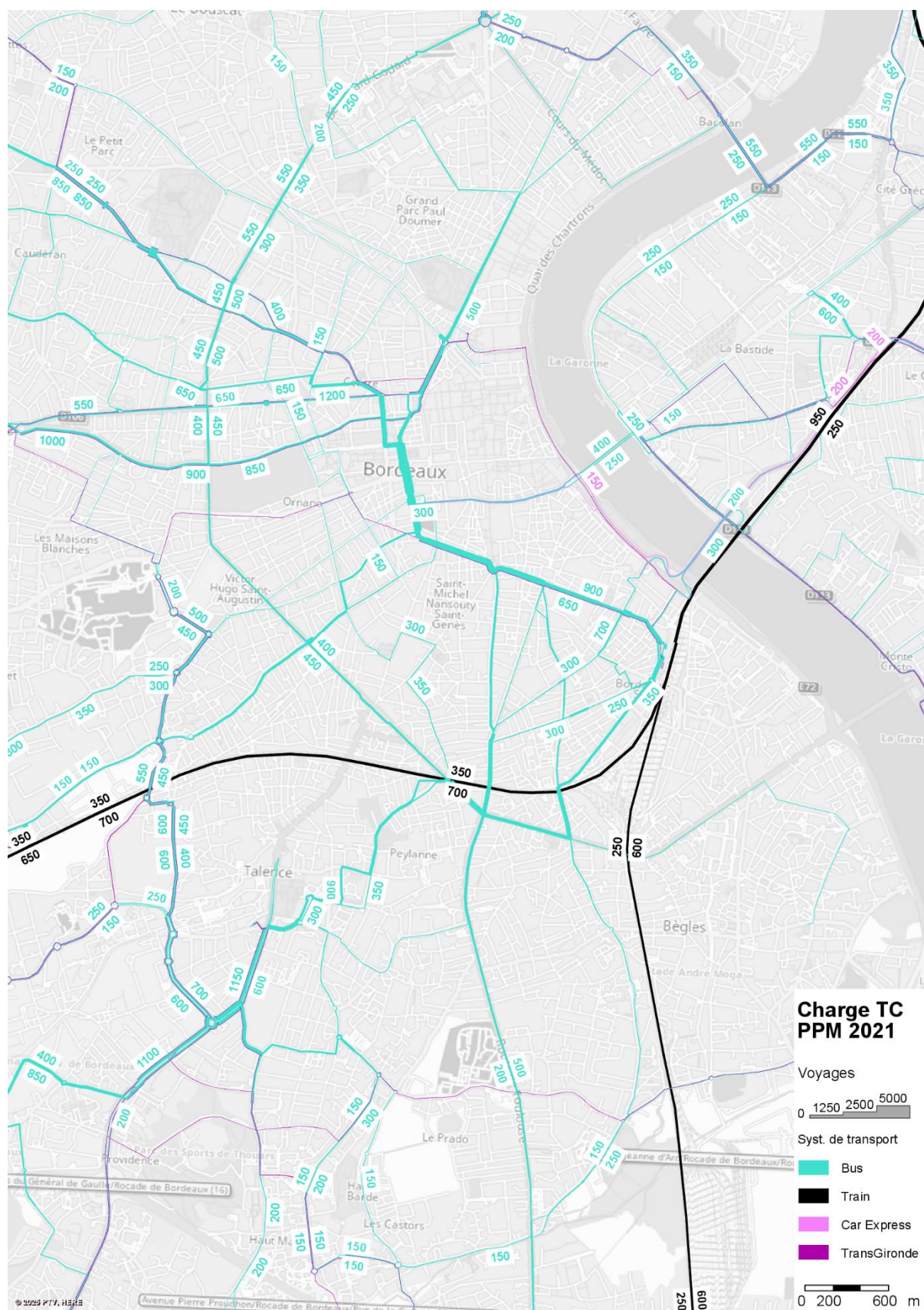


Figure 259 : Charges TC hors tram, cœur de métropole, PPM 2021

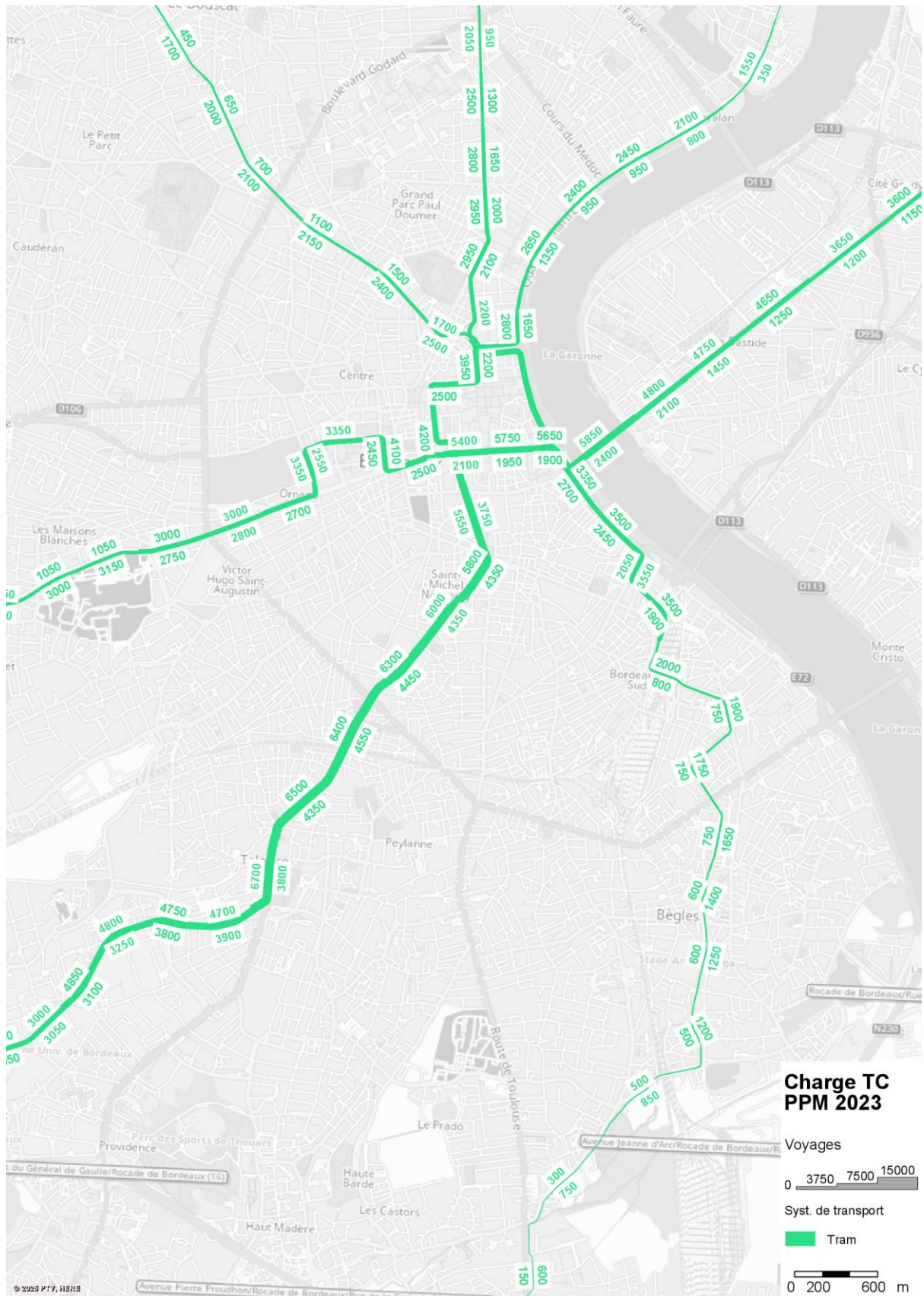


Figure 259 : Charges TC tram, cœur de métropole, PPM 2023

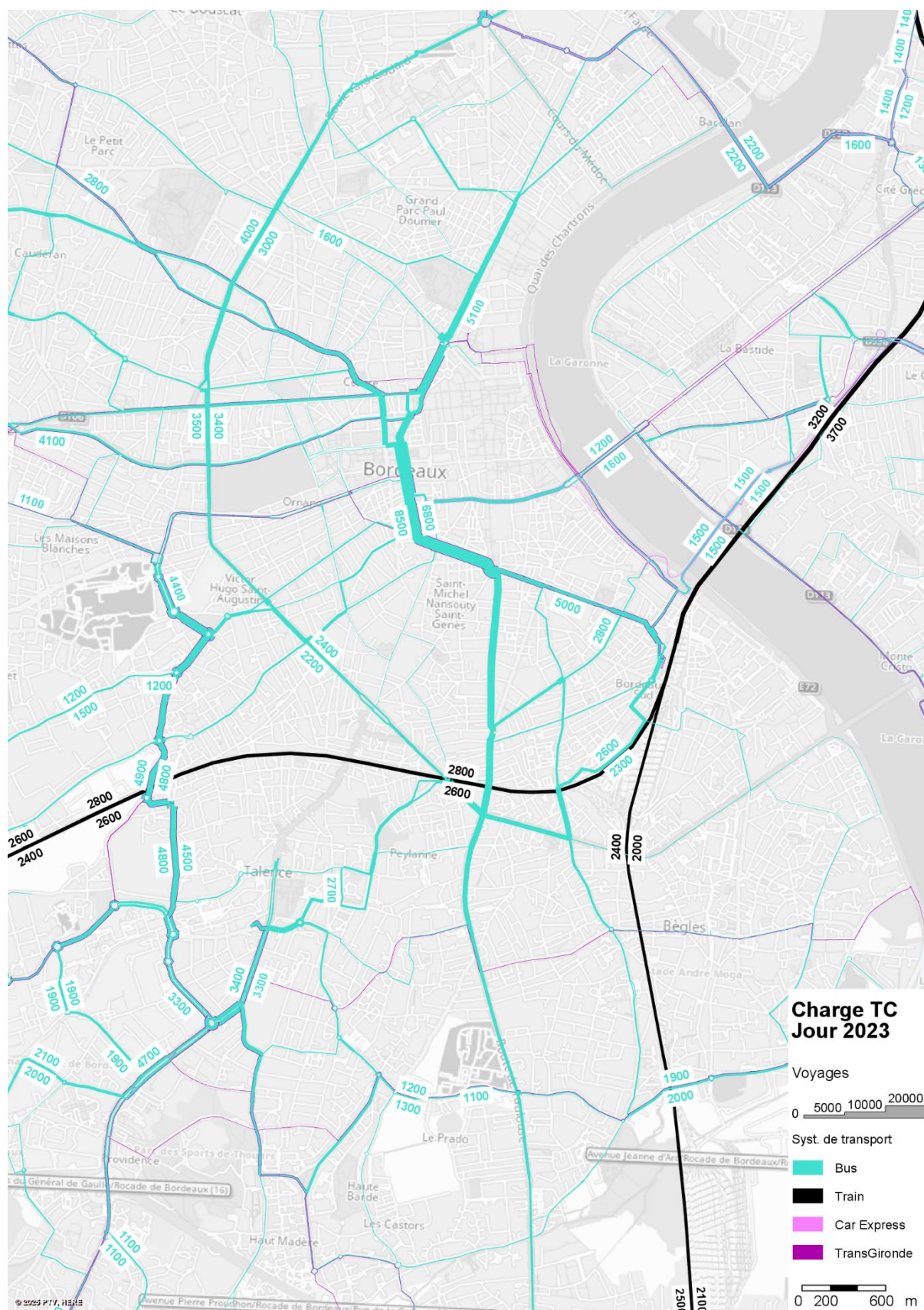


Figure 259 : Charges TC hors tram, cœur de métropole, PPM 2023

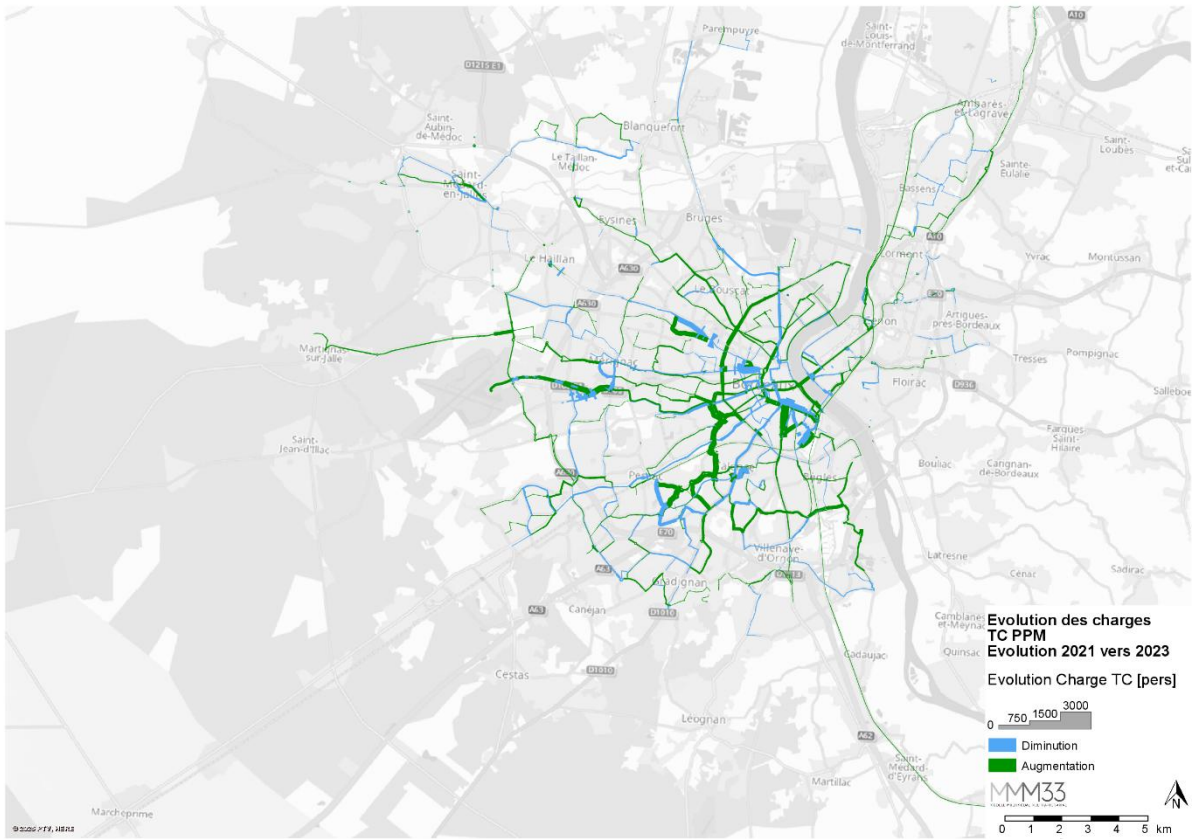


Figure 392 : Evolution des charges TC, cœur de métropole, PPM 2021 à 2023

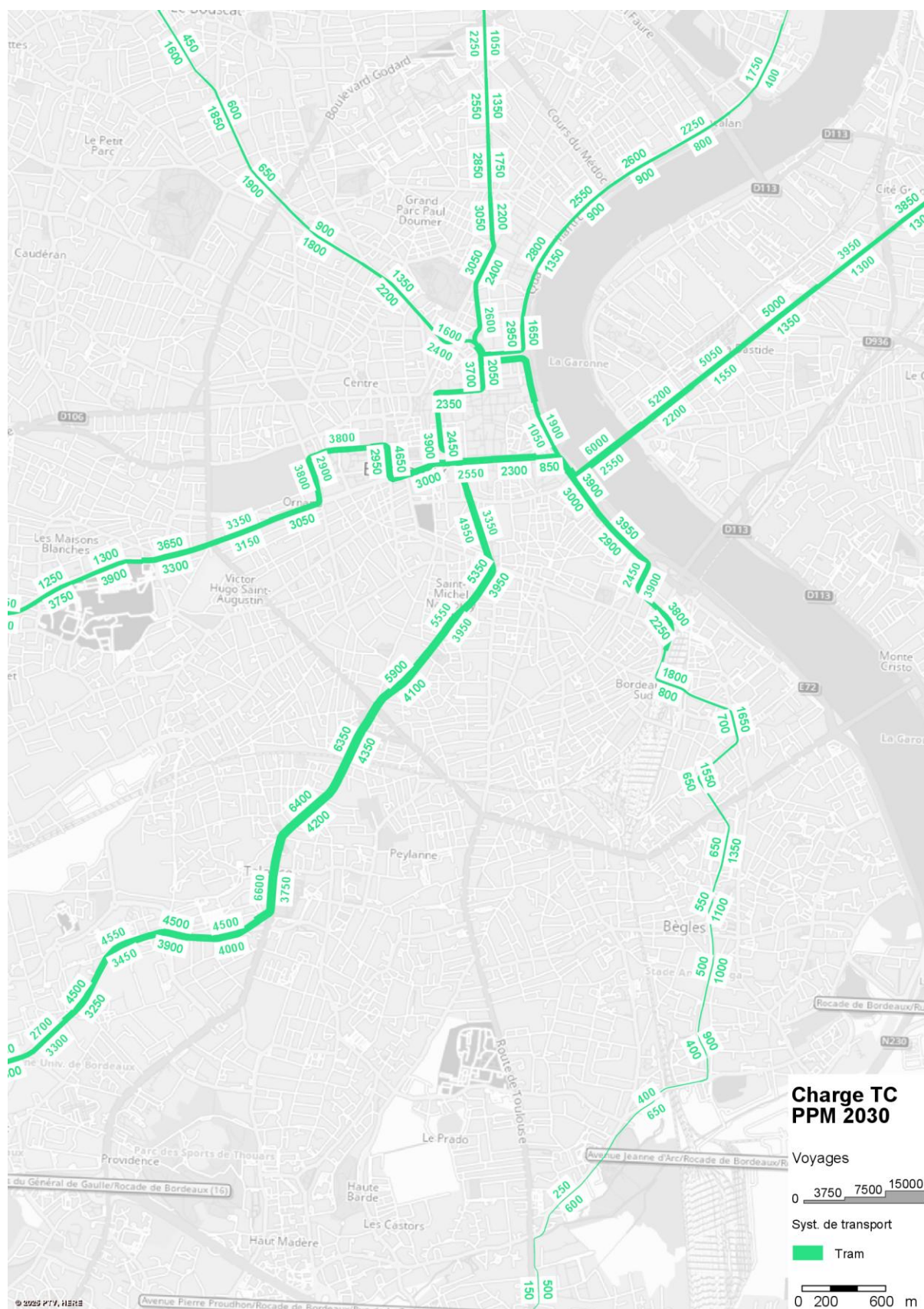


Figure 259 : Charges TC tram, cœur de métropole, PPM 2030

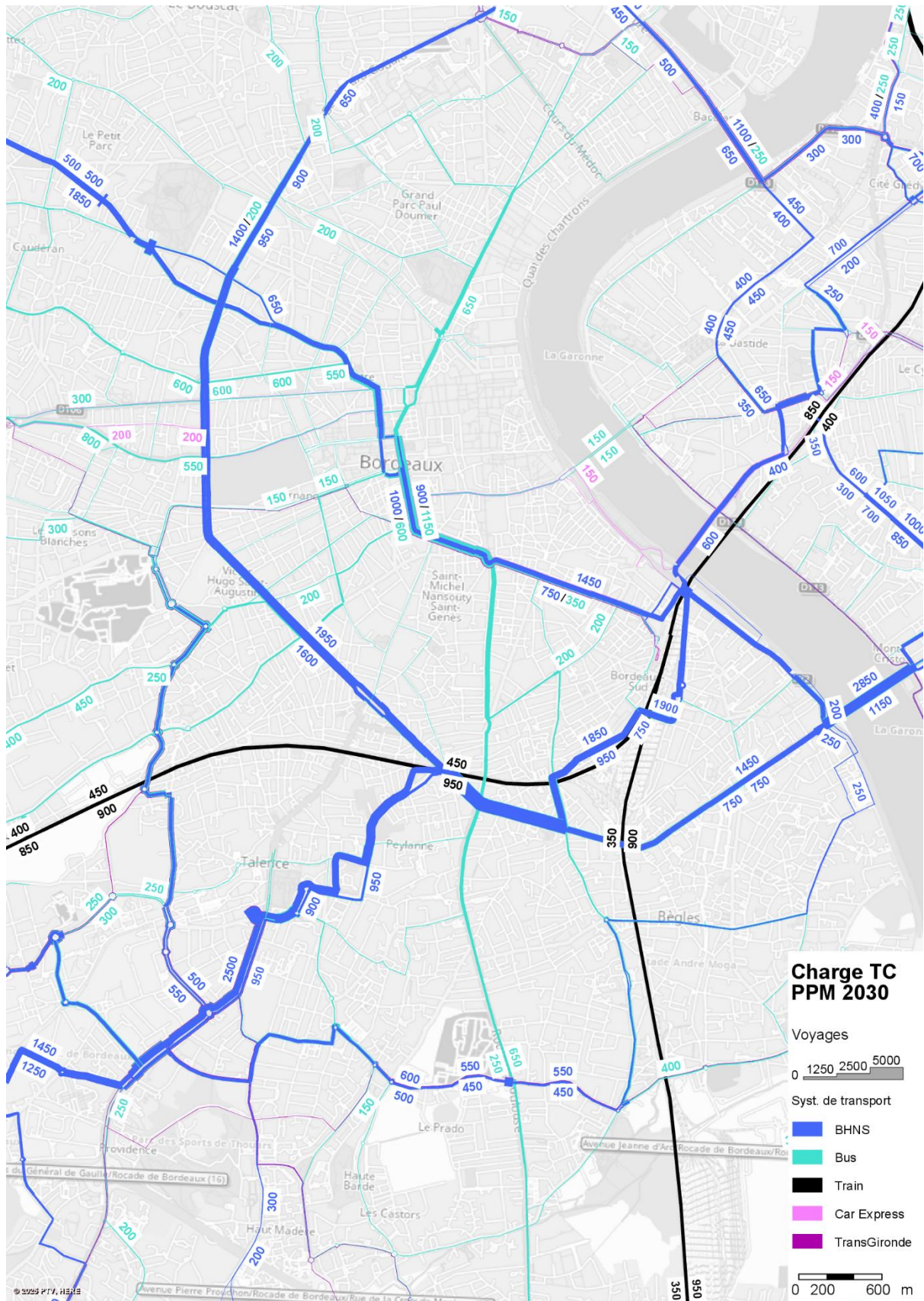


Figure 259 : Charges TC hors tram, cœur de métropole, PPM 2030

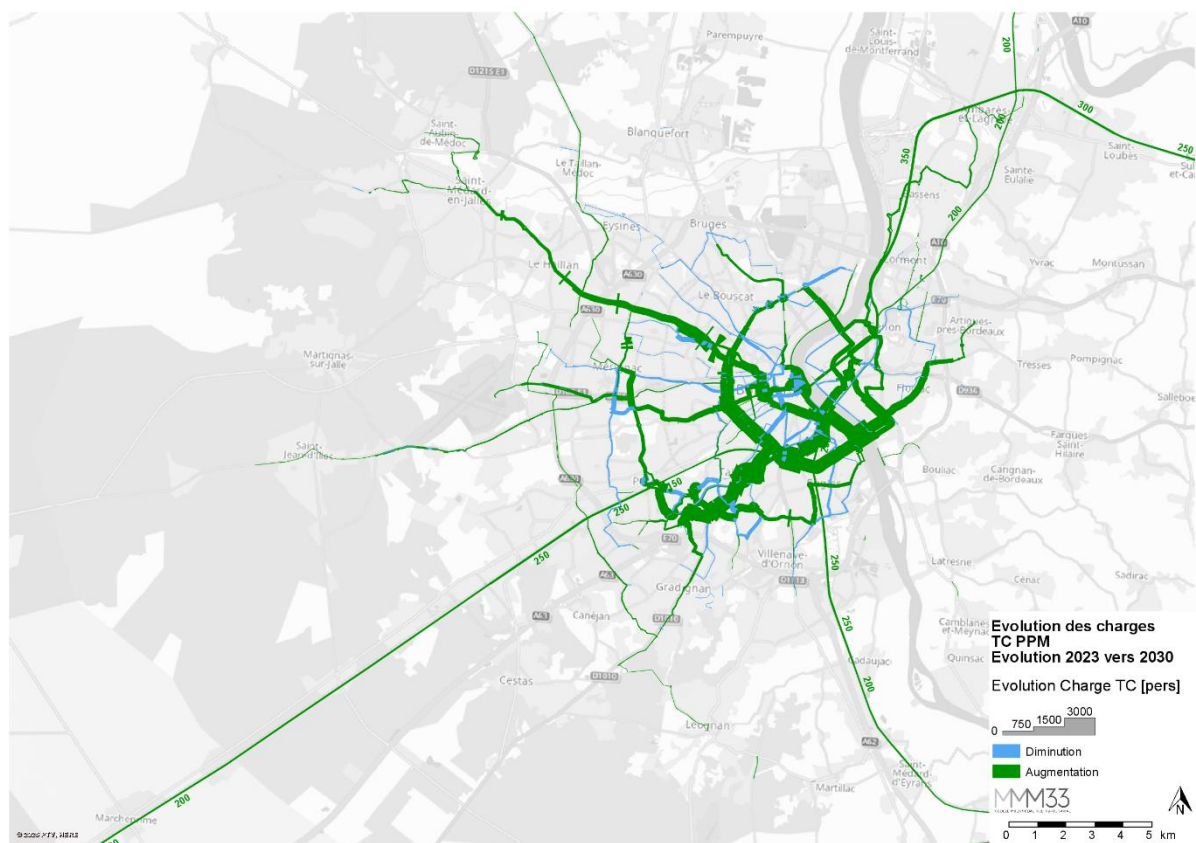


Figure 393 : Evolution des charges TC, cœur de métropole, PPM 2023 à 2030

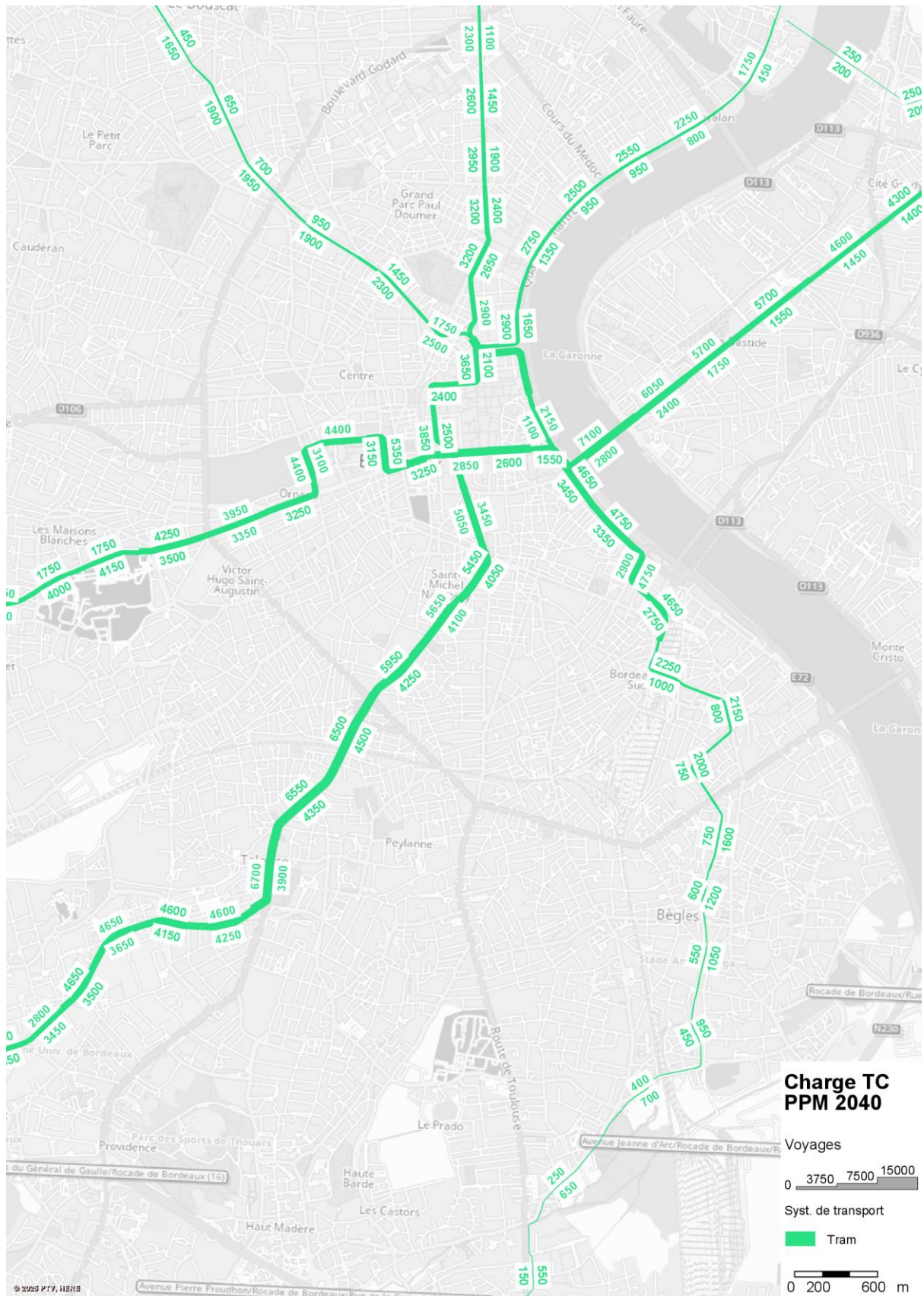


Figure 259 : Charges TC tram, cœur de métropole, PPM 2040

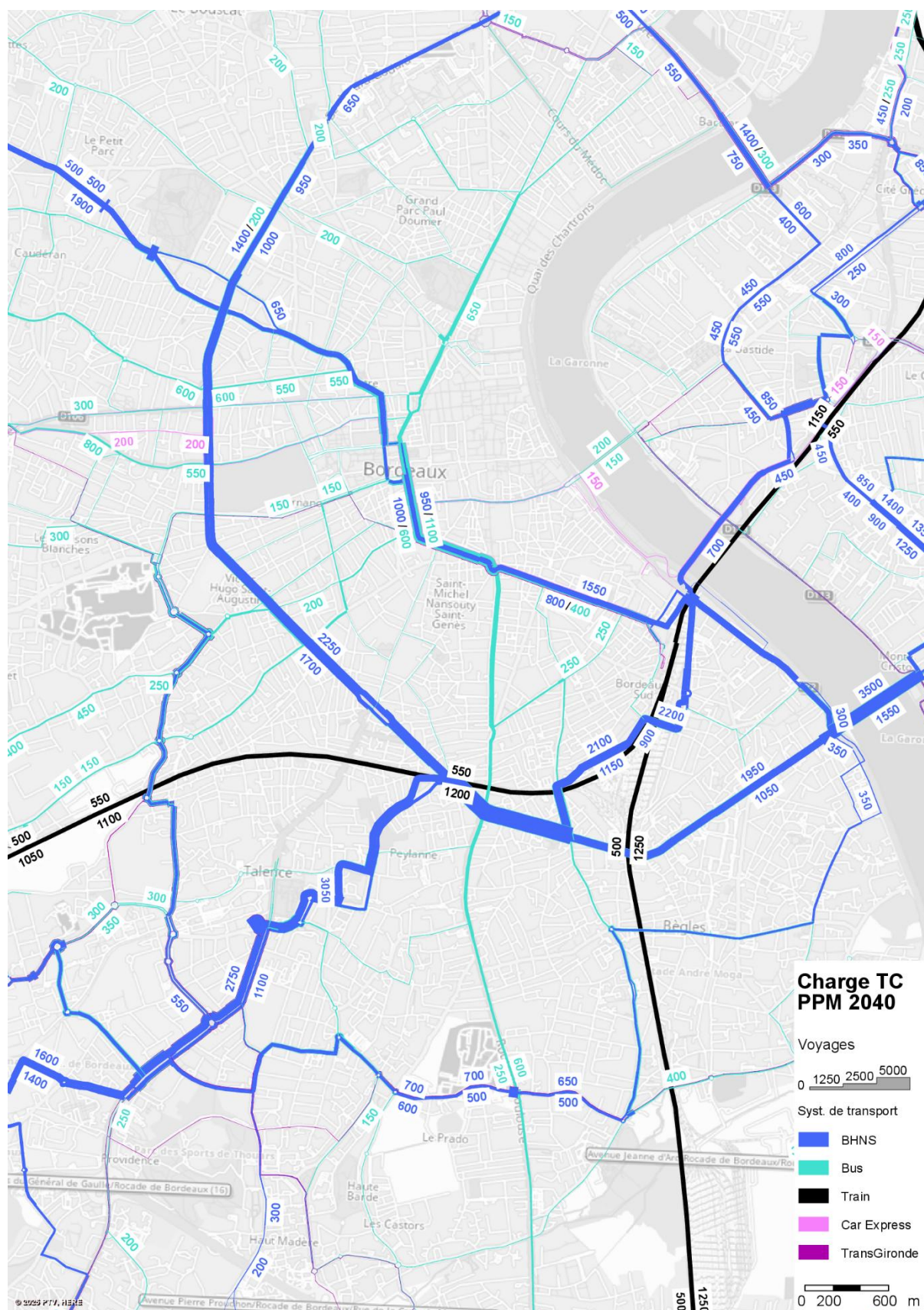


Figure 259 : Charges TC hors tram, cœur de métropole, PPM 2040

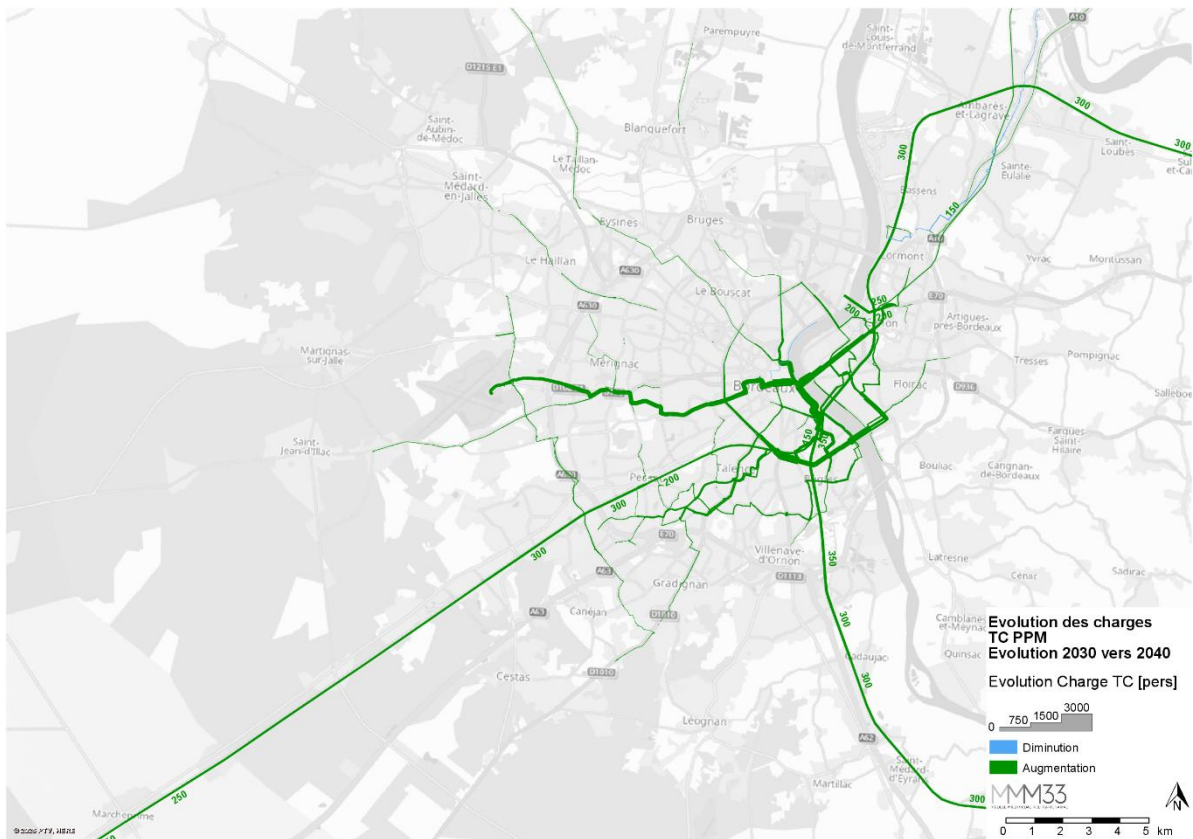


Figure 394 : Evolution des charges TC, cœur de métropole, PPM 2030 à 2040

15.3.3. Période de pointe du soir (16h – 19h)

L'ensemble des déplacements de la période de pointe du soir (PPS) réalisés en TC sont affectés sur tous les réseaux du périmètre. Les graphiques et tableaux suivants présentent les évolutions au cours des horizons modélisés à la PPS.

Globalement, les mêmes tendances qu'à la journée s'observent.

Fréquentations

Les résultats d'affectation TC à la PPS présentent une hausse de +30% des voyages tous réseaux confondus entre 2021 et 2040.

Le poids du réseau urbain TBM au sein de l'ensemble du périmètre du modèle reste stable entre 2021 et 2040, couvrant 91% des voyages réalisés. Les évolutions des voyages par horizon et réseau sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Voyages PPS par système de transport	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Tram	90 500	91 900	92 900	100 700	+1 400	+1 000	+7 800	+2%	+1%	+8%
BHNS	0	0	50 100	55 800	+0	+50 100	+5 700			+11%
Bus	62 800	67 700	40 500	42 400	+4 900	-27 200	+1 900	+8%	-40%	+5%
Bat'O	20	30	400	500	+10	+370	+100	+50%	+1233%	+25%
Train	10 400	11 100	14 300	17 400	+700	+3 200	+3 100	+7%	+29%	+22%
Car Express	500	900	4 200	4 500	+400	+3 300	+300	+80%	+367%	+7%
Autocars	4 900	5 100	4 500	5 100	+200	-600	+600	+4%	-12%	+13%
Total	169 000	176 700	206 900	226 500	+7 700	+30 200	+19 600	+5%	+17%	+9%
Total TBM	153 300	159 600	183 500	199 000	+6 300	+23 900	+15 500	+4%	+15%	+8%

Figure 395 : Résumé de l'affectation TC, PPS, 2021 à 2040

Les lignes de BHNS sont performantes avec une estimation à 55 800 voyages à la PPS qui compense largement la baisse de -20 400 voyages sur les bus du fait de la restructuration.

