

Évaluation comparative des coûts totaux des déplacements selon le mode de transport utilisé sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Québec

**Marion Voisin
Jean Dubé
Leandro C. Coelho**

Décembre 2023

Document de travail également publié par la Faculté des sciences de l'administration de l'Université Laval, sous le numéro FSA-2023-009

Bureau de Montréal

Université de Montréal
C.P. 6128, succ. Centre-Ville
Montréal (Québec) H3C 3J7
Tél : 1-514-343-7575
Télécopie : 1-514-343-7121

Bureau de Québec

Université Laval,
2325, rue de la Terrasse
Pavillon Palais-Prince, local 2415
Québec (Québec) G1V 0A6
Tél : 1-418-656-2073
Télécopie : 1-418-656-2624

Évaluation comparative des coûts totaux des déplacements selon le mode de transport utilisé sur le territoire de la communauté métropolitaine de Québec

Marion Voisin¹, Jean Dubé¹, Leandro C. Coelho^{2,*}

1. Aménagement du Territoire et Développement Régional
2. Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT) et Département des opérations et des systèmes décisionnels, Faculté des sciences de l'administration, Université Laval

Résumé. Le déplacement des personnes en milieu urbain représente un défi important qui n'est pas sans impacts sociaux. Les habitudes de déplacements des individus sont liées à des coûts externes qui ne sont pas assumés par les utilisateurs. Le but de cette recherche est d'évaluer les coûts totaux liés aux déplacements sur le territoire de la communauté métropolitaine de Québec (CMQ). La décomposition des coûts est basée sur trois composantes : les coûts internes, les coûts indirects et les coûts cachés. Les coûts directs comprennent la partie assumée par les individus. Les coûts indirects représentent les différentes composantes qui sont prises en charge par la collectivité de contribuables et par les autorités responsables des infrastructures. Les coûts cachés représentent l'ensemble des externalités générées par les déplacements. Les résultats suggèrent que lorsqu'un individu paie 1\$ pour un déplacement en voiture, la société paie l'équivalent de 5,77\$. Les coûts non financés en autobus sont 5,5 fois plus faibles que la voiture, alors qu'ils sont 6 fois plus faibles pour le mode marche et 11 fois plus faibles pour le mode vélo.

Mots clés: coûts de transport, externalités, coûts sociaux des transports, évaluation des coûts.

Remerciements. Cette étude a été réalisée via un partenariat entre la faculté des Sciences de l'Administration et la Faculté d'Aménagement, d'Architecture, d'Art et de Design de l'Université Laval. Nous remercions les organismes associés pour les données communiquées ainsi que leur accompagnement dans ce projet complexe : le Ministère des Transports du Québec, le Réseau de Transport de la Capitale (RTC), la Société de Transport de Lévis (STLévis), le Transport Collectif de la Jacques-Cartier (TCJC) et le PLUMobile ainsi que l'agglomération de Québec, la ville de Lévis et les Municipalités des MRC de la CMQ : la MRC de la Jacques-Cartier (MRC-JC), la MRC de la Côte-de-Beaupré (MRC-CB) et la MRC de l'Île-d'Orléans (MRC-ÎO). Nous remercions également Jonathan Ouellet (Finances), Sylvain Déry (ENAP-Ville de Shannon) et Clémence Stanley (Université McGill) pour leur aide dans la compréhension des états financiers des municipalités.

Results and views expressed in this publication are the sole responsibility of the authors and do not necessarily reflect those of CIRRELT.

Les résultats et opinions contenus dans cette publication ne reflètent pas nécessairement la position du CIRRELT et n'engagent pas sa responsabilité.

* Auteur correspondant: leandro.coelho@fsa.ulaval.ca

Table des matières

Remerciements.....	10
I. Introduction	11
A. Méthodologie : construction des trois composantes du coût total	15
1. Historique de la méthode utilisée.....	15
2. Approche retenue	16
3. Données utilisées.....	20
B. Profils de mobilité	21
II. Coût d'utilisation du mode Auto.....	24
A. Coûts internes utilisateurs : possession et utilisation - mode Auto.....	24
1. Coûts internes annuels de possession – mode Auto.....	25
2. Coûts internes annuels d'utilisation – mode Auto	25
3. Coût du temps de déplacement – mode Auto.....	25
4. Coûts fixes de stationnement, par déplacement– mode Auto	27
B. Coûts indirects payeurs - mode Auto	30
1. Budgets alloués à la construction et l'entretien des réseaux routiers.....	30
2. Coûts indirects pour les réseaux routiers municipal et provincial	31
C. Coûts cachés payeurs - mode Auto	33
1. Pollution : émissions de GES - mode Auto.....	33
2. Bruit - mode Auto	45
3. Temps perdu dans la congestion - mode Auto	50
4. Accident - mode Auto	55
5. Emprise spatiale - mode Auto	56
6. Santé – mode Auto	59
7. Conclusion sur le coût total du km parcouru en mode Auto.....	60
III. Coût d'utilisation du mode Bus.....	62

A.	Coûts internes utilisateurs - mode Bus.....	69
B.	Coûts indirects payeurs - mode Bus.....	72
C.	Coûts cachés payeurs - mode Bus.....	72
1.	Pollution : émissions de GES – mode Bus.....	72
2.	Bruit - mode Bus.....	80
3.	Temps perdu dans la congestion – mode Bus.....	84
4.	Accident – mode Bus.....	89
5.	Emprise spatiale – Mode Bus.....	89
6.	Santé - mode Bus.....	90
7.	Conclusion sur le coût total du km parcouru en mode Bus.....	92
8.	Coût de la congestion dans la CMQ – Auto et Bus.....	92
IV.	Coût d’utilisation du mode Marche.....	95
A.	Coûts internes utilisateurs – mode Marche.....	95
B.	Coûts indirects payeurs – mode Marche.....	98
C.	Coûts cachés payeurs – mode Marche.....	99
1.	Accident – mode Marche.....	99
2.	Emprise spatiale – mode Marche.....	100
3.	Santé – mode Marche.....	101
4.	Conclusion sur le coût total d’un km parcouru en mode Marche.....	102
V.	Coût d’utilisation du mode Vélo.....	104
A.	Coûts internes utilisateurs – mode Vélo.....	105
B.	Coûts indirects payeurs – mode Vélo.....	107
C.	Coûts cachés payeurs – mode Vélo.....	109
1.	Accident – mode Vélo.....	109
2.	Emprise spatiale – mode Vélo.....	110
3.	Santé – mode Vélo.....	111

4.	Conclusion sur le coût total du km parcouru en mode Vélo	112
VI.	Indicateurs de durabilité des mobilités par profil.....	114
1.	Indicateur de la durabilité économique de la mobilité	115
2.	Indicateur de durabilité environnementale de la mobilité.....	117
3.	Indicateur de durabilité sociétale de la mobilité.....	117
4.	Indicateurs par territoire	118
VII.	Conclusion.....	123
A.	Coût pour la collectivité, coût pour l'utilisateur	124
B.	Composition du coût total	124
C.	Qui utilise et qui paie pour l'utilisation ?.....	126
D.	Quelle durabilité dans la mobilité de la CMQ ?.....	127
VIII.	Références	131
IX.	Annexes	133
E.	Annexe A : Fiches synthèses des coûts totaux 2017.....	134
1.	Communauté métropolitaine de Québec	135
2.	Agglomération de Québec.....	141
3.	Ville de Lévis	146
4.	MRC de la Jacques-Cartier	150
5.	MRC de la Côte-de-Beaupré.....	154
6.	MRC de l'Île-d'Orléans	158
F.	Annexe B : profils de mobilité – catégories des variables utilisées.....	161
G.	Annexe C : Longueurs du réseau routier par gestionnaire, réseau complet et réseau utilisé par les simulations Auto	162
H.	Annexe D : Longueurs des réseaux routiers retenues pour l'usage du mode Auto – une fois les km de voies bus et voies cyclables déduites, par gestionnaire.....	163
I.	Annexe E : Budgets alloués pour les réseaux routiers par gestionnaire – 2017 et coûts par km (pour les largeurs de voie utilisées dans l'étude).....	164

J.	Annexe F : Coûts au km, par type de voie, en \$	165
K.	Annexe G : Superficie des municipalités, prix total des terrains et prix du foncier au km ²	165
L.	Annexe H : Temps moyen de déplacement déclaré dans l’EOD2017, temps d’accès et de sortie du réseau, temps de parcours estimé, distance estimée.....	166
M.	Annexe I : Budgets municipaux estimés dédiés au transport collectif (TC), fréquentation théorique estimée des véhicules TC et répartition par municipalité des dépenses des quatre AOT, selon la fréquentation théorique, 2017.....	167
N.	Annexe J : Distances moyennes estimées pour accéder au réseau et sortir du réseau de bus et coûts des bénéficiaires de marcher de l’origine à l’arrêt de bus le plus proche, par municipalité..	168
O.	Annexe K : Km annuels parcourus par les personnes, par mode, par municipalité.....	169
P.	Annexe L : Longueurs de réseau de voies cyclables, par type et par municipalité.	170
Q.	Annexe M : Cartes du coût total Auto et Bus, en IPJ	171

Liste des tableaux

Tableau 1: Variables utilisées dans l'estimation du coût total - Auto	24
Tableau 2 : Coûts annuels de propriété et de fonctionnement - mode Auto.....	25
Tableau 3 : Valeur du temps par profil - Tous les modes.....	27
Tableau 4 : Coût de construction au km et largeur de route, par type de route	31
Tableau 5 : Coût indirect, en \$ par km parcouru – mode Auto	32
Tableau 6 : Émissions de GES en t CO ₂ e, par année - mode Auto.....	34
Tableau 7 : Coût annuel des émissions de GES, en \$ - mode Auto.....	39
Tableau 8 : Réseau routier congestionné en PPAM - mode Auto	40
Tableau 9 : Coût annuel des émissions de GES PPAM et PPPM – mode Auto.....	42
Tableau 10 : Coûts de la pollution par km-véhicule, en \$ - mode Auto	43
Tableau 11 : Coûts au km par personne, en \$ - mode Auto.....	44
Tableau 12 : Paramètres des coûts du bruit au km-véhicule - mode Auto	45
Tableau 13 : Coûts annuels du bruit par période - mode Auto	46
Tableau 14 : Coûts cachés du bruit, en \$ par km parcouru par personne - mode Auto	49
Tableau 15 : Temps perdu dans la congestion PPAM, en heures – mode Auto	50
Tableau 16 : Coût annuel du temps perdu par profil, en \$ - mode Auto	51
Tableau 17 : Coût caché du retard, en \$ par km parcouru par personne - mode Auto	52
Tableau 18 : Coût caché des accidents, en \$ par km parcouru-- mode Auto	56
Tableau 19 : Emprise spatiale (ES).....	57
Tableau 20 : Superficie ES-Auto et % ES - mode Auto.....	58
Tableau 21 : Coût annuel de l'ES et coût caché, en \$ par km parcouru par personne - mode Auto	59
Tableau 22 : Variables utilisées dans l'estimation du coût total - Bus	62
Tableau 23 : Vitesses - mode Bus.....	66
Tableau 24 : Temps et distances moyens de déplacement par AOT - mode Bus.....	67
Tableau 25 : Coût utilisateur par AOT- mode Bus.....	70
Tableau 26 : Paramètre des coûts internes Santé, en \$ par km parcouru- mode Bus	71
Tableau 27 : Coûts (bénéfices) annuels internes utilisateurs Santé - mode Bus.....	71
Tableau 28 : Coût payeur par AOT- mode Bus	72
Tableau 29 : Émissions annuelles de GES en t CO ₂ e - mode Bus	73
Tableau 30 : Coût annuel des émissions de GES, en \$ - mode Bus	74

Tableau 31 : Réseau routier congestionné en PPAM - mode Bus	75
Tableau 32 : Coûts annuels des émissions de GES générées par la congestion PPAM et PPPM, en \$ - mode Bus	77
Tableau 33 : Coûts cachés de la pollution, en \$ par km par véhicule- mode Bus	78
Tableau 34 : Coûts cachés de la pollution, en \$ par km par personne - mode Bus	79
Tableau 35 : Paramètres des coûts du bruit au km-véhicule - mode Bus	80
Tableau 36 : Coûts annuels du bruit par période - Bus.....	81
Tableau 37 : Coûts cachés du bruit, en \$ par km parcouru - mode Bus	83
Tableau 38 : Temps annuels perdu dans la congestion, en -heures - mode Bus.....	84
Tableau 39 : Coût annuel du temps perdu dans la congestion, par profil, en \$ - mode Bus.....	85
Tableau 40: Coût annuel total du temps perdu dans la congestion, en \$ - mode Bus.....	86
Tableau 41: Coût caché du retard, en \$ par km-personne - mode Bus	87
Tableau 42 : Superficie ES-Bus et % ES - mode Bus.....	89
Tableau 43 : Coût annuel de l'emprise spatiale et coût caché, en \$ par km parcouru, mode Bus	90
Tableau 44 : Paramètres des coûts au km parcouru, en \$, - Santé - mode Bus	91
Tableau 45 : Coûts (bénéfices) annuels internes utilisateurs et coûts cachés Santé - mode Bus.....	91
Tableau 46 : Coûts cachés de la pollution lors de la congestion, en \$ par km-personne –Auto & Bus ...	94
Tableau 47 : Variables utilisées dans l'estimation du coût total - Marche	95
Tableau 48 : Coûts annuels des bénéfices Santé – coût interne – mode Marche.....	96
Tableau 49 : Longueur du réseau, budget et coût indirect en \$ par km parcouru – mode Marche.....	98
Tableau 50 : Coût caché payeur Accident – mode Marche	99
Tableau 51 : ES, %, Coût de l'ES et Coût caché en \$ par km parcouru – mode Marche.....	100
Tableau 52 : Coûts des bénéfices Santé – mode Marche.....	101
Tableau 53 : Variables utilisées dans l'estimation du coût total - Vélo.....	104
Tableau 54 : Coûts annuels de propriété et de fonctionnement, en \$ - mode Vélo	105
Tableau 55 : Coûts annuels des bénéfices Santé, en \$ – mode Vélo	107
Tableau 56 : Budget, longueur du réseau et coût indirect payeur – mode Vélo	108
Tableau 57 : Coût caché payeur Accident, en \$ – mode Vélo	109
Tableau 58 : Coût caché payeur Emprise spatiale – mode Vélo.....	110
Tableau 59 : Coûts des bénéfices Santé pour la collectivité – mode Vélo	111
Tableau 60 : Indicateur économique de mobilité durable, en \$ par km parcouru, tous profils - CMQ..	115

Tableau 61 : Indicateur économique de mobilité durable par profil- CMQ	116
Tableau 62 : Indicateur environnemental de mobilité durable, en \$ par km parcouru, tous profils - CMQ	117
Tableau 63 : Indicateur sociétal de mobilité durable, en \$ par km parcouru, tous profils - CMQ	117
Tableau 64 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru, périodes de pointes – Agglomération de Québec.....	118
Tableau 65 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – Ville de Lévis.....	119
Tableau 66 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – MRC-JC.....	120
Tableau 67 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – MRC-CB.....	121
Tableau 68 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – MRC-ÎO.....	122
Tableau 69 : Part de chaque composante de coût dans le coût total, par mode en %.....	126
Tableau 70 : Part de chaque mode, par coût en %.....	126
Tableau 71 : Synthèse des ratios utilisateur-payeur par mode et par territoire.....	130
Tableau 72 : Synthèse des indicateurs par mode et par territoire	130
Tableau 73 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru - CMQ.....	139
Tableau 74 : Coûts internes, indirects, cachés et totaux pour 1 km parcouru - Agglomération de Québec	141

Liste des figures

Figure 1: Territoire analysé - CMQ	14
Figure 2: Les trois sphères du développement durable.....	18
Figure 3: Résumé de la méthode générale d'estimation des coûts totaux	19
Figure 4: Profils de mobilité - résultats de l'ACM.....	23
Figure 5 : Nombre de véhicules sur 24 h, par tronçon - Auto	29
Figure 6 : Émissions de GES par km-véhicule en PPAM, par tronçon – Auto	36
Figure 7: Émissions de GES par km-véhicule en Inter-pointes Jour, par tronçon - mode Auto	37
Figure 8 : Différentiel d'émissions de GES cumulées entre la PPAM et l'Inter-pointes Jour, par tronçon - mode Auto.....	38
Figure 9: Congestion en PPAM, selon les seuils, par tronçon - mode Auto.....	41
Figure 10: Coût du bruit généré par les déplacements, en 24h, par tronçon – mode Auto.....	48
Figure 11 : Temps perdu dans la congestion, en heures cumulées lors des périodes de pointe, par tronçon - mode Auto	54
Figure 12 : Variation des coûts totaux – Auto en périodes de pointe	61
Figure 13: Nombre de véhicules sur 24 h, par tronçon - mode Bus	64
Figure 14: Nombre de passagers sur 24 h, par tronçon - mode Bus	65
Figure 15: Rapports Coût total, ratio utilisateur-payeur et distance parcourue, profil moyen, CMQ - mode Bus	68
Figure 16 : Ratios utilisateur-payeur par profil, mode Bus	69
Figure 17: Seuils de congestion en PPAM, par tronçon - mode Bus.....	76
Figure 18: Coût du bruit, par tronçon - mode Bus	82
Figure 19: Temps perdu, en heures en PPAM, par tronçon - mode Bus	88
Figure 20 : Variation des coûts totaux – Bus, en périodes de pointe.....	93
Figure 21: Nombre de déplacements sur 24 h, par tronçon - mode Marche.....	97
Figure 22 : Variation des coûts totaux - Marche.....	103
Figure 23: Nombre de déplacements sur 24 h, par tronçon - mode Vélo	106
Figure 24 : Variation des coûts totaux - Vélo.....	113
Figure 25 : Variation des coûts totaux – Auto en Inter-pointes Jour	172
Figure 26 : Variation des coûts totaux – Bus en Inter-pointes Jour.....	173

Remerciements

Cette étude a été réalisée via un partenariat entre la Faculté des sciences de l'administration et la Faculté d'aménagement, d'architecture, d'art et de design de l'Université Laval. Nous remercions les organismes associés pour les données communiquées ainsi que leur accompagnement dans ce projet complexe : le Ministère des Transports du Québec, le Réseau de Transport de la Capitale (RTC), la Société de Transport de Lévis (STLévis), le Transport Collectif de la Jacques-Cartier (TCJC) et le PLUMobile ainsi que l'agglomération de Québec, la ville de Lévis et les Municipalités des MRC de la CMQ : la MRC de la Jacques-Cartier (MRC-JC), la MRC de la Côte-de-Beaupré (MRC-CB) et la MRC de l'Île-d'Orléans (MRC-ÎO).

Nous remercions également Jonathan Ouellet (Finances), Sylvain Déry (ENAP-Ville de Shannon) et Clémence Stanley (Université McGill) pour leur aide dans la compréhension des états financiers des municipalités.

Malgré l'implication de plusieurs organismes dans la réalisation et le financement de l'étude, les opinions émises sont celles des auteurs. Ils demeurent les seuls responsables pour toutes erreurs ou coquilles qui pourraient subsister dans le rapport.

I. Introduction

Dans la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) comme dans la province de Québec, la mobilité durable est un enjeu majeur : la congestion routière augmente constamment (1,2), les déplacements réalisés s'allongent en distance et en durée (3), l'entretien du réseau routier coûte de plus en plus cher (2) et le transport constitue la première source d'émissions de gaz à effet de serre au Québec (4). C'est pourquoi implanter une mobilité durable devient une priorité.

Pourquoi cette étude?

Les raisons relèvent de problématiques multidimensionnelles, d'enjeux de santé publique et de société ainsi que de stratégies économiques. Dans un contexte où les préoccupations citoyennes sur la qualité de la mobilité sont en hausse (5,6), une réflexion devrait être entreprise pour permettre à la population et aux gestionnaires de faire des choix éclairés de mobilité futurs. Trouver les sources de financement pour de nouvelles infrastructures pose tout un défi, alors que les infrastructures existantes sont vieillissantes. Au-delà de la question d'investissement, un autre point soulève des questions. Dans un tel processus de réflexion sur les choix publics, les habitants de la CMQ ont une méconnaissance du coût réel des transports et en particulier du coût total que leurs déplacements infèrent à la société.

Cette analyse s'appuie sur une étude réalisée en 2015 à Vancouver (7). Des chercheurs ont participé à un projet journalistique expérimental visant à proposer une calculatrice des coûts totaux de transport. La calculatrice en ligne présente les coûts pour l'individu (coûts internes) et pour la collectivité (coûts indirects et cachés) selon les différents modes de transport disponibles pour réaliser le déplacement demandé. Au meilleur de notre connaissance, aucune étude comparative des coûts totaux n'a été réalisée au Québec. Le territoire d'étude compte 28 municipalités, dont l'agglomération de Québec, la ville de Lévis et 3 Municipalités Régionales de Comté : la MRC de la Jacques-Cartier (MRC-JC), la MRC de la Côte-de-Beaupré (MRC-CB) et la MRC de l'Île-d'Orléans (MRC-ÎO). Quatre autorités organisatrices du transport collectif (AOT) œuvrent au sein de la CMQ : le Réseau de Transport de la Capitale (RTC), la Société de Transport de Lévis (STLévis), le Transport Collectif de La Jacques-Cartier (TCJC) et le PLUMobile (Figure 1).

L'objectif de cette étude est d'évaluer les coûts totaux afin de permettre aux gestionnaires et aux élus de mieux appréhender le paradigme utilisateur-payeur des différents modes de transport utilisés par les résidents de la CMQ. Plus spécifiquement, deux sous-objectifs sont visés :

1) Mesurer le coût total des mobilités des déplacements des individus :

Selon le mode de transport utilisé, le profil de mobilité et la période de la journée, le coût total des mobilités est calculé à partir de trois composantes : i) les coûts internes; ii) les coûts indirects; et iii) les coûts cachés. Chacune de ces composantes se définit de la manière suivante :

- Coûts internes : ces coûts correspondent aux dépenses initiées par les usagers des infrastructures de transport d'un territoire et directement assumées à même leur budget, incluant également la

valeur du temps alloué à leur déplacement.

- Coûts indirects : ces coûts relèvent des dépenses des administrations et des organismes territoriaux concernés par la mission d'organisation et planification des transports d'un territoire (Ministère des Transports du Québec, services des municipalités) ainsi que celles initiées par les gestionnaires des infrastructures de transport (les 4 AOT). Ces dépenses sont prises en charge par la société (et non l'utilisateur) et constituent en effet des coûts indirects pour les usagers des différents modes de transport puisqu'elles sont, en partie, générées grâce aux revenus des impôts et des taxes des habitants.
- Coûts cachés : ces coûts correspondent à la valeur des externalités, positives ou négatives, générées par les déplacements. Les coûts retenus dans cette étude sont : i) la pollution émise en termes de gaz à effet de serre (GES) mesurés en tonnes équivalent CO₂ (t CO₂ e), hors congestion et par la congestion; ii) les accidents; iii) le retard causé par la congestion; iv) le bruit généré par la circulation motorisée; v) l'emprise spatiale des infrastructures de transport et vi) les gains sur la santé d'utiliser un mode de transport actif.

Le paradigme souvent posé en transport dans les dernières décennies est celui d'utilisateur-payeur. Le coût payeur d'un déplacement se mesure à partir du budget dédié à la mise en place et au bon fonctionnement d'un mode de transport rapportés aux kilomètres (km) parcourus par les usagers dudit mode. Le coût payeur est ainsi un coût sociétal ou coût de collectivité; il est formé par les coûts indirects et cachés. Les habitants d'un territoire sont les payeurs des infrastructures de transport en place dans la mesure où ils payent les taxes et impôts sur le territoire habité. Le coût utilisateur d'un déplacement quant à lui se mesure sur le budget d'un utilisateur rapporté aux km parcourus par année par cet usager. Le coût utilisateur est ainsi un coût individuel; il est formé par les coûts internes. En tenant compte de la dimension sociétale « payeur » et de la dimension individuelle « utilisateur » dans cette étude, nous tentons d'estimer ainsi un coût utilisateur et un coût payeur.