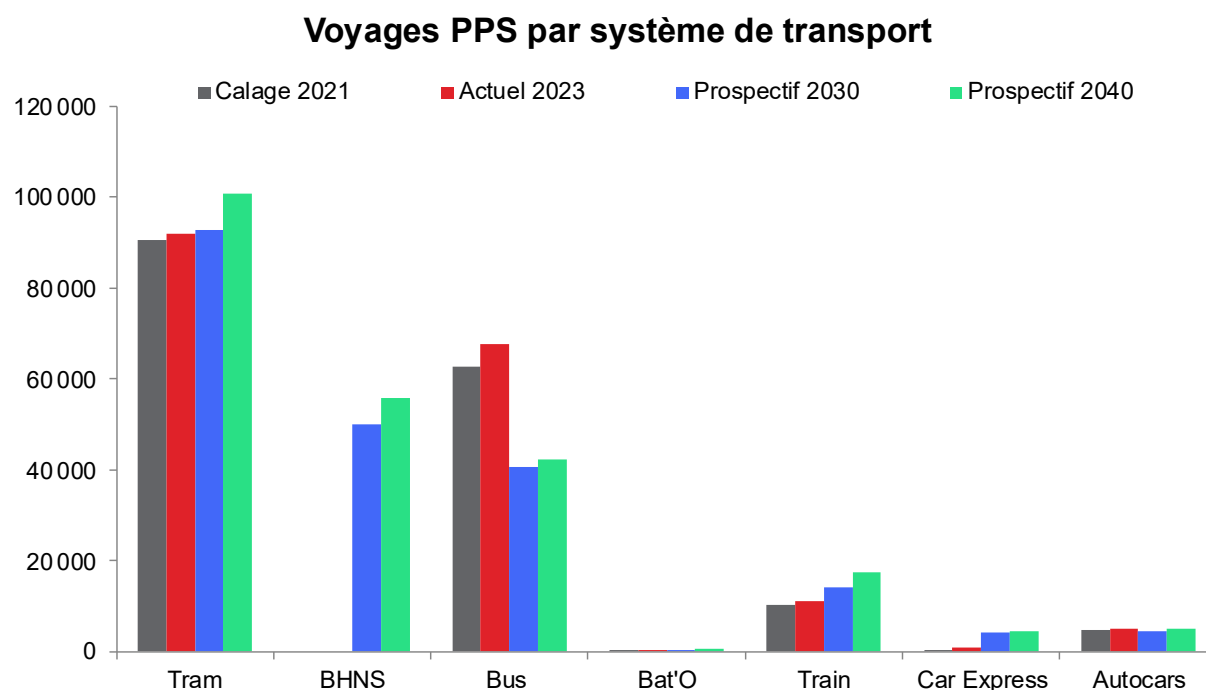


Figure 396 : Fréquentation par système de transport, PPS, 2021 à 2040

Les analyses des résultats par lignes présentent des évolutions versatiles selon les lignes, qu'il faut croiser avec les évolutions de socio-démographie et d'offre.

Par exemple concernant les trams, et de manière non exhaustive :

- La ligne B, dont l'offre reste constante entre 2021 et 2023 traversent des zones dont la population baisse (cf. chapitre 14.1.1) ;
- La ligne C, qui perd une branche au profit de la ligne E, et par la même occasion des services ;
- La ligne A découpée en deux lignes ;
- De manière plus globale, la présence de BHNS performants et attractifs sur des itinéraires compétitifs.

Le graphique suivant présente les évolutions des fréquentations par lignes de trams.

Fréquentation PPS Tram

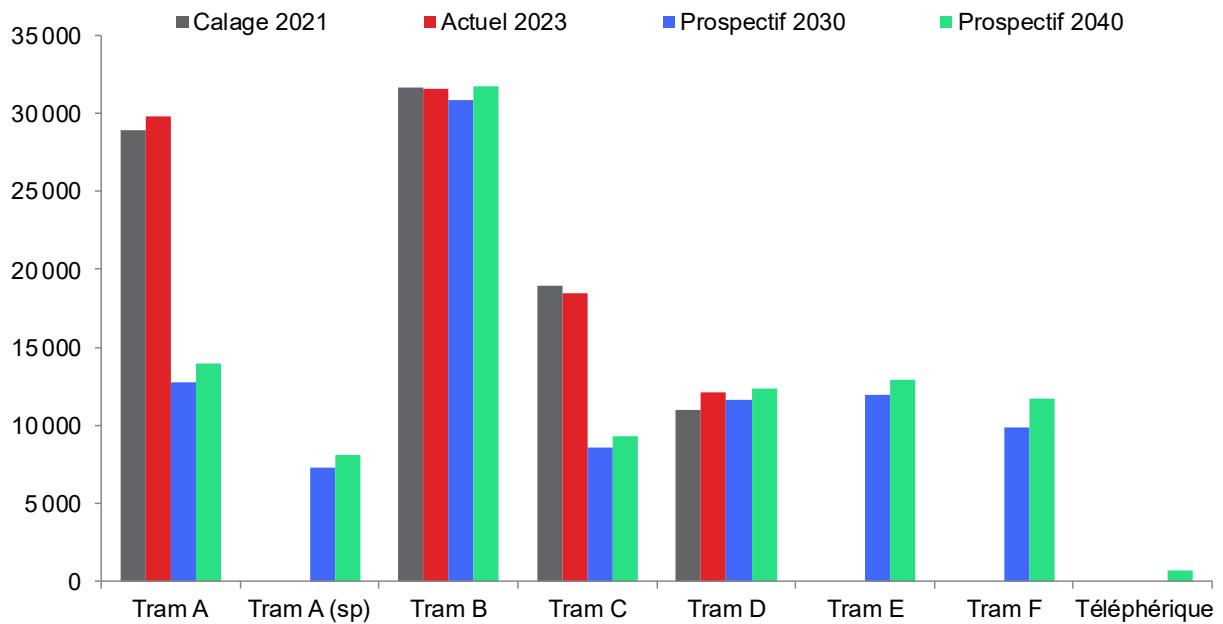


Figure 397 : Fréquentation par lignes de tram, PPS, 2021 à 2040

Comme évoqué précédemment, les lignes de BHNS présentent des fréquentations élevées et proches de celles des trams (C à F notamment), ce qui est assez cohérent avec un nombre de services aussi élevé voire plus élevé que pour les trams. Le graphique suivant présente l'évolution des fréquentations des lignes de BHNS, avec leurs lignes de bus classiques équivalentes avant 2030.

Fréquentation PPS BHNS

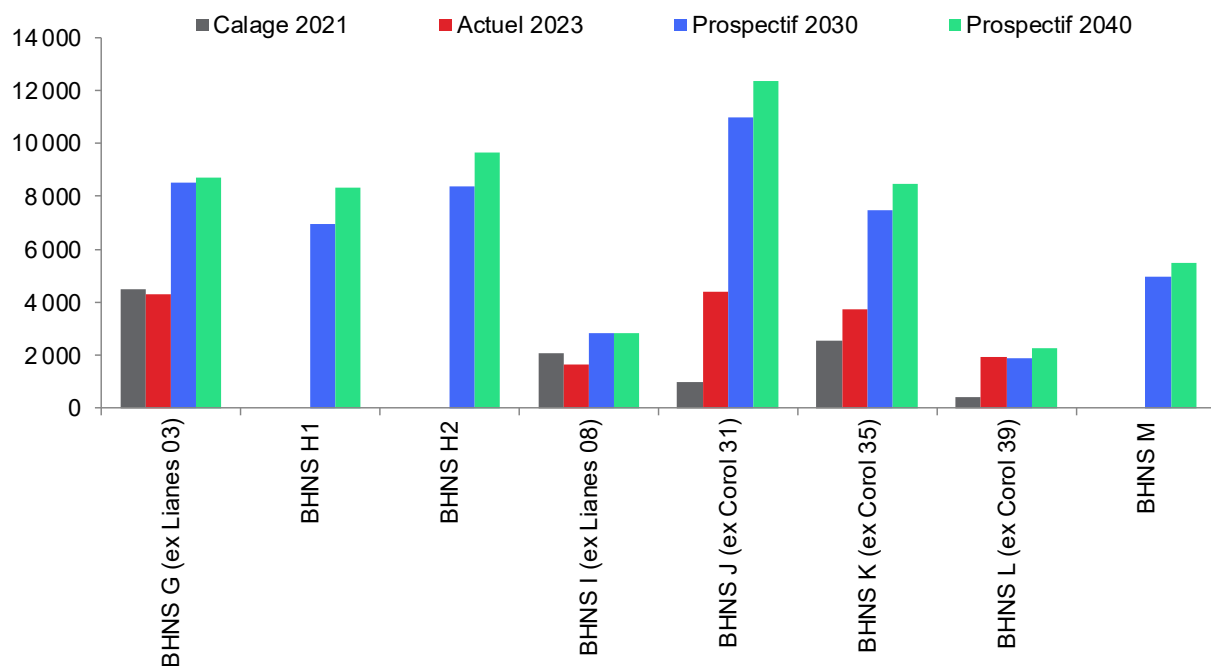


Figure 398 : Fréquentation par ligne de BHNS, PPS, 2021 à 2040

Les évolutions de fréquentations sur les lignes de bus Lianes sont principalement dues à des restructurations d'offre. En effet, les charges évoluent peu pour les lignes dont l'offre et le tracé évoluent peu. Le graphique suivant présente les fréquentations des lignes Lianes.

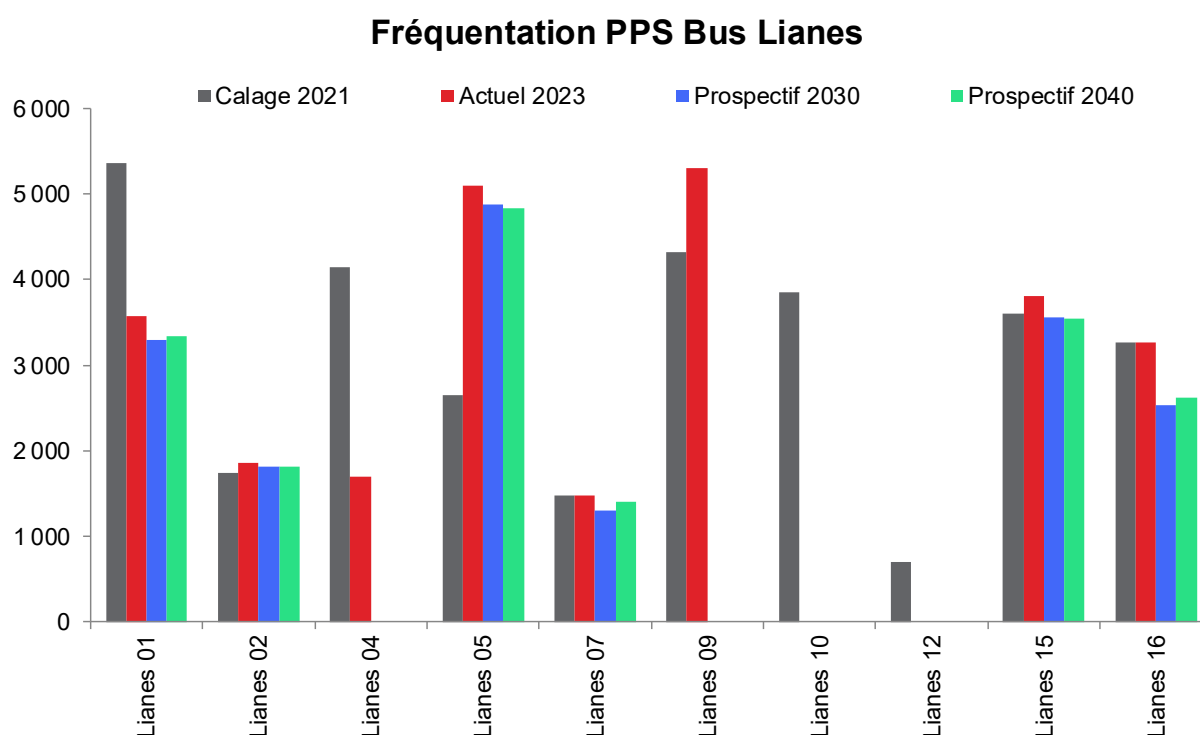


Figure 399 : Fréquentation par ligne de bus Lianes, PPS, 2021 à 2040

Concernant les TER, la hausse de +69% des voyages entre 2021 et 2040 se retrouve principalement sur les axes Arcachon-Libourne et Langon-Saint-Mariens. Le graphique suivant présente les évolutions de fréquentation des lignes de TER regroupées par axe (sans double compte).

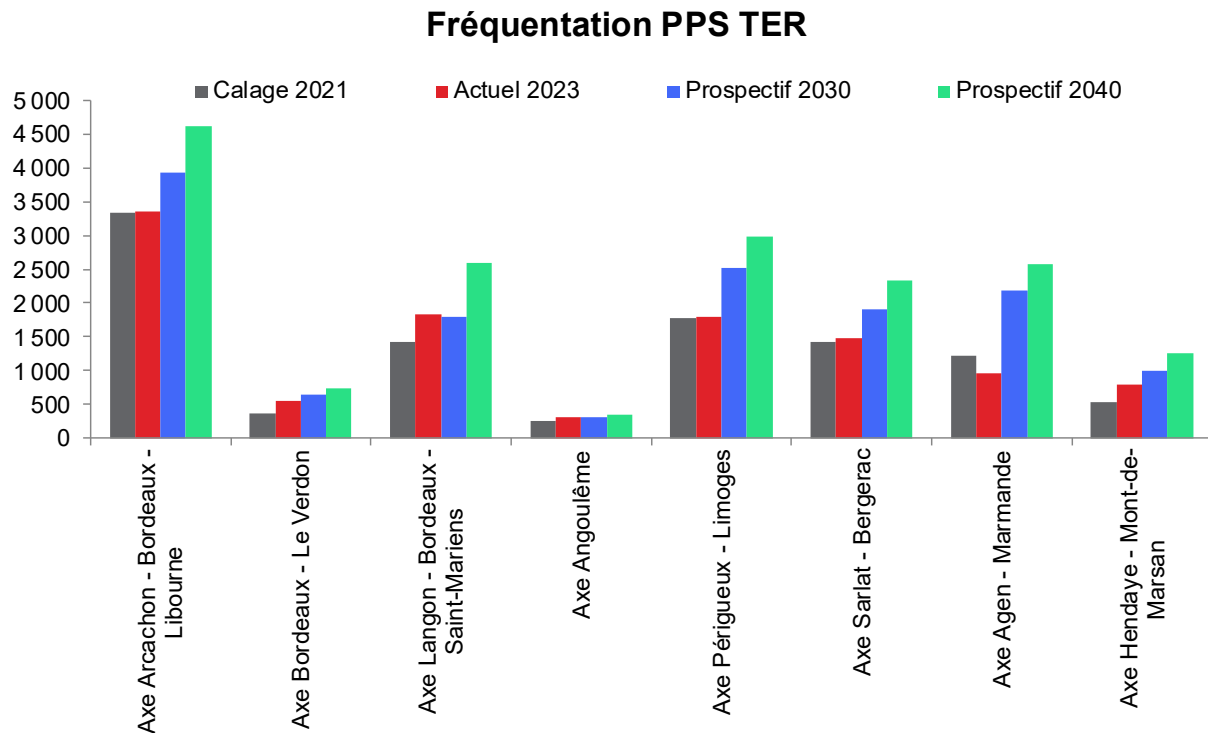


Figure 400 : Fréquentation par axe de TER, PPS, 2021 à 2040

Le détail des montées et descentes par lignes et leurs évolutions sont présentés dans les tableaux en annexe 17.18.

Montées et descentes

La restructuration du réseau urbain TBM, avec l'insertion de plusieurs lignes de BHNS, impacte notablement la dynamique des montées et descentes sur les bus avec l'apparition de nouveaux pôles importants. La restructuration impacte peu les trams avec un maintien de la hiérarchie existante.

Montées et descentes PPS Tram TBM

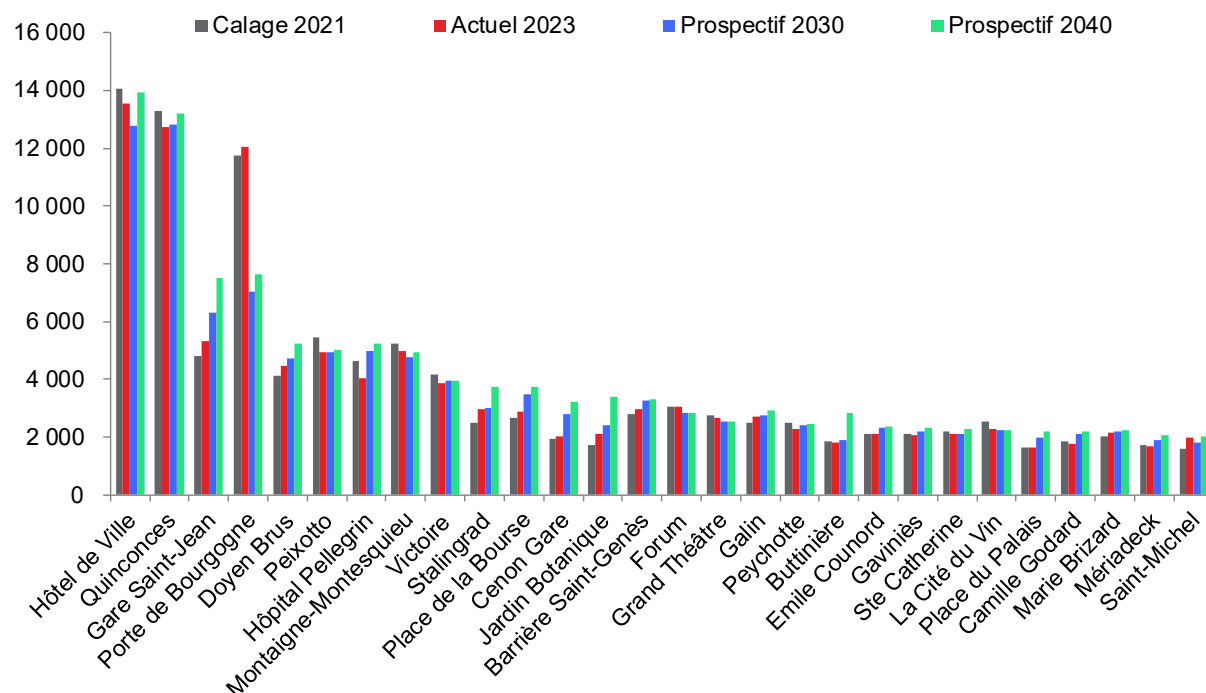


Figure 401 : Montées et descentes sur les trams, PPS, 2021 à 2040

Montées et descentes PPS Bus TBM

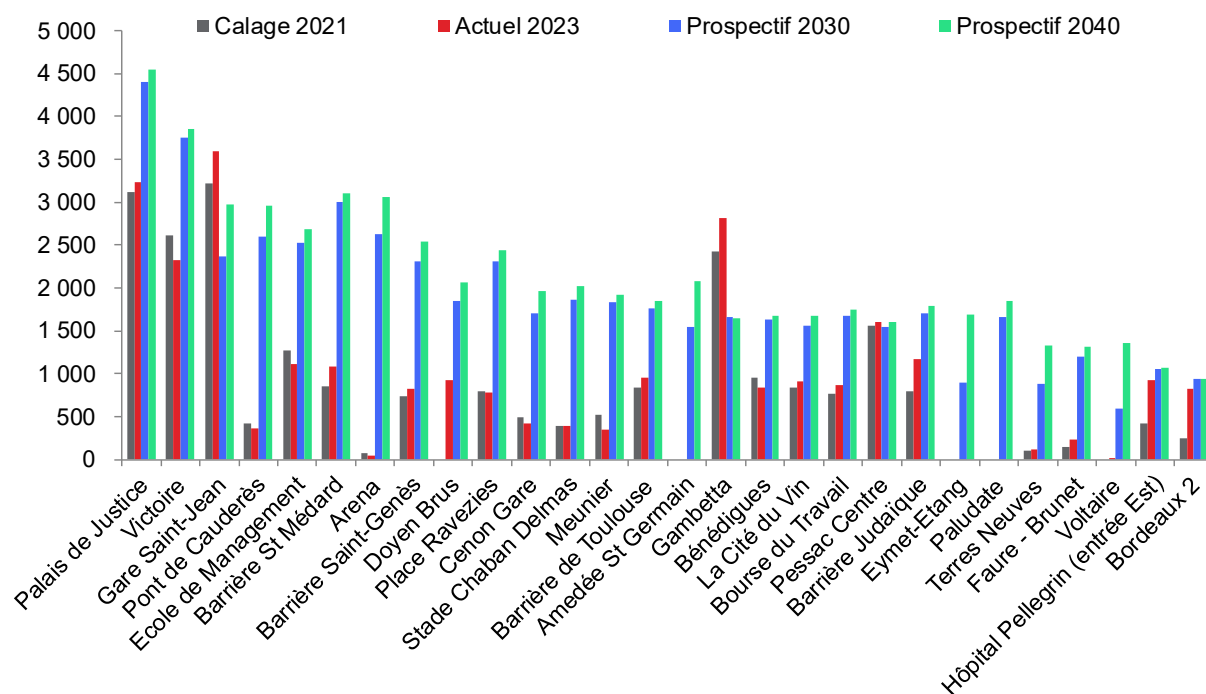


Figure 402 : Montées et descentes sur les bus, PPS, 2021 à 2040

Correspondances

Tout comme pour les montées et descentes, la restructuration du réseau TBM et la mise en service des BHNS change radicalement la structure des correspondances par systèmes de transport au sein du périmètre, en particulier avec une baisse de la part des correspondances en lien avec le tram.

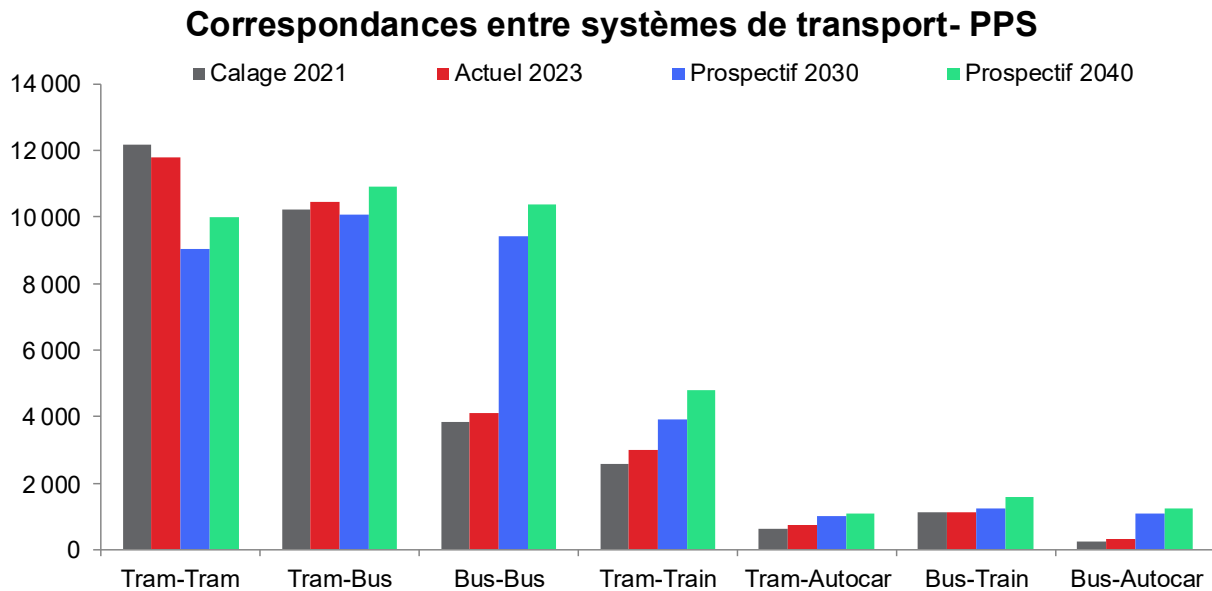


Figure 403 : Correspondances entre systèmes de transport, PPS, 2021 à 2040

Au niveau des correspondances aux arrêts, la même dynamique que pour les montées descentes s'observe avec l'apparition de nouveaux pôles d'échange importants dans le réseau TBM.

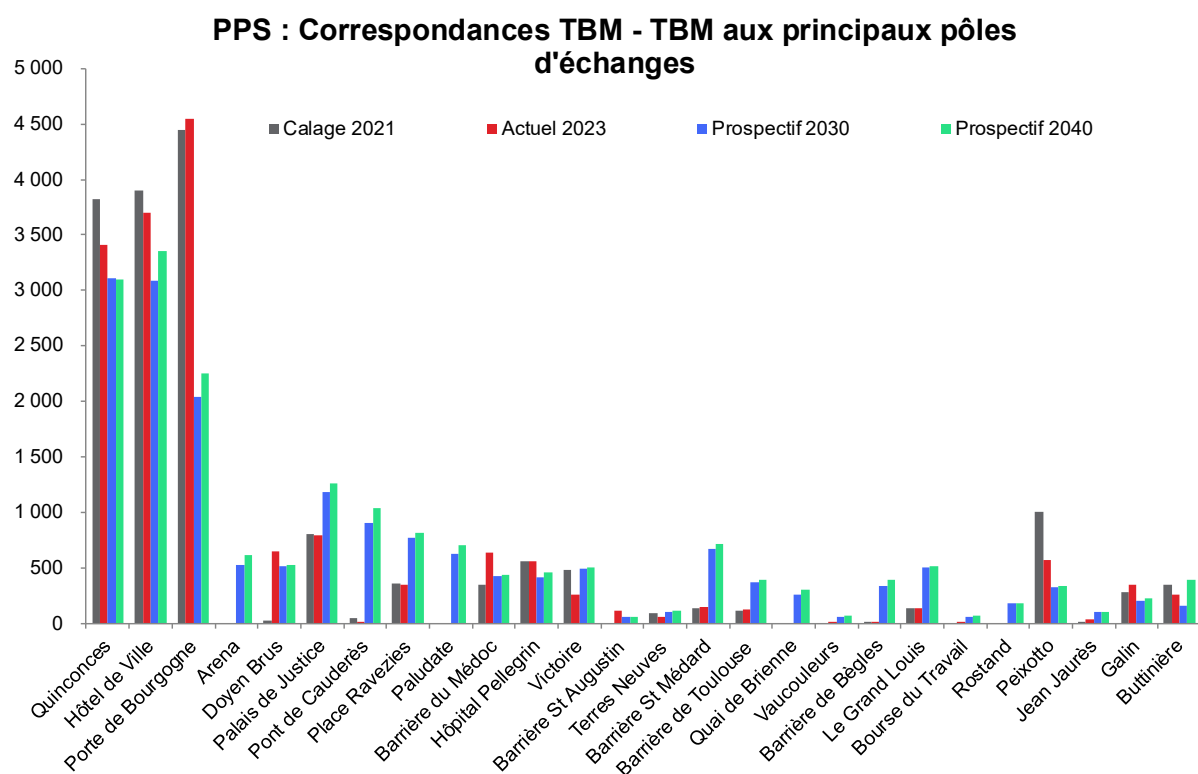


Figure 404 : Correspondances internes au réseau TBM, PPS, 2021 à 2040

Réseaux de charges et différences de charges

Les cartes suivantes représentent les charges TC sur le réseau principal aux différents horizons et les évolutions des charges d'un horizon à l'autre.