2) Développer des indicateurs pour aider les gestionnaires à la prise de décision :

Développer trois indicateurs de durabilité des mobilités, selon les deux dimensions payeur et utilisateur. Ces indicateurs complètent l'estimation du coût total en permettant de changer d'angle de lecture. Ils ont pour vocation l'évaluation de la durabilité des mobilités, selon les modes de transport, en considérant : i) la durabilité économique des mobilités, estimée sur le porte-monnaie des individus et les impôts prélevés auprès des contribuables, ii) la durabilité environnementale – la pérennité de l'intégration des mobilités dans les écosystèmes et iii) la durabilité sociétale – la longévité sociétale des mobilités d'une population.

Ce présent rapport se structure en neuf parties : la première introduit la méthodologie retenue, les données utilisées et les trois profils de mobilité identifiés. Les quatre parties suivantes décrivent les résultats des composantes du coût total, et ce, pour chaque mode de transport étudié. Nous débutons par les résultats pour le mode Auto tout en continuant d'expliquer les outils et les méthodes utilisés pour réaliser cette étude. Suivent les modes Bus, Marche, et Vélo. Dans la sixième partie, nous présentons les indicateurs à

retenir comme outil d'aide à la prise de décision. Nous terminons par une conclusion qui synthétisera le travail effectué. Enfin, la huitième partie concerne les références utilisées. Des fiches synthèses des résultats, par mode et par territoire sont présentées en annexe, ainsi que des tableaux et figures complémentaires à la bonne compréhension du présent rapport.

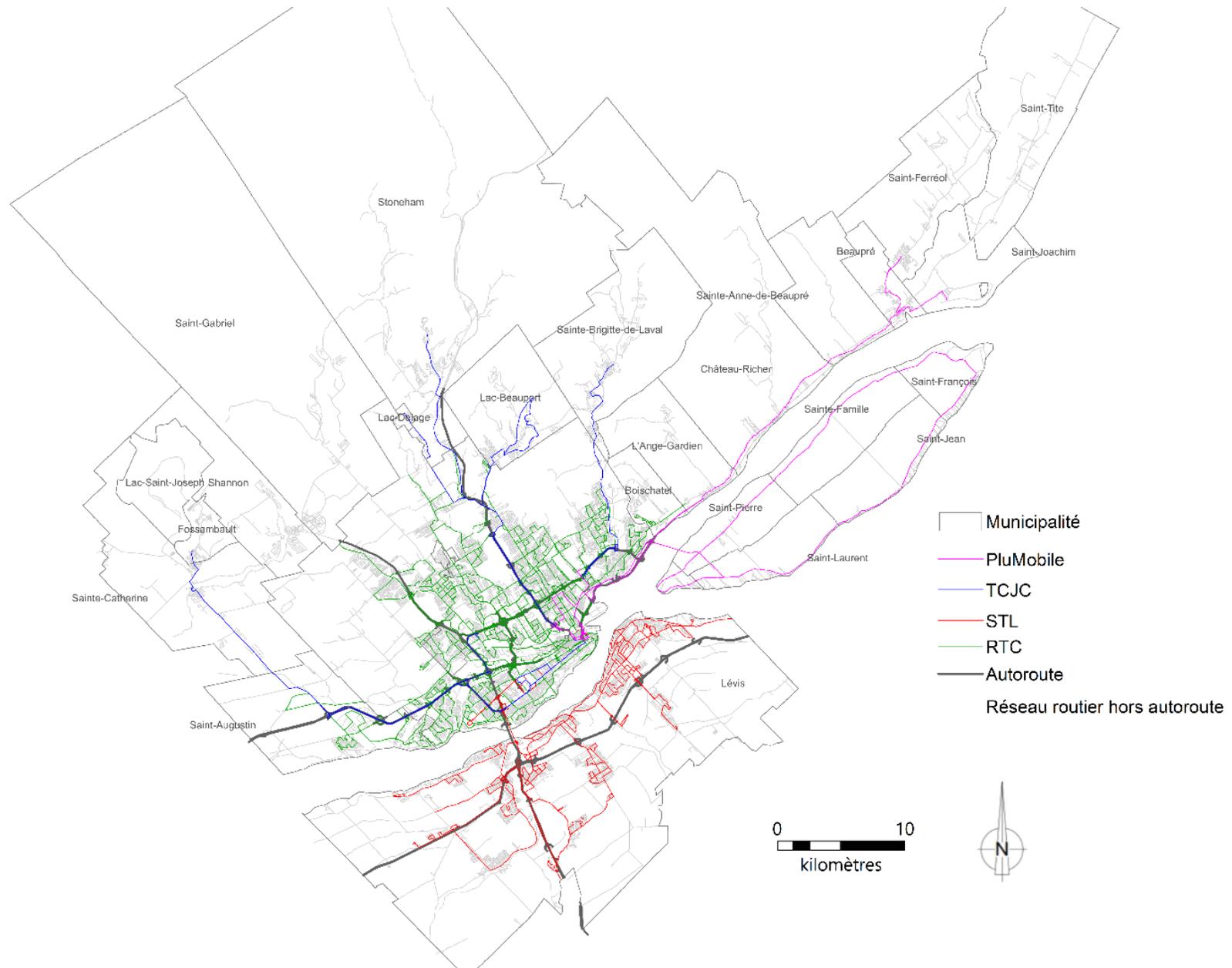


Figure 1: Territoire analysé - CMQ

A. Méthodologie : construction des trois composantes du coût total

1. Historique de la méthode utilisée

La méthodologie proposée dans cette recherche permet d'estimer les différentes composantes du coût d'un déplacement, pour l'individu qui effectue le déplacement et pour l'ensemble de la collectivité.

Définie par deux hommes d'affaires anglais en 1939 (8), la mesure a été formalisée puis présentée par un chercheur de l'université de Northwestern, aux États-Unis en 1955 (9) avant d'être expérimentée par quelques chercheurs universitaires et au sein de l'administration publique. En 1975, Keeler et Small ont analysé le coût total par étape, en intégrant aux données relatives aux coûts de construction et d'opération (renseignées par les administrations territoriales et légalement accessibles), le coût du temps (perte de temps) et de la pollution (10). Plus tard, en 1993, une vaste étude a été entreprise pour l'ensemble des États-Unis sur le prix de la mobilité (11), incluant de nombreuses variables sociétales telles que l'étalement urbain, la valeur sur les prix immobiliers, les terres agricoles perdues, etc. D'autres études menées ont permis d'estimer les coûts totaux par modèle de véhicules (12). La mesure est également pertinente dans le cadre d'étude de faisabilité, notamment pour des infrastructures très coûteuses (conception, construction et entretien) telle que celle menée par des chercheurs en génie de l'université de Californie à Berkeley pour le projet d'implantation d'une ligne de train rapide entre San Francisco et Los Angeles (13). Cette étude conclut sur la cherté de cette infrastructure, tous les coûts totaux comparés, l'avion restant le moyen le plus efficient, du fait de la distance entre les deux villes.

Aux Pays-Bas, Verhoef a dirigé une recherche sur la définition des coûts cachés, pour le transport de personnes en 1994 (14). Il insiste sur l'évaluation des coûts environnementaux (sécurité routière, pollution atmosphérique et bruit) et démontre l'importance d'intégrer les coûts cachés, ceux-ci étant par ailleurs souvent sous-estimés. En France, en 2007, Agenais et Laterrasse (15) ont conduit une étude sur les coûts totaux pour la région parisienne. Les résultats indiquent que pour le budget de la collectivité, les transports en commun sont plus efficaces dans les zones très denses, alors que la voiture devient moins coûteuse au-delà d'un rayon de 18 km autour du centre de l'agglomération. En Suisse, une équipe supervisée par Banfi (16) a réussi à intégrer une variable de risques de changement climatique dans son modèle complexe de coûts totaux pour les déplacements effectués dans 17 pays d'Europe en 1995 et 2010. En plus d'avoir amélioré largement la mesure, l'équipe a initié les comparaisons temporelles; elle a mis en relief l'augmentation des coûts totaux de 12 % entre les deux années analysées, conséquence de l'augmentation du trafic routier et aérien et, de ce fait, de la pollution. En 2004, une méta-analyse comparant quatorze mesures d'estimation des coûts cachés du transport en Europe de l'Ouest entre 1998 et 2003 a mis en évidence la pertinence économique d'utiliser cette approche pour comparer les coûts des modes de transport (17). En 2012, une nouvelle étude européenne a conclu de l'inefficacité du transport automobile dans chacun des 27 pays de l'Union européenne (18).

Au Canada, en 1996 et 1997, Litman (19) a mené une étude sur les coûts totaux du transport urbain à Victoria (BC). Son équipe et lui ont estimé vingt variables de coût total, en milieu urbain à l'heure de pointe et hors heure de pointe ainsi qu'en milieu rural. En 2008, Transport Canada a synthétisé des articles

scientifiques pour réaliser une large comparaison des coûts totaux des déplacements effectués au Canada (20). L'objectif était essentiellement financier même si les modèles incluaient des variables sur les dimensions sociétales : congestion, accidents, pollution. Les résultats sont éloquentes : sur les 368 milliards de dollars que les transports canadiens coûtent à la collectivité (les payeurs), 85% sont imputables au transport routier, 8,5% au transport aérien, 5% au rail et 1,5% au transport maritime. Pour les utilisateurs sur les 64 milliards de dollars de coûts totaux, 92,5% sont imputables au transport routier; le rail puis le transport maritime et enfin le transport aérien se partagent à parts quasiment égales les 7,5% restant. Le transport routier coûte donc plus cher que les autres modes.

En 2015, des chercheurs de Vancouver ont participé à un projet journalistique expérimental visant à proposer une calculatrice des coûts totaux de transport en ligne (7). La calculatrice présente les coûts pour l'individu (direct) et pour la collectivité (indirects et cachés) selon les différents modes de transport disponibles pour réaliser le déplacement. Dans cette étude, les coûts d'émissions de GES et d'espérance de vie sont monétarisés. En moyenne, si un déplacement réalisé à la marche coûte 1\$ pour un individu, il coûte 0,01\$ à la société; en vélo le rapport est de 1\$ pour 0,08 \$, en bus de 1\$ pour 1,50 \$ et en auto de 1\$ pour 9,20 \$. Une étude plus récente de l'association canadienne du transport urbain reprise par le média GlobalNews montre que, pour un individu, utiliser le transport en commun coûte dix fois moins cher que de posséder son auto (21).

2. Approche retenue

La méthodologie utilisée pour réaliser cette étude s'appuie sur deux approches : l'approche de l'équipe de Vancouver pour estimer les coûts totaux (7) et l'approche du Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (CERTU) pour construire les trois indicateurs de mobilité durable (22). Le résumé de la méthode est présenté Figure 3.

a) Estimation du coût total par mode de transport

L'approche retenue estime le coût total en additionnant les coûts internes, indirects et cachés :

$$CT_i = \sum CI_{ij} + CID_i + \sum CC_{ij}$$

Où :

CT_i = Coût total d'un déplacement réalisé dans un mode de transport i

CI_{ij} = Coûts internes « utilisateurs » du déplacement réalisé dans un mode de transport i, pour la composante j

CID_i = Coût indirect « payeur » du déplacement réalisé dans un mode de transport i

CC_{ij} = Coûts cachés « payeurs » du déplacement réalisé dans un mode de transport i, pour la composante j

Les indicateurs habituellement présentés (coût par habitant ou au km de réseau) ne reflètent pas l'utilisation réelle des infrastructures d'un territoire : si le coût au km réseau d'une municipalité est en dessous de la moyenne des coûts au km pour l'ensemble de la CMQ, mais que ce réseau est peu utilisé par les habitants, cela signifie que l'efficacité du réseau est limitée. L'indicateur du coût **au km parcouru** permet de mettre en perspective le coût au km d'une infrastructure de transport avec l'utilisation qu'en font les usagers. C'est l'indicateur utilisé dans la plupart des études portant sur le coût total des déplacements pour estimer le coût sociétal d'une variable (7,13,15,16,19,23). Il permet ainsi de comparer

l'efficacité des modes de transport avec la même unité : le km-parcours. Cet indicateur permet de comparer les territoires entre eux, quelles que soient leur superficie, leur population et leurs infrastructures de transport. Nous considérons les coûts estimés comme des coûts moyens.

Plus un coût total est bas, plus le mode de transport est efficient. Plus la part des coûts internes dans le coût total est importante, moins la collectivité paie pour le km parcouru de déplacement d'un utilisateur, donc plus le ratio utilisateur-payeur est faible.

b) Construction des indicateurs de mobilité durable

Les trois indicateurs économique, environnemental et sociétal sont construits à partir des différents coûts composant le coût total. Ils ont pour fonction de compléter l'estimation du coût total en recomposant les coûts selon les trois sphères du développement durable (Figure 2¹), afin de mieux comprendre les implications individuelles et collectives dans la durabilité des mobilités (22) :

- Indicateur de **durabilité économique** : représente la part des mobilités réellement financée, à savoir les coûts internes (porte-monnaie des individus) et indirects (taxes et impôts des contribuables);
- Indicateur de **durabilité environnementale** : représente la première partie de la part des mobilités non financée, à savoir la pollution et le bruit émis par la circulation des véhicules, en période de fluidité des réseaux (IPJ);
- Indicateur de **durabilité sociétale** : représente la deuxième partie de la part des mobilités non financée, à savoir les coûts des accidents, de la santé, de l'emprise spatiale ainsi que ceux de la pollution supplémentaire et du retard causé par la congestion.

Plus la part financée est importante, plus les mobilités sont sous contrôle et plus elles sont améliorables et ajustables, caractéristiques nécessaires dans des objectifs de mobilité durable (indicateur économique). Plus la part non financée est importante dans le coût total, moins la durabilité est assurée, car trop peu contrôlée : plus l'environnement est impacté négativement par les mobilités (indicateur environnemental) et plus la collectivité met à risque la qualité de vie et le confort lors des déplacements de sa population (indicateur sociétal).

¹ Source Jean-François Fiorina, mars 2018, en ligne : <http://blog.educpros.fr/fiorina/>



Figure 2: Les trois sphères du développement durable

Dans la littérature scientifique, les indicateurs permettent de synthétiser des résultats quantitatifs et qualitatifs afin de permettre d'analyser des évolutions situationnelles, dans le temps et entre les territoires (22). Dans cette étude, il s'agit d'indicateurs de performance territoriale relative à la durabilité des mobilités effectives dans la CMQ. Ils constituent des outils d'amélioration de la performance territoriale en identifiant quelle part est un réel enjeu et est à améliorer en priorité.

Enfin, ces indicateurs reposent sur la même unité, le km parcouru. Ils permettent donc des comparaisons entre les territoires. C'est pourquoi ils servent aussi d'outils de communication.

Leur construction est résumée Figure 3.

Pour conclure sur la méthodologie en deux étapes, la situation idéale serait un coût total au km parcouru le plus bas possible financé à 100% directement ou indirectement (indicateur de durabilité économique), et composé en grande majorité par les coûts internes utilisateur. Cette configuration présenterait un ratio utilisateur-payeur viable pour la collectivité.

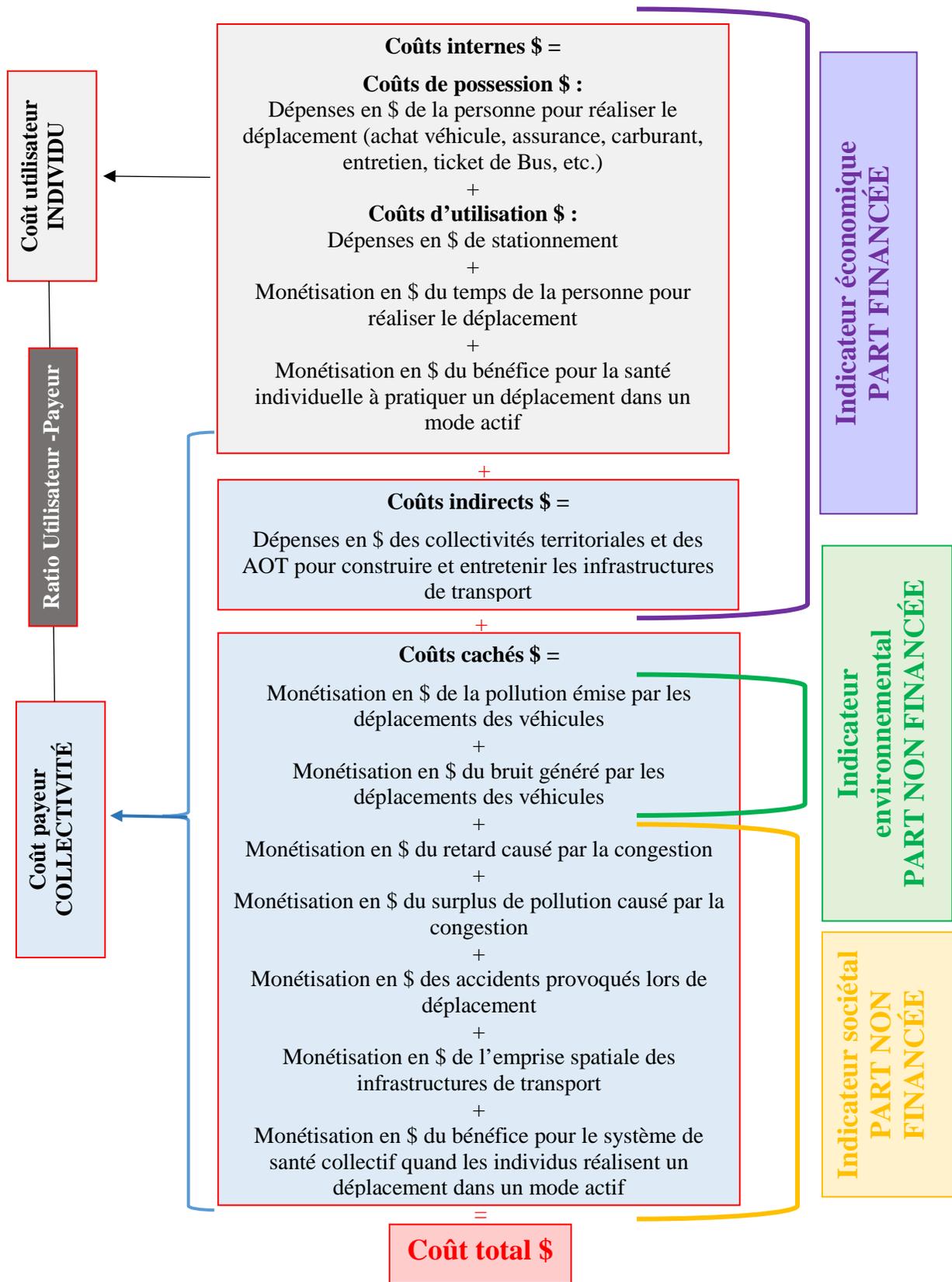


Figure 3: Résumé de la méthode générale d'estimation des coûts totaux

3. Données utilisées

De nombreuses sources de données ont été colligées, nettoyées, structurées et analysées :

- Enquête Origine-Destination 2017 (EOD 2017). Les proportions obtenues par mode sont similaires à celles de l'EOD 2017 au complet (24). Les parts quelques plus importantes au bus, vélo et marche tiennent du fait de notre choix de retenir les déplacements intra-CMQ. Cette enquête concerne les déplacements utilitaires réalisés en semaine, pour lesquels l'origine et la destination ont des localisations différentes. Les données ne tiennent ainsi pas compte des déplacements de loisirs pour lesquels l'origine et la destination sont les mêmes (boucles) et ceux de fin de semaine qui comptent possiblement plus de déplacements actifs (boucles ou déplacements utilitaires).
- Cartographie du réseau routier : Adresse Québec 2018. Le tronçon routier constitue l'unité de base de nos calculs, quand les données permettent ce niveau de précision.
- Cartographie des réseaux des 4 AOT : nous avons fait correspondre les parcours de bus aux tronçons du réseau routier afin de caractériser les tronçons du réseau routier.
- Fichier Excel des états financiers des municipalités 2017, du Ministère des Affaires Municipales et de l'Habitation (MAMH) : informations sur la répartition des budgets dédiés à la voirie, au transport collectif, etc.
- Fichier Excel des rapports et bilans financiers des 4 AOT 2017 (2015 pour la STLévis) et données cartographiques et alphanumériques internes.
- Données alphanumériques et normes de construction des 2 Directions régionales du MTQ concernant les coûts de construction et entretien des routes sous gestion provinciale.
- Fichier Excel des Accidents 2017 de la SAAQ.
- Rapports CAA, Bitume Québec.
- Les rôles d'évaluation foncière des municipalités de la CMQ pour identifier les stationnements et leur superficie.

Les données suivantes ont été exclues de l'étude :

- Le temps de marche de l'origine d'un déplacement déclaré au stationnement automobile ou d'un stationnement à la destination déclarée, car nous ne disposons pas de cette information dans l'EOD2017.
- Les véhicules électriques, car nous manquions également d'information.

Dans cette étude nous considérons :

Trois composantes de coût total
Trois profils de mobilité
Deux dimensions du coût total
Trois indicateurs de mobilité durable

Les calculs ont été réalisés à différentes échelles, du tronçon du réseau routier aux municipalités. En attribuant à chaque tronçon les coûts associés à chaque composante du coût total, on obtient un coût total pour le tronçon. C'est avec la somme des tronçons empruntés par un déplacement que nous mesurons le coût total d'un déplacement. Autrement dit, les coûts totaux des déplacements correspondent à une agrégation des coûts par tronçon. Ces agrégations sont polymorphes dans la mesure où elles s'effectuent par mode de transport, par profil de mobilité, par type de voie, par zone géographique (municipalités, ville, agglomération de Québec et MRC). Quand les données n'étaient pas suffisamment détaillées, nous avons

considéré les coûts à une échelle d'entités territoriales plus larges puis estimé les coûts par pondération (populations, km réseaux concernés).

La façon dont les données ont été structurées puis analysées permet d'obtenir des coûts par mode de transport, par profil de mobilité et par période de temps. Nous considérons :

- Quatre modes de transport : Auto, Bus, Vélo et Marche;
- Trois profils : Étudiant, Travailleur et Retraité;
- Trois périodes, sur 24h : heure de pointe du matin de 6h à 8h59 « PPAM », l'Inter-pointes Jour de journée de 9h à 14h59 « Inter-pointes Jour » et le reste de la journée et de la nuit de 15h à 23h59 et de 0h à 5h59 « Autre ».

Tous les coûts sont présentés en \$ CAN de 2017; quand les références de coûts étaient dans une autre devise ou dataient d'une autre année, les conversions de devise et l'inflation ont été pris en compte.

Pour finir, concernant le mode Bus, nous avons considéré une distance moyenne et un temps de marche moyen de l'origine à l'arrêt de bus le plus proche par municipalité, un temps d'attente moyen par AOT ainsi qu'une distance moyenne et un temps de marche moyen de l'arrêt le plus proche de la destination à la destination par municipalité, selon les temps de déplacement déclarés dans l'EOD2017. Nous n'avons pas considéré de temps moyen de correspondance ni de temps de pénalité associé aux embarquements et aux correspondances. Du fait de la prise en compte des temps moyens de marche et d'attente, le coût au km-personne en Bus n'est pas linéaire : le ratio entre la part payée par l'utilisateur et la part payée par la collectivité change avec la distance totale parcourue pour réaliser le déplacement. Pour le linéariser, nous avons figé les parts utilisateur et payeur à la distance correspondant au temps moyen de déplacement de 48 minutes présenté dans l'étude sur le réseau structurant de transport en commun pour l'année 2017 (25), à savoir 15,30 km dans le véhicule. Le coût km-personne ainsi obtenu sert d'indicateur de référence, quelle que soit la distance à parcourir en bus. Cet indicateur pondéré est différent pour chacun des 5 territoires composant la CMQ. La méthodologie déployée est détaillée dans la partie dédiée au mode Bus.