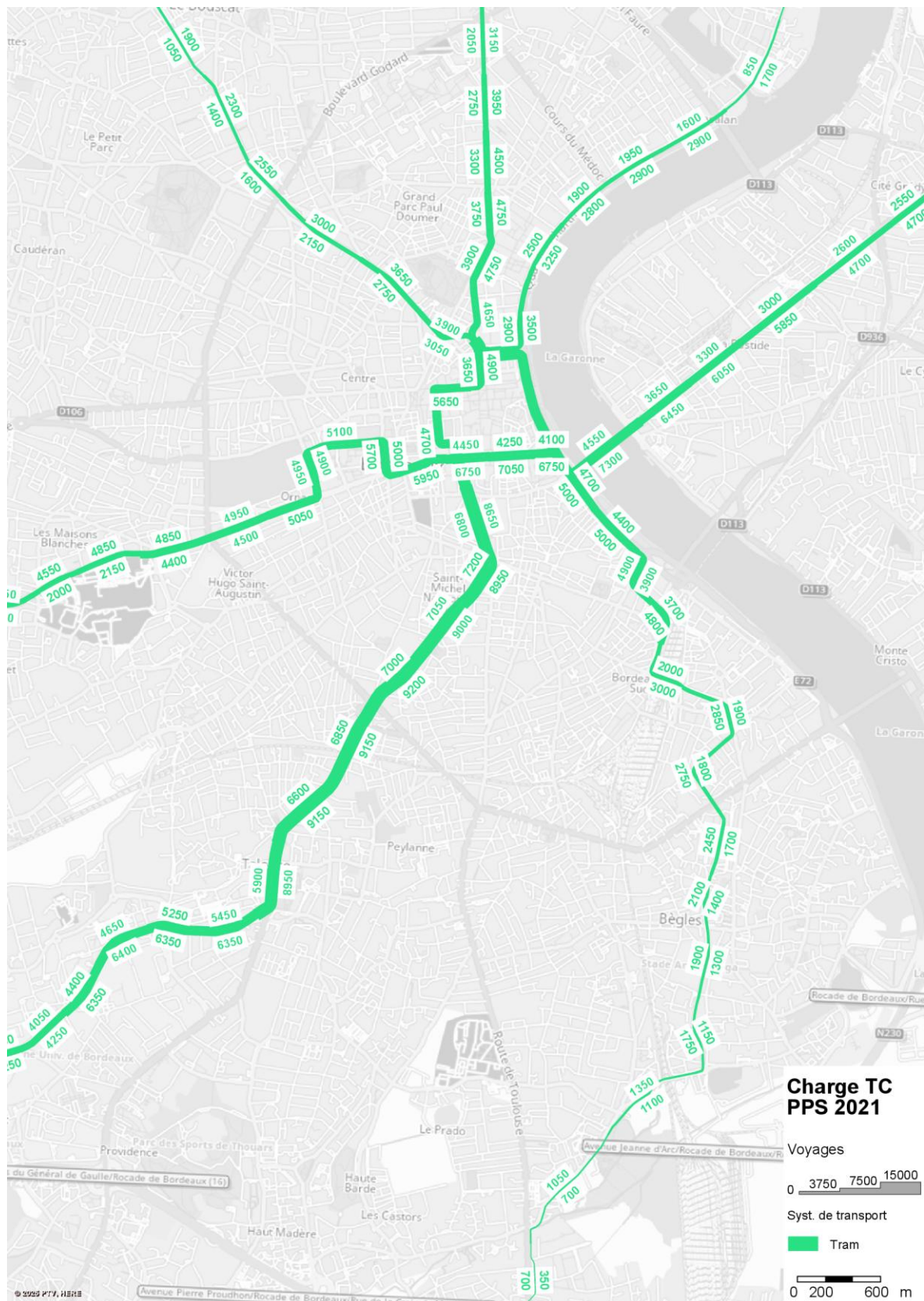


Figure 259 : Charges TC tram, cœur de métropole, PPS 2021

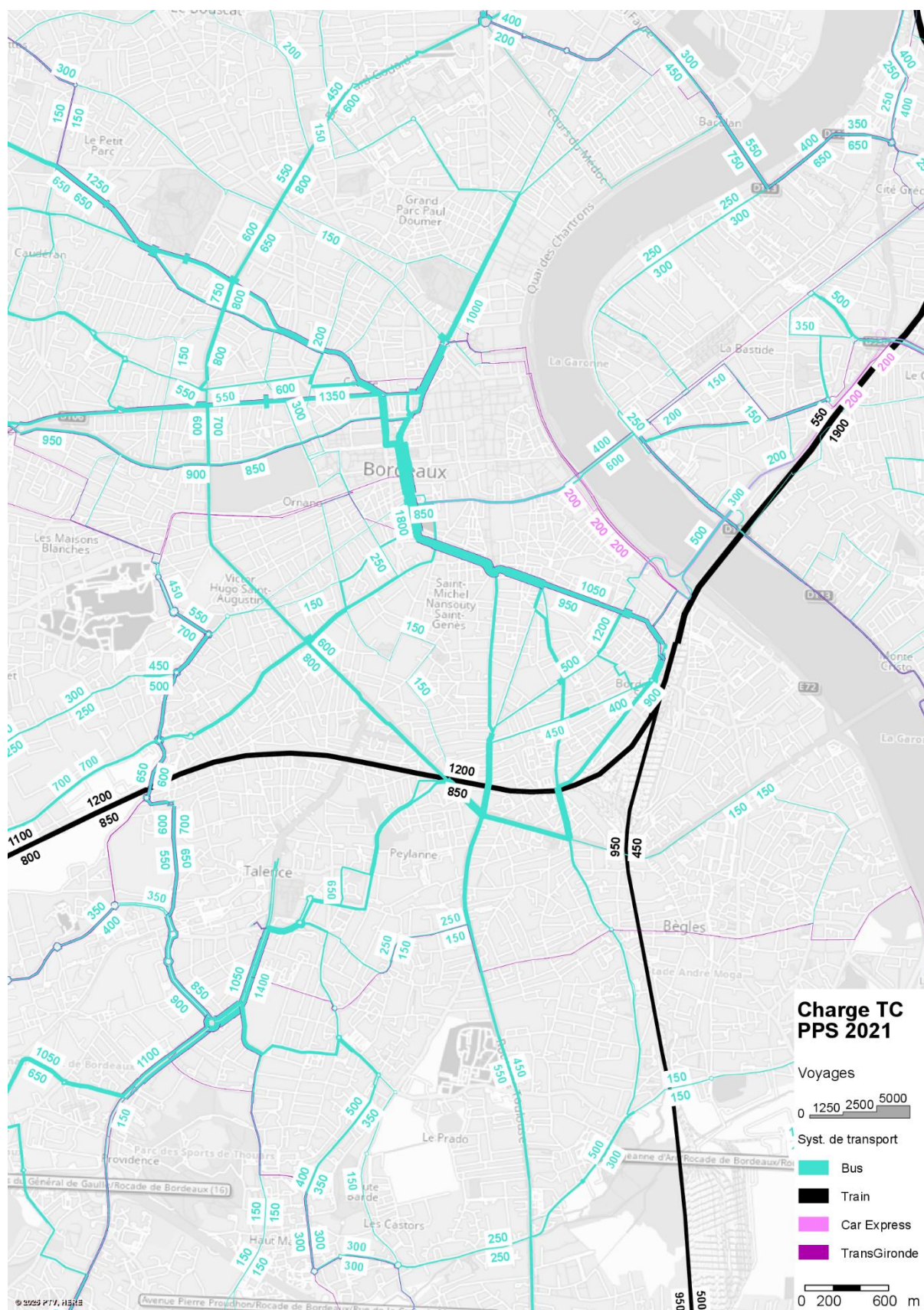


Figure 259 : Charges TC hors tram, cœur de métropole, PPS 2021

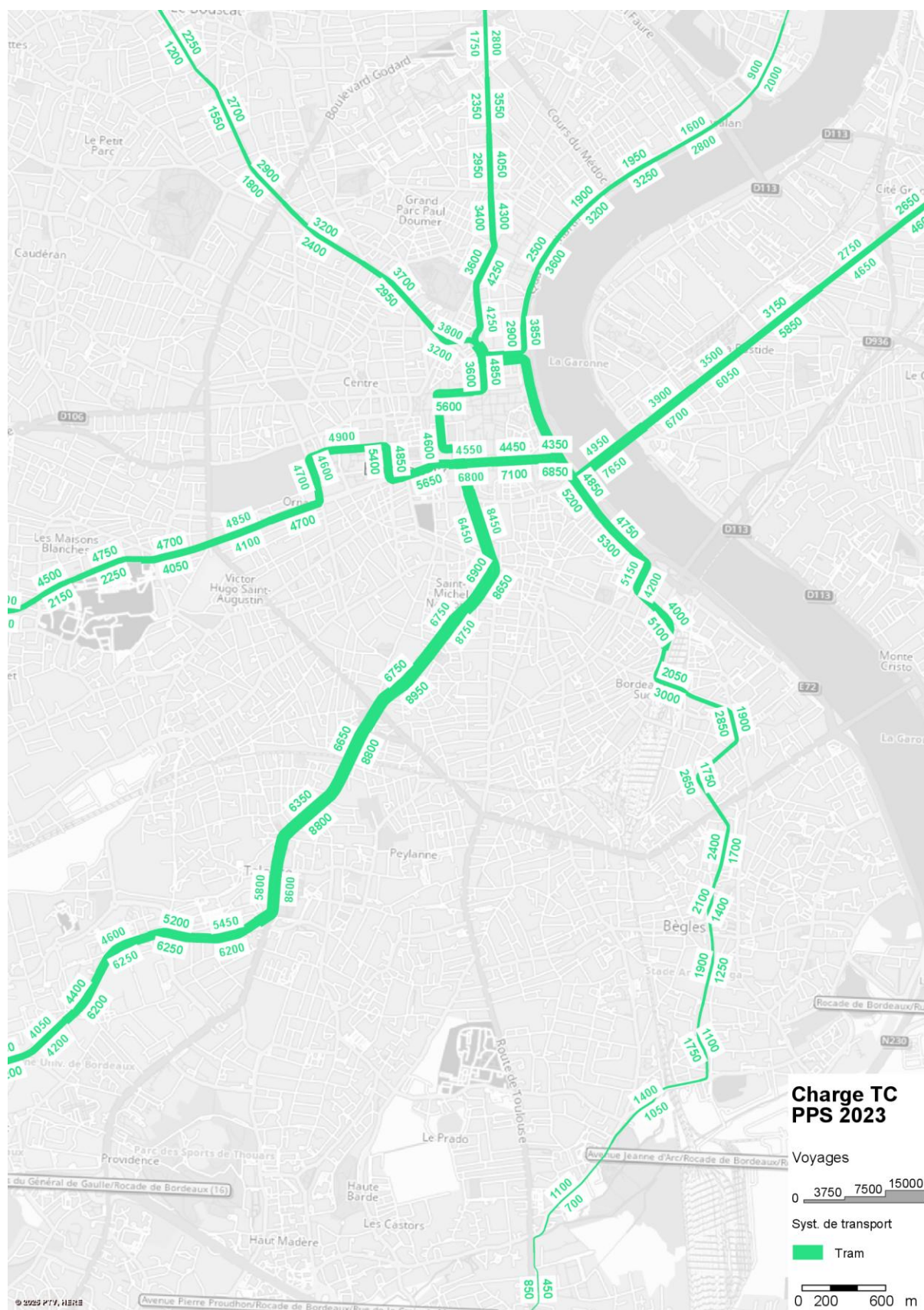


Figure 259 : Charges TC tram, cœur de métropole, PPS 2023

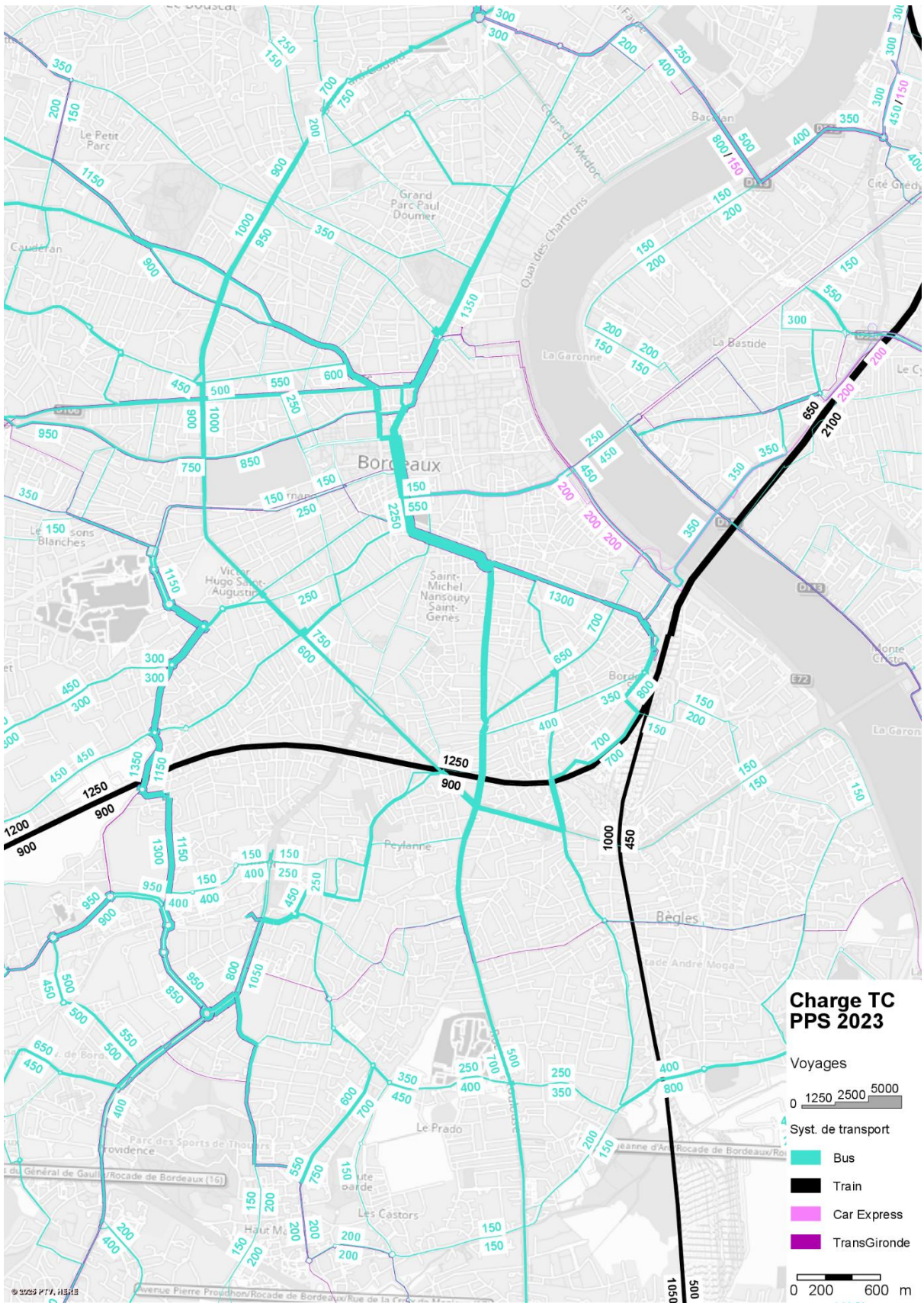


Figure 259 : Charges TC hors tram, cœur de métropole, PPS 2023

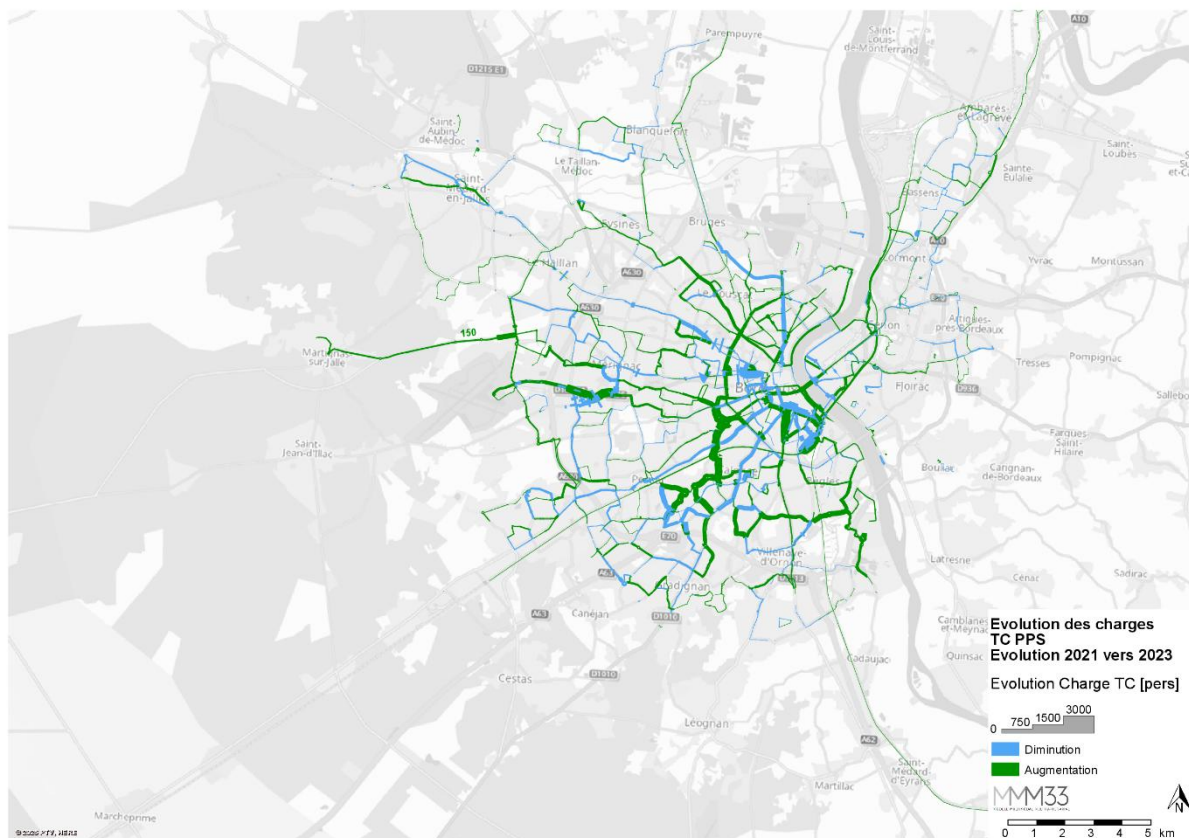


Figure 405 : Evolution des charges TC, cœur de métropole, PPS 2021 à 2023

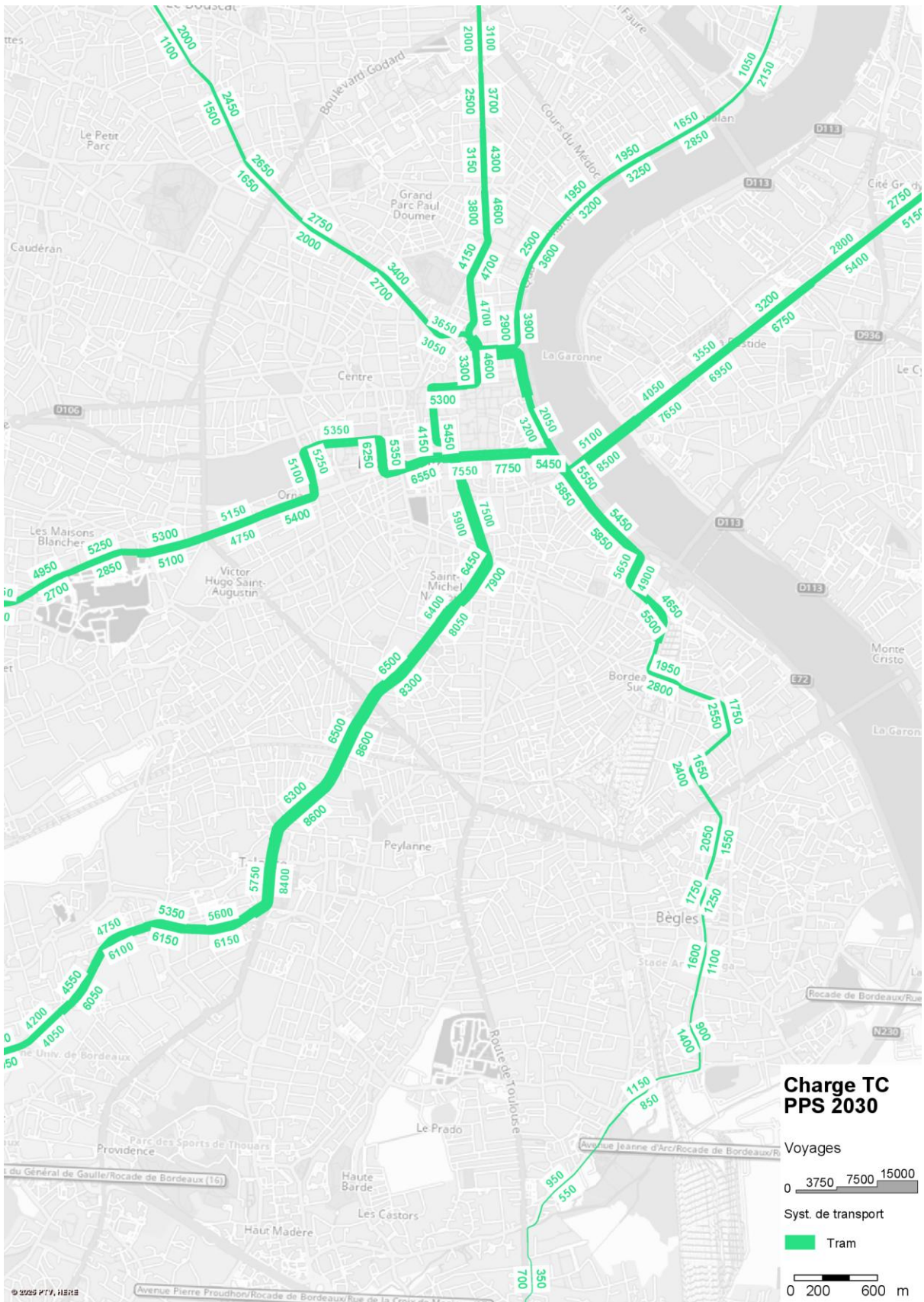


Figure 259 : Charges TC tram, cœur de métropole, PPS 2030

© 2025 PTV Mobility France

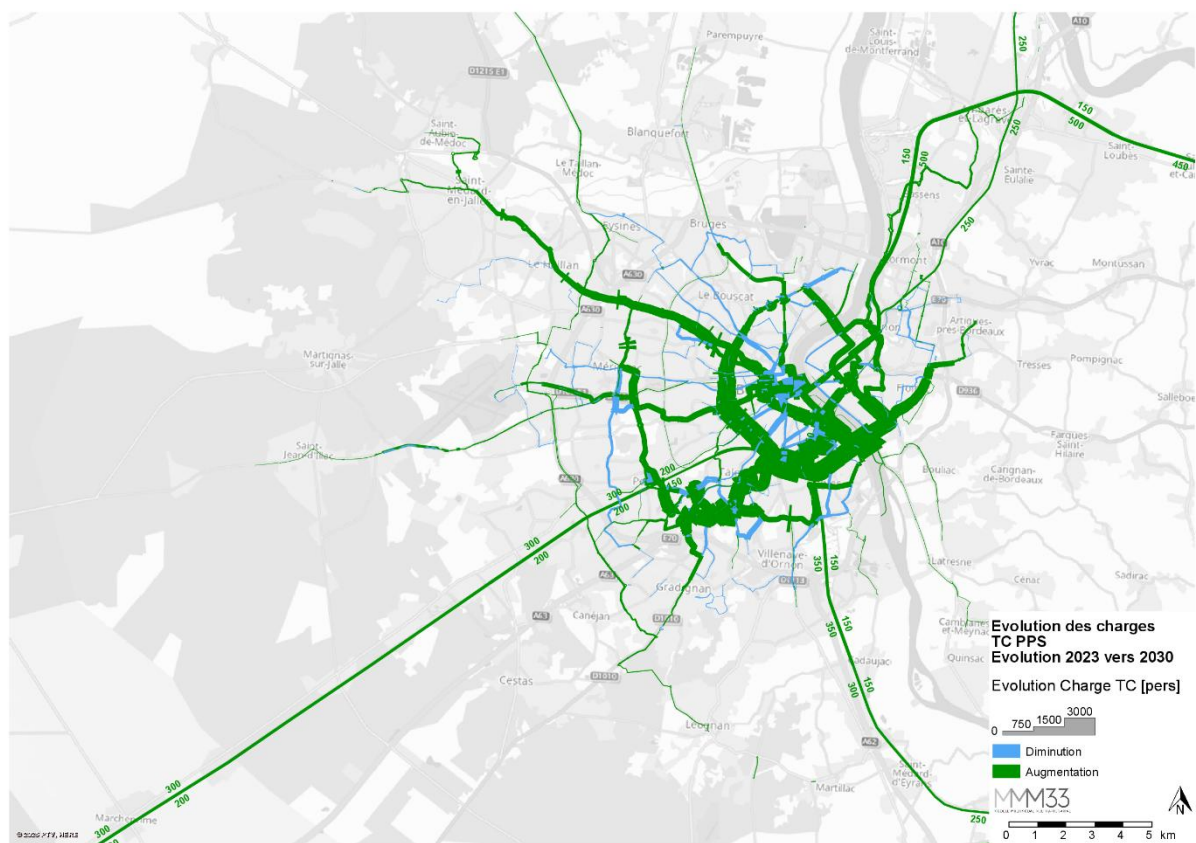


Figure 406 : Evolution des charges TC, cœur de métropole, PPS 2023 à 2030

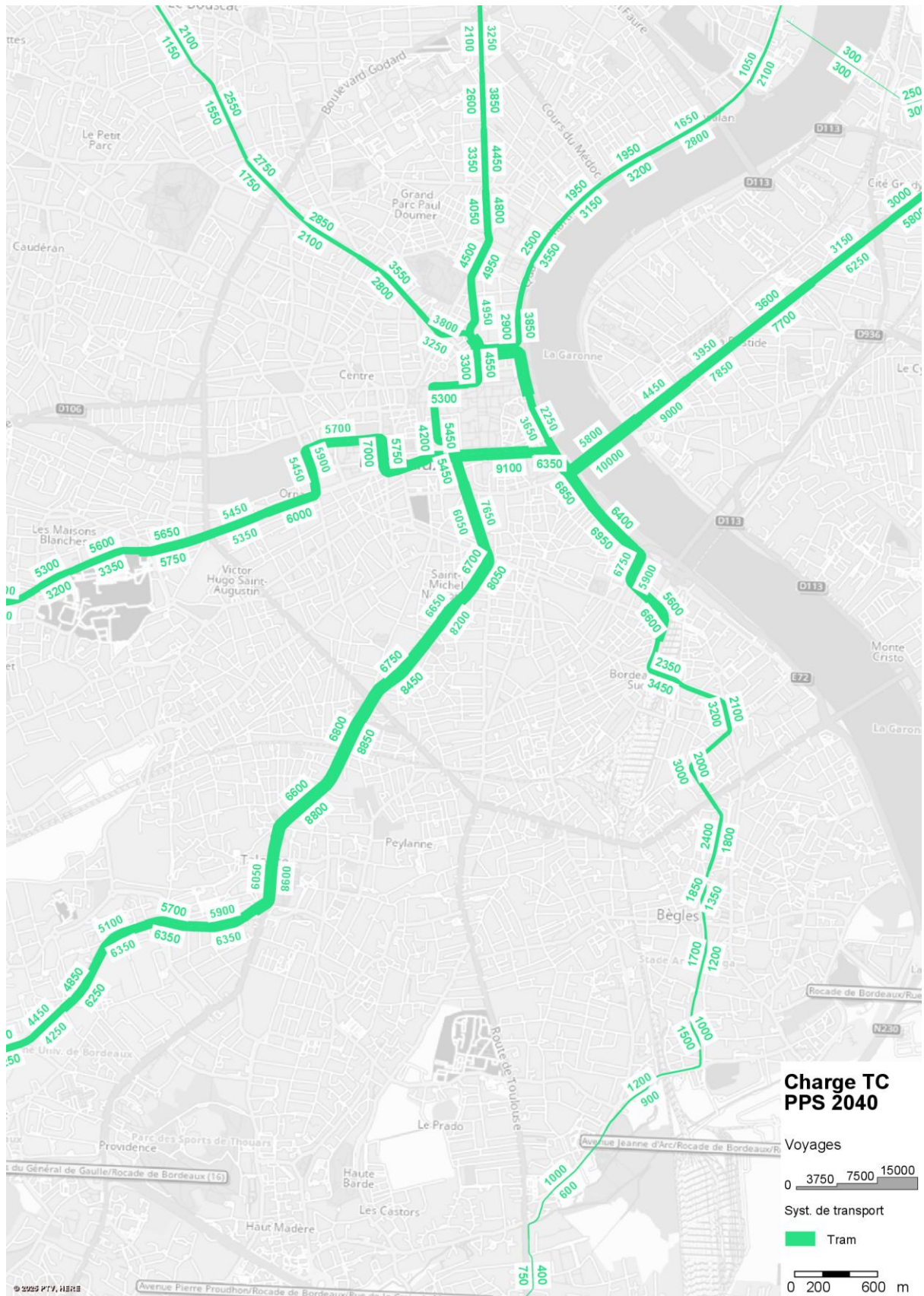


Figure 259 : Charges TC tram, cœur de métropole, PPS 2040

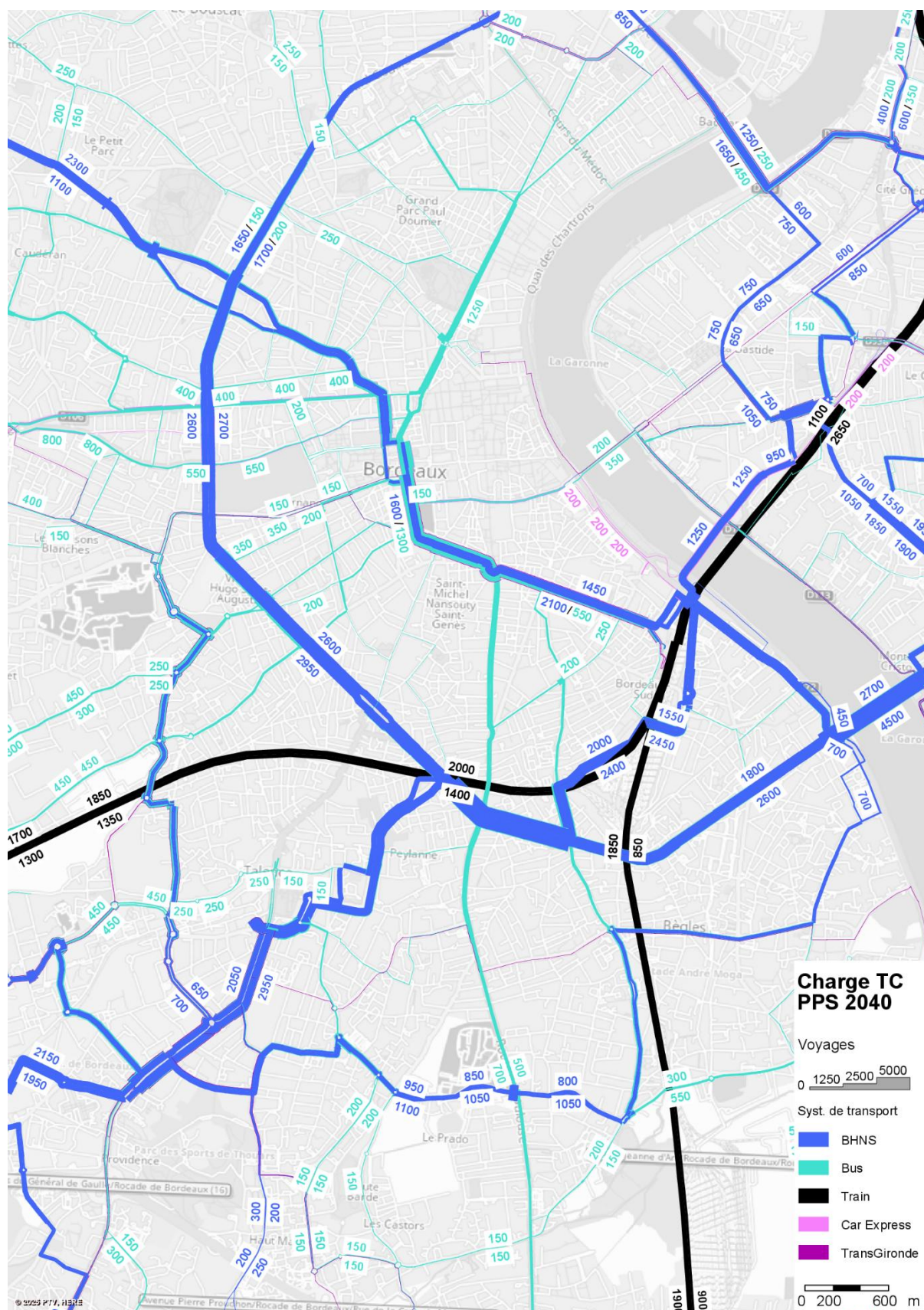


Figure 259 : Charges TC hors tram, cœur de métropole, PPS 2040

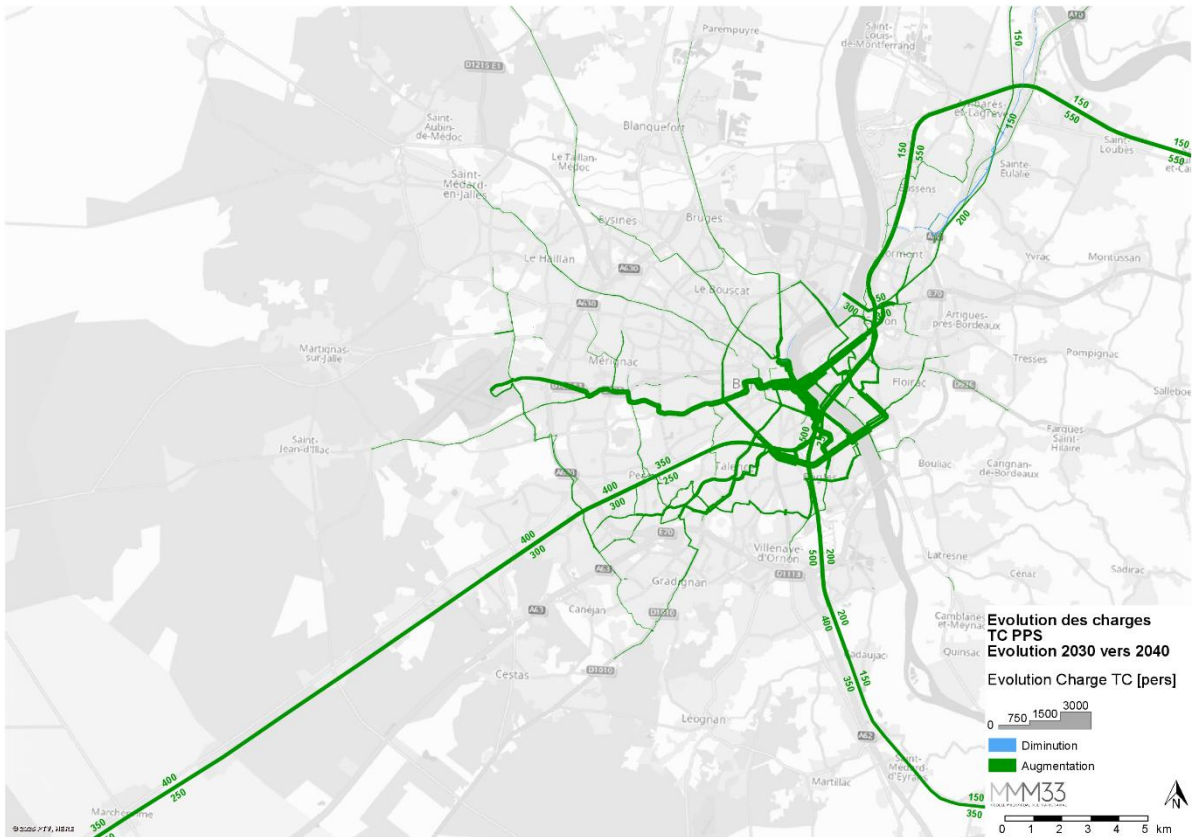


Figure 407 : Evolution des charges TC, cœur de métropole, PPS 2030 à 2040

15.4. Affectation Vélo

La méthode d'affectation vélo ne changent pas au cours des horizons prospectifs. Ce qui est présenté au chapitre 11.4 s'applique aussi en situation prospective.

Une comparaison des résultats d'affectation obtenus pour la situation 2023 est aussi réalisée à l'instar du résultat 2021 avec les mêmes données d'observatoire des comptages est réalisée. Lorsque plusieurs années existent pour un même poste, l'année la plus proche de 2023 est retenue. La comparaison est réalisée sur les volumes Jour, dans les deux sens cumulés.

Au global, 176 000 vélos sont comptés pour les 136 postes retenus. Sur ces mêmes postes, le modèle affecte 169 600 vélos, soit un écart de -4%.

Le graphique suivant montre les résultats de comparaison poste par poste. La courbe de tendance obtenue donne un R^2 de 0.83, ce qui est très satisfaisant pour un résultat d'affectation vélo.

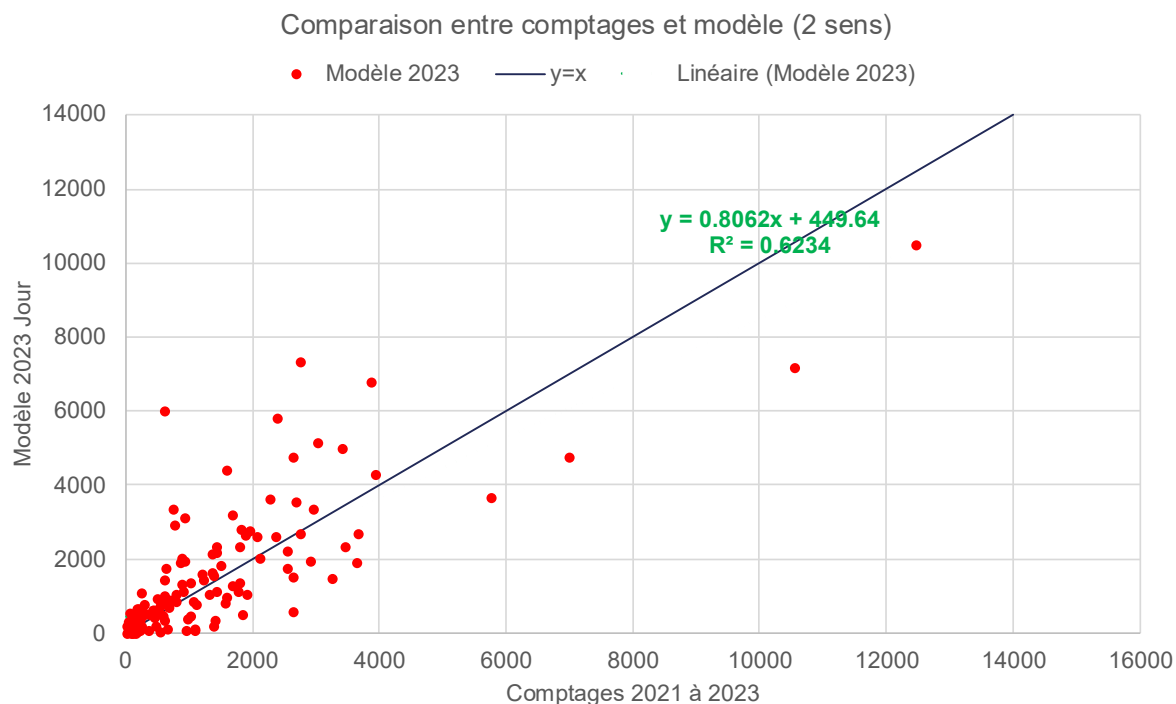


Figure 408 : Comparaison 2 sens des résultats du modèle avec les comptages vélo

Il est à noter que des écarts importants peuvent ponctuellement apparaître sur certains postes. Ces écarts peuvent être des effets du niveau de maillage du réseau :

- Des postes situés dans des grandes zones seront mécaniquement sous-estimés, car la part de déplacements intrazonaux comptés sera plus importante ;
- En zone urbaine, le maillage du réseau n'est pas complet, et donc les axes codés se verront recevoir l'intégralité du flux qui autrement pourrait se répartir sur les axes parallèles.

Les cartes suivantes présentent les résultats de l'affectation vélo à la journée pour les horizons prospectifs et les évolutions de charge.

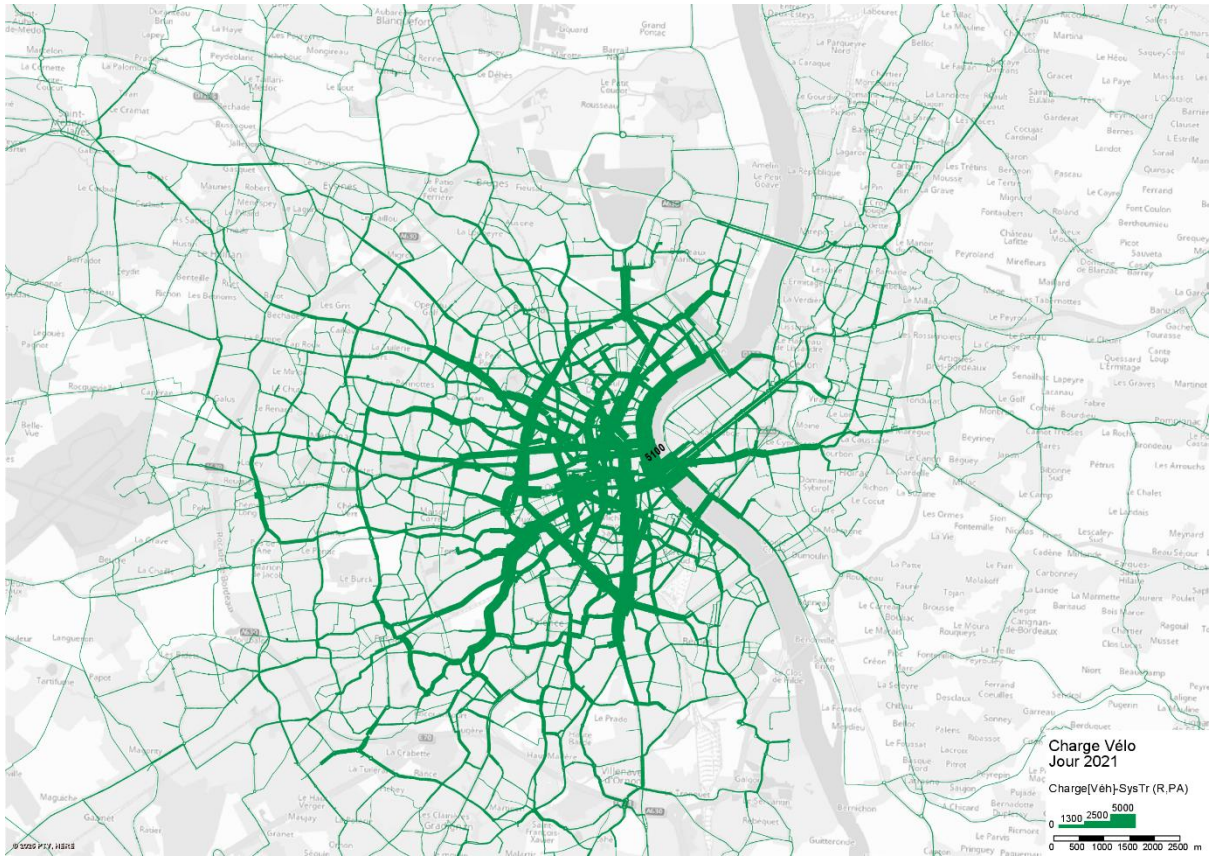


Figure 409 : Charges vélo, Jour 2021

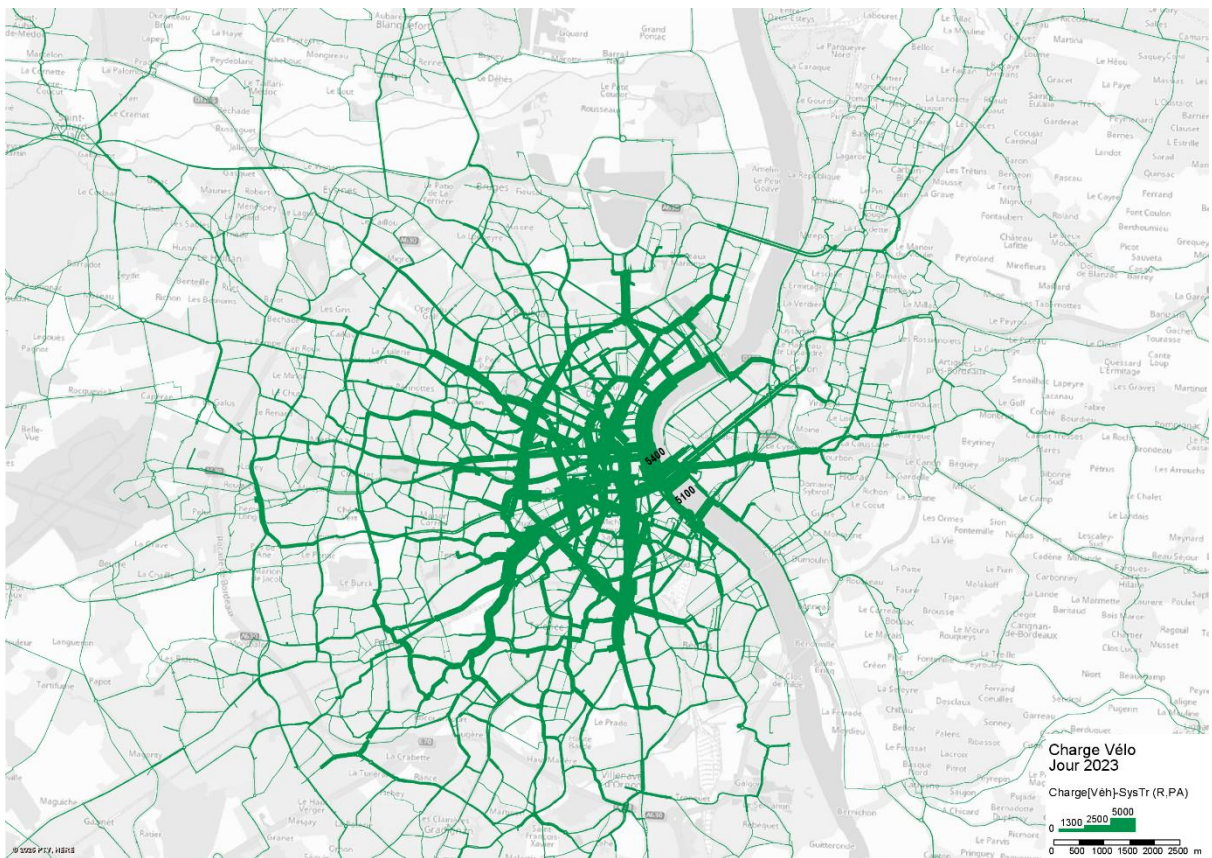


Figure 410 : Charges vélo, Jour 2023

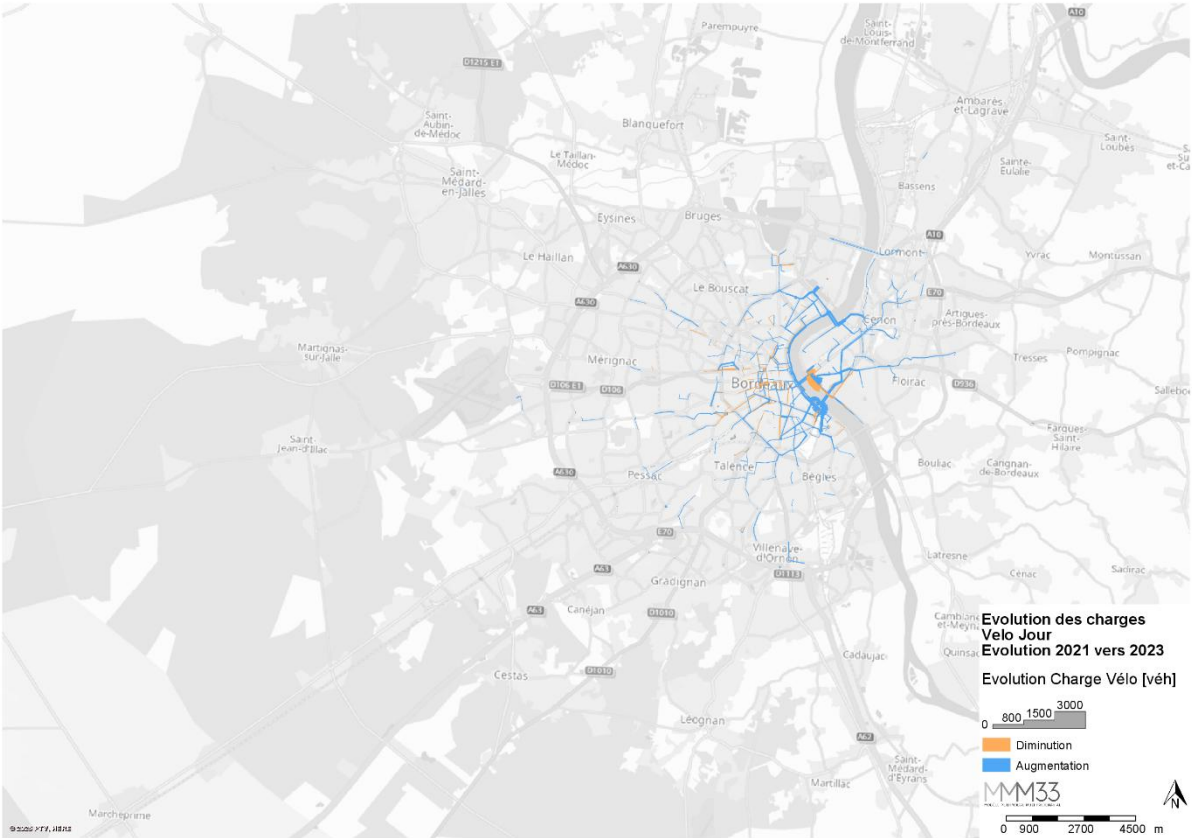


Figure 411 : Evolution des charges vélo, Jour 2021 à 2023



Figure 412 : Charges vélo, Jour 2030

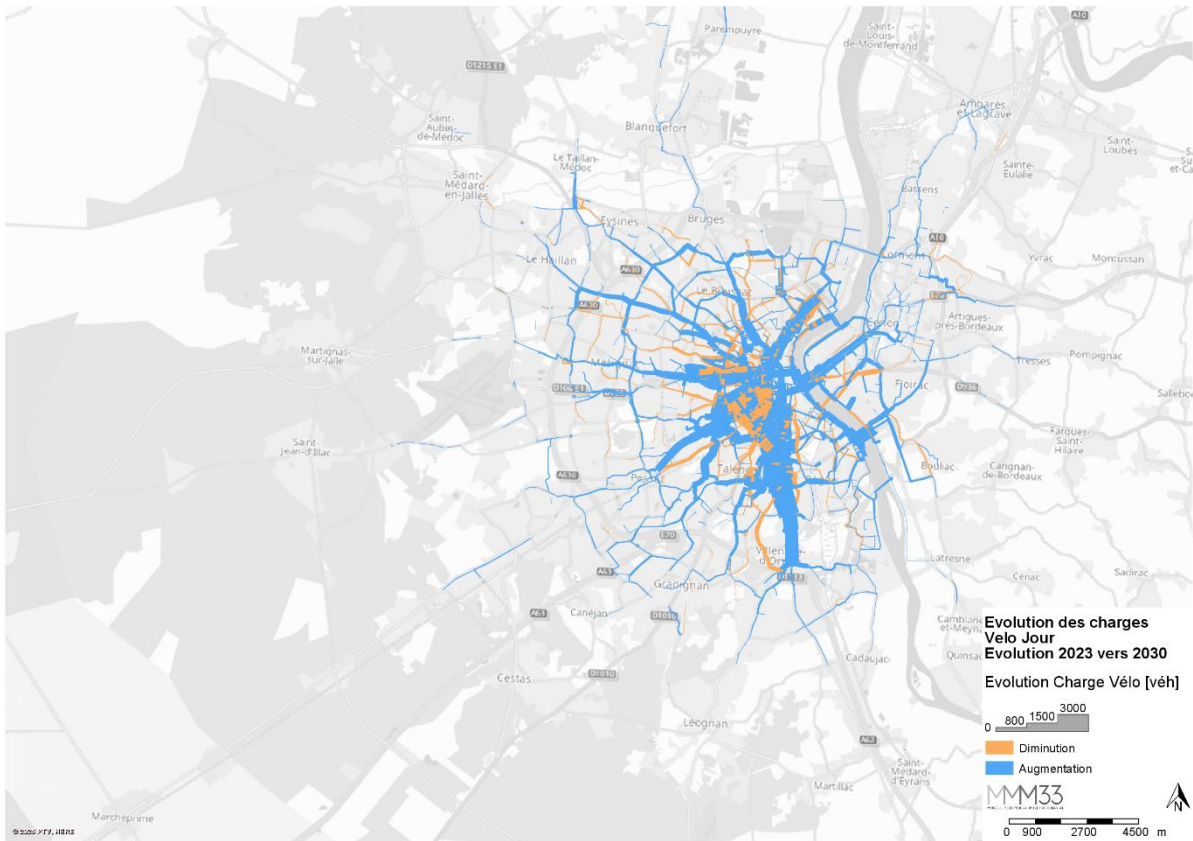


Figure 413 : Evolution des charges vélo, Jour 2023 à 2030

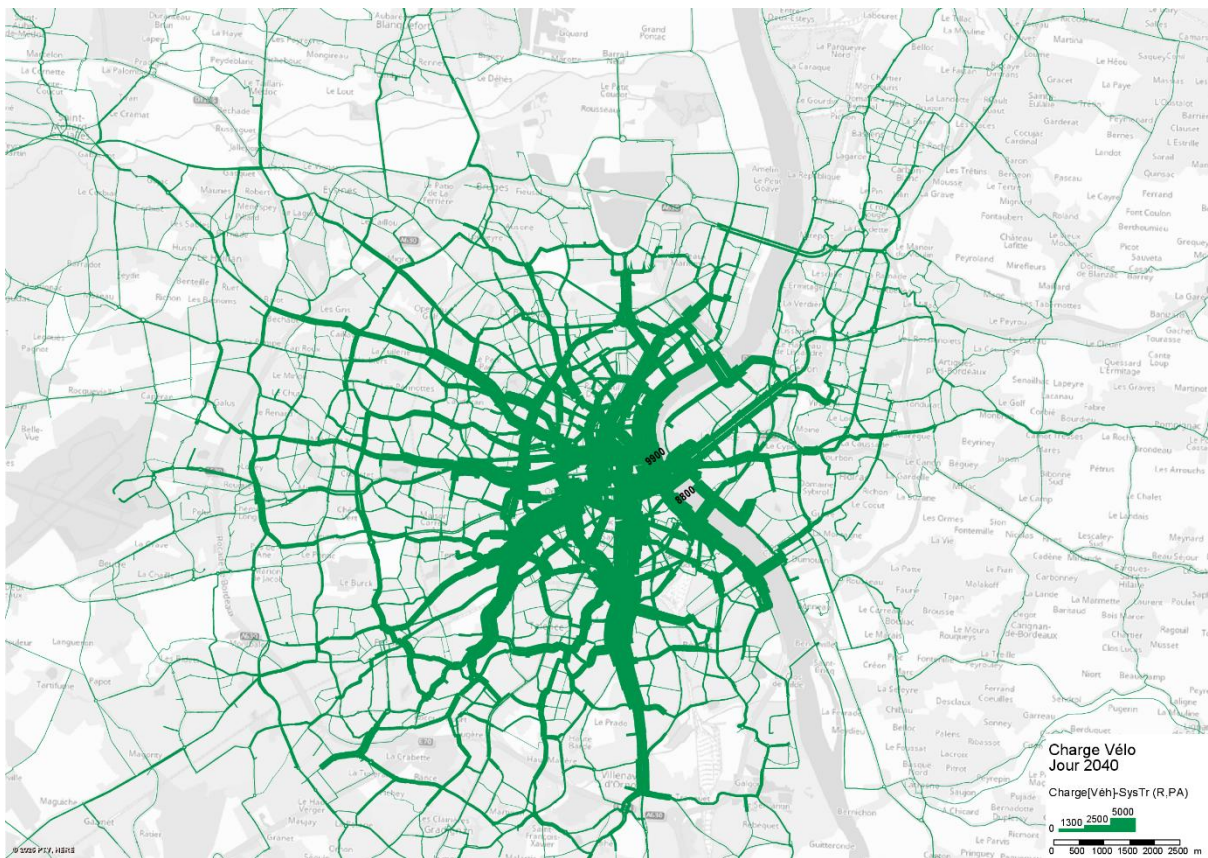


Figure 414 : Charges vélo, Jour 2040

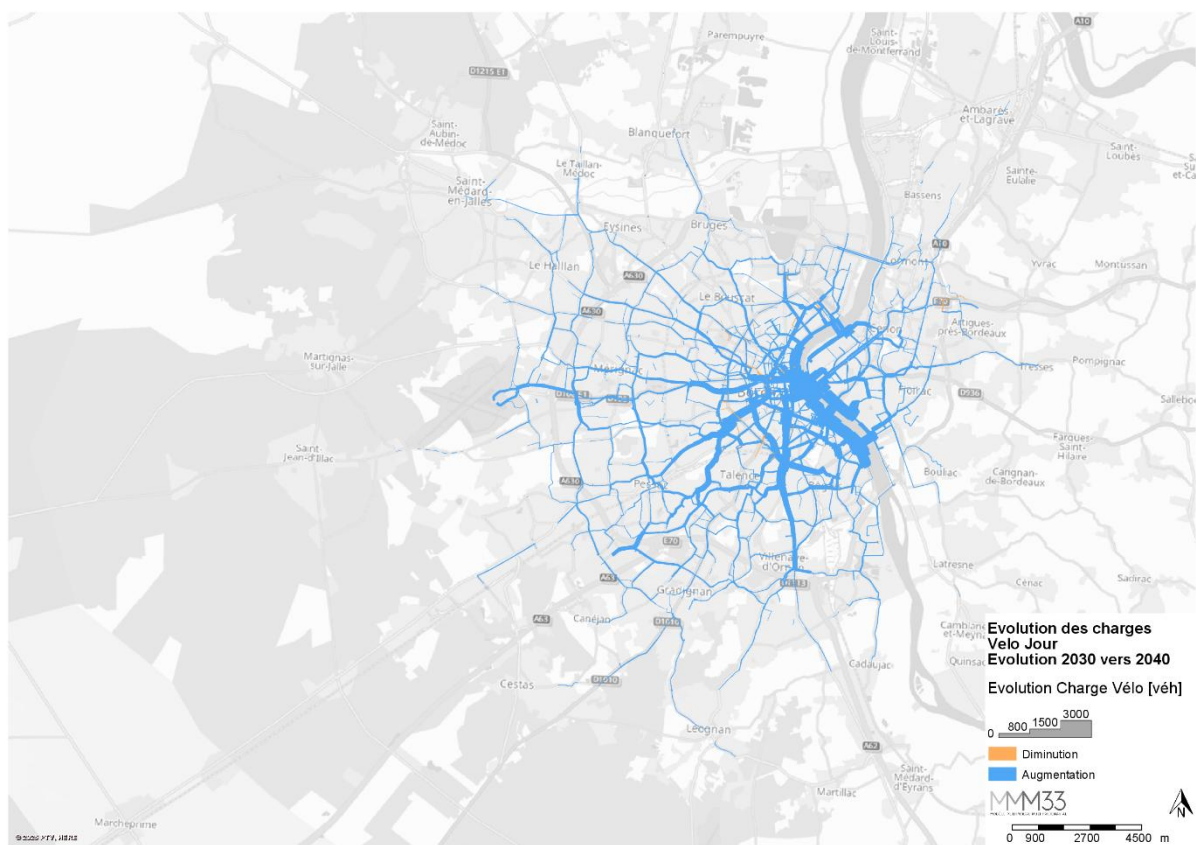


Figure 415 : Evolution des charges vélo, Jour 2030 à 2040

16. Conclusion sur la mise à jour du MMM33

Le bon niveau de calage obtenu à l'horizon 2021 sur la base des enquêtes et temps de parcours, ainsi que la mise en place d'une situation de référence actuelle 2023 (avec temps de parcours TI vérifiés) permettent de construire des scénarios de référence en situation prospective fiables.

De plus, des améliorations et mises à jour apportées au questionnaire fournissent une version propre et ergonomique du modèle afin d'en faire bénéficier les utilisateurs futurs (cf. guide utilisateur spécifique au modèle MMM33).

Les analyses et évaluations des scénarios prospectifs ont été réalisées à l'échelle globale du modèle, voire de la métropole, et n'ont pas fait l'objet d'attention particulière sur des secteurs précis à des échelles fines. Les études locales et sectorielles qui seront menées par la suite doivent continuer à faire l'objet de recalages locaux et ponctuels, qui pourront par la suite être intégrés au modèle selon la volonté des partenaires propriétaire du modèle.

Ces horizons de référence 2030 et 2040 ont été mis à jour sur la base des hypothèses de projets et infrastructures multimodales actées ou validées au niveau des partenaires à date de réalisation de cette étude. Ils se présentent donc comme de bonnes bases pour des études différentielles, ou sectorielles sur ces horizons pour évaluer et quantifier les effets de mesures ou aménagements structurants sur son périmètre d'action.

Le modèle stratégique multimodal partenarial de la Gironde, le MMM33, est apte à renseigner sur des analyses ou évaluations de :

- Report de trafic : arborescences, différences de charges, évolution des temps de parcours ou vitesses ;
- Accessibilité de secteurs à enjeux : arborescences par mode, analyses de temps d'accès, ruptures de charge, etc. ;
- Mise en confrontation d'études de faisabilité : aires de chalandises de systèmes de transport ou lignes, volumes de personnes ou emplois autour d'axes spécifiques ;
- Evolution des parts modales : à l'échelle globale ou à la zone, en attraction ou émission, etc.

Il convient néanmoins de garder à l'esprit les points évoqués au chapitre suivant, pour toute étude réalisée avec ce modèle.

16.1. Limites des capacités du modèle

Périmètre

Le modèle est calé sur le périmètre de la Gironde, pour le réseau principal et de la métropole de Bordeaux plus finement. L'utilisation pour une étude en dehors de ce périmètre nécessite d'abord une vérification du calage (volumes TI et TC).

Il ne permet entre autres pas de réaliser des études ayant vocation à prendre en compte des évolutions d'itinéraires sur des secteurs plus amples, par exemple une étude PL transit sur la région Nouvelle-Aquitaine ou des évolutions d'offre TGV en liaison avec Paris ou Toulouse.

A l'inverse, le niveau de détail de la reconstitution des charges dépend directement du niveau de détail du zonage et de la voirie codée (points corrélés). Plus on s'éloigne du cœur du modèle (à savoir la métropole) moins le zonage est détaillé. Donc au niveau local, la précision des résultats en dépend directement. Cela signifie que pour des études locales et fines sur de petits périmètres il faut être attentif au niveau de détail présenté par le modèle. Cela peut signifier la nécessité d'un recalage local pouvant aller jusqu'à un changement de zonage.

Périodes d'analyse

Le modèle est calé sur les périodes de pointe du matin (07h – 09h), du soir (16h – 19h) et de la journée, pour un JOB. Le modèle utilise les chaînes de déplacements de toute la journée. Il est donc capable de calculer le nombre de déplacements journaliers pour tous les modes du modèle (voir liste des matrices), mais le calage des affectations est réalisé sur les périodes décrites précédemment et pour les modes VP et TC.

Charges de trafic TI

L'affectation de la demande TI (VL et PL) est calée principalement sur les temps de parcours plutôt que sur les comptages en section, dans le but de maintenir l'outil comme un modèle de la demande. En cas d'analyse locale des flux, il convient de porter une attention particulière aux congestions et au fait qu'une partie plus ou moins importante des flux affichés au sein d'un secteur est en réalité retenue plus en amont dans le réseau. Donc les flux affichés ne correspondent pas nécessairement à la demande absorbée durant l'heure de pointe, en particulier à l'HPM.

Des comptages de mouvements tournants n'étant pas utilisés, Il est prudent de vérifier les mouvements tournants par une campagne des comptages pour toutes les études sectorielles. En cas d'écarts importants, un recalage ponctuel pourrait être nécessaire.

Charges de trafic TC

L'affectation de la demande TC est calée sur les charges des systèmes de transport bus, BHNS et tram. La charge des lignes autocar n'est pas calée finement (l'offre est simplifiée dans les communes hors de la métropole et absence de comptages). Une étude sur les charges autocar nécessite donc une vérification et potentiellement un recalage ponctuel du modèle, voire un changement de zonage. Il convient de porter une attention particulière à la demande des scolaires qui n'est pas négligeable sur le réseau Autocar du département.

La demande scolaire est actuellement intégrée à l'affectation et peut donc fausser des comparaisons avec des comptages ou billettique qui n'en tiendraient pas compte.

La demande sur le train n'est calée qu'à l'échelle du périmètre, pour des déplacements internes. Une étude sur les charges de train nécessite donc une vérification et potentiellement un recalage ponctuel du modèle.

Capacité dans les TC

Les résultats de la procédure d'affectation avec prise en compte de la capacité sont directement liés. Il convient de vérifier ou mettre à jour les capacités associés aux services avant exécution de la procédure.

16.2. Temps de calcul

Le tableau suivant indique les temps de calcul obtenus pour le scénario de référence 2030 sur un ordinateur de 128 Go de RAM, 2.10 GHz et 24 cœurs, sans autre procédure en cours sur l'ordinateur.

Calculs réalisés à partir du scénario 2030 avec Visum 2024		matin/soir		jour	
Blocs de procédures	Procédure	Durée [s]	% du total hors itération	Durée [s]	% du total hors itération
chargement du scénario		280	22%	280	14%
Initialisation		4	0%	4	0%
Indicateurs		804	63%	804	39%
	indicateurs Vélo	4	0%	4	0%
	indicateurs MâP	3	0%	3	0%
	indicateurs TC	767	60%	767	37%
	indicateurs TI	20	2%	20	1%
	indicateurs P+R	9	1%	9	0%
	indicateurs Covoit	1	0%	1	0%
Demande		114	9%	114	6%
	Visum	109	9%	109	5%
	choix P+R	4	0%	4	0%
	répartition covoit	1	0%	1	0%
Test rebouclage		17	1%	17	1%
	Affectation TI	17	1%	17	1%
	Retour conditionnel	0	0%	0	0%
Affectations		59	5%	828	40%
	Affectation TI	0	0%	15	1%
	Affectation TC	59	5%	749	37%
	Affectation Vélo	0	0%	64	3%
Temps total sans itération		1278	21min18s	2047	34min07s
2 itérations		1560	26min00s	2329	38min49s
5 itérations		1983	33min03s	2752	45min52s
10 itérations		2688	44min48s	3457	57min37s

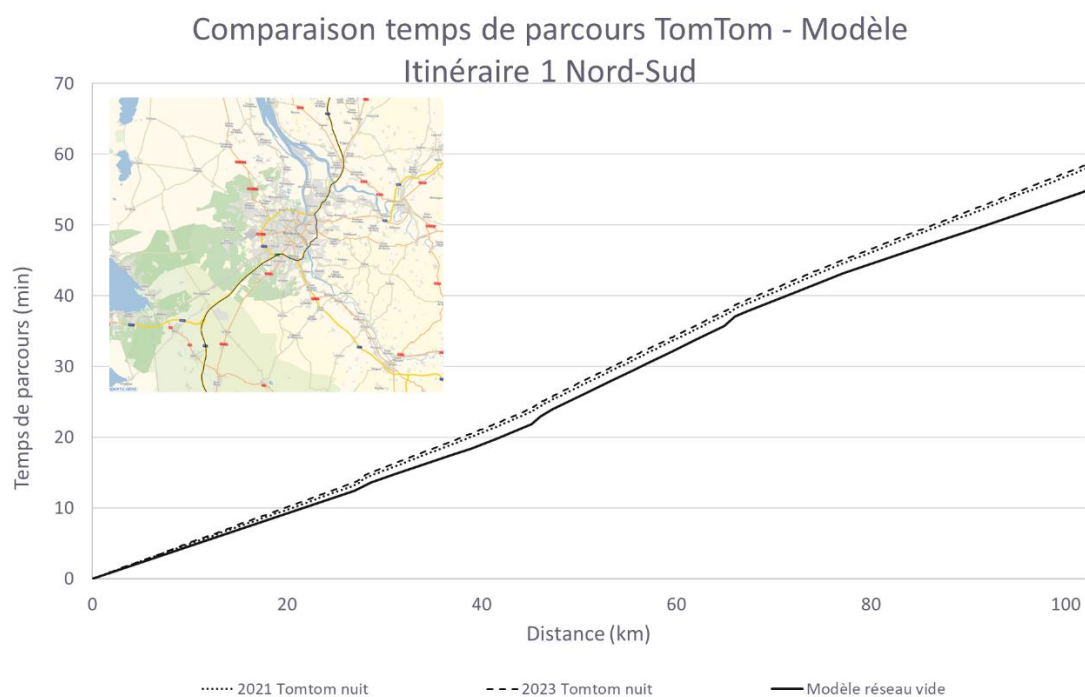
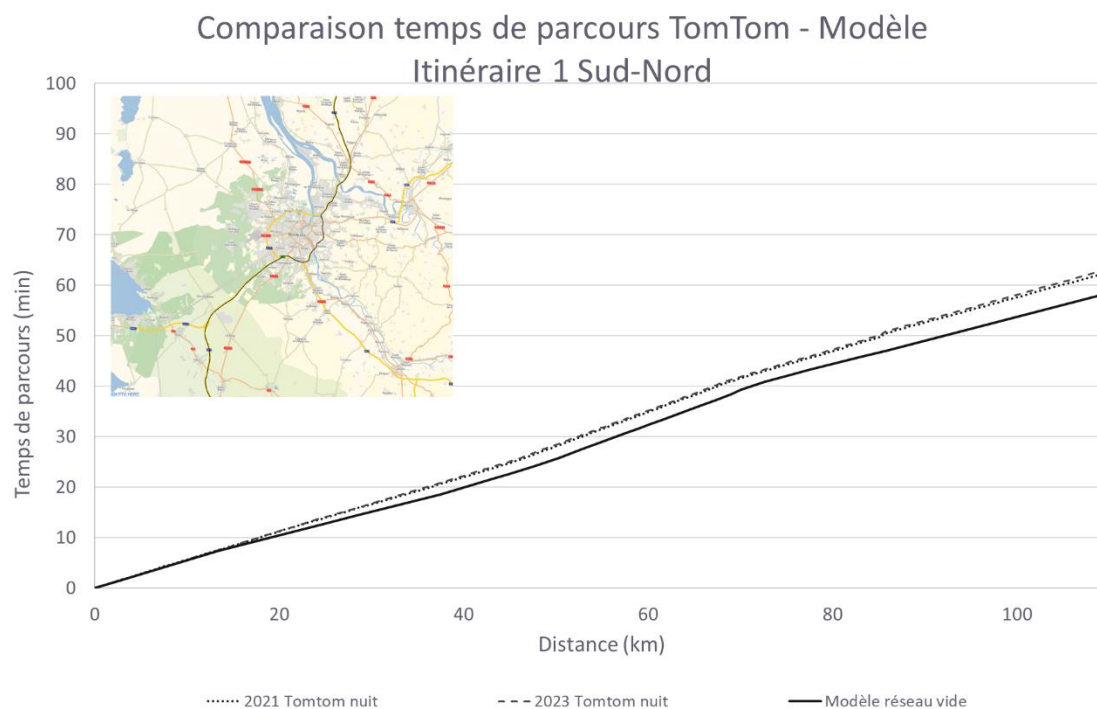
Figure 416 : Temps de calcul des procédures

Le chargement du scénario sera d'autant plus chronophage que le nombre de modifications est élevé.

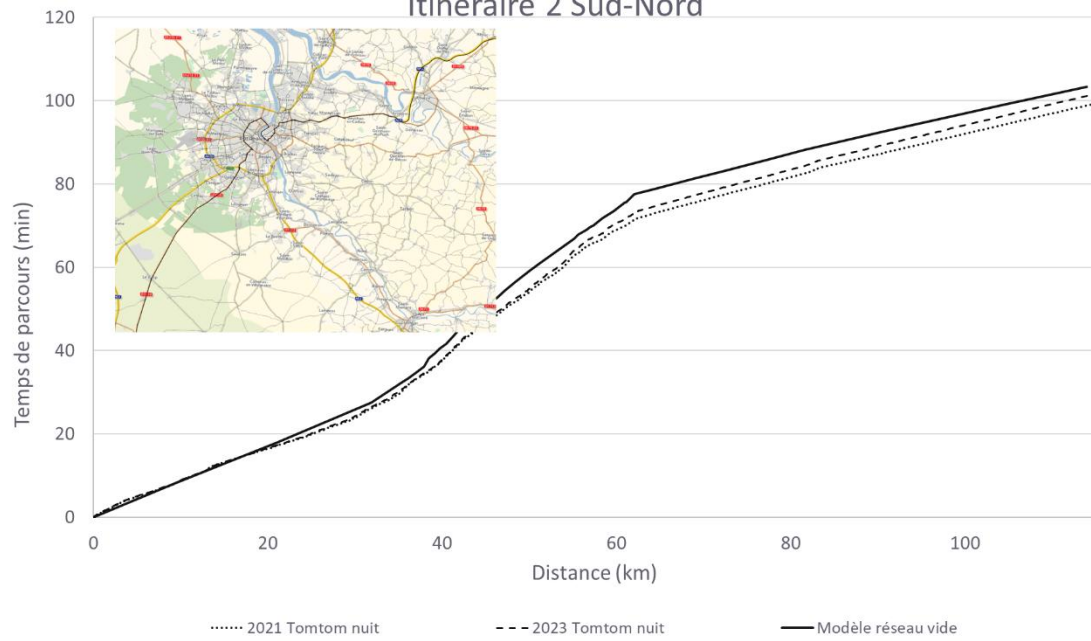
Pour la partie calcul en elle-même, les étapes d'indicateurs TC et d'affectation TC sont les plus chronophages et représentent à elles deux entre 65% et 80% du temps de calcul total (selon la période considérée et le nombre d'itérations de rebouclage).

17. Annexes

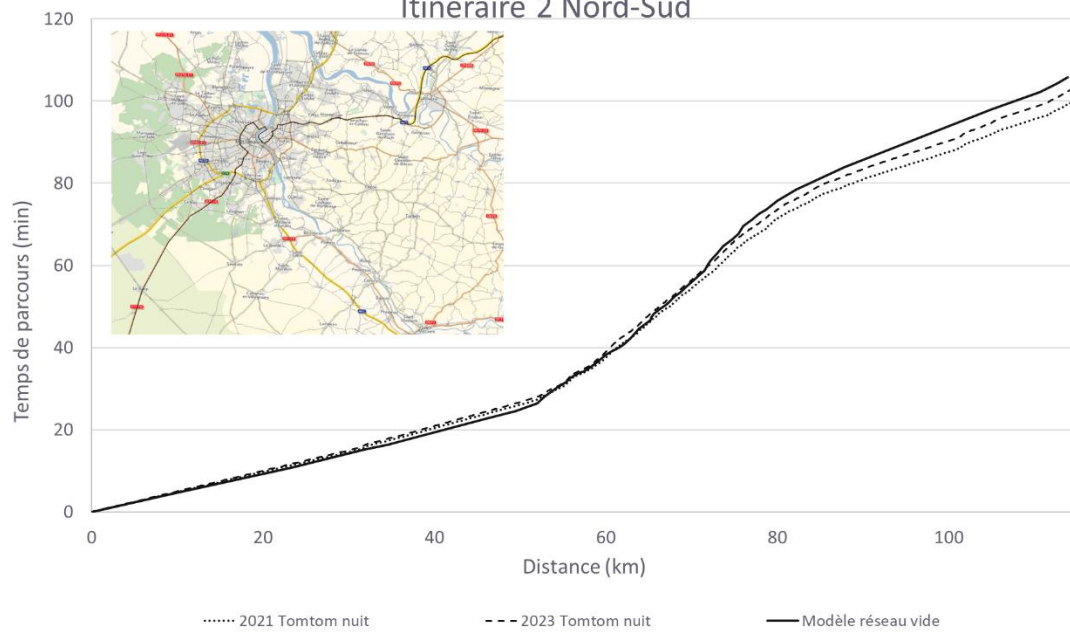
17.1. Graphes de comparaison des temps de parcours à vide (4.1.2)



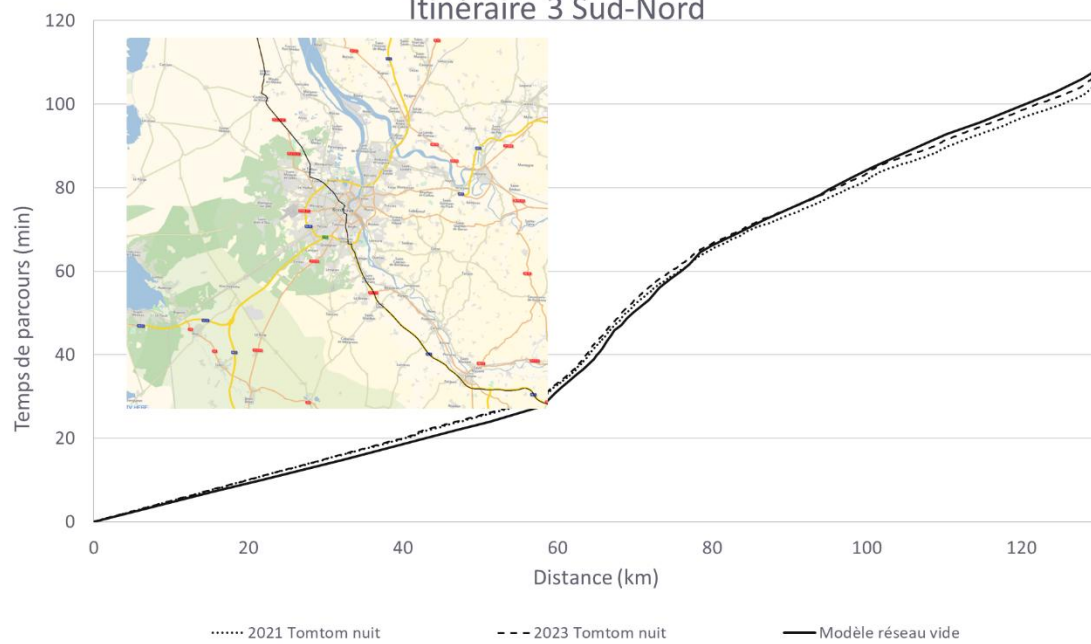
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle Itinéraire 2 Sud-Nord



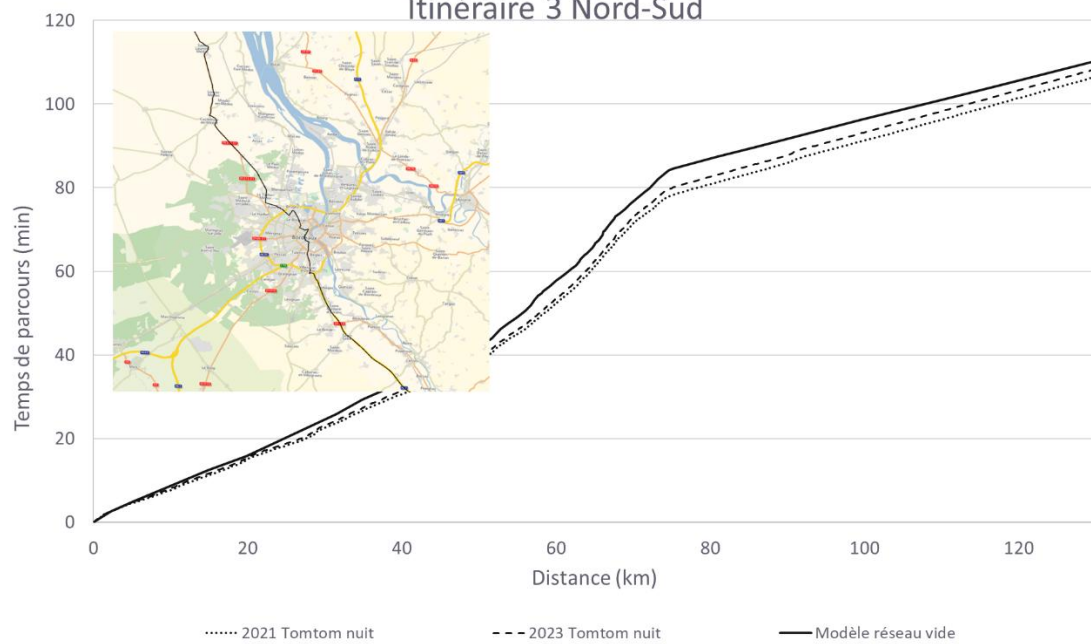
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle Itinéraire 2 Nord-Sud



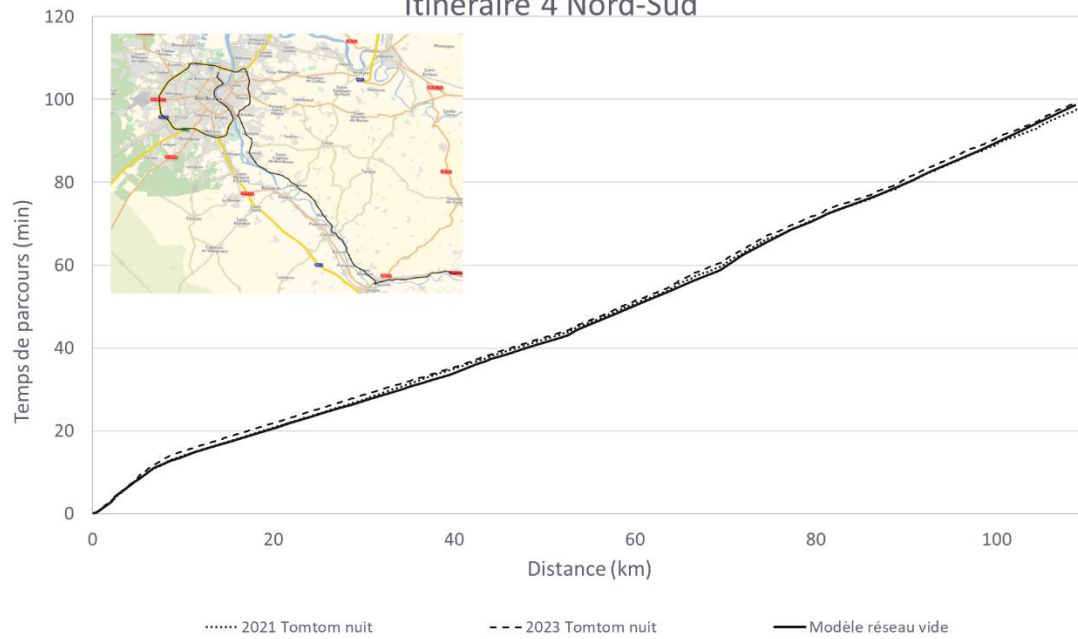
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle Itinéraire 3 Sud-Nord



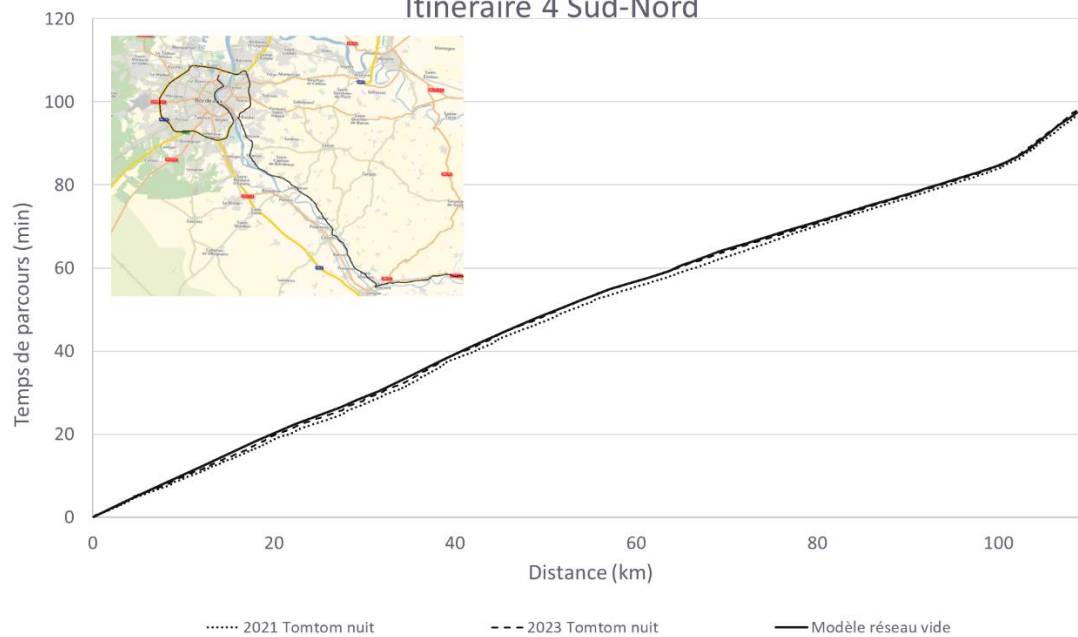
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle Itinéraire 3 Nord-Sud



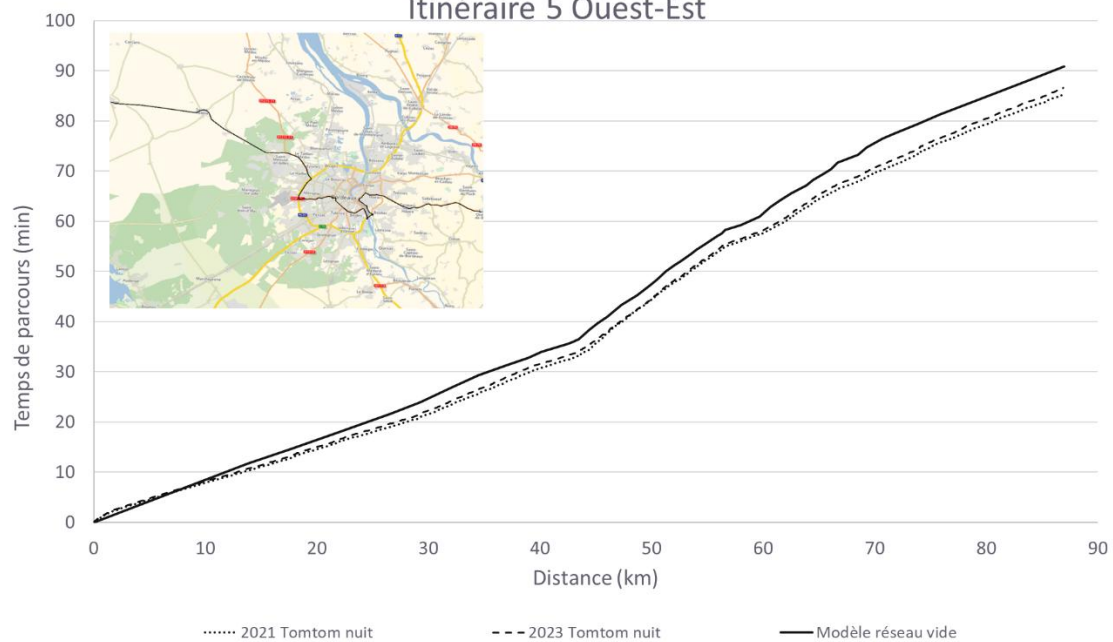
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle Itinéraire 4 Nord-Sud



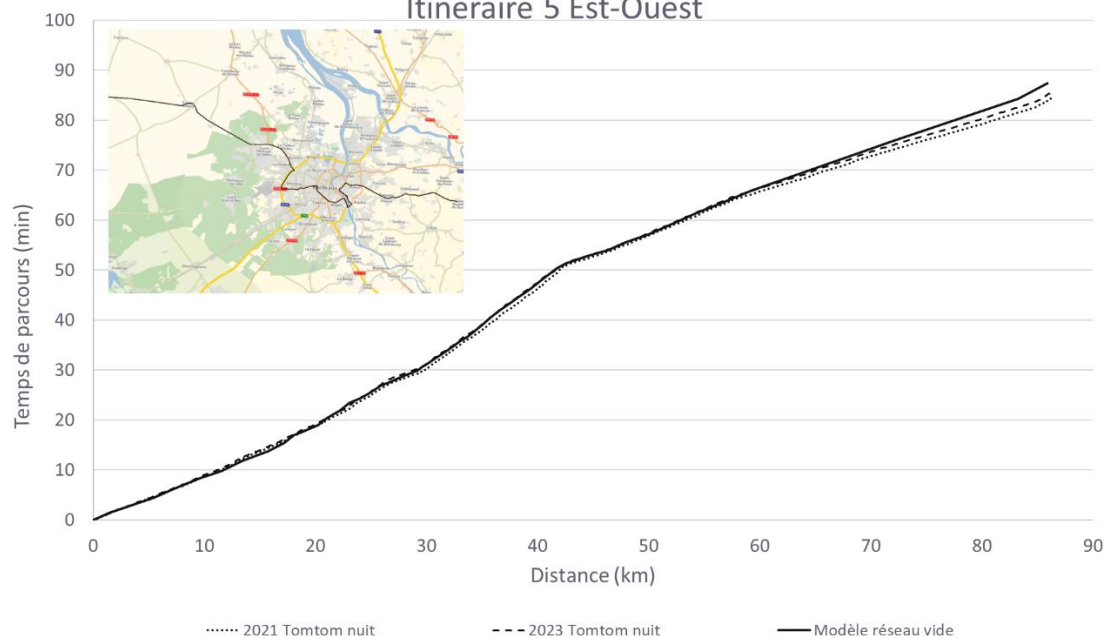
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle Itinéraire 4 Sud-Nord



Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle Itinéraire 5 Ouest-Est



Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle Itinéraire 5 Est-Ouest



17.2. Modèle de vitesse – moyennes et effectifs (5.2.9)

Les tableaux suivants présentent les effectifs (en nombre d'éléments de chemins ; c'est-à-dire tronçons) et la moyenne des vitesses (pas de pondération liée au redressement).