B. Profils de mobilité

Les profils ont été construits avec une analyse des correspondances multiples à partir de l'EOD 2017. Cette méthode statistique est souvent utilisée dans les enquêtes d'opinion (26). Elle permet de regrouper les individus interrogés selon les caractéristiques de leurs actions et leurs caractéristiques socio-économiques. Chaque individu est représenté par l'ensemble de ses réponses, ce que l'on appelle son profil de réponse. Les variables retenues pour l'analyse sont le mode de transport (mode1), le motif (motif_gr), l'occupation (occper), l'âge (grpâge), le genre (sexe), le type de logement (typlog), le revenu (Revenu) et la distance du déplacement (mesurée dans l'étude).

Les modes de transport retenus sont : Auto, Bus (de ville et scolaire), Marche et Vélo. Nous avons conservé uniquement les déplacements dont l'origine et la destination se localisent dans la CMQ². Nous

² Rappel : L'EOD 2017 ne couvre pas la période de la fin de semaine (samedi et dimanche).

avons également retiré les valeurs « refus » et « ne sait pas » ainsi que le motif « retour à domicile », car celles-ci viennent altérer ce type d'analyse. Pour chaque variable nous avons appliqué le facteur d'expansion approprié (facper, facmen et facdep³, 27) afin de généraliser le portrait à l'ensemble de la population. Les catégories des variables sont rappelées en Annexe B.

Selon leurs valeurs, les variables sont réparties autour de 2 axes, tel que présenté Figure 4 (légende en Annexe B). L'organisation de la répartition des variables ainsi que les statistiques de pertinence et de fiabilité associées permettent d'identifier des profils. Trois grands profils se distinguent. Les étudiants sont jeunes, se déplacent sur des distances de moins de 10 km, pour le motif étude et en bus pour la plupart. Les retraités sont les plus âgés, se déplacent à moins de 10 km pour le loisir, le magasinage et les visites. Ils ont des revenus faibles. Quant au profil des travailleurs, il regroupe les caractéristiques de mobilité et socio-économiques plus variées : revenus de moyens à élevés, distances de déplacement les plus longues, propriétaires de leur logement. Ils se déplacent en très grande majorité en auto. Par ailleurs, le mode Marche est partagé essentiellement par les retraités et les étudiants tandis que le mode Vélo est partagé par les travailleurs et les étudiants. Notons que la variable du genre (« sexe » dans la Figure 4) est la variable qui a le moins d'impacts dans la structuration des profils. Ce résultat souligne une différence avec les profils établis avec les données de l'EOD de 1996, où le genre jouait alors un rôle plus significatif (28).

³ Les facteurs d'expansion servent à garantir la représentativité de l'échantillon d'individus enquêtés pour l'EOD, relativement aux caractéristiques socio-économiques et de mobilité de toute la population se déplaçant dans la CMQ.

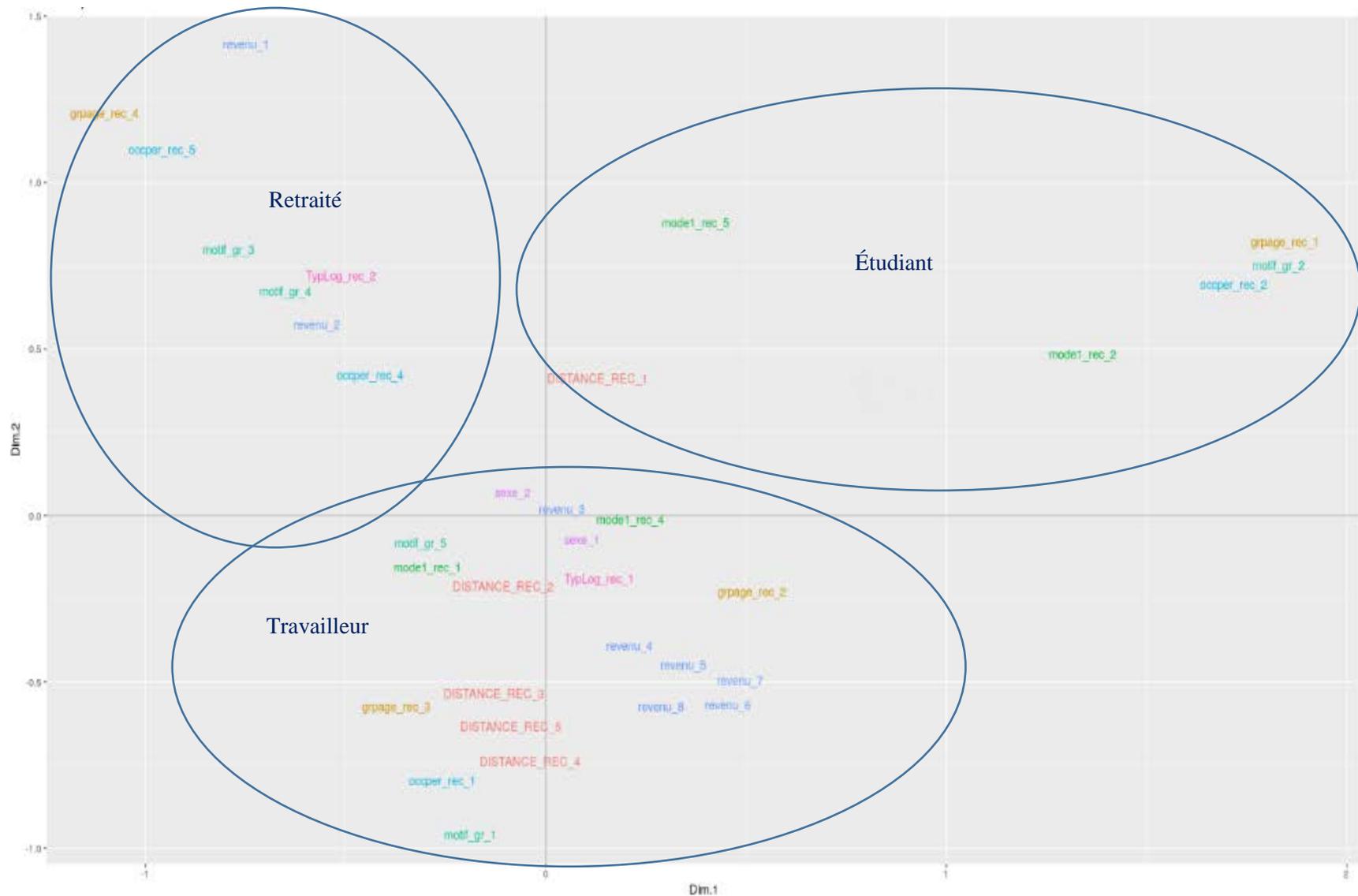


Figure 4: Profils de mobilité - résultats de l'ACM

II. Coût d'utilisation du mode Auto

Le mode Auto constitue le mode de transport principal dans la CMQ : 78% des répondants de l'EOD ont déclaré utiliser l'Auto comme conducteur ou passager lors de leurs déplacements. Les variables utilisées ici pour estimer le coût total du mode Auto sont présentées Tableau 1.

Tableau 1: Variables utilisées dans l'estimation du coût total - Auto

Type de coût	Variable
Coûts internes	Dépenses en \$ de la personne pour réaliser le déplacement : <ul style="list-style-type: none"> - Coût du financement d'achat - Dépréciation du véhicule acheté - Assurance - Permis et immatriculation au Québec - Carburant - Entretien véhicule - Entretien spécifique – usure des pneus
	Dépenses pour le stationnement, en \$
	Temps pour réaliser le déplacement, mesuré en minutes et monétisé en \$
Coût indirect	Dépenses en \$ des collectivités territoriales pour les infrastructures de transport : <ul style="list-style-type: none"> - Construction - Entretien - Déneigement
Coûts cachés	Pollution émise par les déplacements des véhicules mesurée en tonnes équivalents CO ₂ et monétisée en \$
	Bruit généré par les déplacements des véhicules monétisé en \$
	Retard causé par la congestion mesuré en minutes et monétisé en \$
	Pollution causée par la congestion mesurée en tonnes équivalents CO ₂ et monétisée en \$
	Accidents provoqués lors de déplacement monétisés en \$
	Emprise spatiale des infrastructures de transport routières, incluant les stationnements, mesurée en km ² et monétisée en \$

A. Coûts internes utilisateurs : possession et utilisation - mode Auto

Les coûts internes correspondent aux coûts de possession d'une auto et aux coûts d'utilisation d'une auto : dépenses initiées par les usagers des infrastructures de transport d'un territoire (incluant le stationnement) directement liées au budget des ménages (porte-monnaie), et valeur du temps alloué au déplacement.

Pour le mode Auto, nous avons basé nos estimations de coûts internes sur les conclusions d'une étude réalisée par CAA-Québec, en 2013 (30), à partir des informations disponibles sur le site internet de la

SAAQ ainsi que sur les informations obtenues auprès de Desjardins Assurances et Groupe Ledor Assurances.

1. Coûts internes annuels de possession – mode Auto

Le coût de propriété annuel inclut le financement, la dépréciation du véhicule (incluant l’achat), les assurances et l’immatriculation du véhicule, le permis de conduire ainsi que divers frais, taxes et droits (Tableau 2).

2. Coûts internes annuels d’utilisation – mode Auto

Le coût d’utilisation se compose des coûts de fonctionnement d’une automobile (carburant et entretien annuel dont les pneus), du coût de stationnement et du coût de temps de déplacement (Tableau 2). À l’instar des hypothèses proposées dans le rapport de CAA-Québec, nous considérons une moyenne de 18 000 km/an parcourus, quel que soit le profil de mobilité considéré. Ces coûts ont été ajustés selon l’inflation et annualisés.

Tableau 2 : Coûts annuels de propriété et de fonctionnement - mode Auto

		Étudiant	Travailleur	Retraité
Modèle auto		Honda civic	Toyota Camry	Toyota Camry
Propriété	Assurance	318	795	556
	Permis et immatriculation au Québec	274	274	274
	Dépréciation ⁴	3 254	3 909	3 909
	Coût du financement ⁵	887	1 103	1 103
	Sous-total	4 732	6 081	58 43
Fonction - nement	Carburant (1,128 \$/litre)	1 794	2 059	2 059
	Entretien	624	704	704
	Entretien – usure Pneus	355	378	378
	Sous-total	2 772	3 141	3 141
	Sous-total	4 732	6 081	58 43
TOTAL		7 505	9 222	8 983

L’estimation de la composante - coût interne - se calcule en rapportant les coûts de propriété et de fonctionnement au nombre de kilomètres parcourus, pour chacun des profils. Ici l’hypothèse est de 18 000 km par année, soit un coût interne possession et fonctionnement de 0,417 \$/km pour l’étudiant, 0,512 \$/km pour le travailleur et 0,499 \$/km pour le retraité.

3. Coût du temps de déplacement – mode Auto

Ce coût constitue un coût interne d’utilisation. Pour estimer la valeur du temps alloué au déplacement,

⁴ Les montants de dépréciation fournis dans le tableau sont des moyennes annuelles fondées sur la valeur de reprise de ces trois véhicules après quatre ans et pour une distance parcourue de 72 000 kilomètres (4 ans*18000 km/an = 72000 km).

⁵ Financement : en fonction d’un prêt échelonné sur quatre ans à un taux de 7,25 %.

nous avons simulé les déplacements déclarés dans l'EOD2017 sur le réseau routier.

Simuler un déplacement s'effectue en 3 étapes : 1) géolocaliser les origines et les destinations des déplacements déclarés grâce à leurs coordonnées géographiques (longitude-latitude dites X et Y dans l'EOD); 2) associer les origines et les destinations au tronçon du réseau routier le plus proche; 3) trouver le chemin le plus court reliant l'origine et la destination, sur le réseau routier, en tenant compte des vitesses, des sens interdits, etc. (comme le permet de faire la fonction Itinéraire de Google Maps). Chaque tronçon de réseau routier est renseigné sur sa longueur (distance) et sa vitesse maximale (vitesse nominale). Le temps de déplacement se mesure en heures, selon la formule suivante où la distance est en kilomètres et la vitesse en km/h : $Temps = distance/vitesse$

Dans un premier temps, nous avons simulé les déplacements retenus pour catégoriser les profils de mobilité. Comme nous avons procédé à une sélection de déplacements, nous avons appliqué une pondération afin de mieux représenter l'ensemble des données EOD 2017. La pondération est homogène sur le territoire et redresse pour les valeurs retirées (« ne sait pas », « refus » et motif « retour à la maison ») et les déplacements dont l'origine ou la destination est hors du territoire de la CMQ. De plus, simuler les déplacements sur un réseau routier réel permet de renseigner chaque tronçon par le nombre de véhicules qui auraient utilisé le tronçon lors de leur déplacement (en appliquant le facteur d'expansion de l'EOD « facdep »). Nous avons simulé uniquement les déplacements déclarés réalisés dans le mode Auto-conducteur (mode1=1). Dans cette étude, nous utilisons ainsi le nombre de véhicules réels ayant transité par un tronçon du réseau routier pour nos calculs. Pour retrouver le mode Auto-passager (mode1=2), nous avons redressé une dernière fois nos résultats. Le nombre de passagers est ainsi une pondération du nombre de véhicules, relativement à la répartition des deux modes à l'origine des déplacements, pour chaque municipalité. Nous avons considéré les profils de mobilité une fois les simulations effectuées. Autrement dit, dans les deux exercices de simulations, les profils de mobilité n'ont pas été intégrés. Nous avons réalisé une matrice origine-destination des déplacements de chacun des trois profils puis calculé leur poids relatif moyen respectif dans la population totale, par municipalité. La répartition des profils dans les déplacements est donc la même, quelle que soit la période de la journée observée.

La vitesse nominale est la vitesse retenue pour simuler les déplacements qui ont eu lieu durant les périodes Inter-pointes Jour et Autre. Nous avons considéré un état de fluidité théorique du réseau routier. Pour les déplacements réalisés en PPAM, nous avons utilisé l'outil de congestion développé à la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université Laval (31). Celui-ci est alimenté par une base de données constituée de points de véhicules identifiés avec GPS embarqués. Les GPS sont géolocalisés sur le réseau routier et envoient leur position toutes les 15 secondes. Un même véhicule se déplace ainsi sur le réseau routier depuis son origine jusqu'à sa destination. Le temps réel de déplacement de ce point GPS est enregistré. Enregistrer les temps de déplacement de tous les points GPS de la base de données permet d'obtenir des vitesses moyennes sur les tronçons du réseau routier, par quart d'heure. Pour représenter la période de pointe, nous avons choisi de retenir les vitesses moyennes observées entre 7h30 et 8h30, par tronçon. La circulation considérée ici pour la période de pointe du matin tient donc compte de la congestion récurrente consécutive de l'engorgement du réseau routier quotidien (demande excédentaire à l'offre) et de la congestion ponctuelle consécutive des incidents ou des chantiers de construction ou de

réparation routière à l'automne 2017.

Pour finir, nous avons les déplacements ont été simulés sur le réseau en minimisant la distance parcourue par les véhicules (parcours le plus court). Nos simulations ont utilisé 82% du réseau routier. Les chiffres par municipalité sont présentés Annexe C. La carte (Figure 5) présente la densité de véhicules sur les voies du réseau, pour une journée complète.

Pour estimer la valeur du temps de déplacement, nous avons utilisé le taux horaire moyen, considérant les revenus moyens déclarés dans l'EOD 2017, rapportés à 37,5 heures de travail/semaine. Pour les étudiants, nous avons pris le taux horaire légal pour un étudiant de niveau universitaire (15,40\$). Considérant qu'un étudiant travaille à mi-temps (19h /semaine), toute l'année (52 semaines), son salaire annuel est de 15 015 \$. Rapporté à 37,5 h semaine comme pour les autres profils, le taux horaire devient 7,70\$ de l'heure, Tableau 3. Nous conserverons ces valeurs de temps pour les trois autres modes analysés.

Tableau 3 : Valeur du temps par profil - Tous les modes

\$ par heure	Tous les modes		
	Étudiant	Travailleur	Retraité
	7,70	29,50	23,00

À titre d'exemple le coût interne pour un retraité utilisateur d'un déplacement de 10 km réalisé en Auto, pendant 15 minutes serait de :

$$\begin{aligned}
 Cli &= (10 \text{ km} * 0,499 \$) + (15 \text{ min} * 23 \$/h) \\
 Cli &= 4,99 \$ + 5,75 \$ \\
 Cli &= 10,74 \$
 \end{aligned}$$

4. Coûts fixes de stationnement, par déplacement– mode Auto

Comme le coût du temps de déplacement, ce coût constitue un coût interne d'utilisation. Environ 8,3 % des automobilistes ont déclaré payer un stationnement dans l'EOD2017 (à l'année, au mois, au semestre, à la semaine ou à la journée). Selon l'EOD2017, le coût moyen mensuel d'un stationnement est de 143\$. Nous estimons un mois composé de 20 jours ouvrés, soit un coût moyen fixe (CIstat) rapporté sur le 8,3% de déclarants de :

$$\begin{aligned}
 CIstat &= \frac{143}{20} * 0,083 \\
 CIstat &= 0,59 \$
 \end{aligned}$$

Par contre, attribuer un coût fixe de stationnement de 0,59\$ à chaque déplacement, que le déplacement se réalise sur une distance de 1 km ou sur une distance de 30 km est discutable. Ce coût fixe est non linéaire c'est-à-dire que plus la distance parcourue augmente, plus la part du coût fixe de stationnement diminue dans le total du coût interne (et donc dans le coût total). Ainsi, nous avons linéarisé ce coût, selon la méthode utilisée pour le coût interne du temps de marche vers et depuis les arrêts de bus, décrite au chapitre IV de ce rapport.

Le coût linéarisé fixe de stationnement est de 0,039\$ du km parcouru, quel que soit le profil de la personne réalisant le déplacement ou l'heure de la journée.

En poursuivant avec le même exemple de coût interne pour un retraité utilisateur d'un déplacement de 10 km réalisé en Auto, pendant 15 minutes, le coût final interne serait de :

$$C_{Ii} = (10 \text{ km} * 0,499 \$) + (15 \text{ min} * 23 \$/h) + (0,039 \$ * 10 \text{ km})$$

$$C_{Ii} = 4,99 \$ + 5,75 \$ + 0,39 \$$$

$$C_{Ii} = 11,13 \$$$

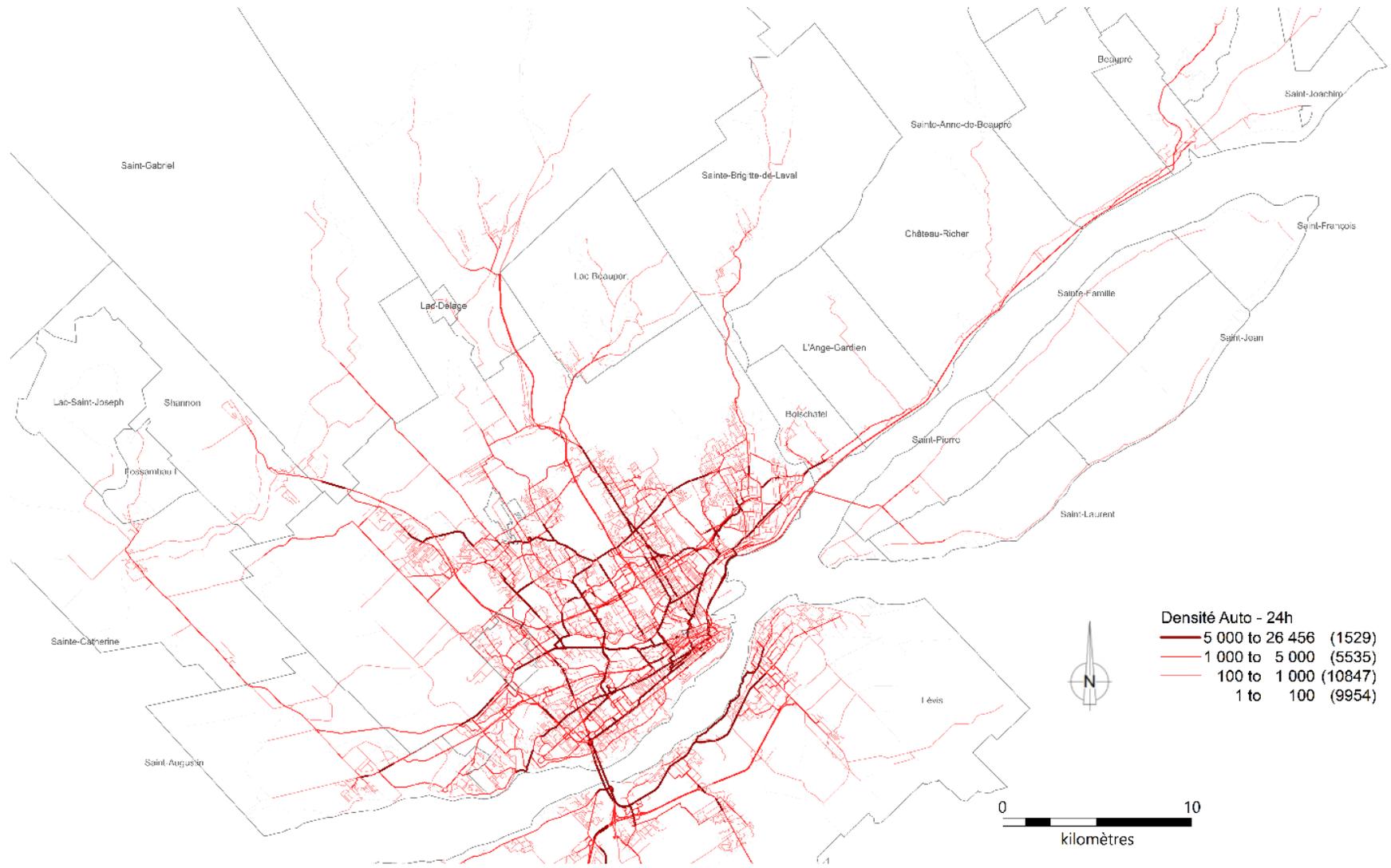


Figure 5 : Nombre de véhicules sur 24 h, par tronçon - Auto

B. Coûts indirects payeurs - mode Auto

Les coûts indirects liés à l'usage du mode Auto relèvent des dépenses des administrations et des organismes territoriaux concernés par la mission d'organisation et planification des transports d'un territoire (Ministère des Transports du Québec, Municipalités) : coûts de construction, d'entretien et maintenance des routes, des ponts, des viaducs, etc. Ces dépenses constituent les coûts indirects des usagers des infrastructures puisqu'elles sont, globalement, générées grâce aux revenus des impôts et des taxes des habitants.

1. Budgets alloués à la construction et l'entretien des réseaux routiers

Pour quantifier les budgets alloués aux routes municipales, nous avons utilisé la méthode développée par l'équipe du Centre sur la productivité et la prospérité lorsque le Palmarès des municipalités du Québec a été réalisé⁶. Pour cela, nous avons extrait les informations pertinentes des rapports financiers 2017 des municipalités compilées pour le MAMH chaque année :

$$BRMun_i = CM_i - (SR_{ni} + SR_{mi}) + R_i$$

Où :

BRMuni = Budget du réseau routier municipal de la municipalité *i*, en \$

CMi = Charges de l'administration municipale *i*⁷

SRni = Services rendus par l'administration municipale *i* aux autres administrations municipales⁸

SRmi = Services rendus par l'administration municipale *i* aux autres organismes non municipaux⁹

Ri = Rémunération moyenne des employés de la municipalité *i*¹⁰

Les budgets de voirie incluent les entretiens ainsi que possiblement des constructions nouvelles pour l'année 2017 uniquement. La limite de notre méthode réside dans le cas où une municipalité a réalisé des travaux de construction ou d'entretien majeurs très coûteux, car ces coûts se reflèteront dans les résultats. Les budgets incluent également les dépenses liées à l'entretien des trottoirs et des voies cyclables ainsi que de possibles nouvelles constructions de trottoirs et de voies cyclables. Nous avons calculé la part des budgets dédiés au mode vélo et au mode Marche selon les km parcourus dans ces modes. Une fois calculés, nous avons déduit ces budgets du budget Auto.