Descriptives

	TYPE_VELO_AGR	EDC_VITESSE_DEPLACEMENT_KMH
N	VAE	26373
	VSA	51939
Mean	VAE	20.9
	VSA	18.6

Descriptives

	TYPE_VELO_AGR	TRC_Amenagement_Agg	EDC_VITESSE_DEPLACEMENT_KMH
N	VAE	AUCUN	11725
		PC	7142
		BC	4276
		COULOIR BUS VELO	1954
		DSC NON MATERIALISE	424
		MIXTE PIETON VELO HORS VV	353
		VV	499
	VSA	AUCUN	26177
		PC	9532
		BC	9206
		COULOIR BUS VELO	3879
		DSC NON MATERIALISE	1575
		MIXTE PIETON VELO HORS VV	678
		VV	892
Mean	VAE	AUCUN	20.2
		PC	21.6
		BC	21.9
		COULOIR BUS VELO	21.8
		DSC NON MATERIALISE	17.5
		MIXTE PIETON VELO HORS VV	17.0
		VV	19.8

Descriptives

TYPE_VELO_AGR		EDC_VITESSE_DEPLACEMENT_KMH	
VSA	AUCUN		18.2
	PC		19.8
	BC		19.2
	COULOIR BUS VELO		18.7
	DSC NON MATERIALISE		16.3
	MIXTE PIETON VELO HORS		15.4
	VV		
	VV		18.5

Descriptives

TYPE_VELO_AGR		TRC_Pente_CatAgg	EDC_VITESSE_DEPLACEMENT_KMH
N	VAE	Plat	21998
		Montée Moyenne	2222
		Descente Moyenne	1809
		Montée Forte	194
		Descente Forte	150
	VSA	Plat	42402
		Montée Moyenne	5296
		Descente Moyenne	3835
		Montée Forte	236
		Descente Forte	170
Mean	VAE	Plat	21.0
		Montée Moyenne	19.3
		Descente Moyenne	21.9
		Montée Forte	16.8
		Descente Forte	25.6
	VSA	Plat	18.7
		Montée Moyenne	16.0
		Descente Moyenne	20.9
		Montée Forte	13.3
		Descente Forte	26.4

Descriptives

	TYPE_VELO_AGR	TRACE_HEURE_DEP_CATEG	EDC_VITESSE_DEPLACEMENT_KMH
N	VAE	HP	20089
		HC	6284
	VSA	HP	37058
		HC	14881
Mean	VAE	HP	21.1
		HC	20.1
	VSA	HP	18.7
		HC	18.4

Descriptives

	TYPE_VELO_AGR	SEXE	EDC_VITESSE_DEPLACEMENT_KMH
N	VAE	H	13807
		F	12566
	VSA	H	35004
		F	16935
Mean	VAE	H	21.9
		F	19.8
	VSA	H	19.7
		F	16.3

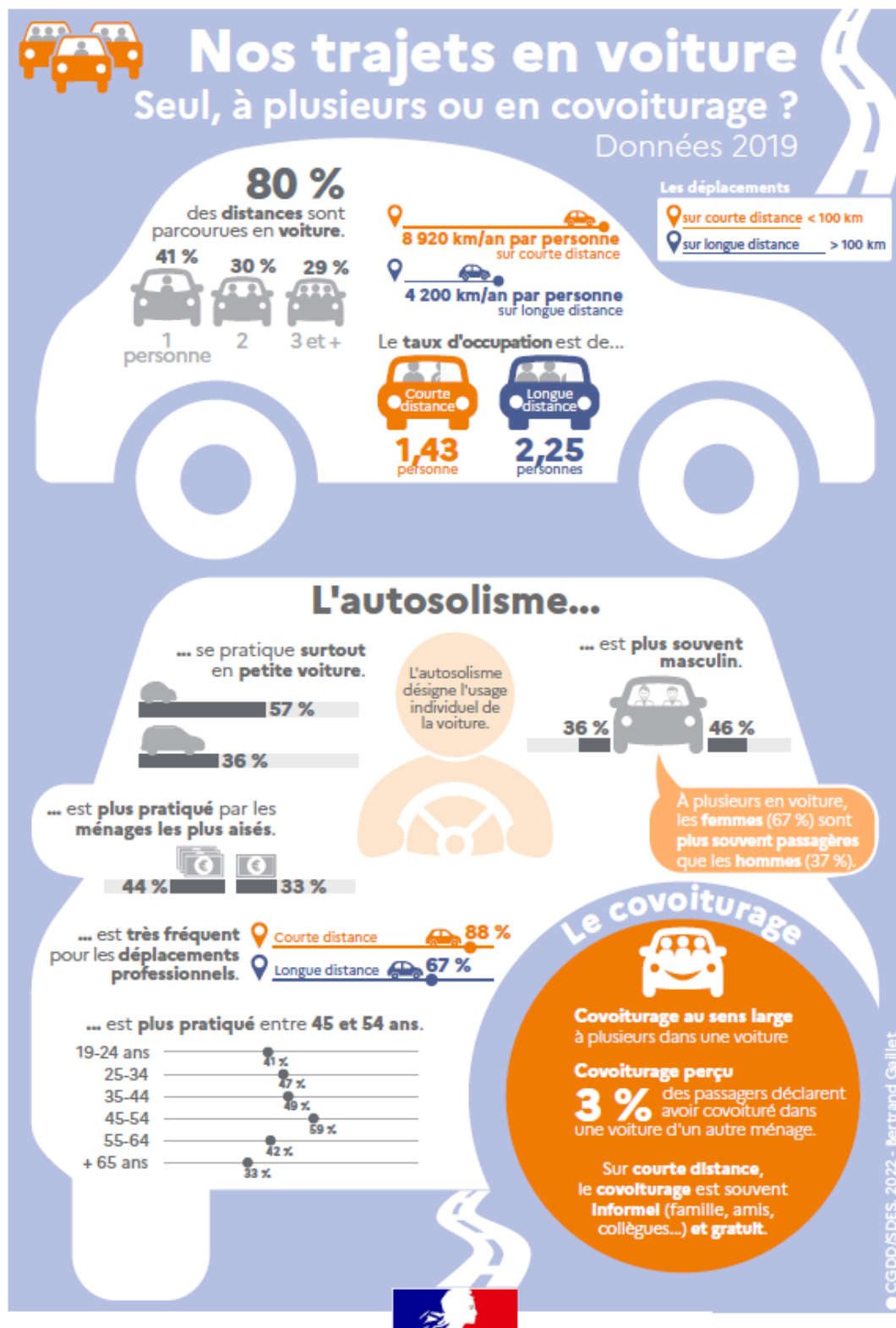
Descriptives

	TYPE_VELO_AGR	AGE_AGR	EDC_VITESSE_DEPLACEMENT_KMH
N	VAE	]min;49]	19357
		[50;max[	7016
	VSA	]min;49]	34750
		[50;max[	17189
Mean	VAE	]min;49]	21.2
		[50;max[	20.0
	VSA	]min;49]	18.5
		[50;max[	18.9

Descriptives

	TYPE_VELO_AGR	INTERSEC_AGR	EDC_VITESSE_DEPLACEMENT_KMH
N	VAE	Ne se prononce pas	1653
		Non	8207
		Oui	16513
	VSA	Ne se prononce pas	4481
		Non	19409
		Oui	28049
Mean	VAE	Ne se prononce pas	22.0
		Non	21.2
		Oui	20.6
	VSA	Ne se prononce pas	19.8
		Non	19.0
		Oui	18.2

17.3. Plaquette covoiturage ministère (6.2.3)



Se déplacer en voiture :
seul, à plusieurs ou en covoiturage ?

Données 2019

www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr

17.4. Graphes des ACP pour la segmentation (6.4.1)

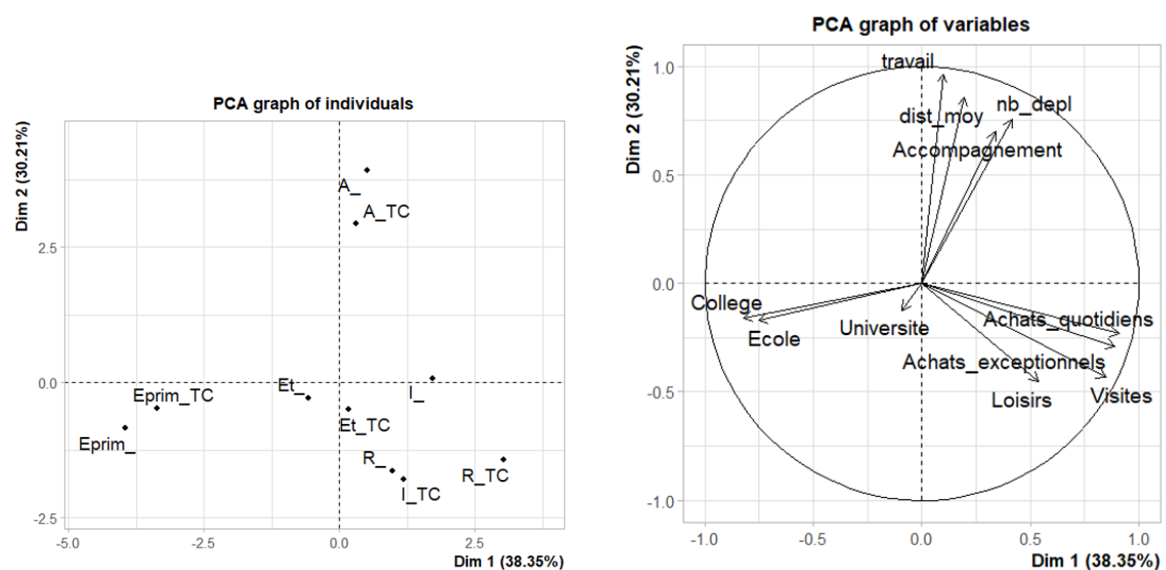


Figure 417 : ACP des groupes selon la possession d'un abonnement TC

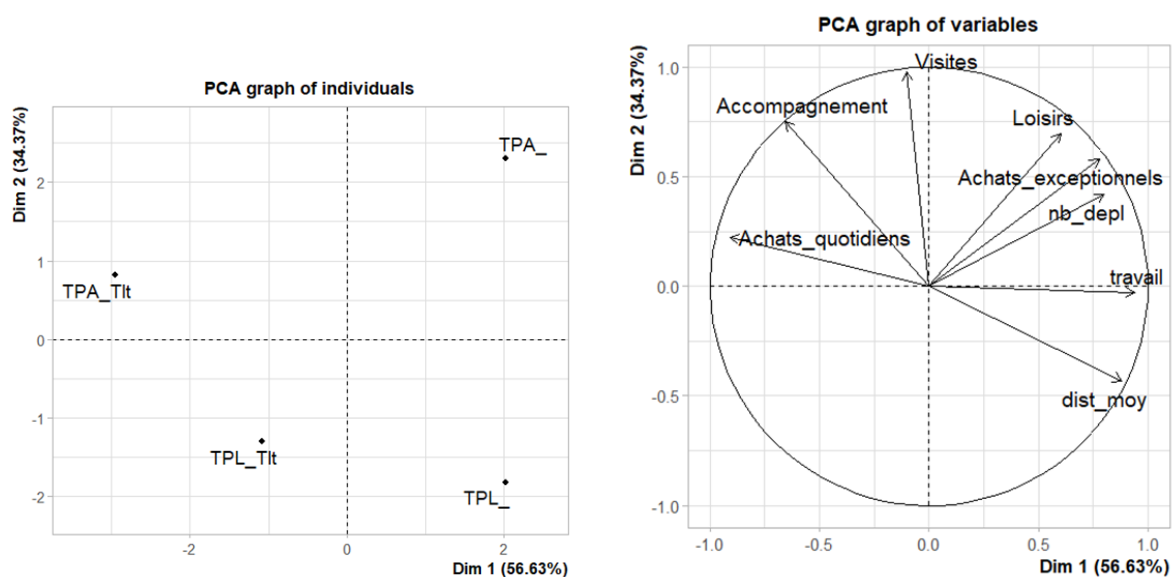


Figure 418 : Analyse en ACP des groupes des actifs

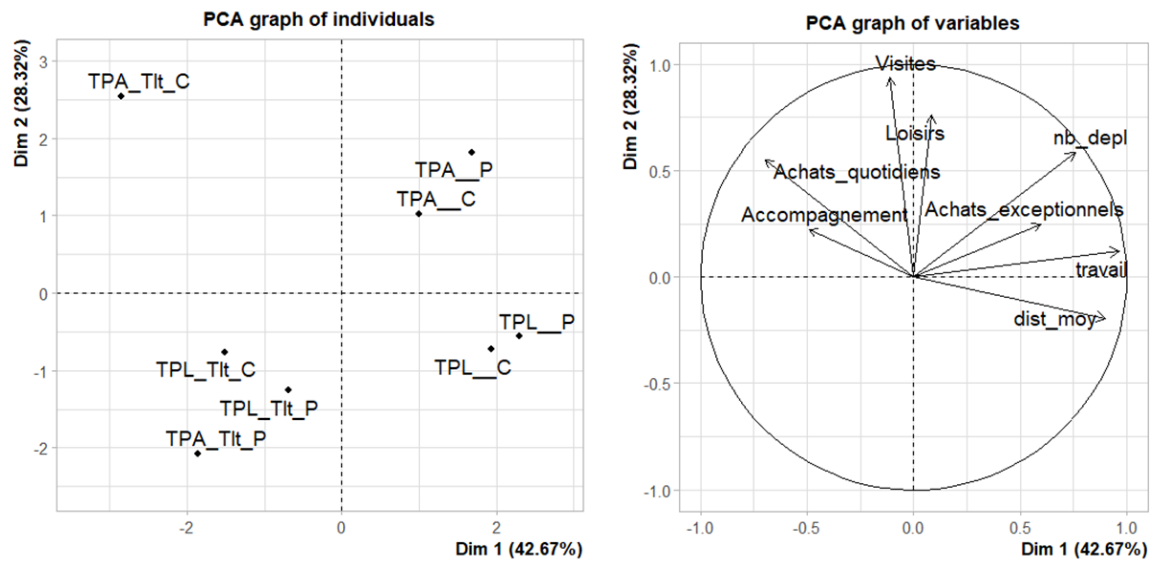


Figure 419 : Analyse en ACP des actifs centre VS périphérie

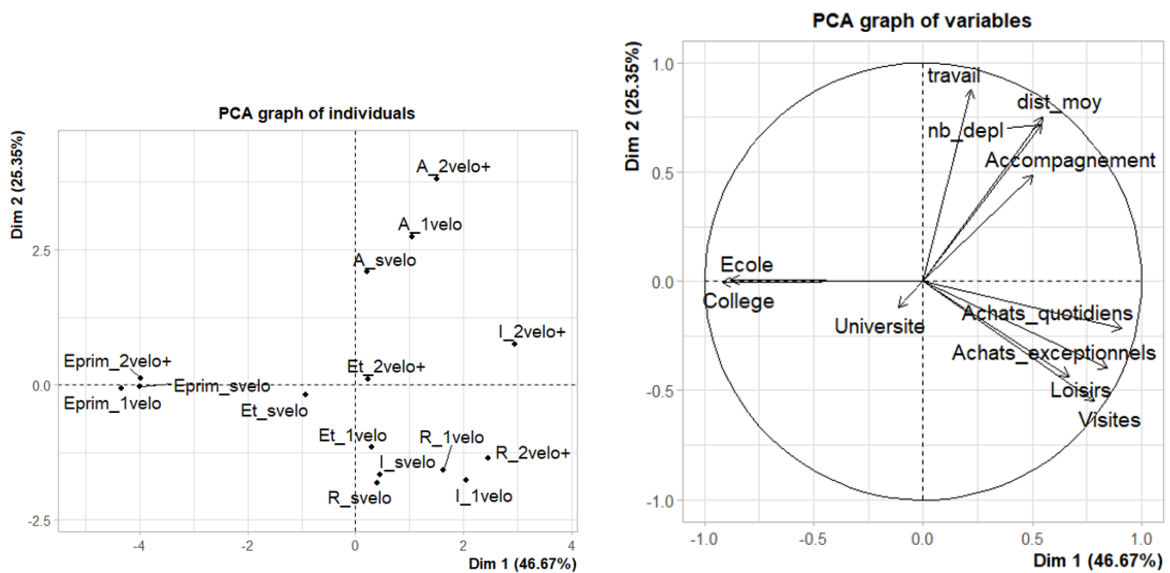


Figure 420 : Analyse en ACP des groupes avec et sans vélo

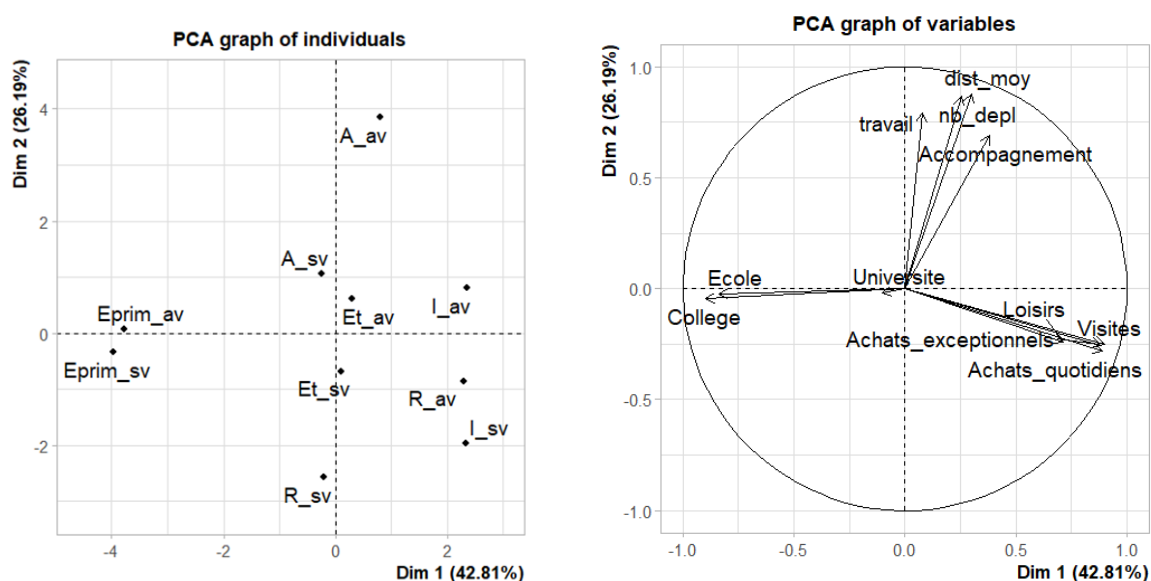


Figure 421 : Analyse de la segmentation avec et sans voiture

17.5. Tableaux de répartition des groupes selon les classes d'âge par macrozone (6.5.2)

D10	classe d'âge	Aav	Asv	Enf	Eprim	Esec	Etu	Iav	Isv	Mig	RMav	RMsv	RP
01	1	0%	0%	84%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
01	2	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
01	3	0%	0%	0%	0%	97%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
01	4	15%	4%	0%	0%	5%	75%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
01	5	65%	11%	0%	0%	0%	6%	10%	6%	2%	0%	0%	0%
01	6	74%	7%	0%	0%	0%	0%	11%	6%	3%	0%	0%	0%
01	7	29%	2%	0%	0%	0%	0%	7%	3%	2%	49%	7%	0%
01	8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	1%	0%	0%	97%

D10	classe d'âge	Aav	Asv	Enf	Eprim	Esec	Etu	Iav	Isv	Mig	RMav	RMsv	RP
02	1	0%	0%	85%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
02	2	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
02	3	0%	0%	0%	0%	99%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
02	4	27%	4%	0%	0%	9%	59%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
02	5	65%	4%	0%	0%	0%	2%	20%	6%	2%	0%	0%	0%
02	6	72%	4%	0%	0%	0%	0%	17%	5%	1%	0%	0%	0%
02	7	23%	2%	0%	0%	0%	0%	10%	4%	1%	51%	8%	0%
02	8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	0%	0%	0%	95%

D10	classe d'âge	Aav	Asv	Enf	Eprim	Esec	Etu	Iav	Isv	Mig	RMav	RMsv	RP
03	1	0%	0%	79%	20%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
03	2	0%	0%	0%	98%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%
03	3	0%	0%	0%	0%	98%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
03	4	27%	1%	0%	0%	4%	67%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
03	5	80%	1%	0%	0%	0%	1%	14%	2%	3%	0%	0%	0%
03	6	83%	1%	0%	0%	0%	0%	12%	2%	2%	1%	0%	0%
03	7	22%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	1%	2%	65%	2%	0%
03	8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	98%

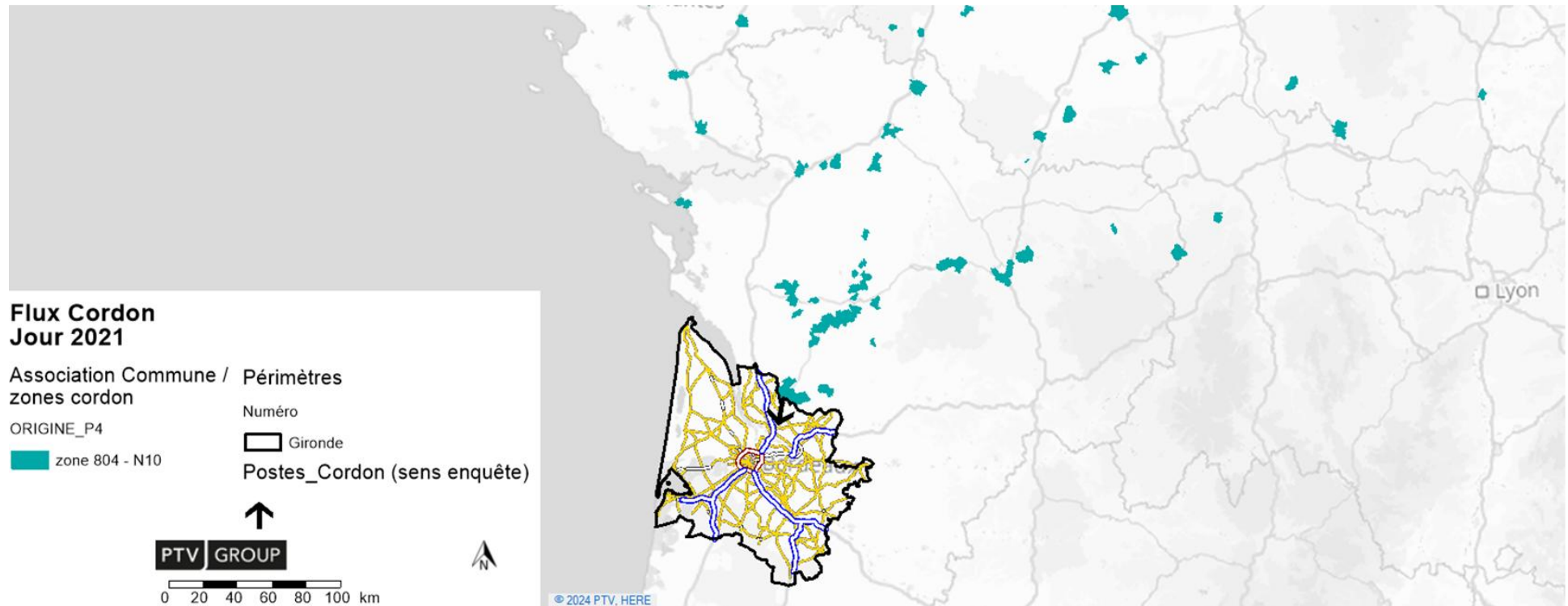
D10	▼	classe d'age	▼	Aav	Asv	Enf	Eprim	Esec	Etu	Iav	Isv	Mig	RMav	RMsv	RP
04		1		0%	0%	82%	18%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
04		2		0%	0%	0%	97%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%
04		3		0%	0%	0%	0%	95%	2%	0%	0%	2%	0%	0%	0%
04		4		31%	0%	0%	0%	7%	61%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
04		5		75%	2%	0%	0%	0%	0%	15%	4%	4%	0%	0%	0%
04		6		78%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	2%	6%	0%	0%	0%
04		7		23%	1%	0%	0%	0%	0%	9%	2%	4%	58%	3%	0%
04		8		0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	0%	0%	96%

D10	▼	classe d'age	▼	Aav	Asv	Enf	Eprim	Esec	Etu	Iav	Isv	Mig	RMav	RMsv	RP
05		1		0%	0%	84%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
05		2		0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
05		3		0%	0%	0%	0%	97%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
05		4		29%	0%	0%	0%	8%	57%	0%	0%	6%	0%	0%	0%
05		5		70%	2%	0%	0%	0%	4%	12%	6%	7%	0%	0%	0%
05		6		77%	2%	0%	0%	0%	1%	14%	3%	4%	1%	0%	0%
05		7		20%	1%	0%	0%	0%	0%	10%	2%	5%	62%	1%	0%
05		8		0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	3%	0%	0%	94%

17.6. Appariement des zones cordon pour la matrice TI (7.1)

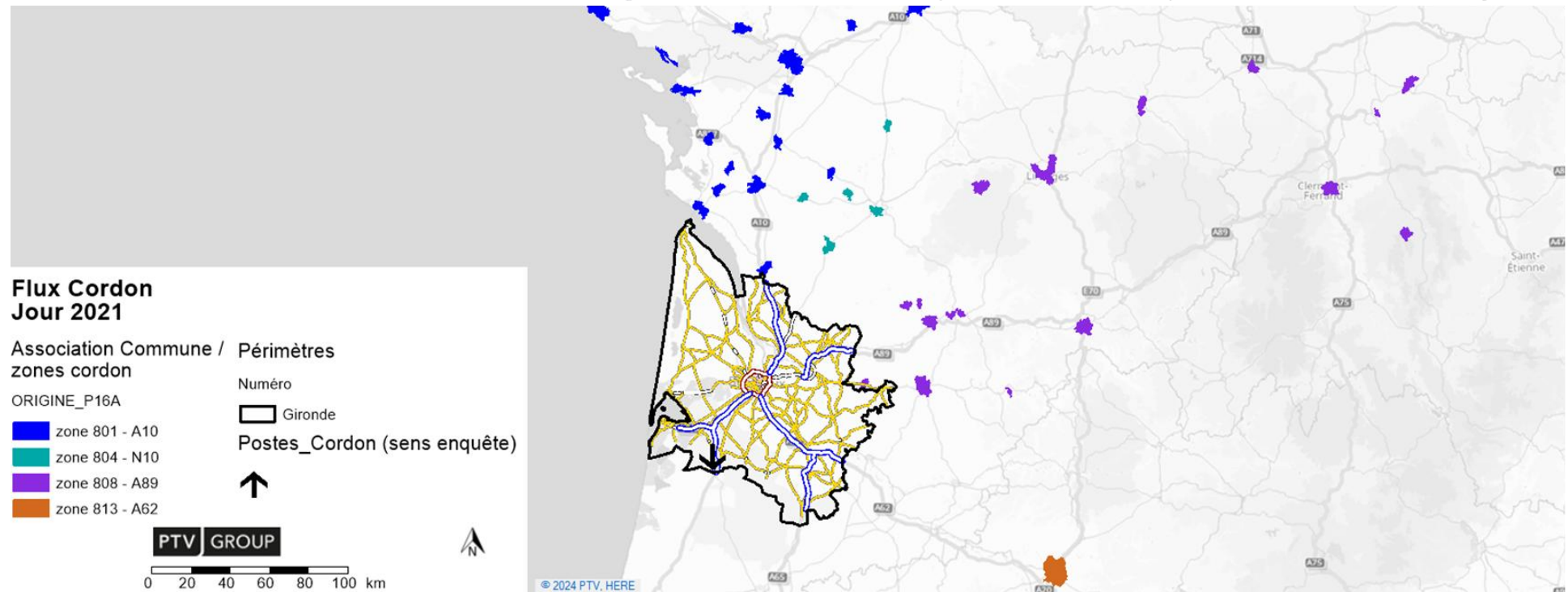
Lorsque le poste est proche de la zone cordon d'entrée → zone cordon d'origine unique

Communes d'origine hors Gironde des enquêtes réalisées au poste 4 sur la RN 10



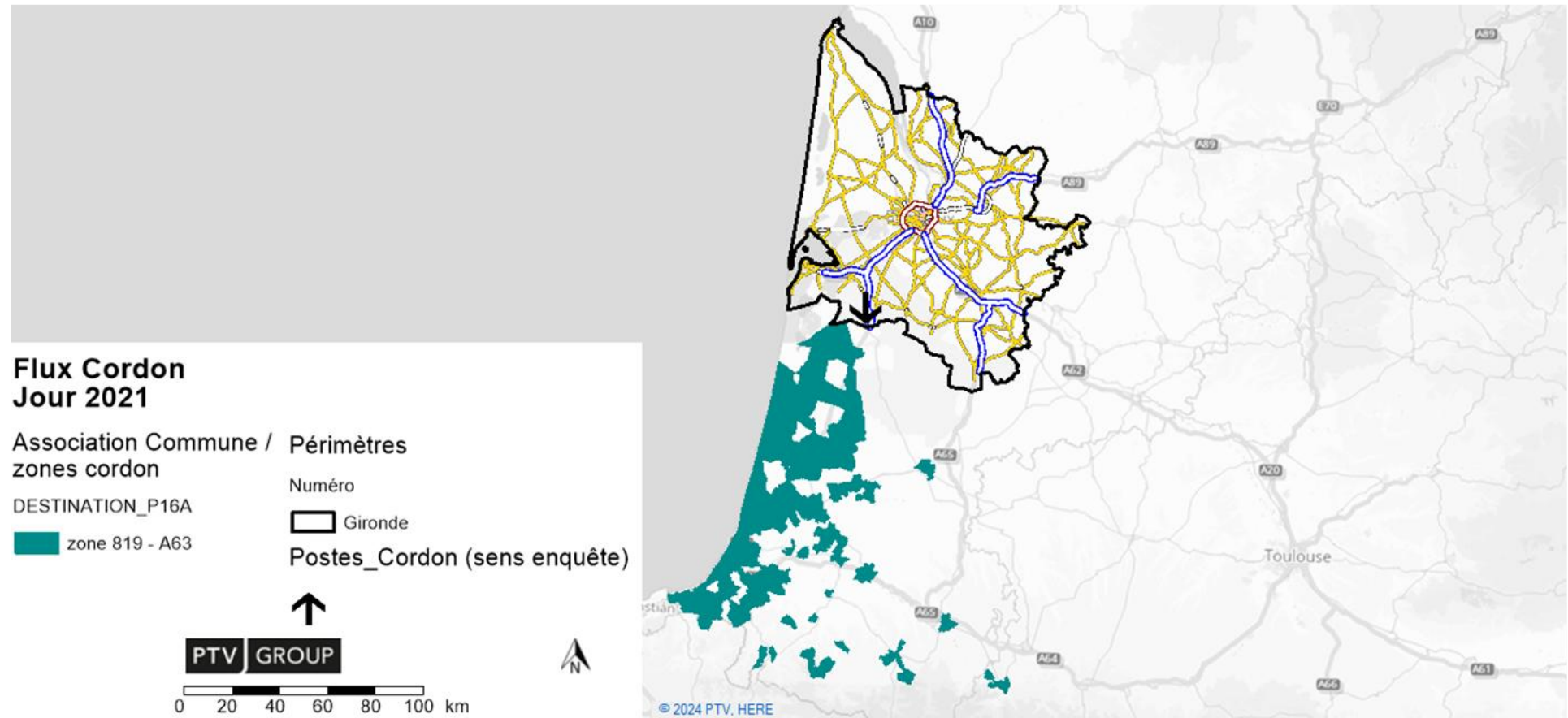
Lorsque le poste est éloigné de la zone cordon d'entrée → zones cordons d'origine multiples

Communes d'origine hors Gironde des enquêtes réalisées au poste 16 sur l'A63 vers Bayonne



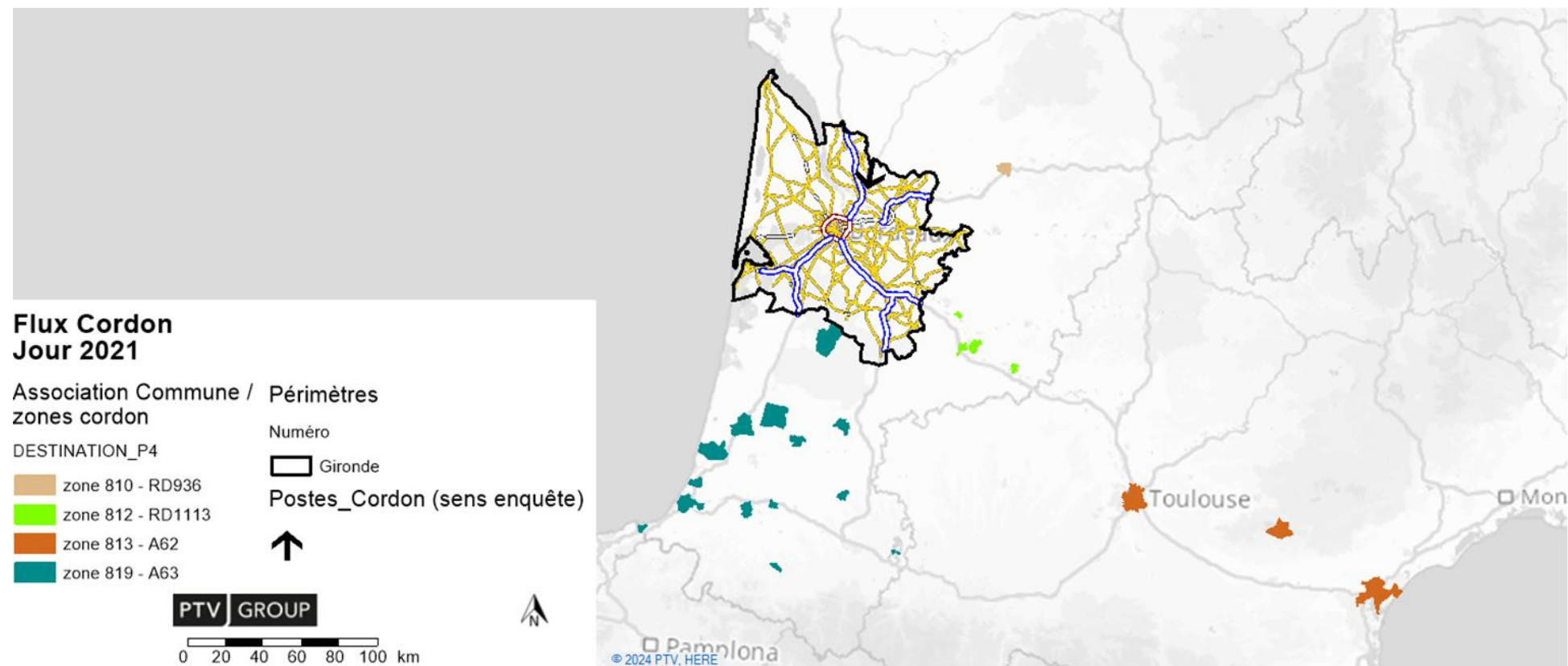
Lorsque le poste est proche de la zone cordon de sortie → zone cordon de destination unique

Communes de destination hors Gironde des enquêtes réalisées au poste 16 sur l'A63 vers Bayonne



Lorsque le poste est loin de la zone cordon de sortie → zone cordon de destination multiple

Communes de destination hors Gironde des enquêtes réalisées au poste 4 sur la RN 10



17.7. Matrices cordon TI PPM et PPS

Flux Cordon PPM 2021

Périmètres

 Gironde

Volumes (entrants / sortants)

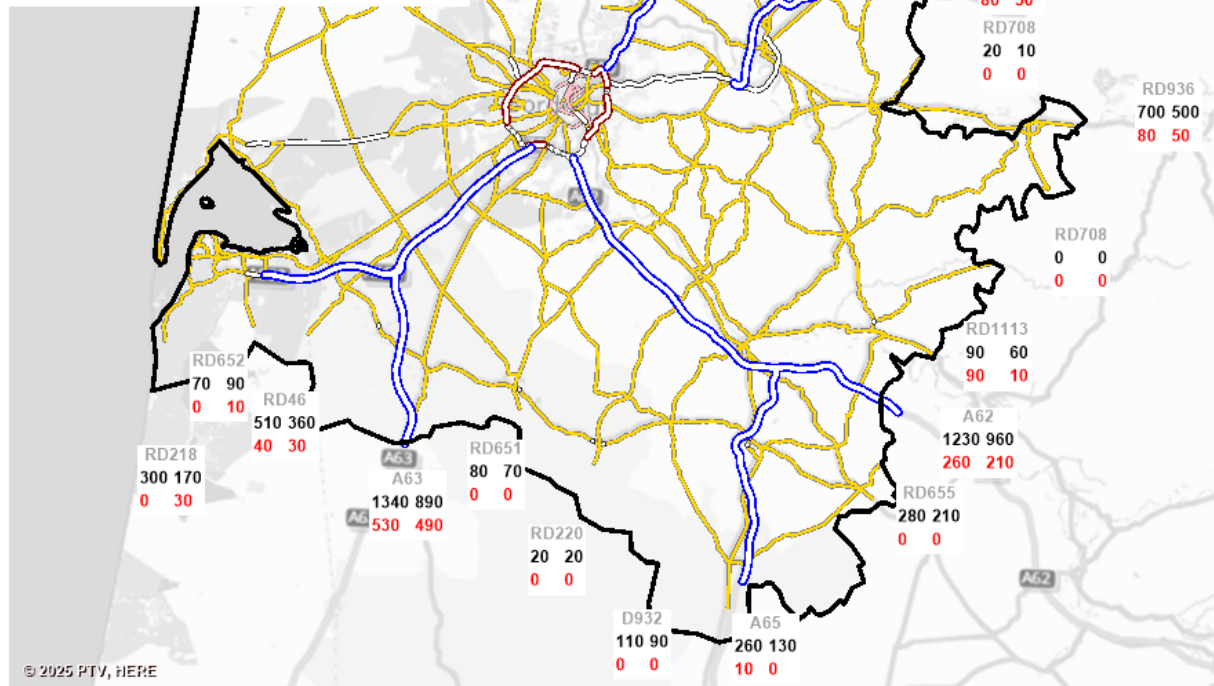
 Nom

 Flux VP

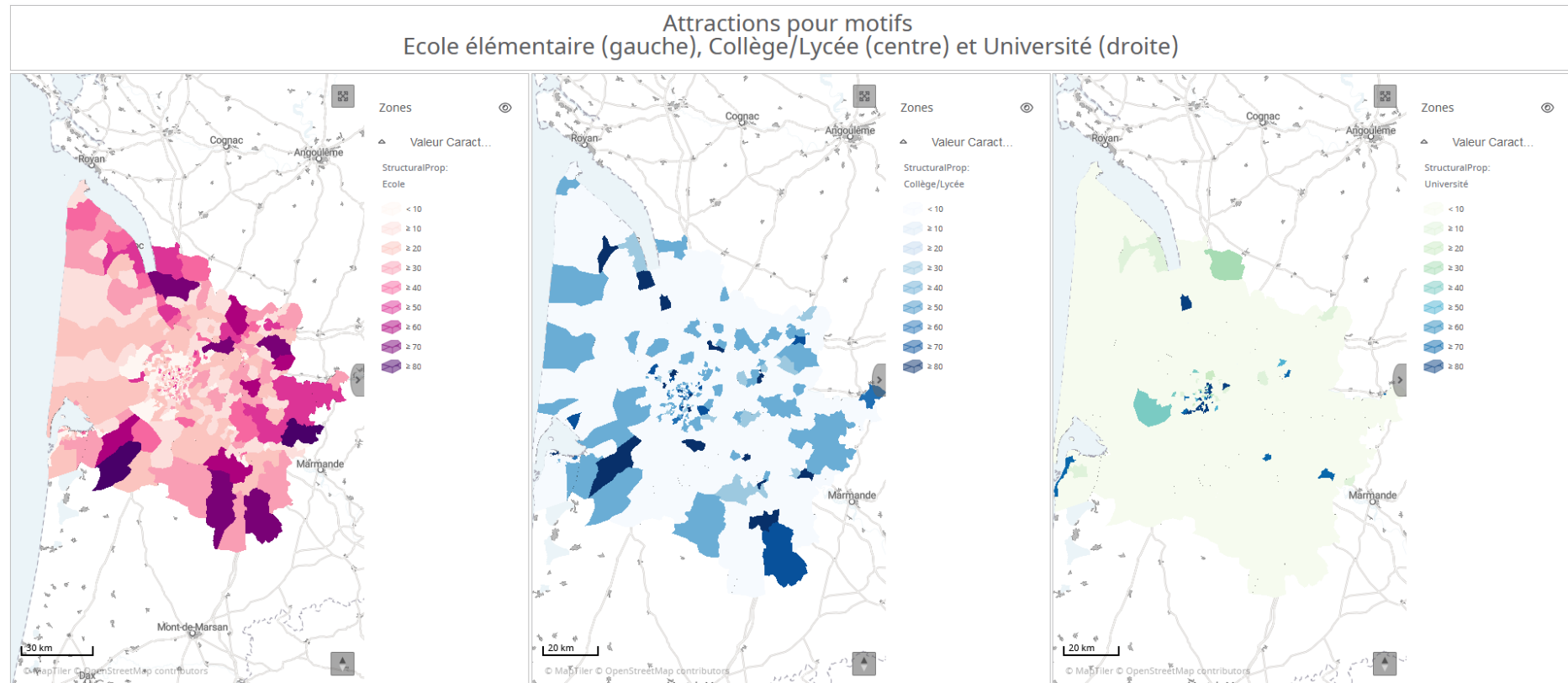
 Flux PL

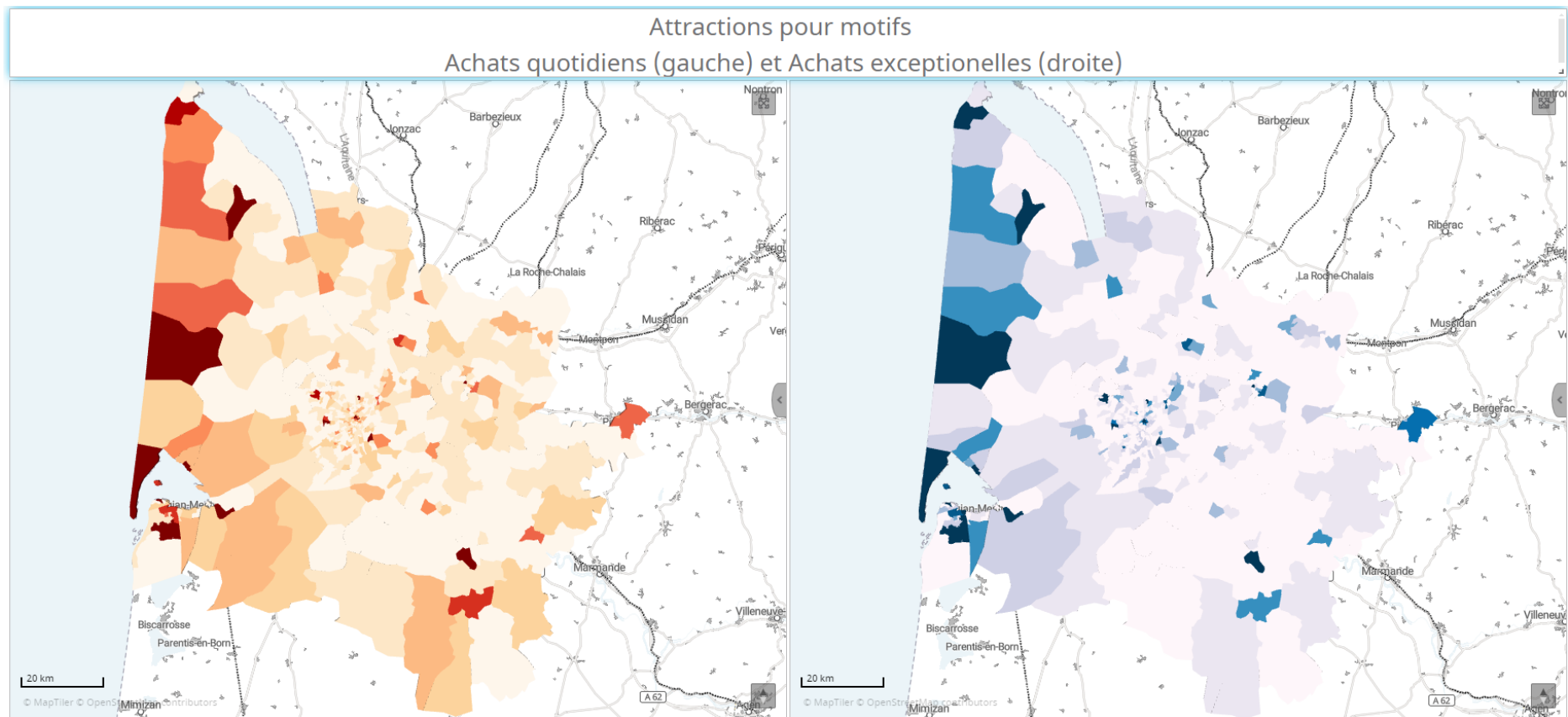
PTV GROUP

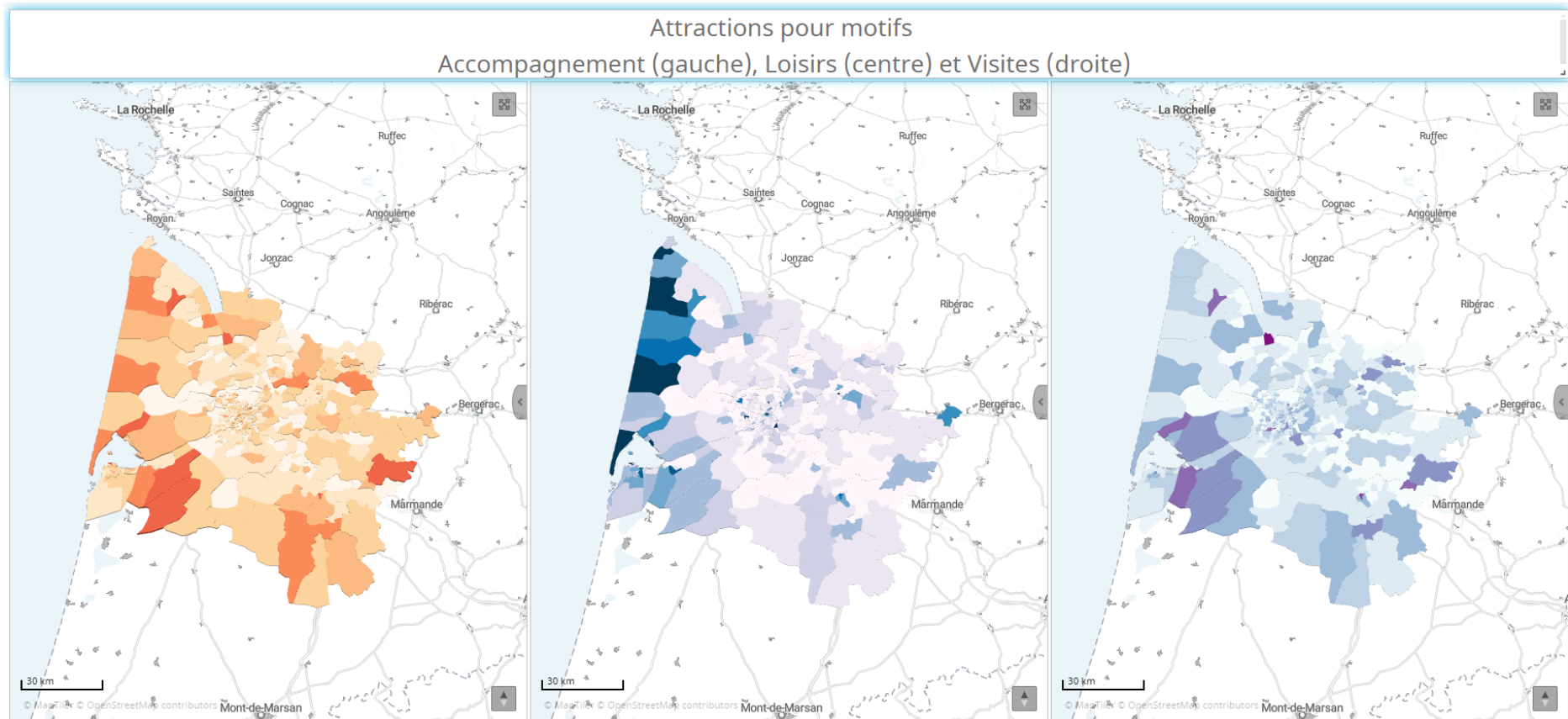
0 8 16 24 32 40 km



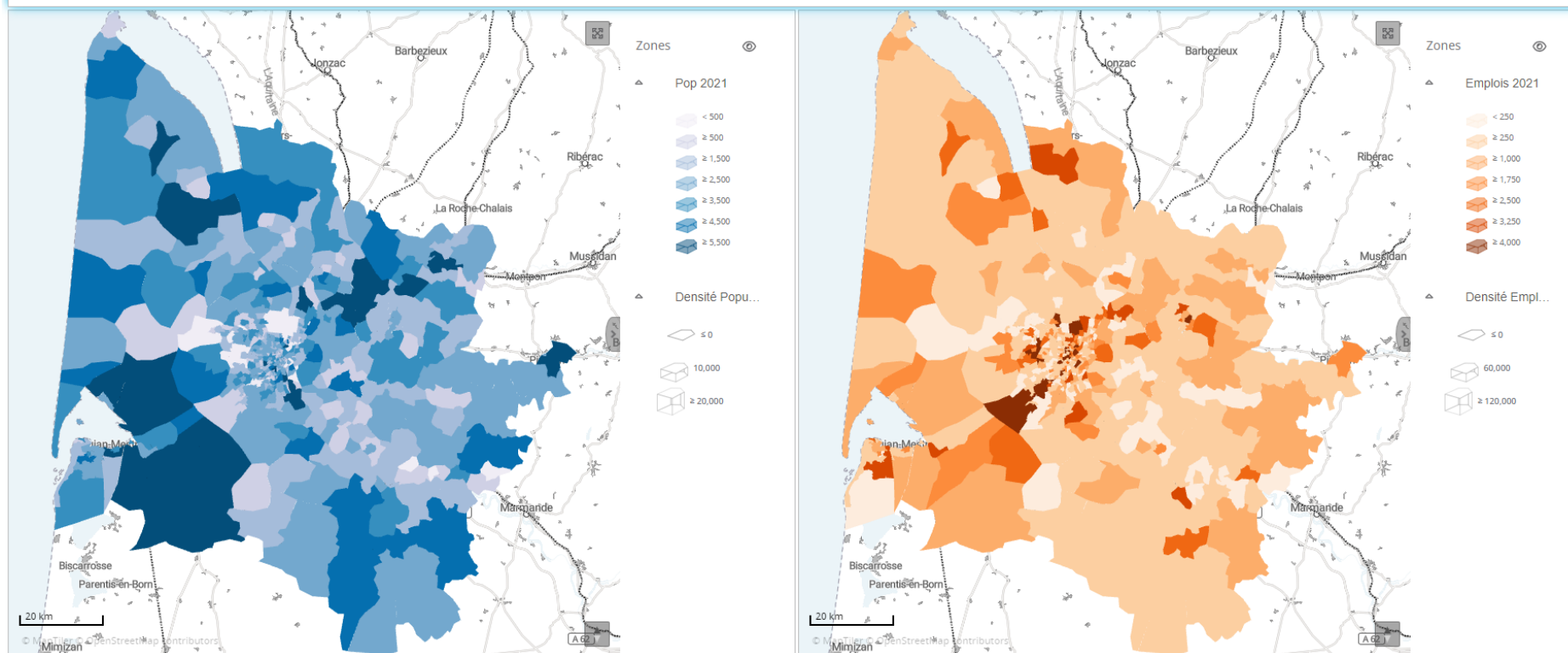
17.8. Potentiels d'attraction 2021 (9.1)







Population totale par zone (gauche) et emplois par zone (droite)



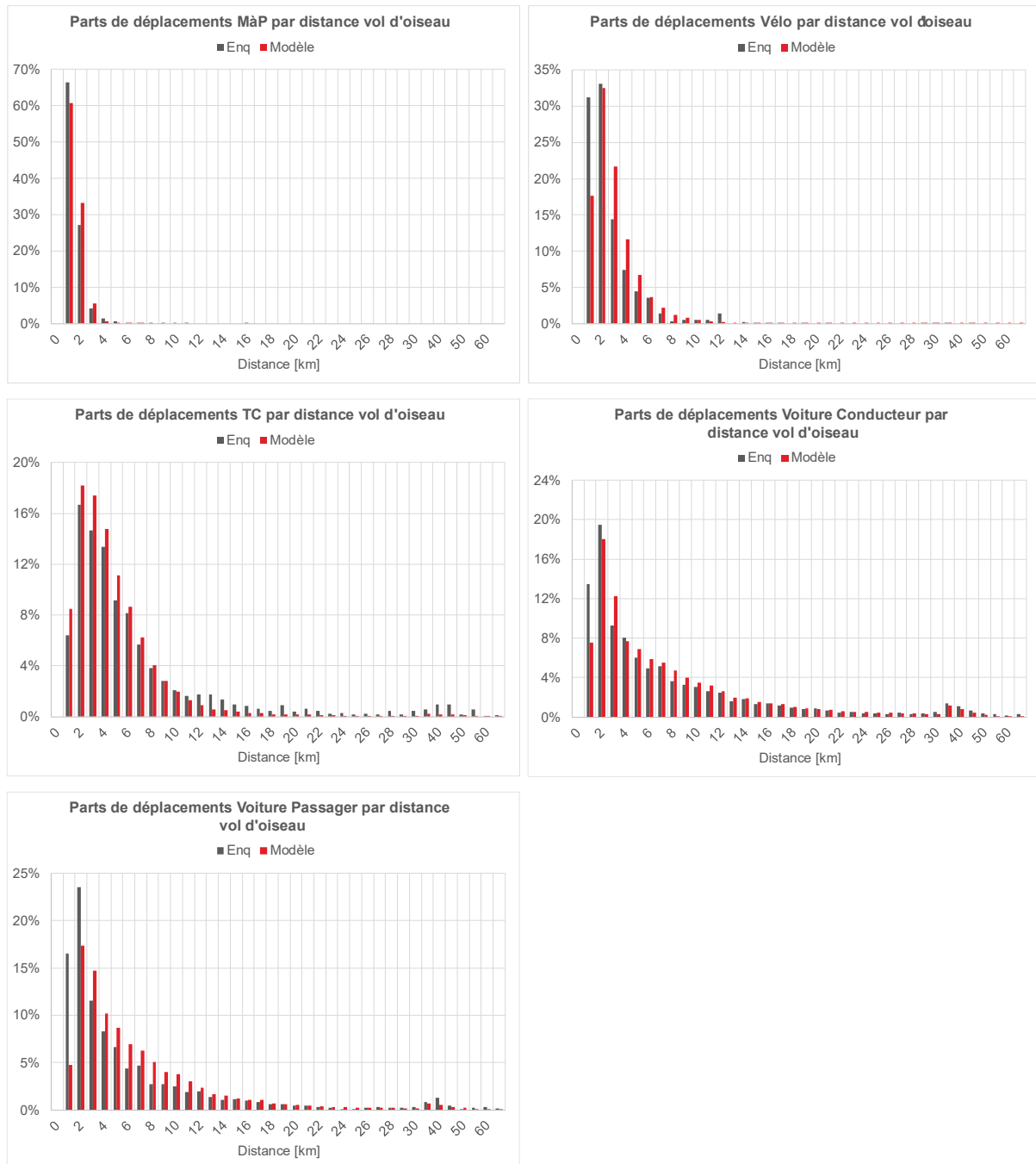
17.9. Coefficients de la distribution (9.2.1)

alpha	paramètres logsum	Aav	Asv	TaV	TsV	laV	IsV	RMav	RMsv	RP	Etu	Esec	Eprim	Mig
T	Travail	0.49	0.53	0.62	0.99	0.47	0.85	0.70	0.90	0.20	0.30	0.80	0.85	0.39
A	Achat_Exceptionnel	0.43	0.69	0.60	0.87	0.52	0.71	0.53	0.87	0.83	0.77	0.61	0.75	0.70
Q	Achat_Quotidien	0.75	0.85	0.95	0.98	0.78	0.95	0.80	0.97	0.93	0.88	0.95	0.95	0.95
L	Loisirs	0.75	0.85	0.95	0.98	0.78	0.95	0.80	0.97	0.94	0.88	0.95	0.95	0.95
V	Visites	0.38	0.63	0.58	0.85	0.25	0.65	0.51	0.80	0.70	0.60	0.35	0.35	0.40
X	Accompagnement	0.60	0.75	0.80	0.92	0.70	0.80	0.75	0.92	0.90	0.82	0.80	0.80	0.95
U	Université	0.60	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.73
C	Collège/Lycée	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.70	0.87	0.00
E	Ecole	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.98	0.00
gamma	paramètres Dvo	Aav	Asv	TaV	TsV	laV	IsV	RMav	RMsv	RP	Etu	Esec	Eprim	Mig
T	Travail	-0.061	-0.082	-0.124	-0.211	-0.096	-0.167	-0.140	-0.191	-0.040	-0.058	-0.216	-0.202	-0.078
A	Achat_Exceptionnel	-0.148	-0.383	-0.122	-0.311	-0.186	-0.237	-0.108	-0.300	-0.213	-0.296	-0.381	-0.357	-0.156
Q	Achat_Quotidien	-0.142	-0.258	-0.164	-0.251	-0.186	-0.232	-0.138	-0.254	-0.194	-0.210	-0.232	-0.226	-0.173
L	Loisirs	-0.142	-0.258	-0.164	-0.251	-0.186	-0.232	-0.138	-0.254	-0.196	-0.210	-0.232	-0.226	-0.173
V	Visites	-0.115	-0.286	-0.109	-0.266	-0.078	-0.191	-0.096	-0.242	-0.163	-0.200	-0.175	-0.140	-0.082
X	Accompagnement	-0.109	-0.214	-0.133	-0.230	-0.117	-0.200	-0.140	-0.242	-0.200	-0.219	-0.254	-0.246	-0.179
U	Université	-0.261	0.000	-0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.068	0.000	0.000	-0.170
C	Collège/Lycée	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.143	-0.233	-0.290	0.000
E	Ecole	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.321	-0.245	0.000

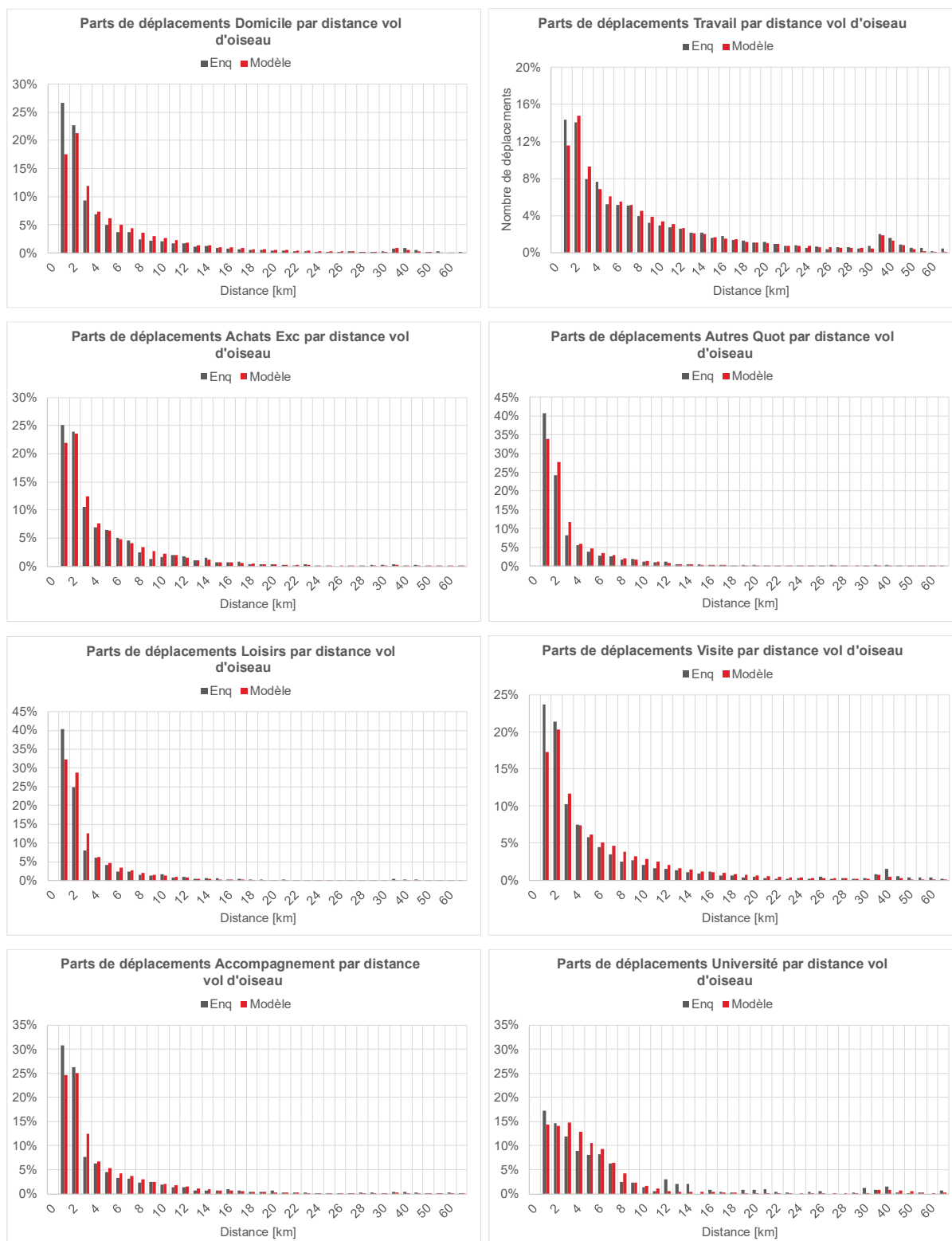
17.10. Coefficients du choix modal (9.2.2)

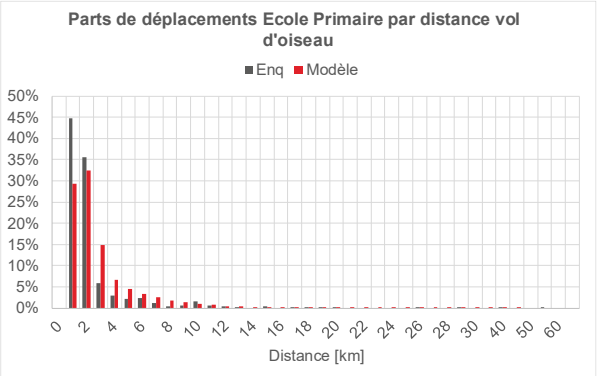
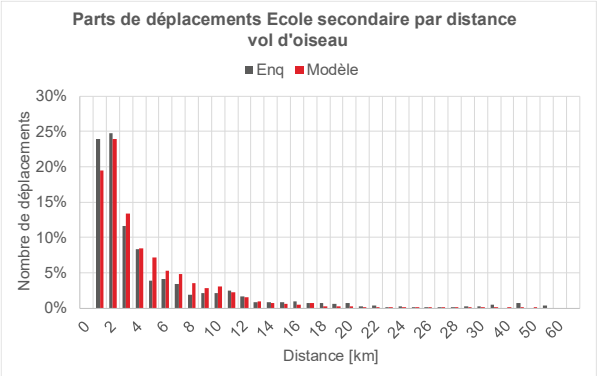
beta	Choix modal	Aav	Asv	TaV	TsV	laV	lsV	RMav	RMsv	RP	Etu	Esec	Eprim	Mig
CSTE	MaP	-4.48	-3.71	-4.08	-3.84	-4.15	-3.96	-3.60	-3.78	-3.79	-4.66	-4.60	-3.58	-2.97
CSTE	Velo	0.00	0.35	0.25	0.37	1.69	1.05	1.99	1.48	2.91	0.03	-0.80	0.34	0.98
CSTE	TC	1.04	-0.66	2.67	-0.12	2.04	0.24	4.27	-0.42	1.11	-1.99	-1.71	-0.16	3.68
CSTE	VPCon	-2.51	1.66	-1.63	3.89	-0.78	3.37	-0.59	1.99	-0.57	-1.76	1.58	999.00	-0.08
CSTE	VPPas	1.62	2.60	1.48	7.93	2.53	2.21	2.66	1.42	1.44	1.29	-0.18	-0.79	3.90
CSTE	P+R	2.51	999.00	2.61	999.00	3.28	999.00	3.66	999.00	2.29	4.78	999.00	999.00	999.00
CSTE	VP2+	4.96	999.00	4.85	999.00	999.00	999.00	999.00	999.00	999.00	3.46	999.00	999.00	999.00
TPS	MaP	0.146	0.146	0.168	0.168	0.146	0.146	0.146	0.146	0.168	0.146	0.146	0.146	0.146
TPS	Velo	0.171	0.155	0.197	0.172	0.166	0.157	0.152	0.180	0.105	0.165	0.165	0.183	0.191
TPS	TC	0.045	0.055	0.065	0.060	0.035	0.040	0.040	0.040	0.065	0.050	0.045	0.050	0.015
TPS	VPCon	0.077	0.082	0.072	0.117	0.072	0.077	0.077	0.077	0.072	0.077	0.082	0.077	0.052
TPS	VPPas	0.070	0.090	0.105	0.070	0.055	0.080	0.060	0.080	0.050	0.055	0.085	0.055	0.035
TPS	P+R	0.070		0.070		0.070		0.070		0.070	0.050			
TPS	VP2+	0.050		0.050							0.050			
DIST	MaP													
DIST	Velo													
DIST	TC													
DIST	VPCon	0.060	0.059	0.052	0.126	0.052	0.069	0.055	0.069	0.065	0.069	0.059	0.055	0.047
DIST	VPPas	0.029	0.038	0.044	0.025	0.023	0.034	0.025	0.034	0.018	0.023	0.036	0.023	0.013
DIST	P+R													
DIST	VP2+													
ACCES	MaP	0.25	0.25	0.13	0.13	0.25	0.25	0.25	0.25	0.13	0.24	0.24	0.24	0.11
ACCES	Velo	0.17	0.16	0.20	0.17	0.17	0.16	0.15	0.18	0.11	0.16	0.16	0.18	0.19
ACCES	TC	0.09	0.11	0.13	0.12	0.07	0.08	0.08	0.08	0.13	0.08	0.05	0.08	0.02
ACCES	VPCon	0.24	0.26	0.12	0.19	0.24	0.24	0.25	0.25	0.12	0.24	0.26	0.24	0.09
ACCES	VPPas	0.11	0.14	0.05	0.04	0.08	0.12	0.09	0.12	0.03	0.08	0.04	0.03	0.02
ACCES	P+R	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.10	0.00	0.00	0.00
ACCES	VP2+	0.10	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
ATTENTE	MaP													
ATTENTE	Velo													
ATTENTE	TC	0.09	0.11	0.13	0.12	0.07	0.08	0.08	0.08	0.13	0.10	0.09	0.10	0.03
ATTENTE	VPCon													
ATTENTE	VPPas													
ATTENTE	P+R	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.10	0.00	0.00	0.00
ATTENTE	VP2+													
RUPTURES	MaP													
RUPTURES	Velo													
RUPTURES	TC	0.45	0.55	0.98	0.90	0.53	0.60	0.60	0.60	0.98	0.75	0.68	0.75	0.23
RUPTURES	VPCon													
RUPTURES	VPPas													
RUPTURES	P+R	1.75	0.00	1.75	0.00	1.75	0.00	1.75	0.00	1.75	1.25	0.00	0.00	0.00
RUPTURES	VP2+													
BONUSLOUF	MaP													
BONUSLOUF	Velo													
BONUSLOUF	TC	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09	0.02	0.03	0.02
BONUSLOUF	VPCon													
BONUSLOUF	VPPas													
BONUSLOUF	P+R	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.10	0.00	0.00	0.00
BONUSLOUF	VP2+													
STATIONNEA	MaP													
STATIONNEA	Velo													
STATIONNEA	TC													
STATIONNEA	VPCon	0.31	0.29	0.40	0.64	0.22	0.19	0.23	0.19	0.40	0.19	0.21	0.19	0.29
STATIONNEA	VPPas	0.28	0.32	0.58	0.39	0.17	0.20	0.18	0.20	0.28	0.14	0.09	0.03	0.19
STATIONNEA	P+R	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.10	0.00	0.00	0.00
STATIONNEA	VP2+	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00

17.11. Répartition des déplacements par mode et par classe de distance (9.3.3)

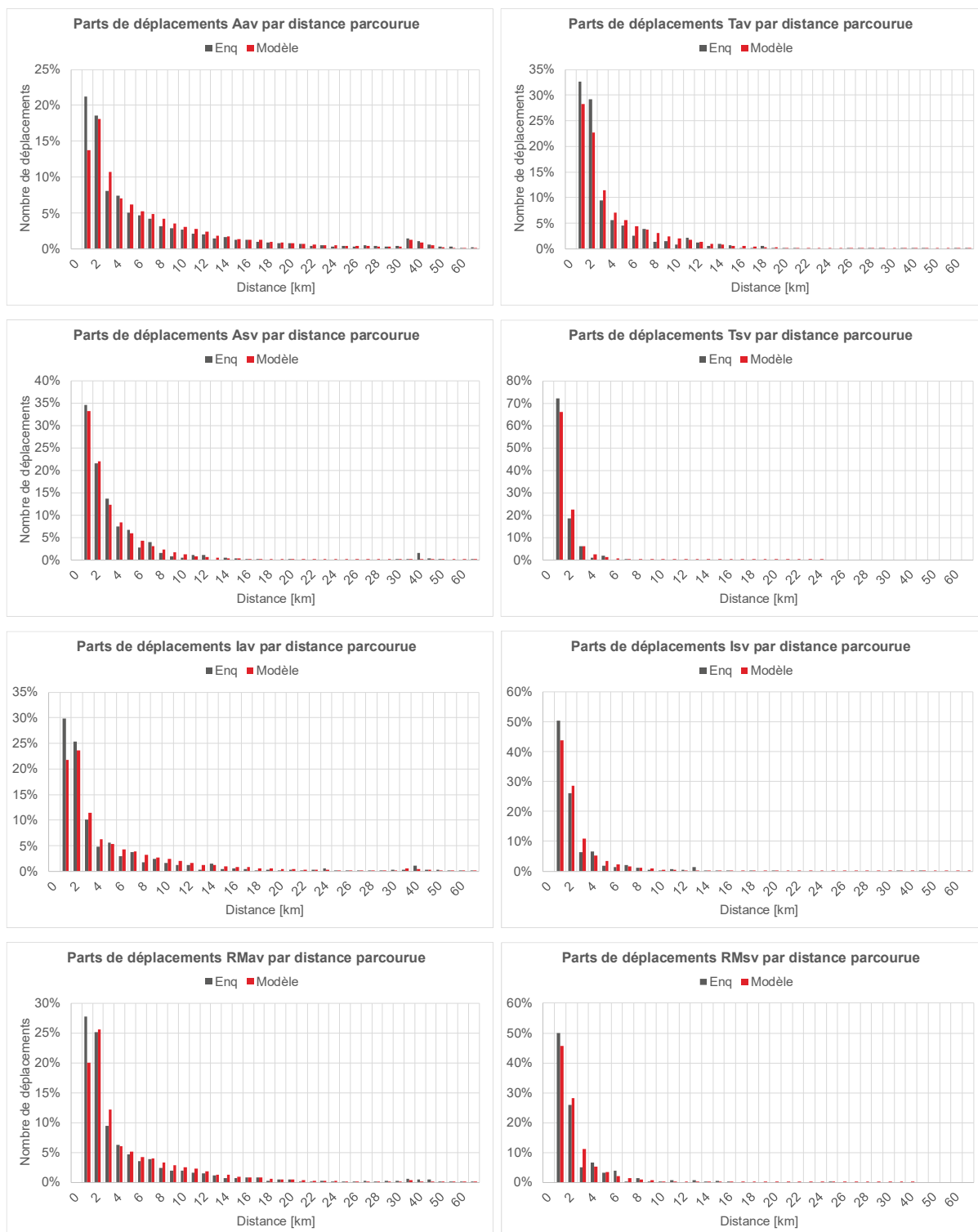


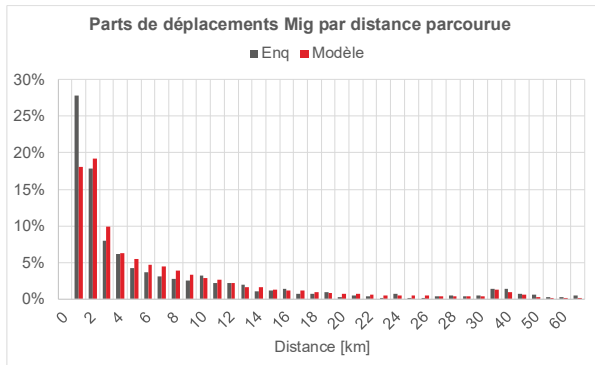
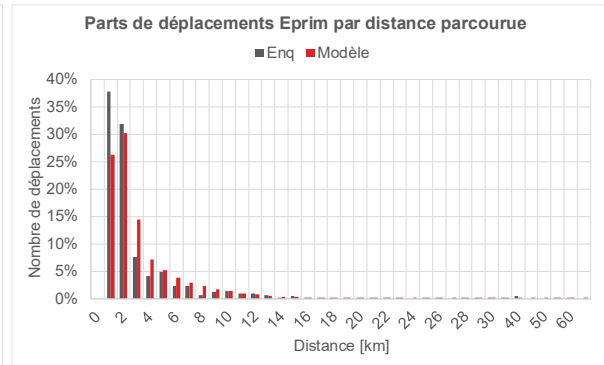
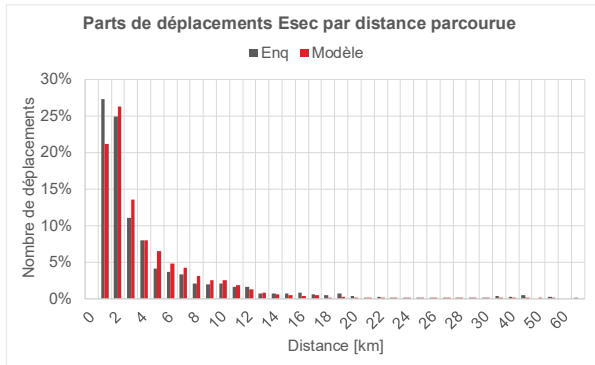
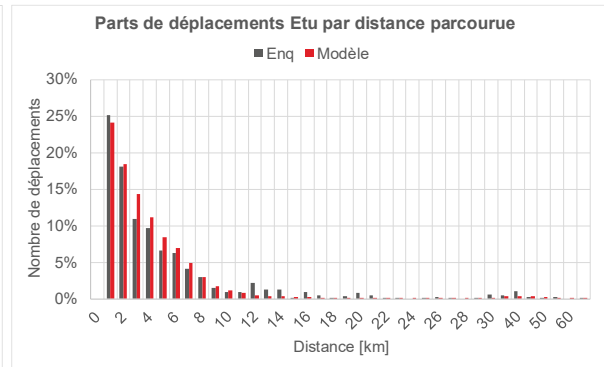
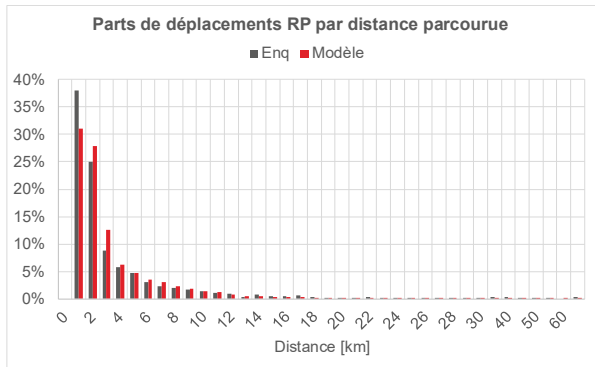
17.12. Répartition des déplacements par activité et par classe de distance (9.3.3)