Concernant les budgets annuels des routes gérées par le Ministère des Transports du Québec (MTQ), nous avons utilisé les informations relatives à l'entretien des voies obtenues auprès de la direction de Chaudière-Appalaches du MTQ. Nous y avons ajouté le coût moyen d'un employé municipal. Les données du MTQ

⁶ <https://cpp.hec.ca/palmares/index.html>

⁷ Colonnes S28-1 ANALYSE CHARGES R2017 Administration Municipale : p6013 - TOTAL VOIRIE MUNICIPAL, p6014 - TOTAL ENLEVEMENT NEIGE, p6015 : TOTAL ECLAIRAGE RUE et p6016 - TOTAL CIRCULATION ET STATIONNEMENT.

⁸ Colonnes S27-6 Revenus consolidés 2017, Services rendus, Administration Municipale : p1967, p1968, p1969, p1970 et p1971.

⁹ Colonnes S27-7 Revenus consolidés 2017, Services rendus, Administration Municipale : p3997, p3998 et p3999.

¹⁰ Colonnes S43 Rémunération-Transferts : p 8206 – Effectifs et p 8241- rémunération totale.

ne tiennent pas compte du coût de la construction des voies. Celui-ci a été estimé à partir des coûts de Bitume Québec (32). Les coûts de construction pour un tracé d'1 km, selon la largeur des voies, sont présentés Tableau 4. La largeur des voies est une moyenne des largeurs compilées par le Ministère des Transports du Québec (33). Les informations de Bitume Québec concernent le coût du revêtement et le coût de blocage de la circulation lors de la construction de route. Ils excluent les services à rattacher (égouts, etc.), les feux de circulation et les coûts environnementaux liés à la construction.

Tableau 4 : Coût de construction au km et largeur de route, par type de route

Type de voie	Largeur en mètres	Coût de construction au km
Autoroute	31,8	47 600
Artère	20	36 400
Collectrice	20	36 400

2. Coûts indirects pour les réseaux routiers municipal et provincial

Une fois les budgets des réseaux municipal et provincial établis, nous avons calculé le coût au km parcouru par les automobilistes (le coût km-personne), sur les réseaux dédiés au mode Auto (Annexe D). Le coût des voies du réseau routier municipal se calcule ainsi :

$$CidMun_i = BRMun_i / L_i$$

Où :

$CidMuni$ = Coût indirect du réseau routier municipal automobile pour la municipalité i

$BRMuni$ = Budget pour le réseau routier municipal de la municipalité i , en \$

L_i = nombre de km parcourus sur le réseau routier municipal de i

Le coût indirect au km-personne du réseau provincial ainsi que le coût moyen pour les deux réseaux se calculent de la même façon. Les budgets des réseaux municipal et provincial ainsi que les coûts au km par type de voie sont présentés en Annexes E et F. Nous présentons les coûts indirects par gestionnaires de réseaux et le coût indirect moyen pour le mode Auto Tableau 5, par municipalité. En moyenne, le km parcouru sur le réseau municipal coûte plus cher que le km parcouru sur le réseau provincial. La MRC de l'Île-d'Orléans présente des coûts indirects notablement plus élevés que les autres MRC. Deux municipalités présentent un coût au km parcouru moins cher sur le réseau provincial que sur le réseau municipal : Sainte-Tite-des-Caps et Stoneham. Concernant les municipalités de Saint-François et Saint-Laurent, les coûts indirects utilisateurs sont extrêmement élevés, en raison de la faible densité de circulation observée.

Tableau 5 : Coût indirect, en \$ par km parcouru – mode Auto

Municipalité	Coût indirect Réseau Mun.	Coût indirect Réseau Prov.	Coût indirect moy - Auto
Beaupré	10,25	1,32	3,62
Boischatel	2,03	0,56	1,86
Château-Richer	4,26	1,15	1,69
L'Ange-Gardien	1,2	0,81	1,34
Sainte-Anne-de-Beaupré	2,1	0,59	1,23
Saint-Ferréol-les-Neiges	6,36	1,71	4,42
Saint-Joachim	6,7	2,87	4,06
Saint-Tite-des-Caps	10,04	16,8	19,76
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	12,3	7,59	8,71
Sainte-Pétronille	17,13	15,25	23,87
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	208,48	48,19	52,55
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	47,96	14,9	20,47
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	72,79	1,83	2,99
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	8,02	1,84	2,26
Fossambault-sur-le-Lac	13,46	0,92	11,36
Lac-Beauport	3,83	0,47	3,43
Lac-Delage	13,63	2,85	12,75
Lac-Saint-Joseph	7,91	-	7,91
Sainte-Brigitte-de-Laval	7,75	0,67	3,55
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	5,13	1,25	2,66
Saint-Gabriel-de-Valcartier	6,16	2,96	4,66
Shannon	3,56	0,81	2,99
Stoneham-et-Tewkesbury	6,13	6,88	9,10
Lévis	2,74	0,79	2,47
L'Ancienne-Lorette	2,11	0,29	2,09
Québec	1,94	0,31	1,82
Saint-Augustin-de-Desmaures	2,36	1,8	3,64
Moyenne CMQ	2,19	0,62	2,17

Ainsi, le coût indirect payeur (coût pour la collectivité) d'un déplacement de 10 km réalisé en Auto dans la ville de Lévis, sur le réseau municipal serait de :

$$CIdi = (10 \text{ km} * 2,74 \text{ \$/km})$$

$$CIdi = 27,4 \text{ \$}$$

Le même déplacement de 10 km réalisé en Auto dans la municipalité de Beaupré, sur le réseau municipal coûterait :

$$CIdi = (10 \text{ km} * 10,25 \text{ \$/km})$$

$$CIdi = 102,5 \text{ \$}$$

Ces deux résultats comparés avec le coût interne utilisateur précédent de 11,13 \$ nous amènent à conclure qu'à kms parcourus égaux, le coût payé par la collectivité est plus élevé que le coût utilisateur, pour le

déplacement de l'exemple, dans plus de la moitié des municipalités de la CMQ.

En ajoutant ce coût indirect aux coûts internes, le coût actuel total pour le même déplacement de 10 km serait de $(11,13 + 27,4 =) 38,53$ \$ à Lévis et de $(11,13 + 102,5 =) 113,63$ \$ à Beauré.

C. Coûts cachés payeurs - mode Auto

Les coûts cachés correspondent aux coûts des externalités positives ou négatives générées par les déplacements en automobile, pénalisant l'ensemble de la collectivité. Les coûts retenus dans cette étude sont la pollution émise en termes de GES mesurés en tonnes équivalent CO₂ (t CO₂ e)¹¹, hors congestion et par la congestion, le retard lié à la congestion routière, le risque d'accident, le bruit généré. Dans un premier temps nous quantifions les variables des coûts cachés puis nous monétisons les coûts et enfin nous les ramenons au km parcouru pour générer le coût caché payeur.

1. Pollution : émissions de GES - mode Auto

La pollution est un coût caché lié à l'externalité négative « congestion ». La situation de congestion entraîne des émissions de GES supplémentaires quantifiables. Les distances et les vitesses des tronçons du réseau routier permettent d'estimer le carburant consommé et les GES émis. Les distances des tronçons routiers sont connues, les vitesses nominales également et nous avons expliqué point II-A.2 comment nous connaissons les vitesses auto en PPAM. Le modèle utilisé pour quantifier les GES est le Comprehensive Modal Emissions Model (CMEM), dans lequel la consommation de carburant et les émissions varient en fonction de la vitesse des véhicules, sur chacun des tronçons (31). La quantité des émissions de GES se mesure donc à l'échelle du tronçon, que nous agrégeons pour changer d'échelle et obtenir des coûts par municipalité.

i. Quantification de la pollution - mode Auto

Les émissions de GES relatives à la circulation en Auto sur le réseau routier de la CMQ s'évaluent à 1673 tonnes pour 1 journée de semaine typique : 413 tonnes pour la période PPAM, 386 tonnes pour la période Inter-pointes Jour et 874 tonnes pour la période Autre.

Si l'on considère cette journée représentative des autres journées de l'année¹², alors les émissions de GES s'élèvent à 384 809 t CO₂ e : 25% générés en PPAM, 23% en Inter-pointes Jour et 52% pour les autres périodes. La répartition des émissions annuelles de GES en t CO₂ e par municipalité est présentée dans le Tableau 6, en tonnes. Rappelons que la quantification de la pollution s'estime sur les GES émis par les véhicules (mode1 =1 Auto-conducteur, dans l'EOD2017).

¹¹ Les émissions mesurées en t CO₂ e incluent : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O).

¹² Nous considérons 46 semaines travaillées pendant 1 année soit 230 jours. Ce ratio sera conservé tout le long de l'étude.

Tableau 6 : Émissions de GES en t CO₂ e, par année - mode Auto

Municipalité	GES total - Auto	GES PPAM - Auto	GES IPJ - Auto	GES Autre
Beaupré	1 546	341	391	814
Boischatel	3 353	791	756	1 806
Château-Richer	5 463	1 141	1 454	2 868
L'Ange-Gardien	3 362	760	802	1 800
Sainte-Anne-de-Beaupré	2 165	512	525	1 128
Saint-Ferréol-les-Neiges	900	203	225	472
Saint-Joachim	576	134	162	281
Saint-Tite-des-Caps	370	90	115	165
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	535	117	146	272
Sainte-Pétronille	114	23	26	64
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	85	18	22	44
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	141	31	38	72
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	940	211	233	497
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	1 731	388	442	901
Fossambault-sur-le-Lac	168	41	43	83
Lac-Beauport	1 658	380	398	880
Lac-Delage	64	14	17	33
Lac-Saint-Joseph	63	13	15	36
Sainte-Brigitte-de-Laval	1 842	389	464	989
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	3 298	787	814	1 697
Saint-Gabriel-de-Valcartier	2 110	522	579	1 010
Shannon	1 483	360	410	712
Stoneham-et-Tewkesbury	3 576	749	903	1 924
Lévis	68 062	16 120	15 438	36 503
L'Ancienne-Lorette	5 846	1 525	1 388	2 933
Québec	268 719	67 897	61 444	139 378
Saint-Augustin-de-Desmaures	6 640	1 493	1 555	3 593
Total CMQ	384 809	95 049	88 804	200 956

Une heure de PPAM émet plus de CO₂ qu'une heure de jour. Les Figure 6 et Figure 7 présentent les cartes des émissions au km-véhicule en PPAM et en Inter-pointes Jour. La Figure 8 présente la carte du différentiel des émissions cumulées PPAM/Inter-pointes Jour. Sur cette carte, les tronçons en rouge sont ceux pour lesquels en PPAM les émissions de GES cumulées de tous les véhicules ayant circulé sont plus élevées qu'en Inter-pointes Jour et en vert les tronçons pour lesquels en Inter-pointes Jour les émissions de GES cumulées sont plus élevées qu'en PPAM. Cette particularité s'explique de deux façons :

- 1) Le nombre de déplacements en IPJ est supérieur au nombre de déplacements simulés en PPAM donc il y a plus d'émissions de GES cumulées par le nombre de déplacements en IPJ.
- 2) Par la prise en compte de la vitesse par le modèle CMEM utilisé dans cette étude pour quantifier les GES émis. En effet, le modèle CMEM quantifie les GES en tenant compte de la vitesse

moyenne calculée à partir des vitesses réelles relevées sur le réseau routier en PPAM. Les variables ayant une influence sur la vitesse sont, entre autres, le type de véhicule, météo, conduite (accélération, freinage), etc. En Inter-pointes Jour, nous avons paramétré le modèle CMEM afin qu'il utilise la vitesse nominale. Si en Inter-pointes Jour les émissions de GES en km-véhicule sont plus importantes qu'en PPAM cela signifie que la vitesse est plus optimale en PPAM qu'en IPJ du fait d'un ralentissement général. La vitesse optimale est la vitesse à laquelle un véhicule consomme le moins de carburant et émet le moins de GES. Pour rappel, une vitesse optimale n'est pas une vitesse de sécurité; cette carte ne représente donc pas en vert les tronçons pour lesquels la vitesse doit être modifiée.



Figure 6 : Émissions de GES par km-véhicule en PPAM, par tronçon – Auto

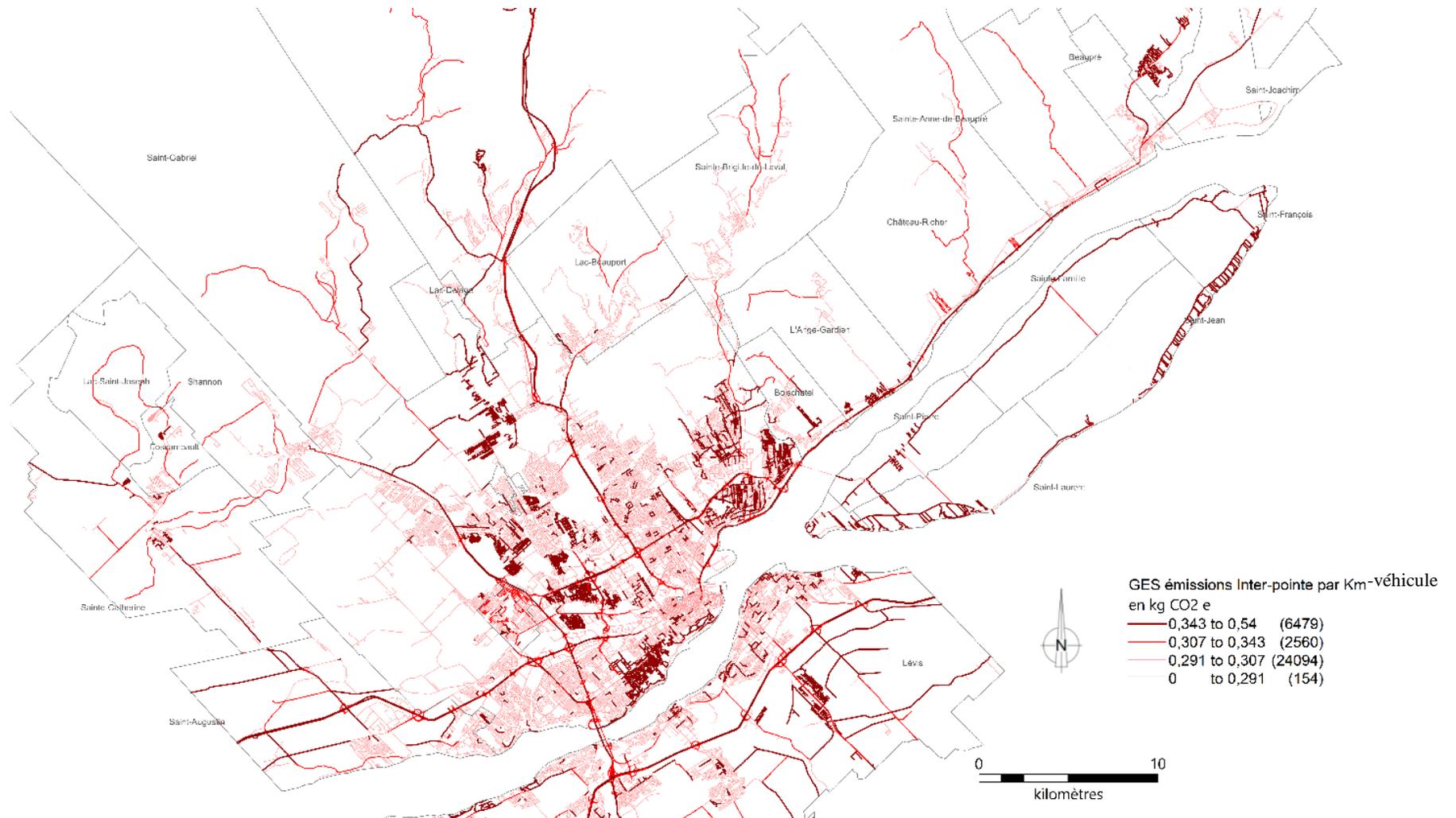


Figure 7: Émissions de GES par km-véhicule en Inter-pointes Jour, par tronçon - mode Auto

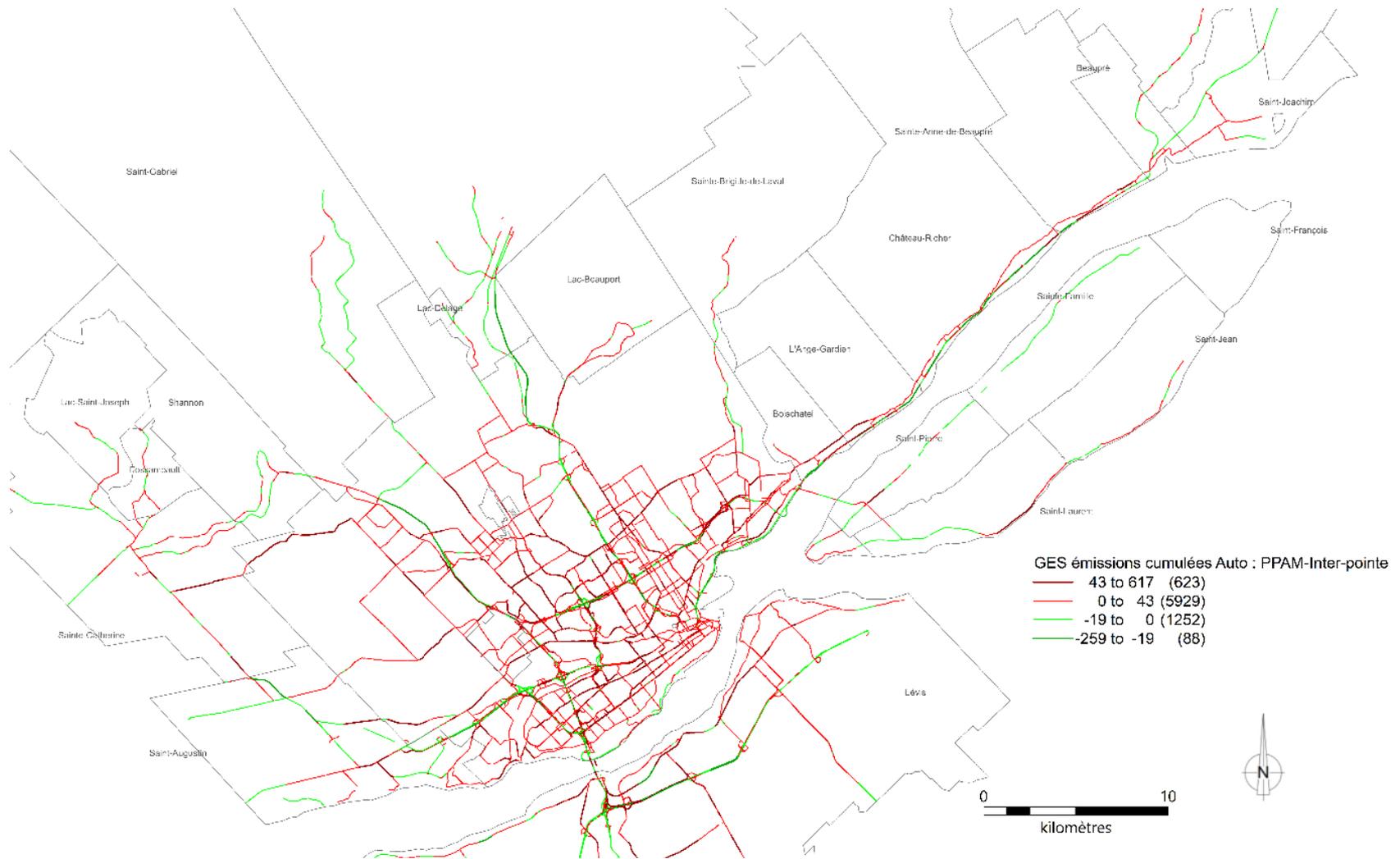


Figure 8 : Différentiel d'émissions de GES cumulées entre la PPAM et l'Inter-pointes Jour, par tronçon - mode Auto

ii. *Monétisation des émissions de GES*

L'estimation du coût de la pollution est réalisée sur la base du montant utilisé par le MTQ (34) : 1 tonne CO₂ e = 79,44 \$ CAN. Pour l'année 2017, en postulant que la journée analysée est représentative des autres journées travaillées de l'année, les émissions de GES des véhicules Auto auraient coûté 30 569 189 \$, Tableau :

Tableau 7 : Coût annuel des émissions de GES, en \$ - mode Auto

Municipalité	\$ GES total - Auto	\$ GES PPAM - Auto	\$ GES IPJ - Auto	\$ GES Autre
Beaupré	122 804	27 112	31 034	64 658
Boischatel	266 341	62 842	60 019	143 480
Château-Richer	433 996	90 629	115 502	227 865
L'Ange-Gardien	267 098	60 377	63 744	142 977
Sainte-Anne-de-Beaupré	172 011	40 700	41 703	89 607
Saint-Ferréol-les-Neiges	71 473	16 087	17 905	37 481
Saint-Joachim	45 794	10 618	12 857	22 319
Saint-Tite-des-Caps	29 366	7 134	9 120	13 112
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	42 533	9 331	11 604	21 598
Sainte-Pétronille	9 019	1 837	2 089	5 093
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	6 721	1 455	1 779	3 487
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	11 213	2 460	2 996	5 757
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	74 698	16 729	18 471	39 499
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	137 477	30 797	35 136	71 544
Fossambault-sur-le-Lac	13 306	3 256	3 441	6 609
Lac-Beauport	131 681	30 185	31 607	69 889
Lac-Delage	5 050	1 097	1 345	2 608
Lac-Saint-Joseph	5 038	994	1 171	2 874
Sainte-Brigitte-de-Laval	146 315	30 871	36 848	78 597
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	262 018	62 532	64 669	134 818
Saint-Gabriel-de-Valcartier	167 657	41 467	45 986	80 204
Shannon	117 778	28 628	32 587	56 562
Stoneham-et-Tewkesbury	284 053	59 465	71 713	152 875
Lévis	5 406 843	1 280 580	1 226 424	2 899 838
L'Ancienne-Lorette	464 408	121 150	110 268	232 990
Québec	21 347 042	5 393 766	4 881 102	11 072 174
Saint-Augustin-de-Desmaures	527 456	118 567	123 491	285 398
Total CMQ	30 569 189	7 550 665	7 054 611	15 963 912

Le coût annuel relatif à la congestion s'élèverait ainsi à plus de 7 millions de \$ en PPAM. Sur les près des 16 millions \$ de la période Autre, nous pouvons assumer qu'au moins la moitié (8 millions) est attribuable à la seule période PPPM, eu égard à la répartition temporelle des déplacements dans une journée type de semaine (24). Ainsi au total sur une année, 50% des coûts de la pollution sont générés par les deux périodes de pointe. Les coûts sont spécifiques au contexte de la CMQ, car ils sont relatifs à la densité d'utilisation

des tronçons, l'organisation spatiale des mobilités, la structure des réseaux et la forme urbaine de la CMQ. Ils reflètent les interactions à l'œuvre sur le territoire. Ils sont comparables aux coûts mesurés pour Montréal (35).

iii. Coût de la pollution lié à la congestion - mode Auto

Le montant de la pollution en PPAM n'est pas attribuable dans son intégralité à la congestion urbaine. Nous avons isolé les tronçons congestionnés, c'est-à-dire les tronçons pour lesquels en PPAM, la vitesse observée était inférieure ou égale à 60% (ou 0,6 sur 1) de la vitesse nominale. Par exemple un tronçon dont la vitesse réelle est de 30 km/h ou moins au lieu de la vitesse nominale de 50km/h est considéré comme congestionné (31, 35). Ces tronçons représentent 19% du réseau routier total de la CMQ (Tableau).

Tableau 8 : Réseau routier congestionné en PPAM - mode Auto

Type de voie	Km réseau congestionné	% dans le réseau routier
Réseau Municipal		
Locale	0,03	0
Artères	133	85
Nationale	73	82
Régionale	9	98
Collectrice	457	69
Total Res. Mun.	672	14
Réseau Provincial		
Autoroute	251	44
Nationale	67	36
Régionale	77	44
Collectrice	57	45
Total Res. Prov.	452	43
Total CMQ	1 124	19

Le réseau local municipal est quasiment absent du réseau congestionné de la PPAM, alors que les voies régionales en font partie à 98%. En moyenne le réseau provincial est proportionnellement plus congestionné que le municipal (43% versus 14%), mais en absolu, plus de km de voies du réseau municipal sont congestionnés. La Figure 9 présente la carte des seuils de la congestion en PPAM, dans la CMQ; seuls les seuils inférieurs ou égaux à 0,6 sont cartographiés. Plus la congestion est importante, plus le seuil est proche de 0.