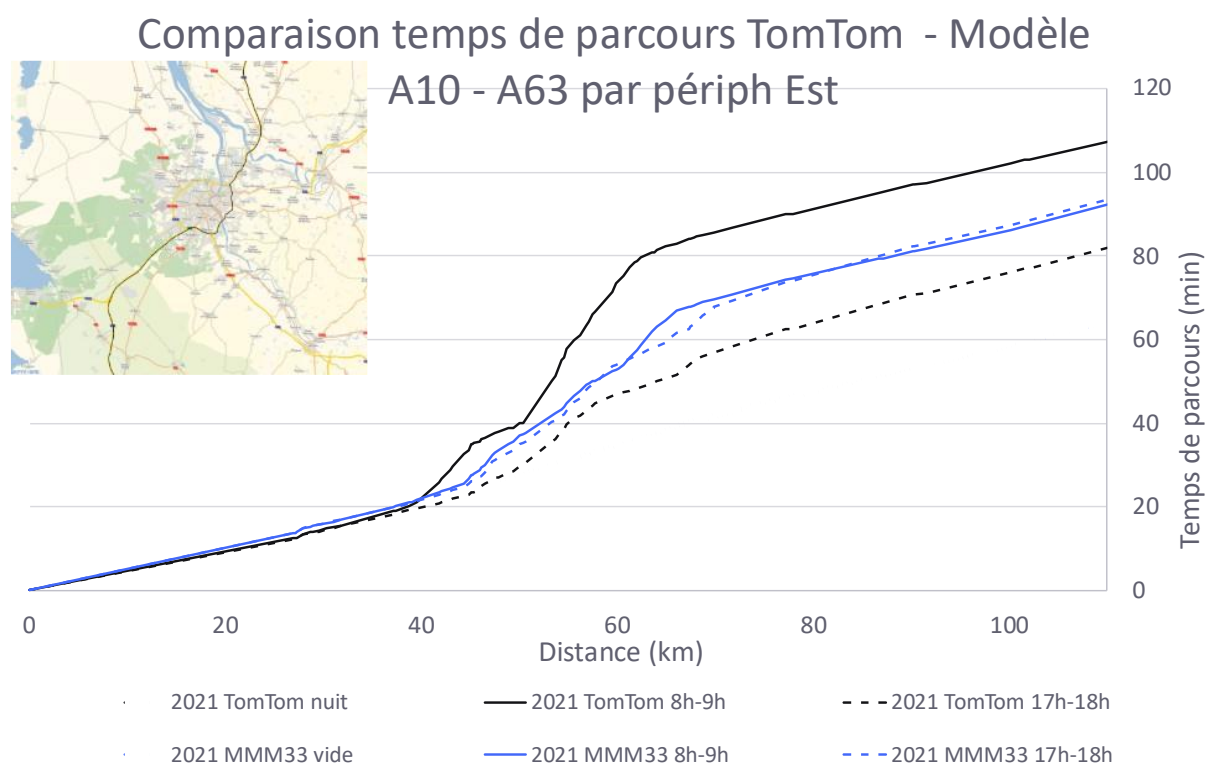
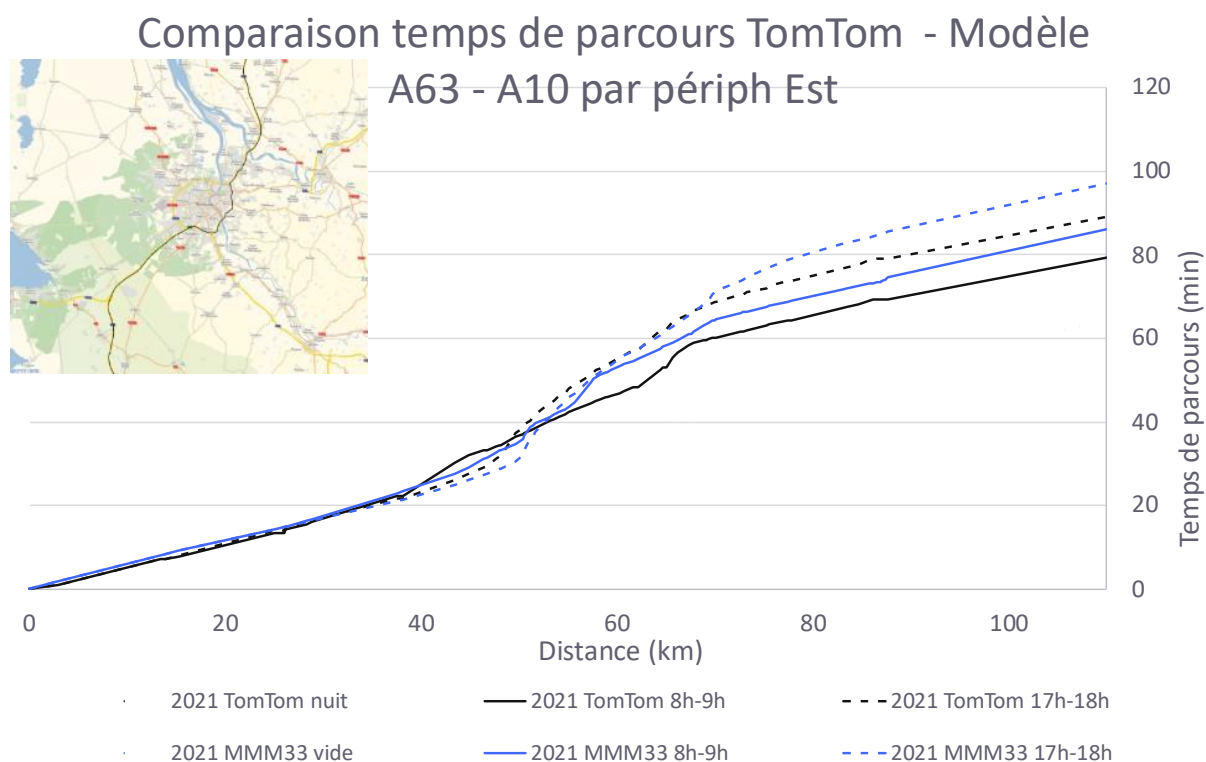


17.13. Répartition des déplacements par groupe et par classe de distance (9.3.3)

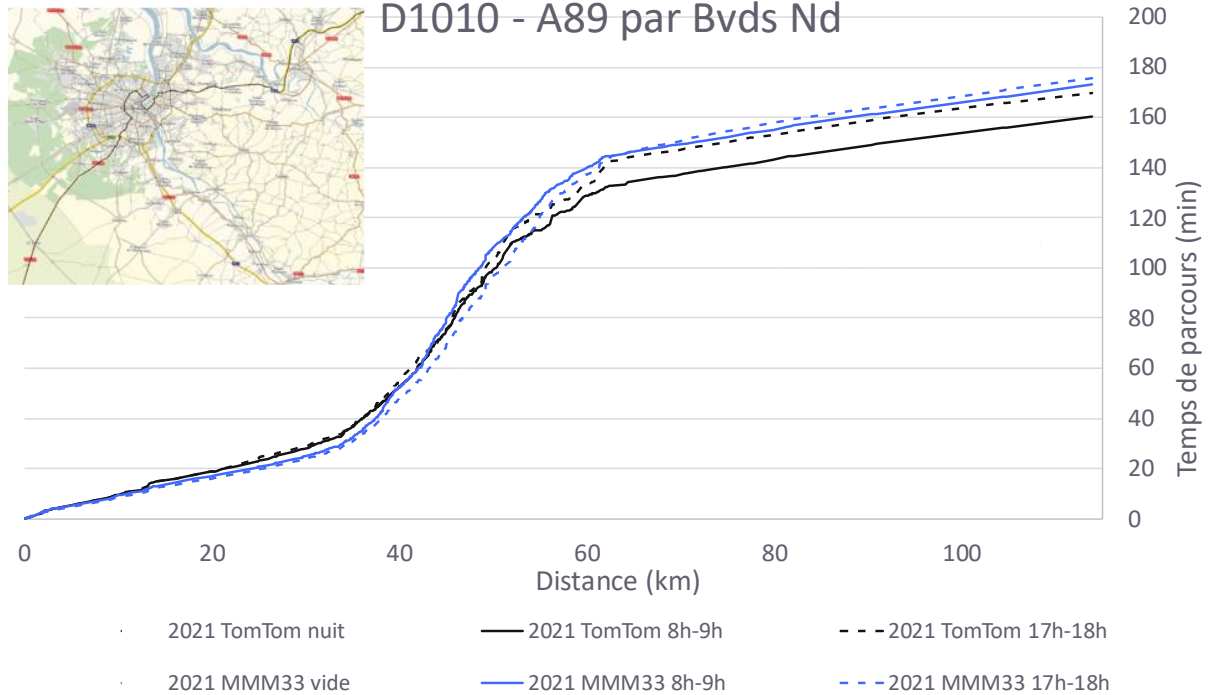




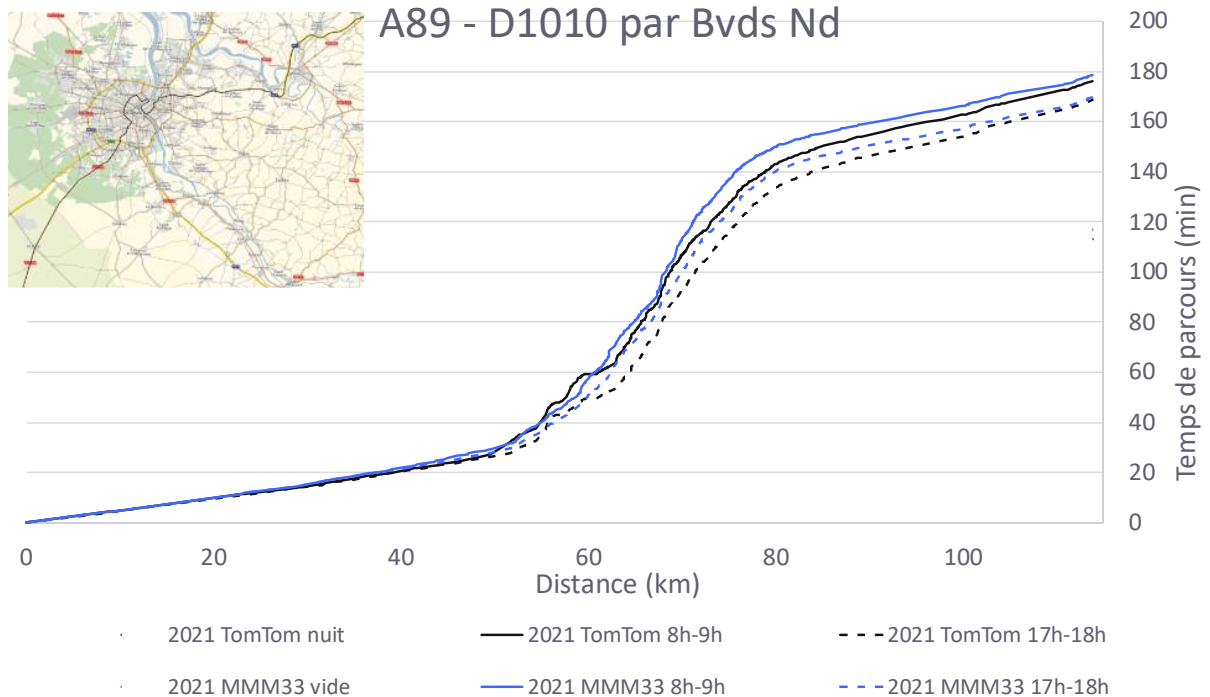
17.14. Temps de parcours 2021 TomTom HPM et HPS (11.2.4 et 11.2.5)

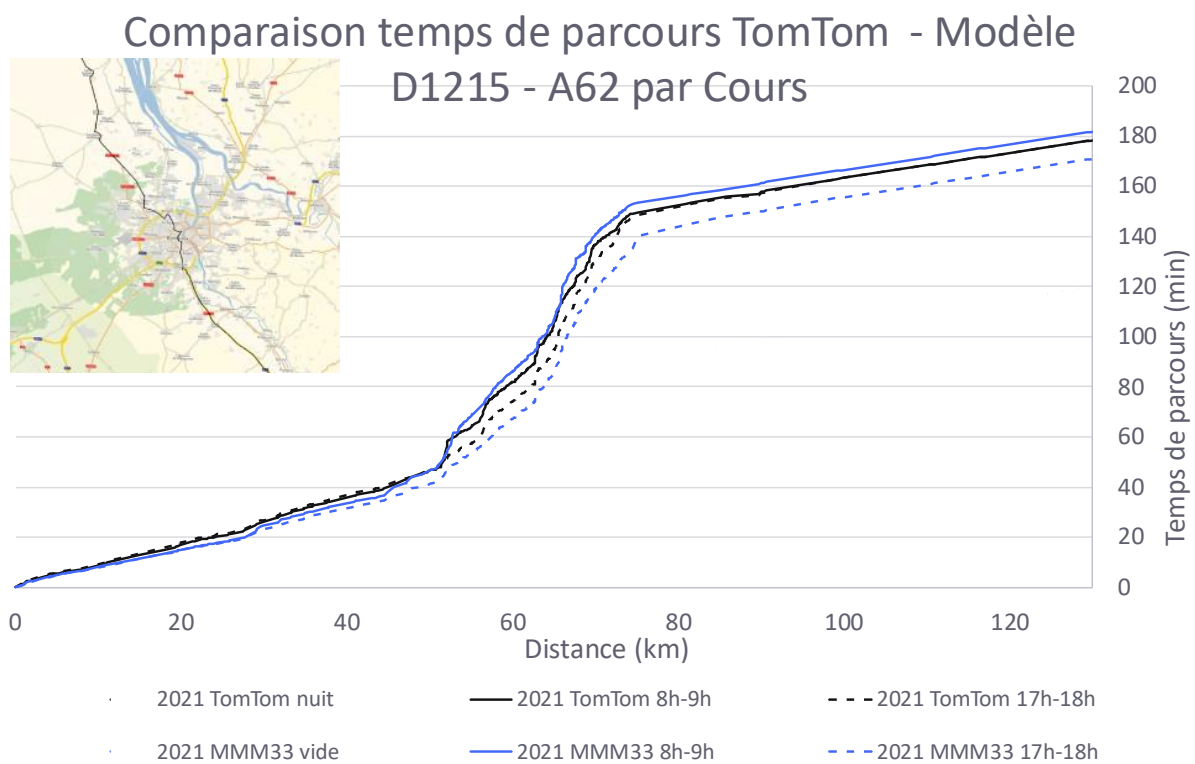
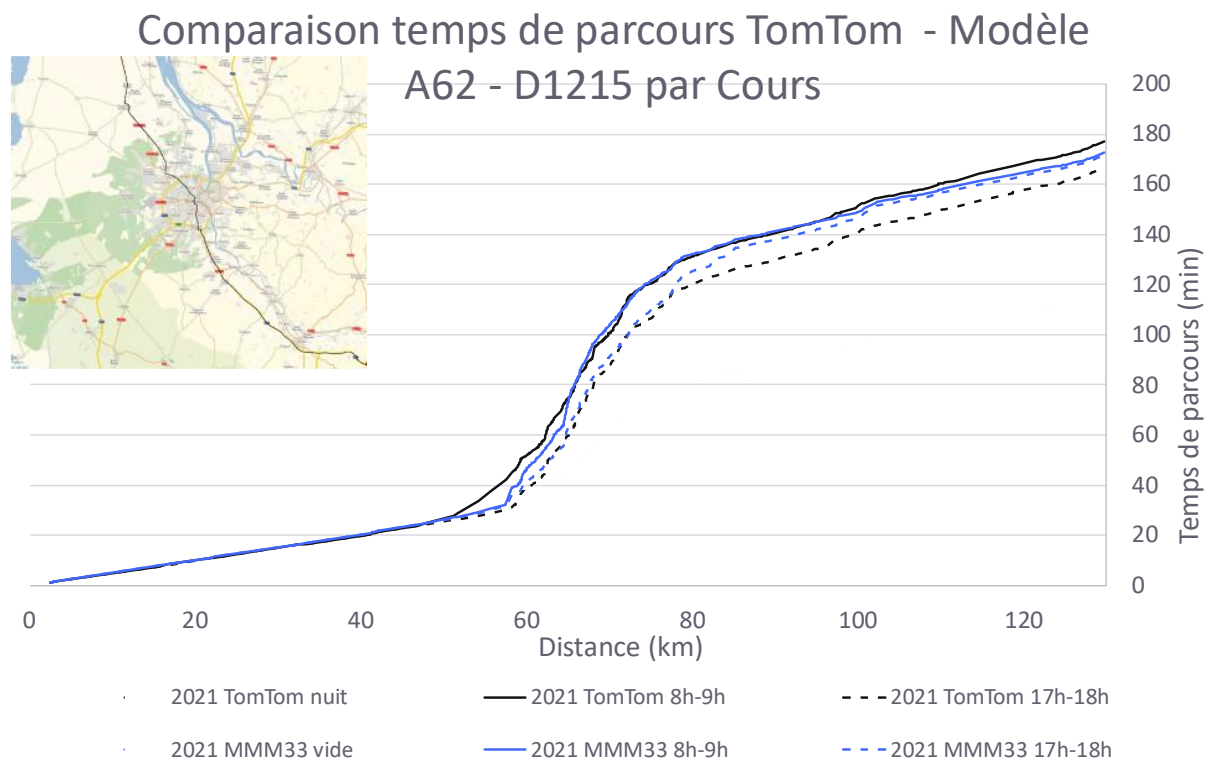


Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle D1010 - A89 par Bvds Nd

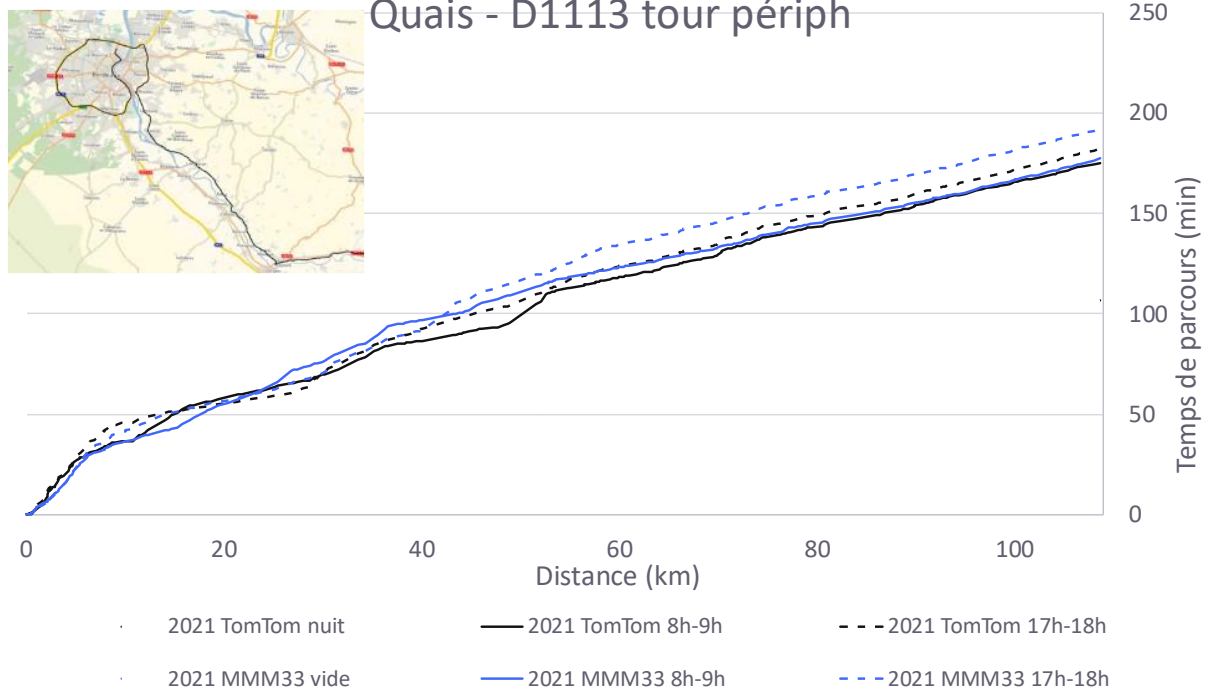


Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle A89 - D1010 par Bvds Nd

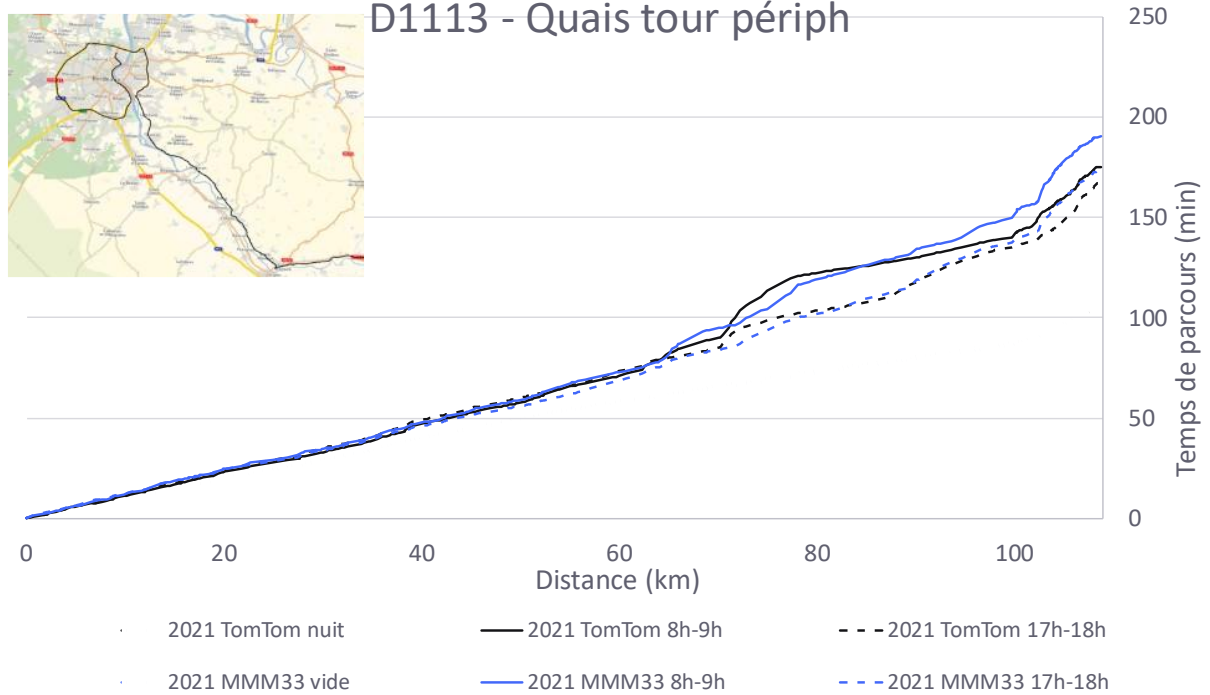




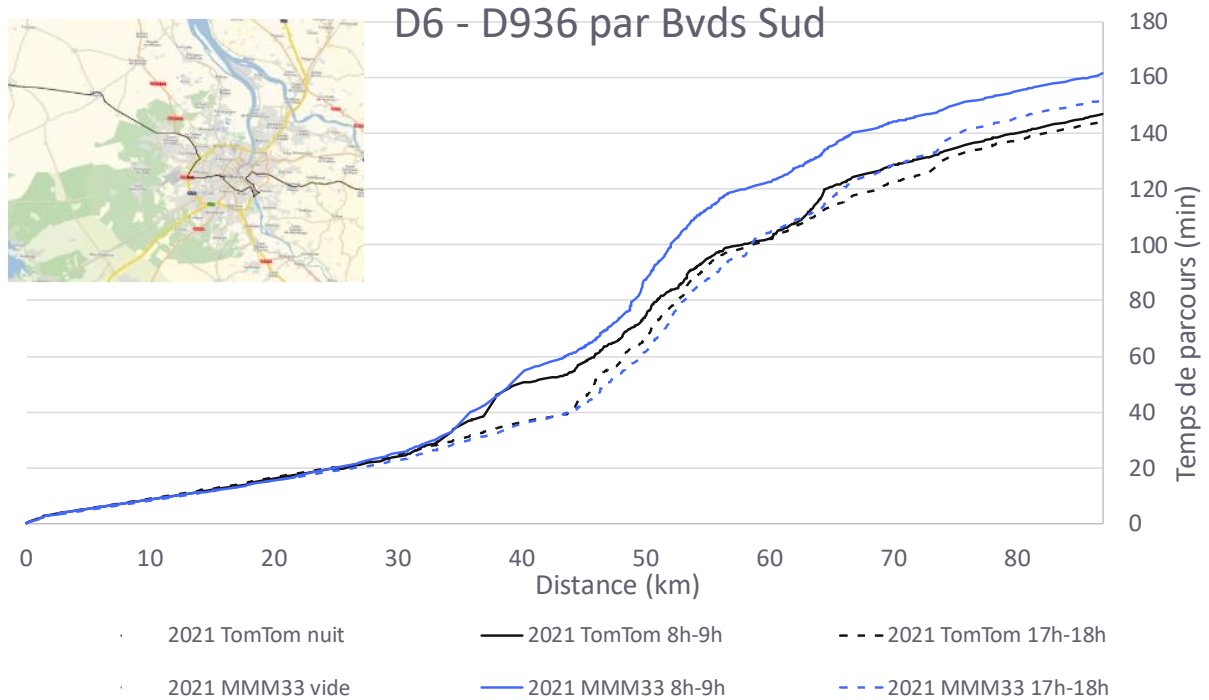
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle Quais - D1113 tour périph



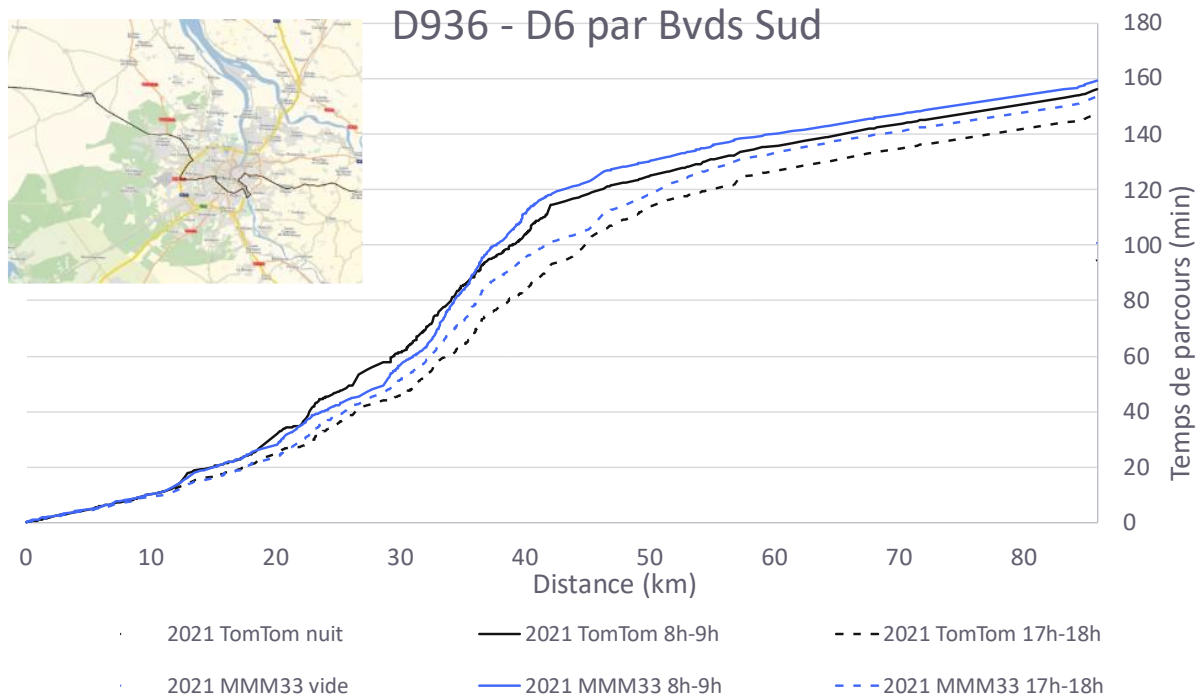
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle D1113 - Quais tour périph



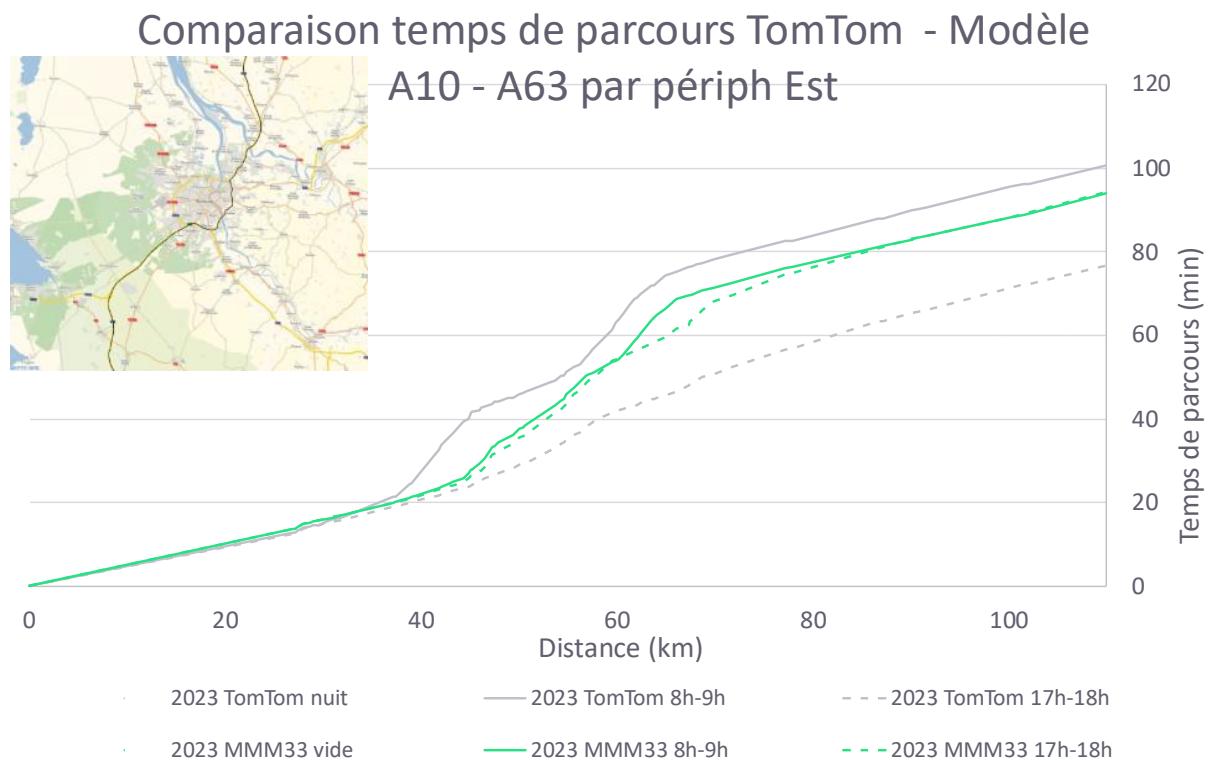
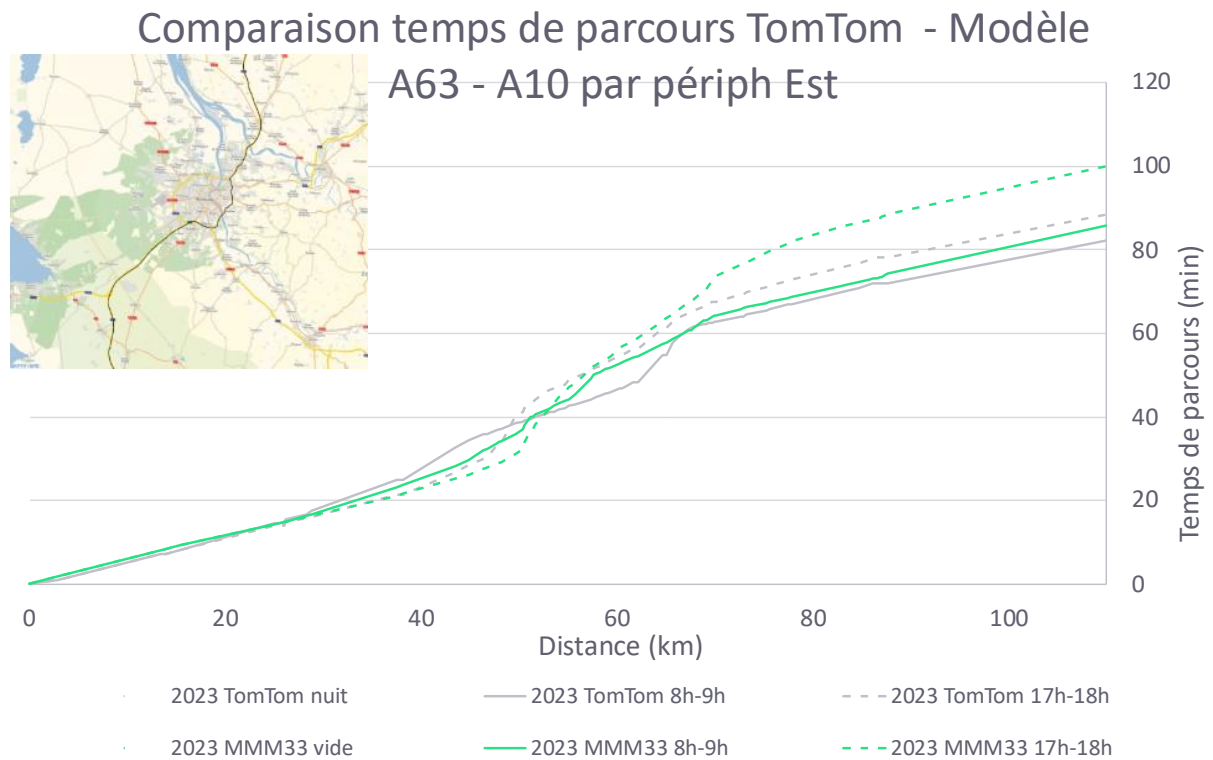
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle D6 - D936 par Bvds Sud



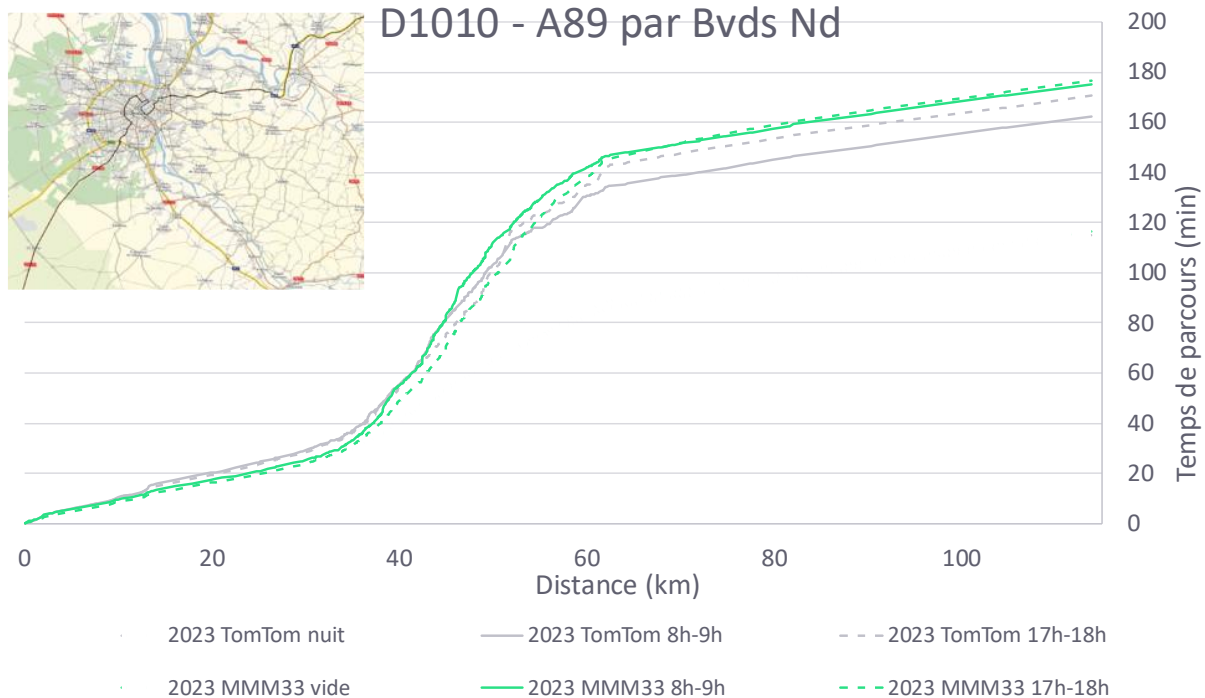
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle D936 - D6 par Bvds Sud



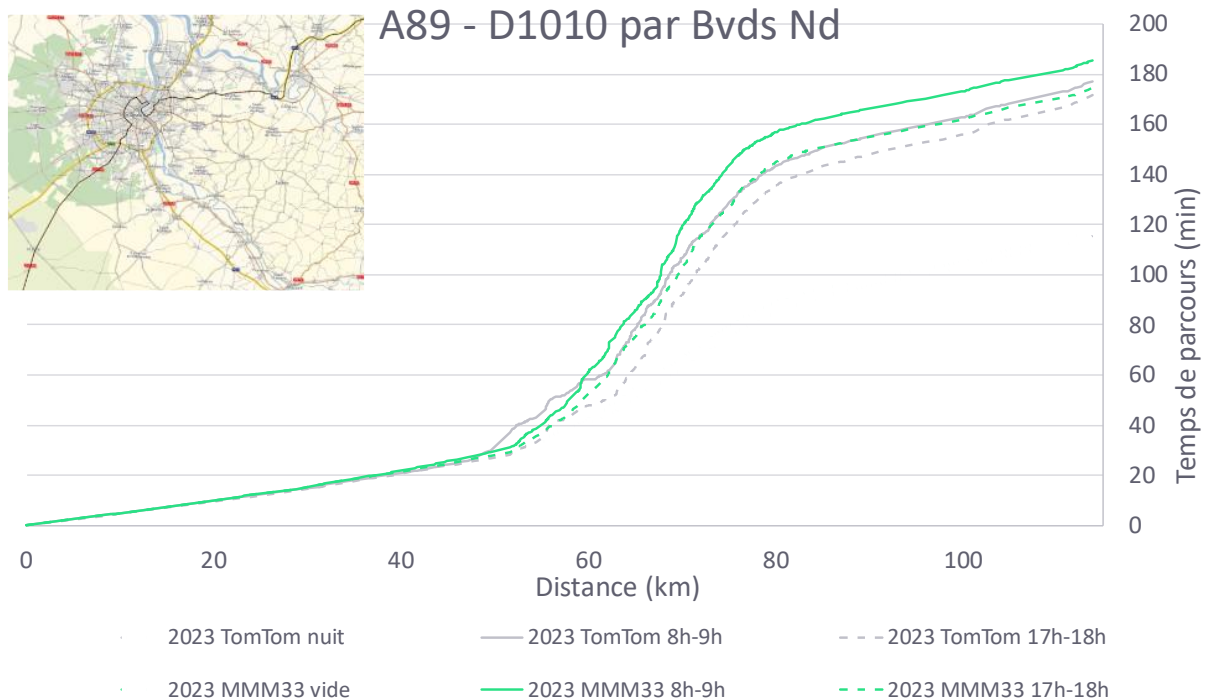
17.15. Temps de parcours 2023 TomTom HPM et HPS (15.2.2 et 15.2.3)