Figure 9: Congestion en PPAM, selon les seuils, par tronçon - mode Auto¹³

¹³ Pour rappel : les déplacements simulés minimisent la distance parcourue

En 2017, le coût supplémentaire de la congestion en PPAM est évalué à 1,8 million \$, soit 24% du coût de la pollution. Si l'on ajoute les émissions supplémentaires durant la période PPPM, le coût s'élève à près de 3,70 millions \$, soit 12 % des coûts des émissions annuelles de la CMQ. Rappelons que selon l'EOD 2017, la période PPPM compte plus de déplacements que la période PPAM. Rappelons également que le facteur de pondération utilisé pour représenter les coûts Auto à l'année est de 230 (jours). Il s'agit donc ici de chiffres très conservateurs, mais les proportions sont estimées justement. Le Tableau 9 présente les pourcentages des voies congestionnées, les pourcentages des émissions générées spécifiquement par la congestion en PPAM et en PPPM ainsi que le coût annuel supplémentaire associé, par municipalité.

Tableau 9 : Coût annuel des émissions de GES PPAM et PPPM – mode Auto

Municipalité	% Km congestionnés	% GES générés par la congestion	\$ GES supplémentaires PPAM-PPPM
Beaupré	12	8	4 152
Boischatel	16	24	29 944
Château-Richer	0	0	-
L'Ange-Gardien	22	14	16 791
Sainte-Anne-de-Beaupré	25	18	14 378
Saint-Ferréol-les-Neiges	8	9	3 042
Saint-Joachim	22	5	1 102
Saint-Tite-des-Caps	12	0	38
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	1	1	117
Sainte-Pétronille	12	6	234
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0	0	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	4	1	48
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	20	13	4 253
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	32	7	4 547
Fossambault-sur-le-Lac	11	13	872
Lac-Beauport	8	14	8 583
Lac-Delage	1	1	14
Lac-Saint-Joseph	24	4	75
Sainte-Brigitte-de-Laval	2	1	812
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	31	16	19 644
Saint-Gabriel-de-Valcartier	9	10	8 439
Shannon	8	7	4 209
Stoneham-et-Tewkesbury	3	3	3 817
Lévis	15	22	570 297
L'Ancienne-Lorette	20	25	61 689
Québec	24	26	2 827 967
Saint-Augustin-de-Desmaures	17	16	37 873
Moyenne/Total CMQ	19	24	3 622 775

À l'échelle des municipalités, c'est à Saint-Pierre et à Ste-Catherine de la Jacques-Cartier qu'il y a le plus grand nombre de kilomètres congestionnés, relativement à la longueur de leur réseau routier. Québec,

l’Ancienne-Lorette, Boischatel et Lévis comptent quant à elles plus de 20% de GES de plus en PPAM causés par la congestion. Le coût supplémentaire de la congestion par habitant de la CMQ est de 5\$. À Montréal en 2008, il était de 7,9\$ par habitant (35).

iv. Coût caché de la pollution - mode Auto

Le coût caché de la pollution au km par véhicule est présenté au Tableau . En moyenne dans la CMQ, le km parcouru en Inter-pointes Jour coûte moins cher de 0,008 \$ que le km parcouru en PPPAM, du fait de la congestion.

Tableau 10 : Coûts de la pollution par km-véhicule, en \$ - mode Auto

Municipalité	Ct Caché GES total - Auto	Ct Caché GES PPAM - Auto	Ct Caché GES IPJ - Auto	Ct Caché GES Autre - Auto
Beaupré	0,027	0,027	0,026	0,027
Boischatel	0,030	0,034	0,027	0,030
Château-Richer	0,029	0,029	0,030	0,029
L'Ange-Gardien	0,030	0,033	0,029	0,030
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,028	0,031	0,026	0,029
Saint-Ferréol-les-Neiges	0,027	0,028	0,026	0,027
Saint-Joachim	0,028	0,028	0,028	0,028
Saint-Tite-des-Caps	0,028	0,028	0,029	0,028
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,027	0,027	0,027	0,027
Sainte-Pétronille	0,028	0,030	0,027	0,028
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0,028	0,028	0,028	0,028
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,017	0,018	0,018	0,017
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,028	0,029	0,027	0,028
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,026	0,027	0,025	0,026
Fossambault-sur-le-Lac	0,026	0,028	0,024	0,026
Lac-Beauport	0,026	0,029	0,024	0,026
Lac-Delage	0,025	0,025	0,025	0,025
Lac-Saint-Joseph	0,026	0,026	0,025	0,026
Sainte-Brigitte-de-Laval	0,025	0,025	0,024	0,025
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	0,028	0,030	0,025	0,028
Saint-Gabriel-de-Valcartier	0,026	0,028	0,025	0,026
Shannon	0,026	0,026	0,025	0,026
Stoneham-et-Tewkesbury	0,028	0,029	0,028	0,028
Lévis	0,030	0,033	0,026	0,030
L'Ancienne-Lorette	0,029	0,034	0,025	0,029
Québec	0,030	0,035	0,026	0,030
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,028	0,031	0,026	0,028
Moyenne CMQ	0,030	0,034	0,026	0,030

Cinq municipalités offrent un coût de la pollution au km par véhicule plus élevé en Inter-pointes Jour qu’en PPAM : Château-Richer, Lac-Delage, Sainte-Famille, Saint-François et Saint-Tite. Ceci est probablement dû à une vitesse plus élevée puisque les émissions de GES (donc le coût) augmentent en partie avec la vitesse.

L'indicateur que nous retenons pour intégration à la mesure du coût total est le coût caché de la pollution au km par personne. Les résultats par municipalité sont présentés au Tableau 11. En moyenne dans la CMQ, le km parcouru en Inter-pointes Jour coûte moins cher de 0,004 \$ que le km parcouru en PPPAM. Les coûts au km-personne sont moins élevés dû au nombre de passagers par véhicule.

Tableau 11 : Coûts au km par personne, en \$ - mode Auto

Municipalité	Ct Caché GES total - Auto	Ct Caché GES PPAM - Auto	Ct Caché GES IPJ - Auto	Ct Caché GES Autre - Auto
Beaupré	0,022	0,022	0,023	0,021
Boischatel	0,025	0,027	0,024	0,024
Château-Richer	0,024	0,023	0,027	0,023
L'Ange-Gardien	0,024	0,026	0,025	0,023
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,023	0,024	0,023	0,023
Saint-Ferréol-les-Neiges	0,022	0,022	0,023	0,021
Saint-Joachim	0,023	0,022	0,025	0,022
Saint-Tite-des-Caps	0,023	0,022	0,026	0,022
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,022	0,021	0,024	0,021
Sainte-Pétronille	0,023	0,023	0,024	0,022
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0,022	0,022	0,025	0,022
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,014	0,014	0,016	0,014
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,023	0,023	0,024	0,022
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,021	0,021	0,023	0,021
Fossambault-sur-le-Lac	0,021	0,022	0,021	0,020
Lac-Beauport	0,021	0,022	0,022	0,021
Lac-Delage	0,020	0,020	0,022	0,020
Lac-Saint-Joseph	0,021	0,021	0,022	0,020
Sainte-Brigitte-de-Laval	0,020	0,020	0,022	0,019
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	0,022	0,024	0,023	0,022
Saint-Gabriel-de-Valcartier	0,021	0,022	0,022	0,021
Shannon	0,021	0,021	0,022	0,020
Stoneham-et-Tewkesbury	0,023	0,023	0,025	0,022
Lévis	0,024	0,026	0,023	0,023
L'Ancienne-Lorette	0,024	0,027	0,023	0,023
Québec	0,024	0,027	0,023	0,024
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,023	0,024	0,023	0,022
Moyenne CMQ	0,024	0,027	0,023	0,023

Seize municipalités offrent un coût de la pollution au km par personne plus élevé en Inter-pointes Jour qu'en PPAM. Toutes les municipalités concernées sont situées dans les trois MRC périurbaines des villes-centres. En effet, les coûts moyens au km par personne reflètent une conséquence bénéfique des ralentissements de la PPAM sur certains tronçons. En effet, la fluidité de circulation à une vitesse optimale entraîne des émissions plus faibles que les accélérations et hautes vitesses sur des portions de réseau routier

avec des freinages aux arrêts et lumières en période Inter-pointes Jour ou que les stop-and-go pratiqués en période de congestion.

Ainsi, le coût caché de la pollution d'un déplacement de 10 km réalisé en Auto dans la ville de Lévis, en PPAM serait de :

$$CCi = (10 \text{ km} * 0,026 \$)$$

$$CCi = 0,26 \$$$

Le même déplacement de 10 km réalisé en Auto dans la municipalité de Beaupré, en PPAM coûterait en termes de pollution :

$$CCi = (10 \text{ km} * 0,022 \$)$$

$$CCi = 0,22 \$$$

Ces deux résultats additionnés aux coûts internes et au coût indirect donneraient un coût actuel total du déplacement de 38,79 \$ si le déplacement a lieu dans son intégralité à Lévis et de 113,85 \$ s'il a lieu à Beaupré.

2. Bruit - mode Auto

Le bruit, comme la pollution, est un coût caché relatif à la circulation de véhicules. Pour mesurer le coût du bruit, nous avons adapté un indice existant et déjà utilisé dans des études similaires menées par l'institut de recherche en transports de Victoria (36). Ces paramètres se déclinent selon quatre types de routes, une autoroute étant en effet plus bruyante qu'une artère régionale. Ils se déclinent également selon deux types de milieux distincts - urbain et périurbain - et pour deux périodes de la journée – PPAM et Inter-pointes Jour. Dans cette étude, les municipalités considérées urbaines sont les trois municipalités de l'agglomération de Québec ainsi que Lévis. Toutes les autres municipalités sont considérées comme périurbaines.

Dans une étude à paraître cette année, Dubé et son équipe montrent que l'exposition au bruit d'une rue locale n'avait pas d'impact négatif sur le prix de vente des propriétés unifamiliales à Québec, comparativement aux axes majeurs (37). Nous n'avons donc pas considéré de coût pour le bruit généré par les véhicules sur les routes locales. Celles-ci représentent 78% du réseau municipal et 64% de tout le réseau routier. Les paramètres utilisés sont présentés dans le Tableau 2.

Ce tableau indique que chaque km parcouru par un véhicule en PPAM en territoire urbain coûte 0.0101\$, du fait du bruit généré par la circulation sur une autoroute.

Tableau 12 : Paramètres des coûts du bruit au km-véhicule - mode Auto

\$ par km-véhicule	Urbain		Périurbain	
	PPAM	INTER-	PPAM	INTER-POINTES
Autoroute	0,0101	0,0037	0,0054	0,00182
Artère, Reg, Nat	0,0028	0,001	0,0015	0,0005
Coll	0,0002	0,0001	0,0001	0,00003
Locale	0	0	0	0

i. Monétisation du bruit - mode Auto

Le bruit coûte 3 398 \$ par jour, considérant les deux périodes PPAM (2 350 \$) et Inter-pointes Jour (1 049\$). Le bruit généré en PPAM représente 69% du bruit généré dans la demi-journée (PPAM et Inter-pointes Jour) et Inter-pointes Jour 31%. Les mesures de la pollution émise durant la période Autre ont montré que les émissions de GES des véhicules au cours de ces deux périodes représentaient au moins l'équivalent de celles émises au cours des périodes PPAM et Inter-pointes Jour. Considérant cette égalité valable pour le bruit généré, nous assumons que les coûts du bruit s'élèvent à plus de 1,5 million \$ en 2017 (Tableau 3).

Tableau 13 : Coûts annuels du bruit par période - mode Auto

Municipalité	\$ Bruit total - Auto	\$ Bruit PPAM - Auto	\$ Bruit IPJ - Auto	\$ Bruit Autre- Auto
Beaupré	3 064	1 089	443	1 532
Boischatel	3 137	1 117	452	1 568
Château-Richer	11 827	4 202	1 711	5 913
L'Ange-Gardien	4 868	1 731	703	2 434
Sainte-Anne-de-Beaupré	4 105	1 459	593	2 053
Saint-Ferréol-les-Neiges	121	44	16	60
Saint-Joachim	1 035	368	149	517
Saint-Tite-des-Caps	794	282	115	397
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	1 381	491	200	691
Sainte-Pétronille	151	54	22	76
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	215	76	31	108
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	537	191	78	269
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	2 043	726	296	1 022
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	4 236	1 505	613	2 118
Fossambault-sur-le-Lac	24	9	3	12
Lac-Beauport	183	67	25	91
Lac-Delage	6	2	1	3
Lac-Saint-Joseph	9	3	1	5
Sainte-Brigitte-de-Laval	262	96	35	131
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	6 168	2 192	891	3 084
Saint-Gabriel-de-Valcartier	2 814	1 001	406	1 407
Shannon	1 675	596	242	837
Stoneham-et-Tewkesbury	10 989	3 895	1 599	5 494
Lévis	339 586	117 657	52 136	169 793
L'Ancienne-Lorette	29 569	10 203	4 581	14 785
Québec	1 114 384	384 468	172 723	557 192
Saint-Augustin-de-Desmaures	20 072	6 937	3 099	10 036
Total CMQ	1 563 255	540 463	241 165	781 627

La circulation dans la ville de Québec est responsable de 71% du bruit et donc des coûts, la ville de Lévis 22% tandis que les 25 autres municipalités se partagent les 7% restant. Les tronçons du réseau routier

concernés par le bruit et empruntés lors des simulations ne représentent que 37% du réseau routier total utilisé lors des simulations. La Figure 10 présente une carte du coût du bruit dans la CMQ.

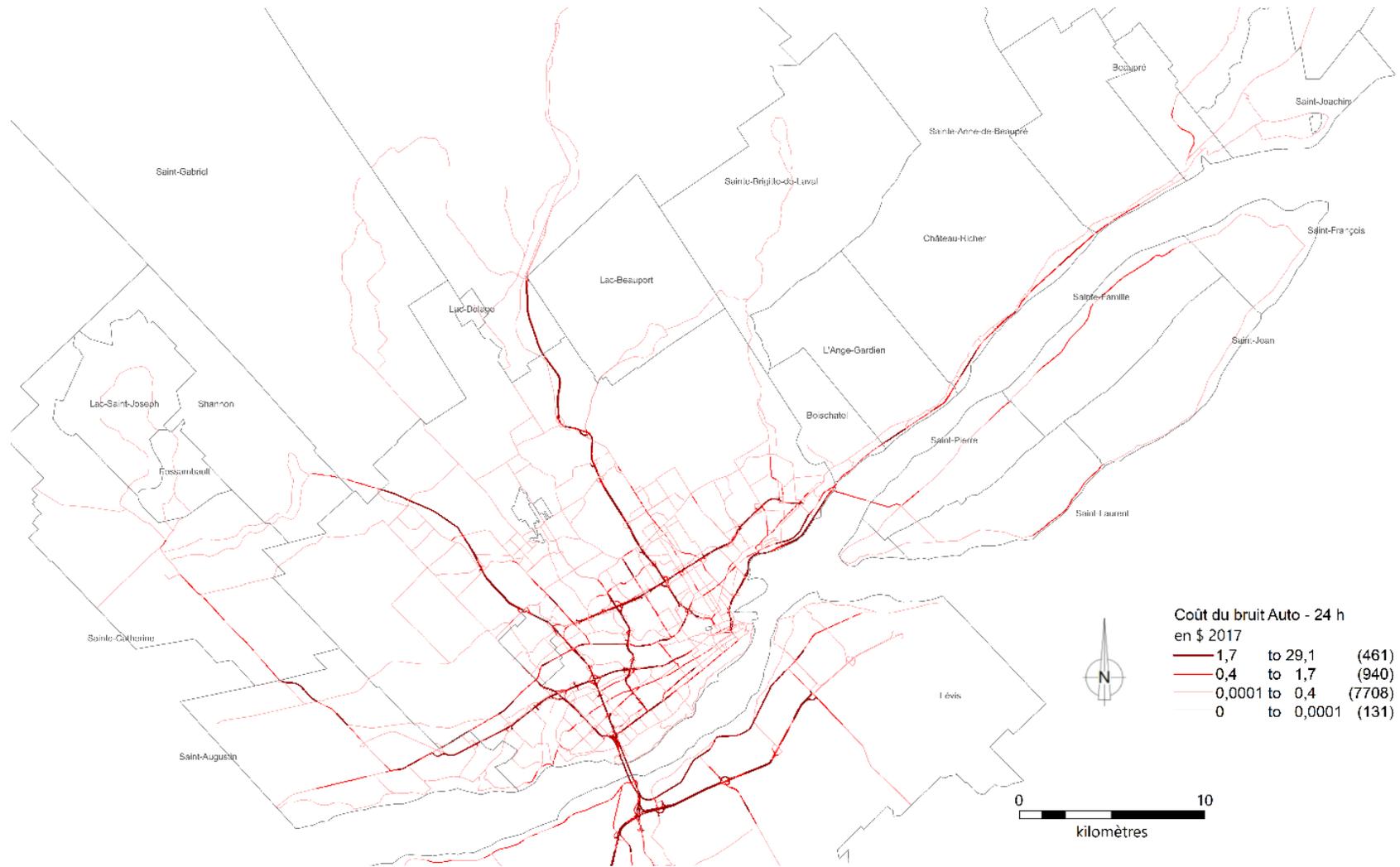


Figure 10: Coût du bruit généré par les déplacements, en 24h, par tronçon – mode Auto

ii. *Coût caché du bruit - mode Auto*

Ce coût caché a été calculé sur les types de voies concernés par le bruit. En moyenne dans la CMQ, le coût caché du bruit est de 0,0015 \$ par km parcouru : 0,0024 \$/km en PPAM, 0,0010 \$ /km en Inter-pointes Jour et 0,0014 \$ pour la période Autre (Tableau 14).

Tableau 14 : Coûts cachés du bruit, en \$ par km parcouru par personne - mode Auto

Municipalité	Ct Caché Bruit total - Auto	Ct Caché Bruit PPAM - Auto	Ct Caché Bruit Inter- pointes Jour -	Ct Caché Bruit estimé Autre - Auto
Beaupré	0,0006	0,0010	0,0004	0,0005
Boischatel	0,0004	0,0006	0,0002	0,0003
Château-Richer	0,0007	0,0011	0,0004	0,0006
L'Ange-Gardien	0,0005	0,0008	0,0003	0,0004
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,0006	0,0009	0,0003	0,0005
Saint-Ferréol-les-Neiges	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Saint-Joachim	0,0005	0,0008	0,0003	0,0005
Saint-Tite-des-Caps	0,0008	0,0011	0,0004	0,0008
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,0008	0,0012	0,0004	0,0007
Sainte-Pétronille	0,0007	0,0012	0,0004	0,0005
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0,0007	0,0012	0,0004	0,0007
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,0007	0,0012	0,0004	0,0006
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,0006	0,0010	0,0004	0,0006
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,0007	0,0011	0,0004	0,0006
Fossambault-sur-le-Lac	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
Lac-Beauport	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Lac-Delage	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Lac-Saint-Joseph	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Sainte-Brigitte-de-Laval	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	0,0006	0,0009	0,0003	0,0005
Saint-Gabriel-de-Valcartier	0,0004	0,0006	0,0002	0,0004
Shannon	0,0005	0,0007	0,0003	0,0005
Stoneham-et-Tewkesbury	0,0010	0,0017	0,0007	0,0009
Lévis	0,0020	0,0032	0,0013	0,0017
L'Ancienne-Lorette	0,0020	0,0030	0,0012	0,0019
Québec	0,0015	0,0024	0,0010	0,0014
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,0011	0,0018	0,0007	0,0010
Moyenne CMQ	0,0015	0,0024	0,0010	0,0014

Les municipalités urbaines sont celles pour lesquelles le coût caché du bruit est le plus élevé. Les municipalités de la MRC de la Jacques-Cartier présentent un coût caché du bruit en PPAM près de trois fois supérieur à celui de l'Inter-pointes Jour. La différence entre le coût au km parcouru de l'Inter-pointes Jour et celui de PPAM n'est pas imputable à la congestion. En nous appuyant sur les résultats obtenus pour la pollution, nous pouvons extrapoler les proportions et émettre l'hypothèse que 24% du bruit en

PPAM et 12% du bruit de la journée est le fait de la congestion.

Avec le coût caché (payeur) Bruit, le coût total du déplacement serait de 38,81 \$ à Lévis et de 113,86 \$ à Beaupré.

3. Temps perdu dans la congestion - mode Auto

Le temps perdu dans la congestion est un coût caché relatif à l'externalité négative congestion. Le temps perdu correspond à la différence entre le temps de déplacement sur un réseau fluide (en Inter-pointes Jour) et le temps sur un réseau congestionné (35), pour les tronçons concernés soit 19% du réseau routier total. Dans la CMQ, la somme des retards pour tous les automobilistes concernés par la congestion en PPAM, est de 17 759 heures, dont 77% sont attribués à la congestion dans la ville de Québec et 16% à Lévis. Les chiffres sont détaillés au Tableau 15. Cela représente une moyenne de 14 minutes par déplacement réalisé en PPAM (74 842). Si nous reprenons l'hypothèse que la période PPPM présente les mêmes caractéristiques que la période PPAM et l'hypothèse que cette journée est représentative des autres journées de l'année, alors en 2017, le temps perdu dans la congestion monte à 8 millions d'heures. Par comparaison, en 2008, l'agglomération de Montréal présentait un retard estimé à 67,7 millions d'heures (incluant usagers des bus, chauffeurs de bus et camionneurs).

Tableau 15 : Temps perdu dans la congestion PPAM, en heures – mode Auto

Municipalité	Retard total – Auto, en heures
Beaupré	20
Boischatel	141
Château-Richer	94
L'Ange-Gardien	103
Sainte-Anne-de-Beaupré	74
Saint-Ferréol-les-Neiges	12
Saint-Joachim	7
Saint-Tite-des-Caps	3
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0
Sainte-Pétronille	1
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	25
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	40
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	15
Fossambault-sur-le-Lac	3
Lac-Beauport	36
Lac-Delage	0
Lac-Saint-Joseph	1
Sainte-Brigitte-de-Laval	7
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	120
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-
Shannon	21
Stoneham-et-Tewkesbury	17

Lévis	2 800
L'Ancienne-Lorette	348
Québec	13 677
Saint-Augustin-de-Desmaures	191
Total CMQ	17 759

Le coût d'opportunité estimé pour de cette perte de temps est de 207 millions \$ en 2017 (Tableau 6). Le coût d'opportunité consiste à monétiser le temps perdu avec le taux horaire par profil (relativement au salaire de chacun des profils). Ce coût utilisé en économie estime la valeur de ce à quoi un individu renonce lorsqu'il prend la décision d'allouer son temps à une activité plutôt qu'à une autre (38). Dans cette étude, si le temps n'est pas perdu pour l'employeur de l'individu pris dans la congestion le matin, il est néanmoins perdu par l'individu lui-même, qui aurait pu utiliser ce temps à une activité autre que rouler dans la congestion. La somme des retards accumulés forme un coût d'opportunité collectif, un manque à gagner pour la collectivité c'est pourquoi nous considérons ce coût comme un coût caché - payeur. Au Tableau 6, nous l'estimons selon la valeur du temps pour chaque profil de mobilité, par année et pour les deux périodes de pointe.

Tableau 16 : Coût annuel du temps perdu par profil, en \$ - mode Auto

Municipalité	\$ Temps perdu Étudiant	\$ Temps perdu Travailleur	\$ Temps perdu Retraité	\$ Temps perdu total
Beaupré	7 187	197 042	30 038	234 267
Boischatel	70 719	1 465 366	83 128	1 619 212
Château-Richer	41 725	959 539	85 393	1 086 658
L'Ange-Gardien	42 417	1 060 500	99 750	1 202 667
Sainte-Anne-de-Beaupré	18 025	789 752	103 326	911 103
Saint-Ferréol-les-Neiges	5 360	123 898	13 563	142 821
Saint-Joachim	1 590	74 608	5 548	81 746
Saint-Tite-des-Caps	2 117	32 622	2 734	37 474
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	86	3 695	370	4 151
Sainte-Pétronille	576	11 422	1 961	13 959
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	14 815	233 547	23 621	271 982
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	892	493 118	858	494 867
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	122	2 392	229	2 742
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	6 137	157 254	11 350	174 741
Fossambault-sur-le-Lac	1 598	32 369	4 117	38 084
Lac-Beauport	19 641	369 838	20 117	409 596
Lac-Delage	12	435	-	447
Lac-Saint-Joseph	193	7 947	247	8 387
Sainte-Brigitte-de-Laval	3 672	76 110	3 674	83 457
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	46 924	1 317 370	59 919	1 424 213
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-	-	-	-
Shannon	13 687	208 482	3 104	225 273
Stoneham-et-Tewkesbury	12 820	389 975	12 419	415 213
Lévis	1 212 982	29 226 590	2 184 122	32 623 694

L'Ancienne-Lorette	172 230	3 491 364	298 019	3 961 613
Québec	5 837 028	144 239 826	9 858 118	159 934 972
Saint-Augustin-de-Desmaures	101 150	2 003 717	70 838	2 175 705
Total CMQ	7 633 705	186 968 775	12 976 563	207 579 043

Autrement dit, dans la CMQ en 2017, le retard causé par la congestion a coûté 337\$ par habitant. Par comparaison, en 2008, le coût du retard à Montréal était de 2 362 millions \$ pour les automobilistes conducteurs et passagers (35), soit 600\$ par habitant¹⁴.

Le coût du retard ramené aux km parcourus par les usagers automobilistes est présenté Tableau .

Tableau 17 : Coût caché du retard, en \$ par km parcouru par personne - mode Auto

Municipalité	Ct Caché Retard total - Auto
Beaupré	0,318
Boischatel	0,546
Château-Richer	0,253
L'Ange-Gardien	0,416
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,419
Saint-Ferréol-les-Neiges	0,241
Saint-Joachim	0,316
Saint-Tite-des-Caps	0,182
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,259
Sainte-Pétronille	0,408
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0,140
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,248
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,182
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,257
Fossambault-sur-le-Lac	0,356
Lac-Beauport	0,391
Lac-Delage	0,201
Lac-Saint-Joseph	0,179
Sainte-Brigitte-de-Laval	0,137
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	0,346
Saint-Gabriel-de-Valcartier	0
Shannon	0,354
Stoneham-et-Tewkesbury	0,498
Lévis	0,547
L'Ancienne-Lorette	0,601
Québec	0,601
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,397
Moyenne CMQ	0,570

¹⁴ Dollars Canadiens de 2008 actualisés au dollar de 2017 : 1,62.

En ajoutant le coût caché – payeur – retard, le coût total du déplacement serait de 44,28 \$ à Lévis et de 117,04 \$ à Beaupré. Le rapport coût utilisateur- coût payeur serait donc dans le premier cas de 1 \$ pour 2,98 \$: pour 1 \$ payé par l'utilisateur de l'auto qui effectue le déplacement, la collectivité paie 2,98 \$. Dans le deuxième cas, le rapport est de 1 \$ pour 9,52 \$: pour 1 \$ payé par l'utilisateur, la collectivité (incluant l'utilisateur) paie 9,52 \$. La répartition du retard accumulé par les usagers en auto montre très clairement la concentration des problèmes de congestion à Québec (Figure 11). la ville de Québec enregistre 77% des personnes en retard de la CMQ, car si c'est un territoire d'origine et de destination de déplacement, c'est aussi un territoire de transit. Les passages se concentrent sur certains tronçons routiers, en raison de la structure de ces réseaux qui rabat la circulation sur les axes majeurs.



Figure 11 : Temps perdu dans la congestion, en heures cumulées lors des périodes de pointe, par tronçon - mode Auto

4. Accident - mode Auto

Au Québec en 2017, 55% des personnes accidentées ont demandé une indemnisation. C'est pourquoi le coût des accidents constitue aussi un coût caché. Le coût lié à l'indemnisation des accidents est de 781 millions de \$. Dans cette étude, nous avons considéré uniquement les indemnités lors d'accidents mortels et graves non mortels survenus en semaine, du lundi au vendredi, en PPAM et Inter-pointes Jour, car le fichier de la SAAQ contenait des informations de géolocalisation non standardisées. L'intégration des informations s'est réalisée manuellement.

Selon les informations du site de la SAAQ¹⁵, l'indemnité versée en cas de décès est de 227 111\$. L'estimation du coût moyen d'un accident grave est de 62 209 \$. Les 2 accidents d'automobilistes mortels survenus sur le territoire de la CMQ en PPAM et les 5 accidents mortels en Inter-pointes Jour représentent 8% et 6% de tous les accidents mortels de la Province. Concernant les accidents graves provinciaux, 7% ont eu lieu dans la CMQ en PPAM et 4% en Inter-pointes Jour.

Le montant total des accidents survenus en PPAM et Inter-pointes Jour en 2017 pour l'ensemble de la CMQ est 4 407 935 \$. Il est de 14 427 498\$ pour toutes les périodes de la journée, soit 10 000 000\$ pour la période Autre. En rapportant les montants aux km parcourus par les utilisateurs du réseau routier, considérant les volumes théoriques de passagers pour 1 an, les résultats sont les suivants, Tableau .

Saint-Tite-des-Cap et Saint-Joachim constituent les deux municipalités où la collectivité paie le plus pour les risques d'accident. En ajoutant le coût caché – payeur – accident, le coût total du déplacement serait inchangé à Lévis (44,48 \$) et de 117,74 \$ à Beaupré, dont 0,495 \$ pour le risque d'accident. Le rapport coût utilisateur - coût payeur ne change pas vraiment, le coût caché accident reste faible.

Nous estimons le coût caché moyen par km-personne pour les accidents en Auto de la période Autre à 0,005 \$ au km parcouru pour le risque d'accident grave et 0,003 \$ au km parcouru pour le risque d'accident mortel. Ces coûts s'additionnent.

¹⁵ <https://saaq.gouv.qc.ca/accident-route/deces/>

Tableau 18 : Coût caché des accidents, en \$ par km parcouru— mode Auto

Municipalité	Ct caché Acc. Mortels PPAM	Ct caché Acc. Graves PPAM	Ct caché Acc. Mortels IPJ	Ct caché Acc. Graves IPJ
Beaupré	-	0,0495	-	-
Boischatel	-	-	-	-
Château-Richer	-	-	-	-
L'Ange-Gardien	-	0,0804	-	-
Sainte-Anne-de-Beaupré	-	-	-	-
Saint-Ferréol-les-Neiges	-	-	-	-
Saint-Joachim	-	-	0,4353	-
Saint-Tite-des-Caps	0,6942	0,3803	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-	-
Sainte-Pétronille	-	-	-	-
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-	-
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-	-
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-	-
Fossambault-sur-le-Lac	-	-	-	-
Lac-Beauport	-	-	-	-
Lac-Delage	-	-	-	-
Lac-Saint-Joseph	-	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	-	-	-	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	-	-	0,0791	0,0217
Saint-Gabriel-de-Valcartier	0,1194	0,0327	-	-
Shannon	-	-	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	-	-	0,0796	0,0654
Lévis	-	0,0026	-	0,0071
L'Ancienne-Lorette	-	-	-	-
Québec	-	0,0013	0,0021	0,0023
Saint-Augustin-de-Desmaures	-	-	-	-
Moyenne CMQ	0,0221	0,0036	0,0301	0,0203

5. Emprise spatiale - mode Auto

L'emprise spatiale (ES) correspond à la superficie occupée au sol par une infrastructure de transport, exprimée en km². Le coût de l'emprise spatiale est utilisé comme proxy pour estimer la pression exercée par une infrastructure de transport sur le foncier. Son coût est donc un coût au km². Celui-ci est mesuré sur le prix moyen par municipalité de l'évaluation foncière des terrains imposables¹⁶:

$$CtES_i = ES_i * \left(\frac{Eval_n}{Sup_n} \right)$$

Où :

$CtES_i$ = Coût de l'emprise spatiale de l'infrastructure de transport i , en \$/km²

¹⁶ En ligne le 15 janvier 2020 : <https://www.mamh.gouv.qc.ca/evaluation-fonciere/donnees-statistiques/>

ES_i = Emprise spatiale occupée par l'infrastructure de transport i au sol, en km^2

$Eval_i$ = Évaluation du km^2 dans la municipalité n dans laquelle se situe l'infrastructure i , en $\$/km^2$

Sup_n = Superficie totale de la municipalité n dans laquelle se situe l'infrastructure i , en km^2

Estimer ce coût est particulièrement pertinent dans le contexte actuel lié à une volonté de densification des centres urbains et d'implantation de nouvelles infrastructures de transport. Des études réalisées en Allemagne ou en France mesurent l'emprise spatiale avec des images satellites. Elles concluent que l'emprise spatiale des infrastructures de transport varie entre 10 et 27% des territoires.

Pour cette étude, nous utilisons les largeurs des voies communiquées par le MTQ (présentées Tableau 4) en ajoutant les fossés, les talus centraux et les berges afin de prendre en compte l'ensemble de la surface utilisée pour chacun des modes de transport (33). Ces largeurs excluent les voies cyclables et les voies réservées au Bus. Néanmoins, dans la mesure où les cyclistes roulent sur les voies Auto lors des déplacements utilitaires et dans la mesure où les Bus utilisent les voies Auto, nous avons déduit les largeurs des voies cyclables et des voies de bus des largeurs automobiles en proportion de la part modale effective sur chacun des tronçons (km parcourus dans cette étude). Quand aucun budget de Bus, Marche et Vélo n'était attribué à la municipalité et quand aucun déplacement dans l'EOD2017 n'était déclaré, aucune emprise spatiale n'a été déduite. De plus, nous avons inclus l'emprise spatiale des bâtiments enregistrés comme stationnements dans les rôles d'évaluation foncière des municipalités de la CMQ dans l'emprise spatiale Automobile.

Les tableaux complémentaires présentant la superficie des municipalités ainsi que le prix du foncier au km^2 sont présentés en Annexe G. Le Tableau présente l'emprise spatiale (ES), selon le type de voie.

Tableau 19 : Emprise spatiale (ES)

Type de voie	Description, inclusions	Largeur en mètres, 2 sens	ES en km^2
Locale	Urbain largeur moyenne sans trottoir, sans piste cyclable et avec 1 stationnement sur 1 côté	12,1	0,0121
Régionale, nationale et collectrice	Urbain Régionale, Collectrice ou Nationale incluant berge, talus, fossé et excluant une piste cyclable, sans stationnement, à 2 voies	20	0,02
Autoroute	Urbain Autoroute 2*2 voies incluant le terre-plein central de 15 m, berge, talus, fossé	50	0,05

Le Tableau présente l'ES du mode Auto, sa part dans l'emprise spatiale totale des quatre infrastructures de transport.

Tableau 20 : Superficie ES-Auto et % ES - mode Auto

Municipalité	ES-Auto en km2	% ES-Auto dans ES totale des infrastructures
Beaupré	0,78	97
Boischatel	0,86	97
Château-Richer	1,48	99
L'Ange-Gardien	0,79	99
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,60	99
Saint-Ferréol-les-Neiges	1,21	99
Saint-Joachim	0,53	98
Saint-Tite-des-Caps	1,07	99
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,31	98
Sainte-Pétronille	0,21	97
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0,50	94
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,50	96
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,51	99
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,38	99
Fossambault-sur-le-Lac	0,49	99
Lac-Beauport	1,43	99
Lac-Delage	0,09	99
Lac-Saint-Joseph	0,30	100
Sainte-Brigitte-de-Laval	1,46	99
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	1,56	99
Saint-Gabriel-de-Valcartier	1,09	100
Shannon	0,94	99
Stoneham-et-Tewkesbury	4,38	99
Lévis	22,4	97
L'Ancienne-Lorette	1,4	96
Québec	53,4	90
Saint-Augustin-de-Desmaures	4,8	96
Total CMQ	103	92

Le Tableau 7 présente les coûts de l'emprise spatiale du mode automobile par municipalité au km² ainsi que le coût caché, pour la collectivité, de l'emprise spatiale du mode Auto.

Tableau 21 : Coût annuel de l'ES et coût caché, en \$ par km parcouru par personne - mode Auto

Municipalité	\$ ES-Auto	Ct caché ES-Auto
Beaupré	5 371 801	0,95
Boischatel	14 732 483	1,36
Château-Richer	1 010 411	0,06
L'Ange-Gardien	1 952 522	0,18
Sainte-Anne-de-Beaupré	879 352	0,12
Saint-Ferréol-les-Neiges	3 017 862	0,91
Saint-Joachim	2 353 283	1,16
Saint-Tite-des-Caps	446 343	0,35
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	388 863	0,20
Sainte-Pétronille	3 612 808	9,18
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	1 223 424	4,08
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	1 470 315	1,86
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	455 234	0,14
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	1 074 008	0,17
Fossambault-sur-le-Lac	8 941 586	14,14
Lac-Beauport	13 047 432	2,11
Lac-Delage	2 265 083	9,08
Lac-Saint-Joseph	1 949 162	8,04
Sainte-Brigitte-de-Laval	3 554 451	0,48
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	3 913 116	0,34
Saint-Gabriel-de-Valcartier	297 626	0,04
Shannon	2 840 168	0,50
Stoneham-et-Tewkesbury	3 045 525	0,25
Lévis	341 977 577	1,51
L'Ancienne-Lorette	150 558 352	7,68
Québec	3 092 291 951	3,54
Saint-Augustin-de-Desmaures	64 594 866	2,79
Total et Moyenne CMQ	3 727 265 604	2,94

En ajoutant le coût caché – payeur – emprise spatiale, le coût total du déplacement serait de 59,21 \$ à Lévis et de 126 \$ à Beaupré.

6. Santé – mode Auto

Le coût santé synthétise les bénéfices sur la santé à utiliser un mode de transport : une vie prolongée et une meilleure santé générale. C'est un coût caché qui doit être soustrait du coût total d'un déplacement, car il vient le baisser. En accord avec la littérature, nous n'avons attribué aucun bénéfice pour la santé au mode Auto. Certaines études sur la santé publique montrent que l'air respiré en automobile est nocif pour la santé. En 2018, le Canada a évalué les coûts supplémentaires de santé associés à la pollution de l'air à

228 milliards de dollars¹⁷. Néanmoins, les coûts de toxicité attribués uniquement au déplacement en automobile sont délicats à estimer; nous avons préféré de pas en inclure dans notre analyse.

7. Conclusion sur le coût total du km parcouru en mode Auto

Le coût total d'un déplacement en auto varie grandement d'une municipalité de la CMQ à une autre et d'un profil à l'autre. En moyenne, réaliser 10 km en Auto en PPAM pour un retraité coûte 68,27 \$ dont 11,13 \$ en coût utilisateur pour le porte-monnaie de l'individu et 57,14 \$ en coût payeur pour la collectivité. Pour 1\$ dépensé par un retraité en Auto, la collectivité paie 5,13 \$. Finalement, 1 km parcouru par un individu moyen (tous profils confondus) en Auto et en PPAM coûte 6,72 \$: pour 1\$ dépensé, la collectivité paie 5,83 \$. Hors PPAM et PPPM, le coût total du km en auto est de 6,1 \$, avec un ratio de 5,7\$. Ces ratios sont plus faibles que le ratio moyen obtenu pour l'étude similaire de Vancouver (9,2). La différence entre la CMQ et Vancouver s'explique par les différences de prix du foncier (plus élevé à Vancouver, car le foncier est plus rare donc l'emprise spatiale plus coûteuse) ainsi qu'une congestion plus élevée à Vancouver (plus de 2 000 000 habitants). De ce fait, à Vancouver, le km parcouru en auto coûte 1,6 fois plus cher qu'à la collectivité que dans la CMQ. Cependant, pour certaines municipalités de la CMQ, le ratio utilisateur-payeur est plus élevé que celui de Vancouver.

La Figure 12 présente la cartographie du coût total en Auto, pour chacun des tronçons de la CMQ, en périodes de pointe. La carte pour l'inter-pointes Jour est présentée en Annexe M.

¹⁷ <https://ecofiscal.ca>

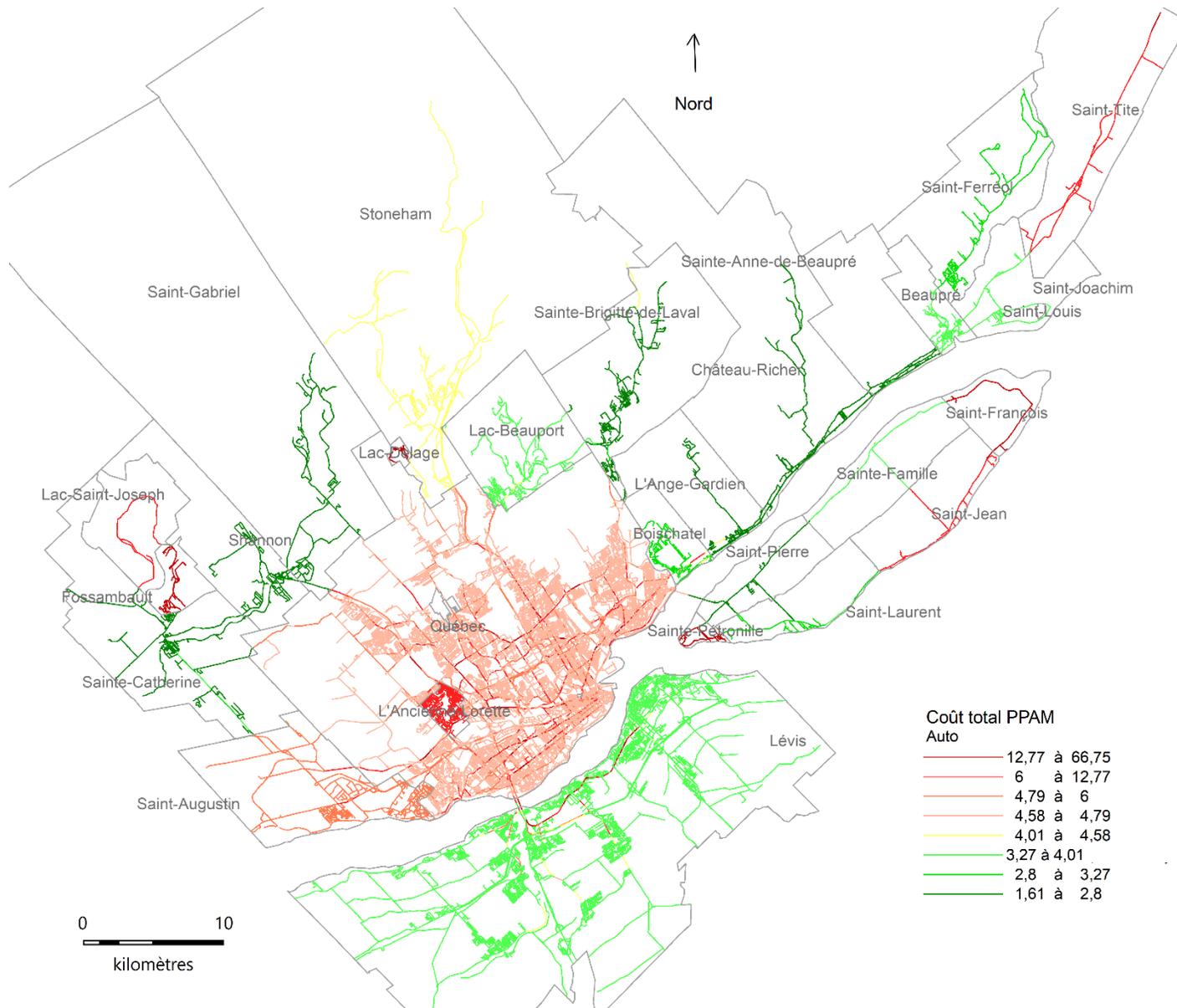


Figure 12 : Variation des coûts totaux – Auto en périodes de pointe

III. Coût d'utilisation du mode Bus

Dans cette partie nous présentons les coûts internes, indirects et cachés pour le mode Bus. Nous ajoutons une brève synthèse sur la congestion routière dans la CMQ. Les variables utilisées pour estimer le coût total du mode Bus sont présentées Tableau 8.

Tableau 22 : Variables utilisées dans l'estimation du coût total - Bus

Type de coût	Variable
Coûts internes	Dépenses en \$ de la personne pour réaliser le déplacement : coût moyen d'un passage, par AOT
	Temps pour réaliser le déplacement, mesuré en minutes et monétisé en \$
	Santé, bénéfique pour l'individu, de marcher de l'origine du déplacement à l'arrêt de bus le plus proche (entrer dans le réseau de TC) et de l'arrêt de bus le plus proche à la destination finale (sortir du réseau), mesurée en kilomètres et monétisée en \$
Coût indirect	Dépenses en \$ des AOT pour les infrastructures de transport collectif: <ul style="list-style-type: none"> - Construction et entretien des arrêts de bus - Location de points de service - Services, clientèle - Marketing, etc.
Coûts cachés	Pollution émise par les déplacements des véhicules mesurée en tonnes équivalent CO ₂ et monétisée en \$
	Bruit généré par les déplacements des véhicules monétisé en \$
	Retard causé par la congestion mesuré en minutes et monétisé en \$
	Pollution causée par la congestion mesurée en tonnes équivalent CO ₂ et monétisée en \$
	Emprise spatiale des infrastructures de transport collectif mesuré en km ² et monétisée en \$
	Santé, bénéfique pour la collectivité que les individus marchent de l'origine du déplacement à l'arrêt de bus le plus proche et de l'arrêt de bus le plus proche à la destination finale, mesurée en kilomètres et monétisée en \$

Pour mesurer le coût total des déplacements déclarés en bus dans l'EOD, nous avons dû procéder d'une tout autre façon que pour la mesure du coût total en Auto. Les analyses des budgets de dépenses et des données géomatiques des quatre AOT ont été réalisées à trois échelles de réseau :

- Échelle de réseau unitaire : le nombre de km de voies dédiées à la circulation des bus sur le réseau routier. Les tracés des quatre réseaux nous ont été communiqués par la CMQ, au format géomatique (Figure 1, en introduction).

- Échelle de réseau parcouru par les bus : le nombre de km parcourus par les bus, plus représentatifs de la réalité du coût des réseaux de bus, d'autant plus que la fréquence et la densité de passage des bus varient selon les municipalités. Par ailleurs, un bus circule selon un horaire et un parcours habituel. Il occupe les voies même si aucun individu autre que le chauffeur ne l'occupe. À la différence d'une auto où le conducteur est systématiquement passager-usager (Figure 13).
- Échelle de réseau parcouru par les passagers : le nombre de km parcourus par les usagers des bus (Figure 14).

Les budgets proviennent des rapports d'activité des 4 AOT; les données concernant les nombres de véhicules, le nombre de passagers, le taux d'achalandage et les capacités des véhicules nous ont été communiquées pour chacun des parcours des 4 AOT, à l'automne 2017, pour une journée typique de semaine travaillée.