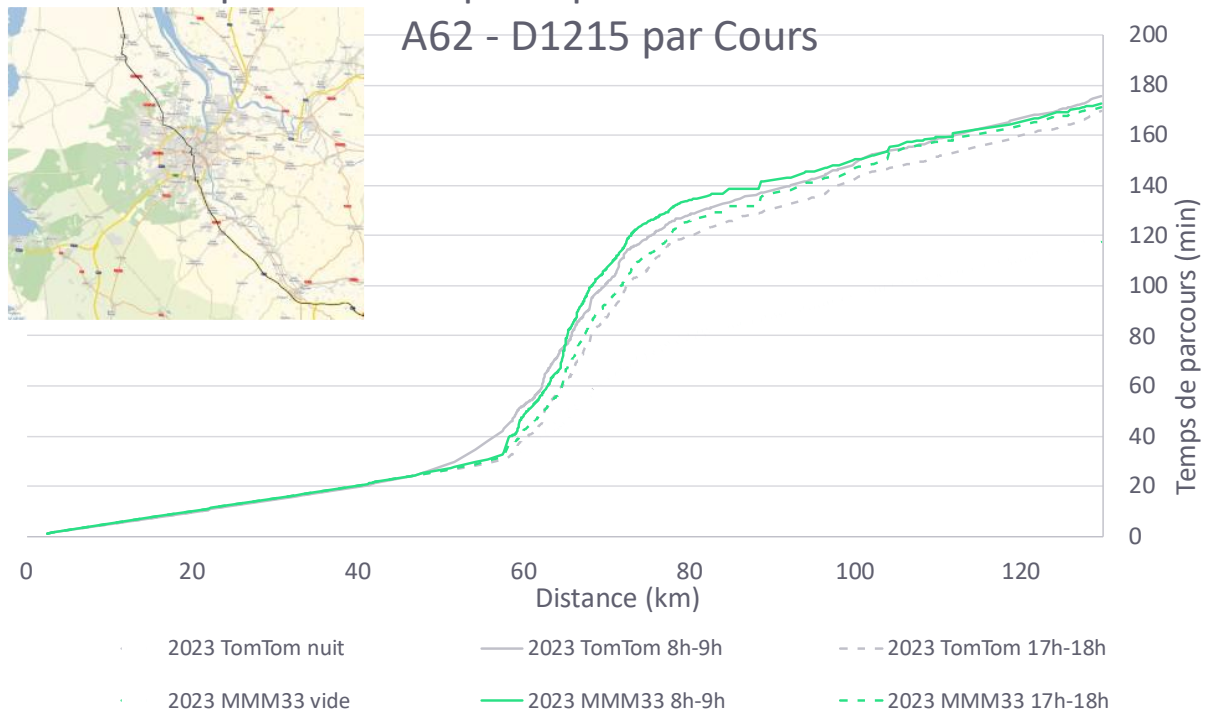
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle D1010 - A89 par Bvds Nd



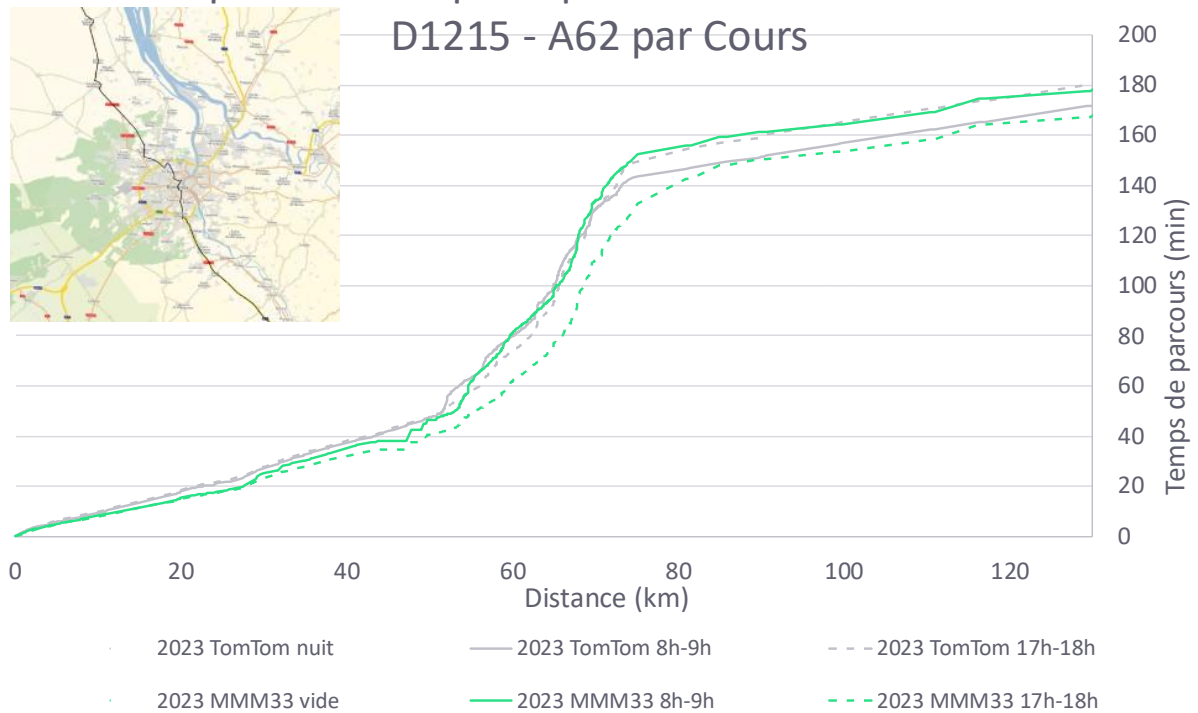
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle A89 - D1010 par Bvds Nd



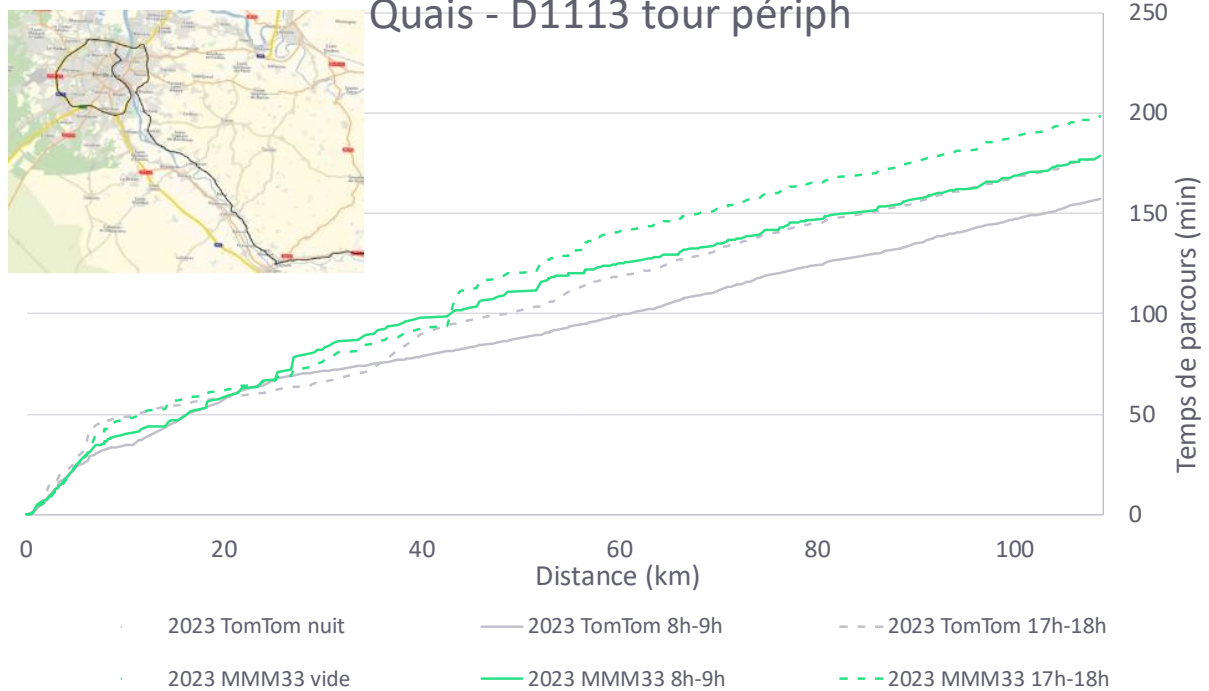
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle A62 - D1215 par Cours



Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle D1215 - A62 par Cours



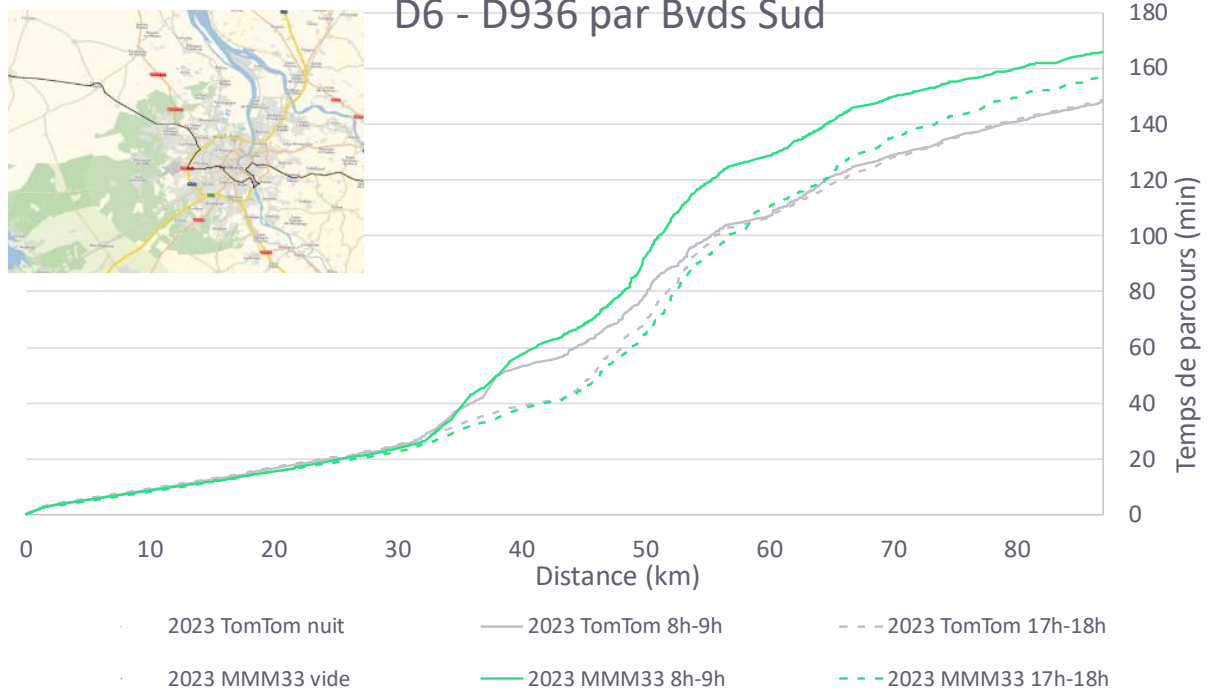
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle Quais - D1113 tour périph



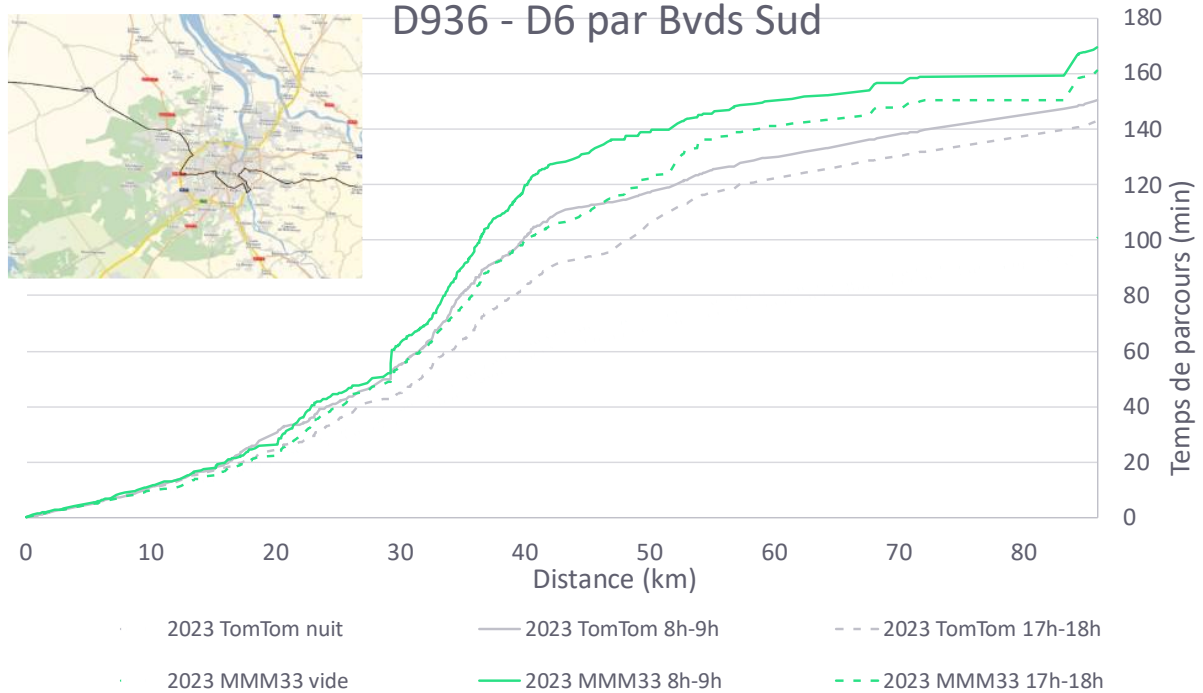
Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle D1113 - Quais tour périph



Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle D6 - D936 par Bvds Sud



Comparaison temps de parcours TomTom - Modèle D936 - D6 par Bvds Sud



17.16. Résultats d'affectation Jour (15.3.1)

Fréquentation Jour Tram	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	303 900	302 200	313 100	340 400	-1 700	+10 900	+27 300	-1%	+4%	+9%
Tram A	95 000	96 700	42 200	45 800	+1 700	-54 500	+3 600	+2%	-56%	+9%
Tram A (sp)			23 700	26 800		+23 700	+3 100			+13%
Tram B	111 400	108 300	107 900	111 200	-3 100	-400	+3 300	-3%	-0%	+3%
Tram C	62 100	59 400	30 900	33 800	-2 700	-28 500	+2 900	-4%	-48%	+9%
Tram D	35 400	37 800	36 900	39 200	+2 400	-900	+2 300	+7%	-2%	+6%
Tram E			37 100	40 500		+37 100	+3 400			+9%
Tram F			34 400	41 100		+34 400	+6 700			+19%
Téléphérique				2 000			+2 000			
Fréquentation Jour BHNS	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	36 000	53 300	166 900	186 900	+17 300	+113 600	+20 000	+48%	+213%	+12%
BHNS G (ex Lianes 03)	14 000	13 400	27 100	27 700	-600	+13 700	+600	-4%	+102%	+2%
BHNS H1			21 600	26 200		+21 600	+4 600			+21%
BHNS H2			26 600	30 800		+26 600	+4 200			+16%
BHNS I (ex Lianes 08)	7 600	6 300	9 900	10 000	-1 300	+3 600	+100	-17%	+57%	+1%
BHNS J (ex Corol 31)	4 100	15 200	36 600	41 000	+11 100	+21 400	+4 400	+271%	+141%	+12%
BHNS K (ex Corol 35)	8 900	12 100	24 200	27 400	+3 200	+12 100	+3 200	+36%	+100%	+13%
BHNS L (ex Corol 39)	1 400	6 300	6 400	7 800	+4 900	+100	+1 400	+350%	+2%	+22%
BHNS M			14 500	16 000		+14 500	+1 500			+10%
Fréquentation Jour Bus Lianes	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	106 300	89 200	60 800	61 800	-17 100	-28 400	+1 000	-16%	-32%	+2%
Lianes 01	19 300	12 700	11 300	11 500	-6 600	-1 400	+200	-34%	-11%	+2%
Lianes 02	5 500	6 200	6 300	6 400	+700	+100	+100	+13%	+2%	+2%
Lianes 04	14 700	5 300			-9 400	-5 300		-64%	-100%	
Lianes 05	9 000	19 200	18 500	18 400	+10 200	-700	-100	+113%	-4%	-1%
Lianes 07	4 900	4 900	4 300	4 600	+0	-600	+300	+0%	-12%	+7%
Lianes 09	14 200	17 600			+3 400	-17 600		+24%	-100%	
Lianes 10	12 700				-12 700			-100%		
Lianes 12	2 400				-2 400			-100%		
Lianes 15	12 500	12 200	11 500	11 500	-300	-700	+0	-2%	-6%	+0%
Lianes 16	11 100	11 100	8 900	9 400	+0	-2 200	+500	+0%	-20%	+6%
Fréquentation Jour Bus Principales et Corol	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	53 800	50 600	42 200	45 800	-3 200	-8 400	+3 600	-6%	-17%	+9%
Principale 20	4 300	9 400	10 200	11 500	+5 100	+800	+1 300	+119%	+9%	+13%
Principale 21	2 700	2 300	1 400	1 500	-400	-900	+100	-15%	-39%	+7%
Principale 22	1 100	1 100	1 000	1 000	+0	-100	+0	+0%	-9%	+0%
Principale 23	2 400	9 000	7 200	7 100	+6 600	-1 800	-100	+275%	-20%	-1%
Principale 24	4 500	5 200	5 000	5 000	+700	-200	+0	+16%	-4%	+0%
Principale 25	100	2 700	1 700	2 500	+2 600	-1 000	+800	+2600%	-37%	+47%
Principale 26	4 900	1 500	1 400	1 500	-3 400	-100	+100	-69%	-7%	+7%
Principale 27	1 700	2 600	1 300	1 400	+900	-1 300	+100	+53%	-50%	+8%
Principale 28	1 400	1 200	1 200	1 800	-200	+0	+600	-14%	+0%	+50%
Principale 29	3 000	1 000	900	1 100	-2 000	-100	+200	-67%	-10%	+22%
Principale 30	3 300	1 100	1 200	1 300	-2 200	+100	+100	-67%	+9%	+8%
Corol 32	4 600	2 800	2 100	2 100	-1 800	-700	+0	-39%	-25%	+0%
Corol 33	2 800	3 700	3 700	4 000	+900	+0	+300	+32%	+0%	+8%
Corol 34	8 300	2 900			-5 400	-2 900		-65%	-100%	
Corol 36	4 800				-4 800			-100%		
Corol 37	1 500	1 300	1 300	1 300	-200	+0	+0	-13%	+0%	+0%
Corol 38	2 400	2 800	2 600	2 700	+400	-200	+100	+17%	-7%	+4%
Fréquentation Jour TER	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	29 900	31 900	42 600	52 100	+2 000	+10 700	+9 500	+7%	+34%	+22%
Axe Arcachon - Bordeaux - Libourne	9 300	9 800	12 400	14 600	+500	+2 600	+2 200	+5%	+27%	+18%
Axe Bordeaux - Le Verdon	1 300	2 200	2 300	2 700	+900	+100	+400	+69%	+5%	+17%
Axe Langon - Bordeaux - Saint-Mariens	4 600	5 300	6 300	8 900	+700	+1 000	+2 600	+15%	+19%	+41%
Axe Angoulême	700	800	800	900	+100	+0	+100	+14%	+0%	+13%
Axe Périgueux - Limoges	4 900	4 800	7 100	8 300	-100	+2 300	+1 200	-2%	+48%	+17%
Axe Sarlat - Bergerac	4 100	4 300	5 100	6 200	+200	+800	+1 100	+5%	+19%	+22%
Axe Agen - Marmande	3 600	3 300	6 400	7 800	-300	+3 100	+1 400	-8%	+94%	+22%
Axe Hendaye - Mont-de-Marsan	1 400	1 400	2 200	2 700	+0	+800	+500	+0%	+57%	+23%

Fréquentation Jour Car Express	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	1 700	3 200	13 800	14 600	+1 500	+10 600	+800	+88%	+331%	+6%
Bordeaux - Blaye		1 400	1 400	600	+1 400	+0	-800		+0%	-57%
Bordeaux - Créon	1 700	1 800	1 700	1 900	+100	-100	+200	+6%	-6%	+12%
Bordeaux - BassinNord			2 300	2 600		+2 300	+300			+13%
Ceinture Sud-Ouest			2 700	3 200		+2 700	+500			+19%
Corridor Médoc			5 700	6 300		+5 700	+600			+11%
Fréquentation Jour Autocars	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	17 200	17 600	15 700	18 000	+400	-1 900	+2 300	+2%	-11%	+15%
201	2 000	2 000	2 300	2 600	+0	+300	+300	+0%	+15%	+13%
202	400	300	300	400	-100	+0	+100	-25%	+0%	+33%
210	0	0	0	0	+0	+0	+0			
212	200	200	200	300	+0	+0	+100	+0%	+0%	+50%
213	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
214	0	0	0	0	+0	+0	+0			
215	0				+0					
281	0				+0					
282	0				+0					
301	1 400	1 400	1 300	1 300	+0	-100	+0	+0%	-7%	+0%
302	600	600	600	600	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
303	100	100	100	200	+0	+0	+100	+0%	+0%	+100%
304	0	0	0	0	+0	+0	+0			
310	300	300	400	400	+0	+100	+0	+0%	+33%	+0%
313	0	0	0	0	+0	+0	+0			
314	0	0	0	0	+0	+0	+0			
315	0	0	0	0	+0	+0	+0			
316	0	0	0	0	+0	+0	+0			
317	0	0	0	0	+0	+0	+0			
318	0	0	0	0	+0	+0	+0			
320	0	0	0	0	+0	+0	+0			
381	0				+0					
382	0				+0					
383	0				+0					
401	200	200	300	300	+0	+100	+0	+0%	+50%	+0%
402	500	500	600	700	+0	+100	+100	+0%	+20%	+17%
403	500	500	800	900	+0	+300	+100	+0%	+60%	+13%
404	300	300	400	500	+0	+100	+100	+0%	+33%	+25%
405	100	100	100	200	+0	+0	+100	+0%	+0%	+100%
406	0	0	0	0	+0	+0	+0			
481	0				+0					
501	1 800	1 900	2 200	2 500	+100	+300	+300	+6%	+16%	+14%
502	600	500	500	600	-100	+0	+100	-17%	+0%	+20%
503	0	0	0	0	+0	+0	+0			
504	100	100	200	200	+0	+100	+0	+0%	+100%	+0%
505	800	900	1 000	1 300	+100	+100	+300	+13%	+11%	+30%
506	200	200	300	400	+0	+100	+100	+0%	+50%	+33%
510	0	0	0	0	+0	+0	+0			
511	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
512	200	200	200	200	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
514	0	0	0	0	+0	+0	+0			
521	0				+0					
581	0				+0					
582	0				+0					
601	1 900	2 000			+100	-2 000		+5%	-100%	
602	400	400	500	600	+0	+100	+100	+0%	+25%	+20%
610	1 300	1 400	1 600	1 800	+100	+200	+200	+8%	+14%	+13%
684	0				+0					
685	0				+0					
701	0	0	0	0	+0	+0	+0			
702	400	500	500	600	+100	+0	+100	+25%	+0%	+20%
703	1 700	1 800			+100	-1 800		+6%	-100%	
704	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
705	600	700	800	900	+100	+100	+100	+17%	+14%	+13%
710	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
711	0	0	0	0	+0	+0	+0			
712	100	0	0	0	-100	+0	+0	-100%		
713	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%

17.17. Résultats d'affectation PPM (15.3.2)

Fréquentation PPM Tram	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	58 600	59 300	59 500	64 700	+700	+200	+5 200	+1%	+0%	+9%
Tram A	18 900	19 500	8 500	9 000	+600	-11 000	+500	+3%	-56%	+6%
Tram A (sp)			4 600	5 400		+4 600	+800			+17%
Tram B	21 100	20 800	20 400	21 000	-300	-400	+600	-1%	-2%	+3%
Tram C	12 000	11 600	5 500	6 000	-400	-6 100	+500	-3%	-53%	+9%
Tram D	6 600	7 400	7 100	7 500	+800	-300	+400	+12%	-4%	+6%
Tram E			7 100	7 700		+7 100	+600			+8%
Tram F			6 300	7 600		+6 300	+1 300			+21%
Téléphérique				500			+500			
Fréquentation PPM BHNS	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	7 100	10 800	36 000	40 200	+3 700	+25 200	+4 200	+52%	+233%	+12%
BHNS G (ex Lianes 03)	2 700	2 700	5 700	5 800	+0	+3 000	+100	+0%	+111%	+2%
BHNS H1			4 700	5 600		+4 700	+900			+19%
BHNS H2			6 000	6 900		+6 000	+900			+15%
BHNS I (ex Lianes 08)	1 600	1 500	2 100	2 200	-100	+600	+100	-6%	+40%	+5%
BHNS J (ex Corol 31)	700	2 900	7 900	8 900	+2 200	+5 000	+1 000	+314%	+172%	+13%
BHNS K (ex Corol 35)	1 800	2 500	5 000	5 500	+700	+2 500	+500	+39%	+100%	+10%
BHNS L (ex Corol 39)	300	1 200	1 200	1 500	+900	+0	+300	+300%	+0%	+25%
BHNS M			3 400	3 800		+3 400	+400			+12%
Fréquentation PPM Bus Lianes	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	19 800	17 000	10 900	10 900	-2 800	-6 100	+0	-14%	-36%	+0%
Lianes 01	3 600	2 600	2 200	2 200	-1 000	-400	+0	-28%	-15%	+0%
Lianes 02	900	1 100	1 000	1 000	+200	-100	+0	+22%	-9%	+0%
Lianes 04	2 600	1 100			-1 500	-1 100		-58%	-100%	
Lianes 05	1 800	3 400	3 400	3 300	+1 600	+0	-100	+89%	+0%	-3%
Lianes 07	1 200	1 000	900	900	-200	-100	+0	-17%	-10%	+0%
Lianes 09	2 800	3 800			+1 000	-3 800		+36%	-100%	
Lianes 10	2 500				-2 500			-100%		
Lianes 12	300				-300			-100%		
Lianes 15	2 000	2 000	1 900	1 900	+0	-100	+0	+0%	-5%	+0%
Lianes 16	2 100	2 000	1 500	1 600	-100	-500	+100	-5%	-25%	+7%
Fréquentation PPM Bus Principales et Corol	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	10 100	9 100	7 200	7 700	-1 000	-1 900	+500	-10%	-21%	+7%
Principale 20	700	1 600	1 700	1 900	+900	+100	+200	+129%	+6%	+12%
Principale 21	500	500	200	200	+0	-300	+0	+0%	-60%	+0%
Principale 22	300	200	200	200	-100	+0	+0	-33%	+0%	+0%
Principale 23	500	1 400	1 000	1 000	+900	-400	+0	+180%	-29%	+0%
Principale 24	800	1 000	1 000	1 000	+200	+0	+0	+25%	+0%	+0%
Principale 25	0	500	300	500	+500	-200	+200		-40%	+67%
Principale 26	1 000	200	200	200	-800	+0	+0	-80%	+0%	+0%
Principale 27	300	500	200	200	+200	-300	+0	+67%	-60%	+0%
Principale 28	300	300	200	300	+0	-100	+100	+0%	-33%	+50%
Principale 29	600	200	200	200	-400	+0	+0	-67%	+0%	+0%
Principale 30	600	200	200	200	-400	+0	+0	-67%	+0%	+0%
Corol 32	700	500	300	300	-200	-200	+0	-29%	-40%	+0%
Corol 33	600	600	600	600	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
Corol 34	1 300	400			-900	-400		-69%	-100%	
Corol 36	900				-900			-100%		
Corol 37	400	300	300	300	-100	+0	+0	-25%	+0%	+0%
Corol 38	600	700	600	600	+100	-100	+0	+17%	-14%	+0%
Fréquentation PPM TER	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	6 500	6 900	9 100	11 000	+400	+2 200	+1 900	+6%	+32%	+21%
Axe Arcachon - Bordeaux - Libourne	2 000	2 100	2 500	2 900	+100	+400	+400	+5%	+19%	+16%
Axe Bordeaux - Le Verdon	200	400	400	500	+200	+0	+100	+100%	+0%	+25%
Axe Langon - Bordeaux - Saint-Mariens	1 100	1 100	1 400	1 800	+0	+300	+400	+0%	+27%	+29%
Axe Angoulême	300	300	300	300	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
Axe Périgueux - Limoges	1 000	1 000	1 600	1 900	+0	+600	+300	+0%	+60%	+19%
Axe Sarlat - Bergerac	800	800	1 000	1 200	+0	+200	+200	+0%	+25%	+20%
Axe Agen - Marmande	800	900	1 400	1 800	+100	+500	+400	+13%	+56%	+29%
Axe Hendaye - Mont-de-Marsan	300	300	500	600	+0	+200	+100	+0%	+67%	+20%

Fréquentation PPM Car Express	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	300	600	2 900	3 200	+300	+2 300	+300	+100%	+383%	+10%
Bordeaux - Blaye		300	200	100	+300	-100	-100		-33%	-50%
Bordeaux - Créon	300	300	300	300	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
Bordeaux - BassinNord			500	600		+500	+100			+20%
Ceinture Sud-Ouest			600	700		+600	+100			+17%
Corridor Médoc			1 300	1 500		+1 300	+200			+15%
Fréquentation PPM Autocars	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	2 200	2 300	1 800	2 100	+100	-500	+300	+5%	-22%	+17%
201	300	300	300	300	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
202	0	0	100	100	+0	+100	+0			+0%
210	0	0	0	0	+0	+0	+0			
212	0	0	0	0	+0	+0	+0			
213	0	0	0	0	+0	+0	+0			
214	0	0	0	0	+0	+0	+0			
215	0				+0					
281	0				+0					
282	0				+0					
301	200	200	100	100	+0	-100	+0	+0%	-50%	+0%
302	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
303	0	0	0	0	+0	+0	+0			
304	0	0	0	0	+0	+0	+0			
310	0	0	0	0	+0	+0	+0			
313	0	0	0	0	+0	+0	+0			
314	0	0	0	0	+0	+0	+0			
315	0	0	0	0	+0	+0	+0			
316	0	0	0	0	+0	+0	+0			
317	0	0	0	0	+0	+0	+0			
318	0	0	0	0	+0	+0	+0			
320	0	0	0	0	+0	+0	+0			
381	0				+0					
382	0				+0					
383	0				+0					
401	0	0	0	0	+0	+0	+0			
402	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
403	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
404	0	0	100	100	+0	+100	+0			+0%
405	0	0	0	0	+0	+0	+0			
406	0	0	0	0	+0	+0	+0			
481	0				+0					
501	200	200	200	300	+0	+0	+100	+0%	+0%	+50%
502	100	100	0	100	+0	-100	+100	+0%	-100%	
503	0	0	0	0	+0	+0	+0			
504	0	0	0	0	+0	+0	+0			
505	100	200	200	200	+100	+0	+0	+100%	+0%	+0%
506	0	0	0	100	+0	+0	+100			
510	0	0	0	0	+0	+0	+0			
511	0	0	0	0	+0	+0	+0			
512	0	0	0	0	+0	+0	+0			
514	0	0	0	0	+0	+0	+0			
521	0				+0					
581	0				+0					
582	0				+0					
601	300	300			+0	-300		+0%	-100%	
602	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
610	200	200	200	200	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
684	0				+0					
685	0				+0					
701	0	0	0	0	+0	+0	+0			
702	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
703	200	200			+0	-200		+0%	-100%	
704	0	0	0	0	+0	+0	+0			
705	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
710	0	0	0	0	+0	+0	+0			
711	0	0	0	0	+0	+0	+0			
712	0	0	0	0	+0	+0	+0			
713	0	0	0	0	+0	+0	+0			

17.18. Résultats d'affectation PPS (15.3.3)

Fréquentation PPS Tram	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	99 800	98 800	101 400	109 100	-1 000	-29 500	+7 700	-1%	-30%	+8%
Tram A	32 900	33 700	15 400	16 500	+800	-18 300	+1 100	+2%	-54%	+7%
Tram A (sp)			7 500	8 100			+600			+8%
Tram B	34 000	31 200	31 000	31 900	-2 800	-200	+900	-8%	-1%	+3%
Tram C	21 100	20 500	9 200	10 000	-600	-11 300	+800	-3%	-55%	+9%
Tram D	11 800	13 400	13 700	14 400	+1 600	+300	+700	+14%	+2%	+5%
Tram E			14 300	15 200			+900			+6%
Tram F			10 300	12 000			+1 700			+17%
Téléphérique			0	1 000			+1 000			
Fréquentation PPS BHNS	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	10 100	15 100	49 800	55 100	+5 000	+14 300	+5 300	+50%	+95%	+11%
BHNS G (ex Lianes 03)	4 300	4 200	8 100	8 300	-100	+3 900	+200	-2%	+93%	+2%
BHNS H1			7 100	8 400			+1 300			+18%
BHNS H2			8 700	9 900			+1 200			+14%
BHNS I (ex Lianes 08)	1 700	1 300	2 200	2 200	-400	+900	+0	-24%	+69%	+0%
BHNS J (ex Corol 31)	1 000	4 400	10 400	11 500	+3 400	+6 000	+1 100	+340%	+136%	+11%
BHNS K (ex Corol 35)	2 600	3 300	6 500	7 400	+700	+3 200	+900	+27%	+97%	+14%
BHNS L (ex Corol 39)	500	1 900	2 200	2 500	+1 400	+300	+300	+280%	+16%	+14%
BHNS M			4 600	4 900			+300			+7%
Fréquentation PPS Bus Lianes	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	30 600	25 100	16 800	17 000	-800	-1 600	+200	-3%	-6%	+1%
Lianes 01	5 100	3 400	3 200	3 200	-1 700	-200	+0	-33%	-6%	+0%
Lianes 02	1 700	1 700	1 600	1 600	+0	-100	+0	+0%	-6%	+0%
Lianes 04	3 800	1 700			-2 100			-55%		
Lianes 05	2 800	4 800	4 800	4 800	+2 000	+0	+0	+71%	+0%	+0%
Lianes 07	1 500	1 500	1 200	1 300	+0	-300	+100	+0%	-20%	+8%
Lianes 09	4 300	5 000			+700			+16%		
Lianes 10	4 000									
Lianes 12	700									
Lianes 15	3 300	3 500	3 200	3 200	+200	-300	+0	+6%	-9%	+0%
Lianes 16	3 400	3 500	2 800	2 900	+100	-700	+100	+3%	-20%	+4%
Fréquentation PPS Bus Principales et Corol	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	15 000	13 400	11 200	12 100	+0	-1 500	+900	+0%	-11%	+8%
Principale 20	1 300	2 200	2 400	2 600	+900	+200	+200	+69%	+9%	+8%
Principale 21	800	700	300	300	-100	-400	+0	-13%	-57%	+0%
Principale 22	200	200	200	200	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
Principale 23	600	2 200	1 700	1 700	+1 600	-500	+0	+267%	-23%	+0%
Principale 24	900	1 000	1 000	1 000	+100	+0	+0	+11%	+0%	+0%
Principale 25	0	800	600	900	+800	-200	+300		-25%	+50%
Principale 26	1 400	300	300	300	-1 100	+0	+0	-79%	+0%	+0%
Principale 27	500	800	400	400	+300	-400	+0	+60%	-50%	+0%
Principale 28	400	400	400	600	+0	+0	+200	+0%	+0%	+50%
Principale 29	700	200	200	300	-500	+0	+100	-71%	+0%	+50%
Principale 30	1 000	400	500	500	-600	+100	+0	-60%	+25%	+0%
Corol 32	1 500	900	600	600	-600	-300	+0	-40%	-33%	+0%
Corol 33	900	1 300	1 300	1 400	+400	+0	+100	+44%	+0%	+8%
Corol 34	2 000	700			-1 300			-65%		
Corol 36	1 600									
Corol 37	500	400	500	500	-100	+100	+0	-20%	+25%	+0%
Corol 38	700	900	800	800	+200	-100	+0	+29%	-11%	+0%
Fréquentation PPS TER	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	10 300	11 000	14 100	16 800	+700	+3 100	+2 700	+7%	+28%	+19%
Axe Arcachon - Bordeaux - Libourne	3 200	3 300	3 900	4 500	+100	+600	+600	+3%	+18%	+15%
Axe Bordeaux - Le Verdon	400	600	700	800	+200	+100	+100	+50%	+17%	+14%
Axe Langon - Bordeaux - Saint-Mariens	1 400	1 800	1 700	2 400	+400	-100	+700	+29%	-6%	+41%
Axe Angoulême	300	300	300	300	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
Axe Périgueux - Limoges	1 800	1 800	2 500	2 900	+0	+700	+400	+0%	+39%	+16%
Axe Sarlat - Bergerac	1 400	1 500	1 900	2 300	+100	+400	+400	+7%	+27%	+21%
Axe Agen - Marmande	1 200	900	2 100	2 400	-300	+1 200	+300	-25%	+133%	+14%
Axe Hendaye - Mont-de-Marsan	600	800	1 000	1 200	+200	+200	+200	+33%	+25%	+20%

Fréquentation PPS Car Express	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	400	800	3 800	3 900	+0	+0	+100	+0%	+0%	+3%
Bordeaux - Blaye		400	400	200		+0	-200		+0%	-50%
Bordeaux - Créon	400	400	400	400	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
Bordeaux - BassinNord			600	700			+100			+17%
Ceinture Sud-Ouest			800	900			+100			+13%
Corridor Médoc			1 600	1 700			+100			+6%
Fréquentation PPS Autocars	Calage 2021	Actuel 2023	Prospectif 2030	Prospectif 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040	2021 à 2023	2023 à 2030	2030 à 2040
Total	4 200	4 400	4 000	4 500	+200	+600	+500	+5%	+14%	+13%
201	500	600	600	700	+100	+0	+100	+20%	+0%	+17%
202	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
210	0	0	0	0	+0	+0	+0			
212	0	0	0	0	+0	+0	+0			
213	0	0	0	0	+0	+0	+0			
214	0	0	0	0	+0	+0	+0			
215	0									
281	0									
282	0									
301	400	400	400	400	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
302	200	200	200	200	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
303	0	0	0	0	+0	+0	+0			
304	0	0	0	0	+0	+0	+0			
310	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
313	0	0	0	0	+0	+0	+0			
314	0	0	0	0	+0	+0	+0			
315	0	0	0	0	+0	+0	+0			
316	0	0	0	0	+0	+0	+0			
317	0	0	0	0	+0	+0	+0			
318	0	0	0	0	+0	+0	+0			
320	0	0	0	0	+0	+0	+0			
381	0									
382	0									
383	0									
401	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
402	100	100	200	200	+0	+100	+0	+0%	+100%	+0%
403	100	100	200	200	+0	+100	+0	+0%	+100%	+0%
404	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
405	0	0	0	100	+0	+0	+100			
406	0	0	0	0	+0	+0	+0			
481	0									
501	500	500	600	600	+0	+100	+0	+0%	+20%	+0%
502	200	100	100	200	-100	+0	+100	-50%	+0%	+100%
503	0	0	0	0	+0	+0	+0			
504	0	0	0	0	+0	+0	+0			
505	200	200	300	300	+0	+100	+0	+0%	+50%	+0%
506	0	0	100	100	+0	+100	+0			
510	0	0	0	0	+0	+0	+0			
511	0	0	0	0	+0	+0	+0			
512	0	0	100	100	+0	+100	+0			+0%
514	0	0	0	0	+0	+0	+0			
521	0									
581	0									
582	0									
601	500	500			+0			+0%		
602	100	100	100	200	+0	+0	+100	+0%	+0%	+100%
610	300	400	400	400	+100	+0	+0	+33%	+0%	+0%
684	0									
685	0									
701	0	0	0	0	+0	+0	+0			
702	100	100	100	100	+0	+0	+0	+0%	+0%	+0%
703	400	500			+100			+25%		
704	0	0	0	0	+0	+0	+0			
705	200	200	200	300	+0	+0	+100	+0%	+0%	+50%
710	0	0	0	0	+0	+0	+0			
711	0	0	0	0	+0	+0	+0			
712	0	0	0	0	+0	+0	+0			
713	0	0	0	0	+0	+0	+0			