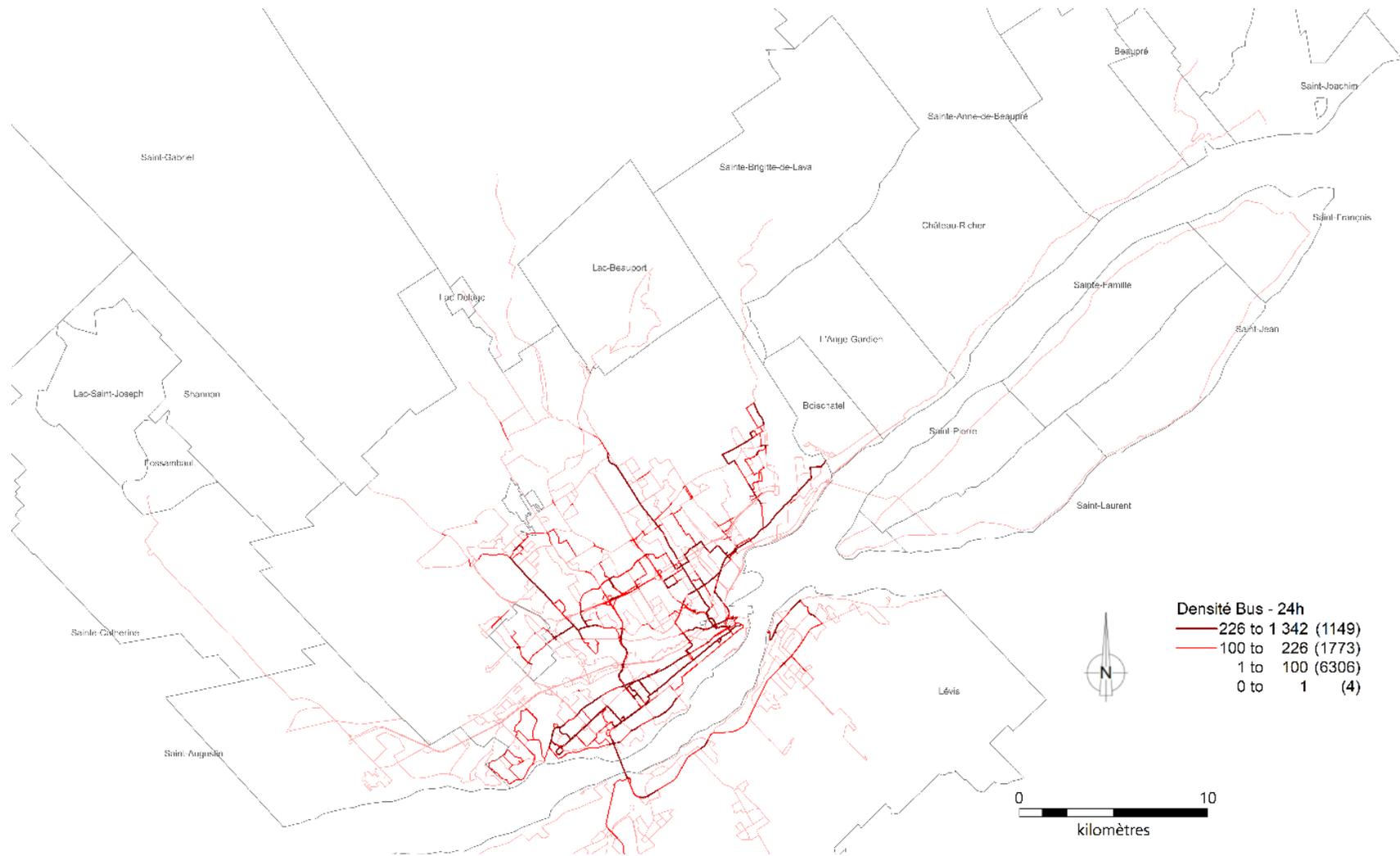


Figure 13: Nombre de véhicules sur 24 h, par tronçon - mode Bus

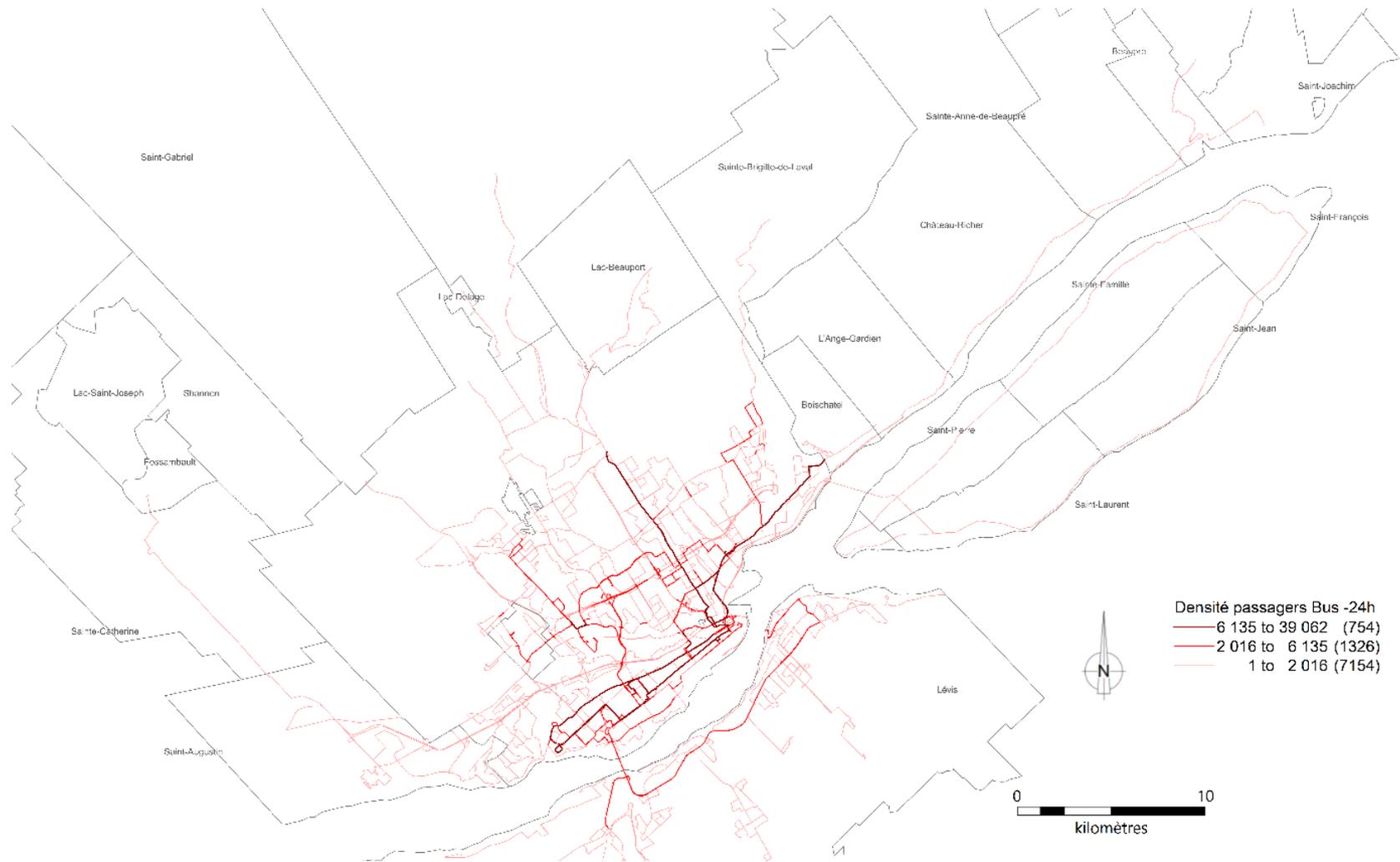


Figure 14: Nombre de passagers sur 24 h, par tronçon - mode Bus

À partir de ces données, la méthodologie pour l'estimation du coût total s'est structurée en 3 étapes :

- 1) Dans un premier temps nous avons considéré les 30 passagers par bus tout le long du parcours 1, de l'arrêt de début de parcours à l'arrêt terminus. Cette façon de répartir les passagers comptabilisait un très grand nombre de km parcourus en Bus. Or le km parcouru par personne est le dénominateur dans tous les calculs de coût; plus il est important, plus le coût au km est faible. Cette façon avantageait le mode Bus; elle n'était donc pas appropriée.
- 2) De ce fait, nous avons pondéré le nombre de passagers réellement transportés par le ratio suivant : distances estimées à partir des temps de déplacements déclarés accomplis en Bus / les distances déclarées par les AOT. Nous avons ainsi reconstruit les distances parcourues à partir des temps de déplacement déclarés dans l'EOD2017 et des vitesses moyennes en bus mesurées sur le réseau. Ainsi, pour mesurer le coût total des déplacements en bus, nous considérons :
 - Les vitesses Bus mesurées à partir des points GPS du RTC : nous avons identifié les tronçons du réseau routier utilisé par les véhicules du RTC puis estimé la vitesse moyenne de circulation des points GPS, par quart d'heure, heure, jour, selon la direction des parcours. Pour les tronçons utilisés par le RTC, mais non renseignés par des points GPS, nous retenons des vitesses moyennes par type de voies (Tableau 9). Des tests d'égalité des moyennes confirment la différence significative des vitesses entre les types de voies et les deux périodes. Nous attribuons ensuite ces vitesses à tous les tronçons du réseau routier utilisés par les autres AOT.

Tableau 23 : Vitesses - mode Bus

Type de voie	Vitesse en km/h	
	PPAM	Inter-pointes Jour
Autoroute	33	39
Collectrice	24	26
Artère, nationale et régionale	23	24
Locale	23	24

- Les temps de déplacement moyens par AOT déclarés dans l'EOD2017. Le temps déclaré (heure d'arrivée-heure de départ) constitue un temps de trajet total de l'origine à la destination et inclut le temps d'accès au réseau (de l'origine à l'arrêt de bus), le temps d'attente, le temps de trajet dans le bus et le temps de sortie du réseau (de l'arrêt de bus à la destination déclarée). Nous avons calculé les temps d'accès et de sortie en mesurant sur le réseau routier la distance à la marche entre l'origine et l'arrêt de bus le plus proche et la distance à la marche entre la destination et l'arrêt de bus le plus proche de la destination (quel que soit les parcours desservis à ces arrêts et quelle que soit l'AOT). Ces mesures ont ainsi été réalisées sur l'échantillon renseigné dans l'EOD2017, PPAM et Jour soit 2189 enregistrements et 26 761 déplacements FACDEP, à l'origine du déplacement. La vitesse de marche retenue est de 4 km/h, en accord avec la littérature (39). Le temps d'attente RTC moyen nous a été communiqué par le RTC : 5,5 minutes. Nous avons par ailleurs calculé le temps d'attente moyen pour la STLévis à partir de leurs données : 10 minutes.

Nous retenons le temps d'attente STLévis pour le TCJC et le PLUMobile, puisque ces trois AOT ont en commun de ne pas exploiter d'application d'informations en temps réel telle que celle du RTC (Nomade). Le temps de trajet dans le bus est ainsi le temps de déplacement déclaré dont on a déduit les trois autres temps estimés.

À partir du temps de trajet dans le bus et des vitesses estimées pour la circulation des bus des quatre AOT, nous déduisons la distance parcourue, en moyenne dans le véhicule, par déplacement, par AOT (Tableau 10).

Tableau 24 : Temps et distances moyens de déplacement par AOT - mode Bus

AOT	Temps moyen total déclaré par déplacement EOD, en min	Temps accès ET de sortie, en min	Vitesse moy., en km/h	Temps trajet moy, en min	Distance trajet moy, en km
RTC	34	5	25	24	9,7
STLévis	37	7	44	20	14,1
TCJC	31	5	52	17	15,3
PLUMobile	37	6	53	21	18,2
Moyenne	35	6	48	21	16

Ces distances moyennes multipliées par le nombre de passagers annuels nous amènent à une distance parcourue par les passagers annuellement. Le ratio km parcourus par les passagers sur les réseaux / km parcourus théoriquement est calculé par AOT. Il est appliqué sur tous les parcours pour chaque AOT. Pour finir, le ratio utilisé pour que cette journée typique soit représentative d'une année entière est de 267 par le RTC, de 250 pour le TCJC et 230 pour le PLUMobile. Pour la STLévis, nous appliquons le même ratio que pour le RTC, puisque c'est un service de bus utilisé à l'année longue, pour différents motifs de déplacements selon l'EOD 2017. Les chiffres obtenus depuis l'étape 1 à l'étape 3 sont plus réalistes sur les distances parcourues par AOT. Par contre, le même poids est donné à chacune des municipalités des AOT, ce qui n'est pas représentatif de la réalité, eu égard à la spatialité des déplacements déclarés dans l'EOD2017.

3) Enfin nous avons réparti les chiffres obtenus par AOT à l'étape deux selon :

- Les déplacements réalisés déclarés dans l'EOD2017 entre 1 municipalité d'origine et 1 municipalité de destination
- Les municipalités traversées lors du déplacement
- Les distances entre les municipalités

Nous avons généré trois matrices de déplacements Origine-Destination. Une pour comptabiliser les volumes d'échanges O-D 2017 entre les municipalités, une deuxième pour identifier les municipalités traversées lors des déplacements et y comptabiliser les volumes d'échanges et une troisième pour indiquer les distances parcourues sur les réseaux de TC, dans chacune des municipalités.

La multiplication de la matrice 2 et 3 permet de connaître les proportions des distances parcourues ainsi que leur répartition entre AOT et dans une même AOT entre municipalités. À partir de ces proportions, nous avons pondéré les distances estimées à l'étape deux. Cette étape permet d'obtenir un total de

distances parcourues par municipalité le plus proche de la réalité déclarée dans l'EOD2017. Cette étape permet également de distinguer le réseau de bus PLUMobile dans la MRC de la Côte-de-Beaupré de celui dans la MRC de l'Île-d'Orléans, car l'achalandage y est différent.

Non-linéarité des coûts internes (utilisateur) et cachés (collectivité) du mode Bus

Les temps d'attente et d'accès-sortie du réseau présentés Tableau 10 ne sont pas compressibles. Ils sont constants, que le trajet s'effectue sur 1, 5, 10 ou 30 km. Nous faisons l'hypothèse que l'accès et la sortie du réseau s'effectuent à la Marche. Un coût Santé de cette pratique de la Marche est attribué à l'individu qui réalise les trajets vers et depuis les arrêts de bus (accès et sortie du réseau) et un coût Santé est attribué à la collectivité, car la pratique de la Marche améliore la santé des individus et prolonge la vie, diminuant de fait les frais de santé collectifs (19). C'est parce que ces coûts internes et cachés Santé au km-personne en Bus sont constants qu'ils ne sont pas linéaires. Plus la distance parcourue en Bus augmente, plus la part de ces coûts baisse dans le coût total. De ce fait, le ratio entre la part payée par l'utilisateur et la part payée par la collectivité change avec la distance totale parcourue pour réaliser le déplacement (Figure 15).

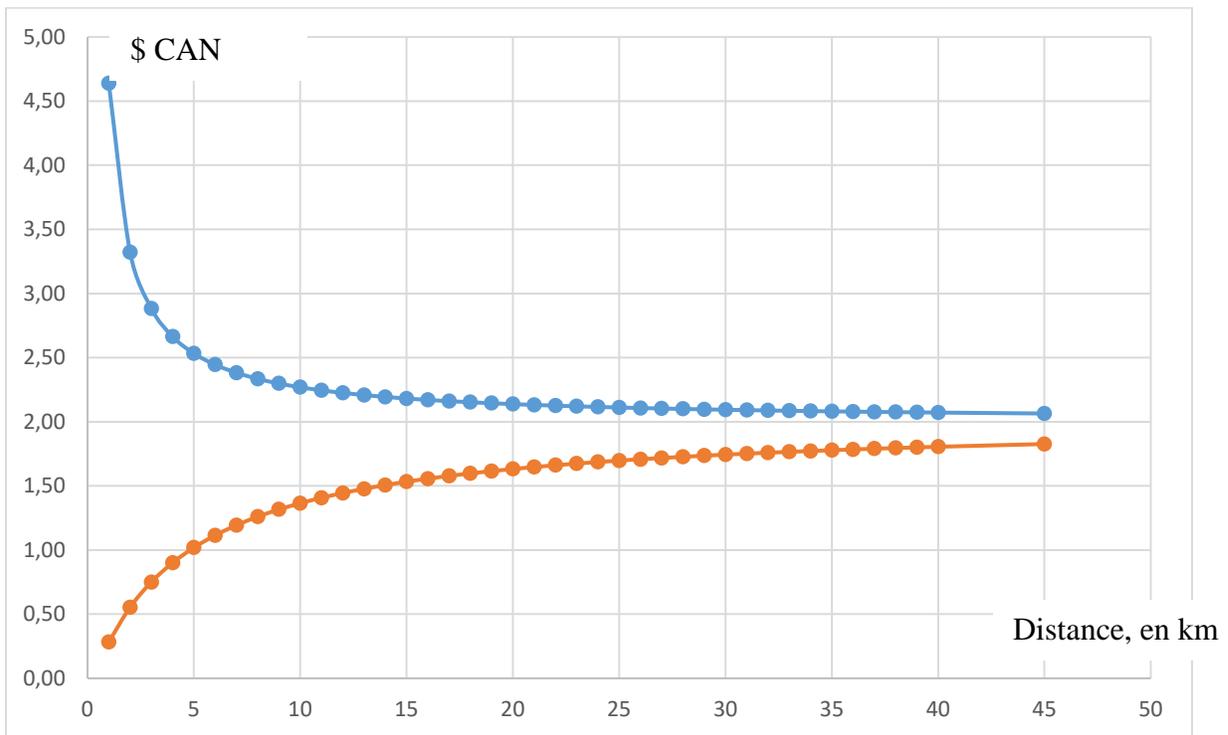


Figure 15: Rapports Coût total, ratio utilisateur-payeur et distance parcourue, profil moyen, CMQ - mode Bus

En abscisse la distance de déplacement, en ordonnée le coût total du déplacement.

En bleu : Plus la distance de déplacement (incluant distance d'accès au réseau, distance de parcours et distance de sortie du réseau) augmente, plus le coût total au km parcouru baisse. En orange, plus la distance de déplacement augmente plus le ratio utilisateur-payeur augmente c.-à-d. plus la participation de la collectivité au coût total augmente. Ainsi, plus le déplacement est long (incluant distance et temps d'accès au réseau, temps d'attente, distance et temps de parcours et distance et temps de sortie du réseau), plus la

collectivité paie une part importante du coût total du déplacement en Bus.

Le ratio utilisateur-payeur change également selon les profils observés (Figure 16). En bleu la moyenne pour la CMQ, en vert les étudiant, en orange les travailleurs et en jaune les retraités. Pour les étudiants, le ratio utilisateur-payeur est rapidement très élevé : la collectivité finance nettement le Bus pour cette clientèle. Dès 5 km, les courbes des deux ratios se croisent à 2 \$ du km parcouru, en heures de pointe. En inter-pointes Jour, les courbes se croisent à 6 km. À partir de ces croisements de courbes, plus la distance parcourue augmente, plus la collectivité finance une relative gratuité du transport des étudiants. Pour les profils travailleur et retraité, les courbes des deux ratios ne se rencontrent pas encore à 45 km parcourus (ni même à 200 km parcourus selon nos modèles).

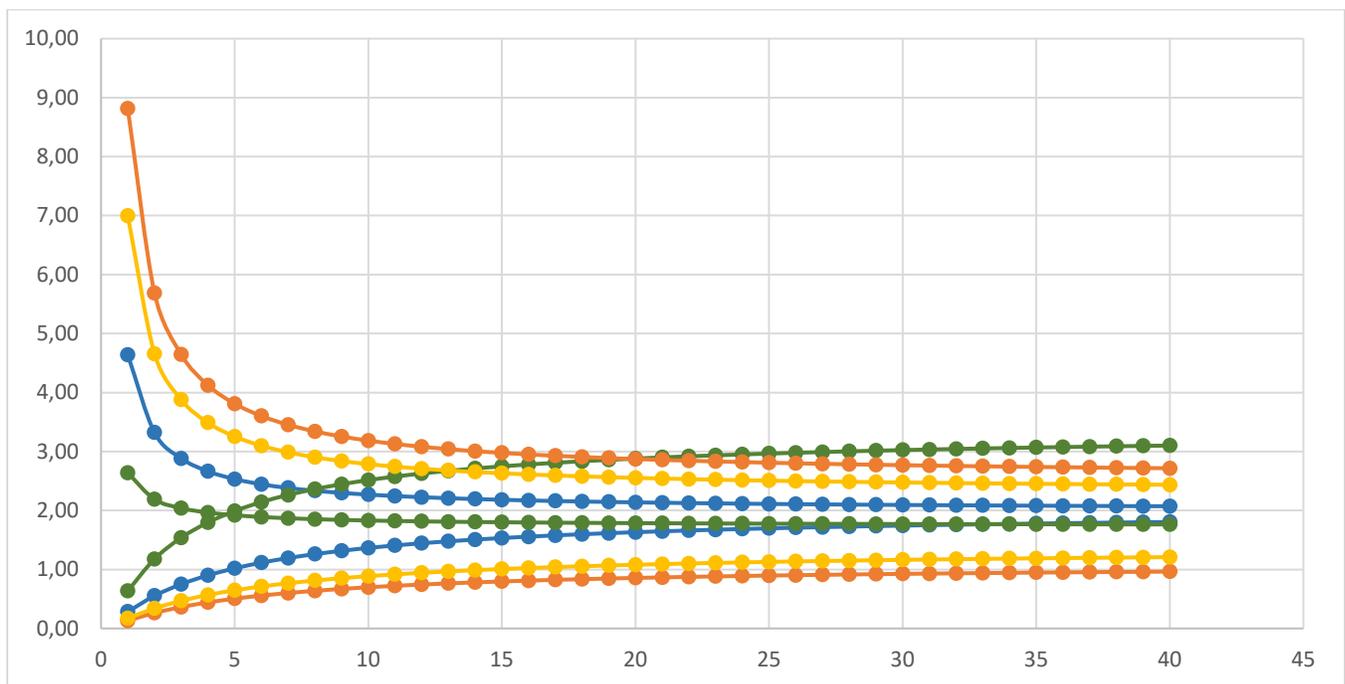


Figure 16 : Ratios utilisateur-payeur par profil, mode Bus

Pour le linéariser et ainsi obtenir un coût total pondéré par km parcouru, nous avons figé les parts utilisateur et payeur à la distance correspondant au temps moyen de déplacement de 48 minutes présenté dans l'étude sur le réseau structurant de transport en commun pour l'année 2017 (25), à savoir 15,30 km dans le véhicule. Le coût km-personne ainsi obtenu sert d'indicateur de référence, quelle que soit la distance à parcourir en bus.

Dans cette étude, nous utilisons le coût au km-personne pondéré, un indicateur par territoire analysé - agglomération de Québec (RTC), Ville de Lévis (STLévis), MRC-JC (TCJC), MRC-CB (PLUMobile) et MRC-ÎO (PLUMobile).

A. Coûts internes utilisateurs - mode Bus

Les coûts internes du mode Bus correspondent aux dépenses des individus pour payer leur titre de transport

lors d'un déplacement. Pour harmoniser le calcul, nous avons retenu les recettes des voyageurs annuelles comme budget de dépenses des individus. Le Tableau 11 présente les coûts internes – utilisateurs - par AOT, mesurés tel que suit :

$$CI_i = (R_i / KmP_i)$$

Où :

CI_i = Coût interne de l'infrastructure - utilisateur pour l'AOT i , en \$

R_i = Recettes totales des billets des usagers pour l'AOT i

KmP_i = Kilomètres parcourus par les passagers de l'AOT i (nombre de passages * distance de trajet moyenne)

Tableau 25 : Coût utilisateur par AOT- mode Bus

1 année 2017 (STLévis 2015)	RTC	STLévis	TCJC	PLUMobile	Total
Nombre de passages	45 400 000	4 112 364	50 000	42 292	49 604 656
Km parcourus passagers	440 836 983	58 368 035	768 161	771 086	500 744 265
Recettes voyageurs, en \$	70 618 287	6 505 907	343 300	184 109	77 651 603
Coût interne utilisateur en \$ par km	0,16	0,11	0,45	0,24	0,16

Autrement dit, le coût au km parcouru pour le porte-monnaie d'un usager du Bus est plus élevé pour le service de TCJC que de celui du PLUMobile, lui-même plus élevé que celui du RTC, lui-même plus élevé que celui de la STLévis.

En reprenant les valeurs monétaires de temps estimées pour le mode Auto et en reprenant le même exemple d'un retraité qui réalise le déplacement de 10 km en bus à Lévis, le coût utilisateur avec le temps total alloué au déplacement « porte-à-porte » (de l'origine à la destination, avec toutes les étapes d'impliquées) serait de :

$$\text{Temps total } i = \left(\left(\frac{10 \text{ km}}{44 \text{ km/h}} = 13,6 \text{ min} \right) + (10 \text{ min attente}) + (7 \text{ min accès \& sortie rés.}) \right)$$

$$CI_i = (10 \text{ km} * 0,11 \$) + (30,6 * 23 \$/h)$$

$$CI_i = 1,1 \$ + 11,73 \$$$

$$CI_i = 12,83 \$$$

À ce coût interne, il faut ajouter le coût interne Santé correspondant au gain généré par l'activité physique. Nous avons considéré le temps de marche vers l'arrêt le plus proche de l'origine de déplacement déclaré en bus dans l'EOD 2017. Les tableaux des distances moyennes estimées pour accéder au réseau et sortir du réseau de bus, par municipalité, sont présentés en Annexe H. C'est un coût qui doit être soustrait du coût total d'un déplacement. Nous avons repris un paramètre utilisé dans la littérature à Vancouver (19, Tableau 12) qui est le coût (bénéfice) au km de marche de l'origine à l'arrêt de bus d'entrées du réseau et de l'arrêt de bus de sortie de réseau à la destination. Autrement dit, chaque km parcouru par l'utilisateur pour se rendre à l'arrêt de bus le plus proche de l'origine d'un déplacement diminue le coût interne de 1,960. Les sommes annuelles à soustraire sont présentées

Tableau 13.

Tableau 26 : Paramètre des coûts internes Santé, en \$ par km parcouru- mode Bus

Coût utilisateur
(1,969)

Tableau 27 : Coûts (bénéfices) annuels internes utilisateurs Santé - mode Bus

Municipalité	Coût interne Santé - Bus
Beaupré	(842 425)
Boischatel	(5 903 379)
Château-Richer	(974 994)
L'Ange-Gardien	(746 568)
Sainte-Anne-de-Beaupré	(440 222)
Saint-Ferréol-les-Neiges	(94 115)
Saint-Joachim	(216 090)
Saint-Tite-des-Caps	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	(302 842)
Sainte-Pétronille	(117 386)
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	(286 389)
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	(472 842)
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	(514 715)
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	(430 385)
Fossambault-sur-le-Lac	(126 425)
Lac-Beauport	(8 928 479)
Lac-Delage	(185 113)
Lac-Saint-Joseph	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	(776 406)
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	(742 398)
Saint-Gabriel-de-Valcartier	(142 820)
Shannon	-
Stoneham-et-Tewkesbury	(1 037 067)
Lévis	(656 561 608)
L'Ancienne-Lorette	(111 366 016)
Québec	(5 664 114 218)
Saint-Augustin-de-Desmaures	(119 249 431)
Total et moyenne CMQ	(6 574 572 335)

Au total, en 2017, les utilisateurs de la CMQ ont économisé plus de 6 milliards de \$ grâce aux bénéfices tirés de la pratique de la marche pour rejoindre et sortir du réseau de bus. À Lévis, il faut en moyenne parcourir 0,32 km pour accéder et sortir du réseau de la STLévis, ce qui coûte -0,63\$ à l'individu. À Beaupré, la distance moyenne est de 0,412 km, soit -0,812\$ pour l'individu.

Ainsi, en ajoutant ce coût interne Santé au coût interne précédent, le coût interne total du déplacement de 10 km pour le retraité est de $(12,83-0,63 =) 12,20\$$ à Lévis et de $(14,13-0,81 =) 13,32\$$

Comparativement au coût interne en Auto pour la même distance et le même profil (10,74\$), le coût interne budget-temps en Bus est 1,2 fois plus élevé. Le coût interne lié au véhicule est par contre 4,5 fois plus élevé en Auto qu'en Bus (4,99 \$ versus 1,10 \$ pour 10 km).

B. Coûts indirects payeurs - mode Bus

Les coûts indirects se calculent sur les dépenses des AOT. Ces dépenses servent à entretenir les véhicules, les garages, payer les salaires, etc. À ces dépenses nous ajoutons les budgets des municipalités que nous avons attribués aux voies Bus et estimés sur la base de la part de fréquentation des véhicules Bus sur les véhicules Auto. En effet, les bus usent le réseau routier, mais cette usure varie selon la densité de passage des bus sur les voies. Le tableau des budgets est présenté en Annexe I par municipalité. Le Tableau 14 présente les coûts indirects – payeurs - par AOT, mesurés tel que suit :

$$CId_i = D_i / KmP_i$$

Où :

CId_i = Coût indirect payeur pour l'AOT i , en \$

D_i = Budget total dépensé par l'AOT i pour son réseau

KmP_i = Kilomètres parcourus par les passagers de l'AOT i

Tableau 28 : Coût payeur par AOT- mode Bus

1 année 2017 (STLévis 2015)	RTC	STLévis	TCJC	PLUMobile – MRC CB	PLUMobile – MRC ÎO	Total
Dépenses totales, en \$	211 500 000	27 404 691	710 000	599 787	333 587	240 548
Budgets Voirie Mun et	16 987 940	4 577 214	629 064	158 057	361 108	24 017 003
TOTAL dépenses Bus	228 487 940	31 981 905	1 339 064	757 845	694 695	264 565
Km parcourus Bus	27 751 133	4 674 478	352 095	191 738	109 648	33 079 092
Km parcourus passagers	440 836 983	58 368 035	768 161	599 787	333 587	500 906 553
Coût indirect payeur, en \$	0,54	0,55	1,28	1,26	2,08	0,54

Toujours sur notre même exemple, le coût indirect payeur d'un déplacement de 10 km réalisé en Bus dans la ville de Lévis serait de :

$$CId_i = (10 \text{ km} * 0,55 \$)$$

$$CId_i = 5,5 \$$$

Ainsi, à Lévis ce déplacement coûte 12,20 \$ à l'utilisateur et 5,50 \$ à la collectivité. Pour 1\$ dépensé par l'utilisateur, la collectivité paie 0,45 \$. Ces résultats comparés avec le rapport coût utilisateur- coût payeur du Mode Auto nous amène à conclure qu'à kms parcourus égaux, le coût payé par la collectivité est plus élevé que le coût utilisateur pour l'Auto, mais inversement pour le Bus. De plus, sans tenir compte des coûts cachés, le coût total Auto (22,04 \$) est 1,2 fois plus élevé que le coût total Bus (17,77 \$). En ne comparant que les coûts indirects payeurs, alors l'Auto est 2 fois plus chère que le Bus.

C. Coûts cachés payeurs - mode Bus

Les estimations des coûts cachés en Bus ont été réalisées pour les quatre AOT ensemble, sans distinction d'AOT. Nous avons ainsi utilisé un facteur d'annualisation moyen pour les quatre AOT de 254 (jours).

1. Pollution : émissions de GES – mode Bus

La pollution a été mesurée sur la base des km parcourus par les véhicules et le facteur de conversion

communiqué par Transition Énergétique Québec : pour chaque km parcouru hors heure de pointe, 2,7179 kg de CO₂ e sont émis (39). Pour estimer les émissions en PPAM, nous avons multiplié l'émission hors heure de pointe par le rapport moyen entre l'émission PPAM et l'émission Inter-pointes Jour Auto, par municipalité. Celui-ci varie de 0,99 à 1,15. Autrement dit, sur un tronçon routier, quel que soit sa longueur, le maximum entre le CO₂ émis en PPAM n'excède pas 1,15 le CO₂ émis en Inter-pointes Jour.

Les émissions de GES relatives à la circulation en Bus sur le réseau routier de la CMQ s'évaluent à 153 tonnes pour 1 journée de semaine typique : 38,5 tonnes pour la période PPAM, 46 tonnes pour la période Inter-pointes Jour et 54 tonnes pour la période Autre. À l'année, les émissions de GES s'élèvent à 35 186 t CO₂ e : 28% générés en PPAM, 33% en Inter-pointes Jour et 39% pour les autres périodes. La répartition des émissions annuelles de GES en t CO₂ e par municipalité est présentée dans le Tableau 15, en tonnes.

Tableau 29 : Émissions annuelles de GES en t CO₂ e - mode Bus

Municipalité	GES total - Bus	GES PPAM - Bus	GES Inter-pointes Jour - Bus	GES Autre - Bus
Beaupré	46	18	7	21
Boischatel	174	52	49	73
Château-Richer	52	21	8	23
L'Ange-Gardien	33	13	6	14
Sainte-Anne-de-Beaupré	26	11	4	11
Saint-Ferréol-les-Neiges	5	2	1	3
Saint-Joachim	12	5	2	6
Saint-Tite-des-Caps	-	-	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	18	9	-	8
Sainte-Pétronille	7	4	-	3
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	16	8	-	8
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	21	10	2	9
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	31	14	4	12
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	22	11	1	10
Fossambault-sur-le-Lac	2	1	-	1
Lac-Beauport	88	16	26	46
Lac-Delage	3	2	-	2
Lac-Saint-Joseph	-	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	16	6	-	11
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	24	8	-	16
Saint-Gabriel-de-Valcartier	5	2	1	2
Shannon	-	-	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	36	18	-	18
Lévis	4 267	1 246	1 269	1 752
L'Ancienne-Lorette	524	126	187	211
Québec	29 189	7 995	10 027	11 168
Saint-Augustin-de-Desmaures	570	189	151	230
Total CMQ	35 186	9 784	11 745	13 657

Les émissions sont plus importantes dans la ville de Québec; 83% des émissions y sont concentrées. Lévis concentre 12,3% des émissions. Ce sont en effet les deux villes dans lesquelles circulent le plus de véhicules (Figure 13).

i. Monétisation de la pollution – mode Bus

Le coût annuel des émissions de GES est de près de 2 800 000 \$. Le Tableau 16 présente les coûts par municipalité.

Tableau 30 : Coût annuel des émissions de GES, en \$ - mode Bus

Municipalité	\$ GES total - Bus	\$ GES PPAM - Bus	\$ GES Inter-pointes Jour - Bus	\$ GES Autre - Bus
Beaupré	3 620	1 436	564	1 631
Boischatel	13 792	4 165	3 860	5 767
Château-Richer	4 105	1 686	644	1 792
L'Ange-Gardien	2 636	993	463	1 148
Sainte-Anne-de-Beaupré	2 062	845	322	906
Saint-Ferréol-les-Neiges	419	162	60	201
Saint-Joachim	958	369	141	443
Saint-Tite-des-Caps	-	-	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	1 394	725	-	665
Sainte-Pétronille	559	300	-	262
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	1 264	631	-	624
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	1 663	770	141	745
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	2 435	1 119	342	987
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	1 787	855	101	826
Fossambault-sur-le-Lac	171	58	-	113
Lac-Beauport	7 002	1 265	2 074	3 665
Lac-Delage	275	140	-	135
Lac-Saint-Joseph	-	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	1 307	445	-	862
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	1 878	636	-	1 242
Saint-Gabriel-de-Valcartier	365	129	81	151
Shannon	-	-	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	2 837	1 415	-	1 422
Lévis	339 001	99 010	100 843	139 148
L'Ancienne-Lorette	41 612	9 980	14 862	16 775
Québec	2 318 785	635 085	796 523	887 176
Saint-Augustin-de-Desmaures	45 249	14 999	11 985	18 265
Total CMQ	2 795 176	777 217	933 007	1 084 951

ii. Coût de la pollution lié à la congestion – mode Bus

À l'instar de la méthode utilisée pour le mode Auto, le montant de la pollution des bus en PPAM n'est pas attribuable dans son intégralité à la congestion urbaine. Nous avons isolé les tronçons congestionnés des

bus à partir des différences de vitesses PPAM/Inter-pointes Jour c'est-à-dire les tronçons pour lesquels en PPAM, la vitesse observée était inférieure ou égale à 60% (ou 0,6 sur 1) de la vitesse IPJ. Ces tronçons représentent 42% du réseau routier utilisé par les bus de la CMQ. La Figure 17 présente de la congestion en Bus en PPAM, dans la CMQ. Les seuils sont les mêmes que ceux utilisés pour l'Auto; seuls les seuils inférieurs ou égaux à 0,6 sont cartographiés. Plus la congestion est importante, plus le seuil est proche de 0. Le Tableau 17 présente les km de voies congestionnées et le pourcentage que ces km de voies représentent dans le réseau routier.

Tableau 31 : Réseau routier congestionné en PPAM - mode Bus

Type de voie	Km réseau congestionné	% dans le réseau routier
Réseau Municipal		
Locale	10	3
Artères	90	69
Nationale	53	66
Régionale	7	91
Collectrice	236	66
Total Res. Mun.	396	42
Réseau Provincial		
Autoroute	87	37
Nationale	27	76
Régionale	45	41
Collectrice	29	60
Total Res. Prov.	188	44
Total CMQ	584	42

En proportion des voies utilisées par le mode Bus, le réseau municipal est plus congestionné que le réseau provincial. Les km de voies congestionnées Bus représentent plus de 50% des km de voies congestionnées Auto (Tableau). Les km de réseau municipal congestionnés en Bus représentent 59% des km de réseau municipal congestionnés en Auto (réseau provincial 42%). Tous ces résultats sont cohérents avec l'organisation territoriale des réseaux de bus et la structure des réseaux routiers de la CMQ.

En 2017, le coût supplémentaire de la congestion en PPAM est évalué à 108 317 \$, soit 12% du coût de la pollution en PPAM. Si l'on ajoute les émissions supplémentaires durant la période PPPM, le coût s'élève à 217 635\$, soit 7 % des coûts des émissions annuelles du mode Bus.

Pour comparaison, à Montréal en 2008 (35), le coût annuel de la pollution des Bus était de 1 611 000\$, soit 0,4\$ par habitant. Dans la CMQ, en 2017, le coût est de 0,135 \$ par habitant.



Figure 17: Seuils de congestion en PPAM, par tronçon - mode Bus

Le Tableau 18 présente les km de voies congestionnées, les pourcentages des voies congestionnées ainsi que le coût annuel supplémentaire associé, par municipalité. Rappelons que pour le mode Bus, les émissions ont été mesurées sur la distance parcourue. Ainsi, les pourcentages des émissions générées spécifiquement par la congestion en PPAM-PPPM sont les mêmes pourcentages que ceux des voies congestionnées en PPAM.

Tableau 32 : Coûts annuels des émissions de GES générées par la congestion PPAM et PPPM, en \$ - mode Bus

Municipalité	Km congestionnés	% Km congestionnés du réseau de Bus	\$ GES supplémentaires PPAM-PPPM
Beaupré	3	29	191
Boischatel	7	54	1 156
Château-Richer	1	9	93
L'Ange-Gardien	4	56	323
Sainte-Anne-de-Beaupré	4	68	360
Saint-Ferréol-les-Neiges	1	42	33
Saint-Joachim	1	34	61
Saint-Tite-des-Caps	0	0	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,2	2	6
Sainte-Pétronille	2	32	40
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0	0	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	1	11	32
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	7	48	241
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	8	49	209
Fossambault-sur-le-Lac	1	59	16
Lac-Beauport	5	29	175
Lac-Delage	0,08	6	4
Lac-Saint-Joseph	0	0	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	2	23	47
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	6	50	245
Saint-Gabriel-de-Valcartier	0	0	-
Shannon	0	0	-
Stoneham-et-Tewkesbury	5	34	239
Lévis	97	36	28 171
L'Ancienne-Lorette	9	53	3 606
Québec	387	46	178 639
Saint-Augustin-de-Desmaures	23	34	2 305
Total CMQ	574	42	216 192

iii. Coût caché de la pollution - mode Bus

Le coût caché de la pollution au km par véhicule est présenté Tableau 19. En moyenne dans la CMQ, le km parcouru en Inter-pointes Jour coûte moins cher que le km parcouru en PPAM, du fait de la congestion. Deux municipalités font exception : Saint-Jean et Saint-Joachim. Ces coûts sont bien entendu plus élevés

que ceux résultants du mode Auto, les véhicules bus émettent plus que des autos.

Tableau 33 : Coûts cachés de la pollution, en \$ par km par véhicule- mode Bus

Municipalité	Ct Caché GES total - Bus	Ct Caché GES PPAM - Bus	Ct Caché GES Inter-pointes Jour - Bus	Ct Caché GES Autre - Bus
Beaupré	0,1031	0,1064	0,0348	0,1007
Boischatel	0,1039	0,1074	0,1004	0,1039
Château-Richer	0,1066	0,1138	0,1087	0,1008
L'Ange-Gardien	0,1031	0,1063	0,0408	0,2360
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,1063	0,1133	0,0360	0,3038
Saint-Ferréol-les-Neiges	0,1010	0,1018	0,0946	0,1052
Saint-Joachim	0,1016	0,1009	0,1030	0,1008
Saint-Tite-des-Caps	-	-	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,1045	0,1086	-	-
Sainte-Pétronille	0,1082	0,1160	-	-
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0,1002	0,1000	-	0,0990
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,1032	0,1040	0,1086	0,1006
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,1074	0,1144	0,1100	0,1009
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,1014	0,1041	0,0833	0,1006
Fossambault-sur-le-Lac	0,1049	0,1071	-	0,1037
Lac-Beauport	0,1015	0,1039	0,1022	0,1004
Lac-Delage	0,1064	0,1084	-	0,1044
Lac-Saint-Joseph	-	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	0,1049	0,1071	-	0,1038
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	0,1036	0,1051	-	0,1028
Saint-Gabriel-de-Valcartier	0,1037	0,1064	0,0947	0,1034
Shannon	-	-	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	0,0997	0,0995	-	0,0999
Lévis	0,1007	0,1010	0,1004	0,1007
L'Ancienne-Lorette	0,1012	0,1023	0,0889	0,1144
Québec	0,1018	0,1035	0,1004	0,1020
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,1066	0,1123	0,1004	0,1064
Total CMQ	0,1018	0,1034	0,1001	0,1021

Concernant les coûts par km parcouru par les personnes, en moyenne dans la CMQ, le km parcouru en Inter-pointes Jour coûte plus cher que le km parcouru en PPAM, du fait de la moindre fréquentation des bus par les personnes, alors que les bus circulent sur le réseau et que des GES sont émis (Tableau 34).

Tableau 34 : Coûts cachés de la pollution, en \$ par km par personne - mode Bus

Municipalité	Ct Caché GES total - Bus	Ct Caché GES PPAM - Bus	Ct Caché GES Inter-pointes Jour - Bus	Ct Caché GES Autre - Bus
Beaupré	0,016	0,016	0,005	0,051
Boischatel	0,128	0,098	0,077	0,378
Château-Richer	0,034	0,035	0,011	0,105
L'Ange-Gardien	0,032	0,031	0,012	0,099
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,040	0,042	0,014	0,126
Saint-Ferréol-les-Neiges	0,009	0,009	0,003	0,031
Saint-Joachim	0,033	0,032	0,011	0,109
Saint-Tite-des-Caps	-	-	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,013	0,012	-	0,015
Sainte-Pétronille	0,035	0,032	-	0,038
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0,130	0,112	-	0,151
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,016	0,018	0,005	0,024
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,036	0,041	0,018	0,049
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,027	0,031	0,005	0,041
Fossambault-sur-le-Lac	0,007	0,005	-	0,008
Lac-Beauport	0,035	0,015	0,163	0,037
Lac-Delage	0,033	0,036	-	0,030
Lac-Saint-Joseph	-	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	0,011	0,008	-	0,014
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	0,007	0,005	-	0,009
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-	-	-	-
Shannon	-	-	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	0,018	0,019	-	0,016
Lévis	0,006	0,010	0,005	0,006
L'Ancienne-Lorette	0,012	0,010	0,008	0,010
Québec	0,006	0,008	0,005	0,005
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,007	0,008	0,007	0,006
Total CMQ	0,006	0,006	0,008	0,005

Pour conclure, le coût caché de la pollution d'un déplacement de 10 km réalisé en Bus dans la ville de Lévis, en PPAM serait de :

$$CCi = (10 \text{ km} * 0,010 \$)$$

$$CCi = 0,1 \$$$

Le même déplacement de 10 km réalisé en Auto dans la municipalité de Beaupré, en PPAM coûterait à l'utilisateur (l'utilisateur) :

$$CCi = (10 \text{ km} * 0,016 \$)$$

$$CCi = 0,16 \$$$

Ces premiers coûts cachés payeurs (collectivité) additionnés aux coûts indirects payeurs (collectivité) précédents et additionnés à leur coût utilisateur respectif, le coût total du déplacement serait de 17,77\$ si

le déplacement a lieu dans son intégralité à Lévis et de 23,32\$ s’il a lieu à Beaupré. Pour le moment, le ratio utilisateur-payeur du mode Bus est de 1\$ payé par l’utilisateur pour 0,46 \$ payé par la collectivité à Lévis et de 1 pour 0,75\$ à Beaupré.

2. Bruit - mode Bus

L’estimation du coût du bruit pour le mode Bus est réalisée de la même façon que pour le mode Auto (partie II.C.2) Nous présentons ici les coûts du bruit par municipalité, sans distinguer l’origine du bruit (sans distinction de l’AOT). Les paramètres utilisés sont présentés dans le Tableau 20. Ceux-ci sont bien entendu plus élevés que ceux résultants du mode Auto, les bus étant plus bruyants.

Tableau 35 : Paramètres des coûts du bruit au km-véhicule - mode Bus

\$ par km-véhicule	Urbain		Périurbain	
	PPAM	INTER-	PPAM	INTER-
Autoroute	0,0513	0,019408	0,0257	0,0095
Artère, Reg, Nat	0,0377	0,014263	0,0189	0,007
Coll	0,0064	0,002424	0,0032	0,0012
Locale	0	0	0	0

i. Monétisation du bruit – mode Bus

Le bruit coûte 973 \$ par jour, considérant les deux périodes PPAM (679 \$) et Inter-pointes Jour (293\$). Le bruit généré en PPAM représente 70% du bruit généré dans la demi-journée (PPAM et Inter-pointes Jour) et Inter-pointes Jour 30%. Nous reprenons l’hypothèse que la période PPPM produit au moins autant de bruit que la période PPAM. Pour le Soir et la Nuit, nous nous basons sur les proportions des mesures de la pollution émise durant la période Autre. En soustrayant un PPPM estimé équivalent à PPAM, alors le reste représente 33% de l’Inter-pointes Jour. Considérant cela, nous assumons que les coûts du bruit s’élèvent à plus de 443 356 \$ en 2017 (Tableau 20).

Tableau 36 : Coûts annuels du bruit par période - Bus

Municipalité	\$ Bruit total - Bus	\$ Bruit PPAM & PPM - Bus	\$ Bruit Inter-pointes Jour, Soir & Nuit- Bus
Beaupré	386	298	88
Boischatel	537	417	121
Château-Richer	116	89	27
L'Ange-Gardien	245	189	56
Sainte-Anne-de-Beaupré	61	47	14
Saint-Ferréol-les-Neiges	12	10	3
Saint-Joachim	30	23	7
Saint-Tite-des-Caps	-	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	252	252	-
Sainte-Pétronille	98	98	-
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	238	238	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	347	278	69
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	445	357	88
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	374	300	74
Fossambault-sur-le-Lac	3	3	-
Lac-Beauport	53	30	22
Lac-Delage	8	8	-
Lac-Saint-Joseph	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	19	19	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	195	195	-
Saint-Gabriel-de-Valcartier	54	46	8
Shannon	-	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	91	91	-
Lévis	57 426	45 495	11 930
L'Ancienne-Lorette	2 273	1 721	552
Québec	376 215	290 834	85 381
Saint-Augustin-de-Desmaures	3 878	3 447	431
Total CMQ	443 356	344 485	98 871

La circulation dans la ville de Québec est responsable de 85% du bruit et donc des coûts, la ville de Lévis 13% tandis que les 25 autres municipalités se partagent les 2% restant. Les tronçons du réseau routier concernés par le bruit et empruntés lors des simulations ne représentent que 72% du réseau routier utilisé par le Bus. La Figure 18 présente une carte du coût du bruit dans la CMQ, pour 24h.

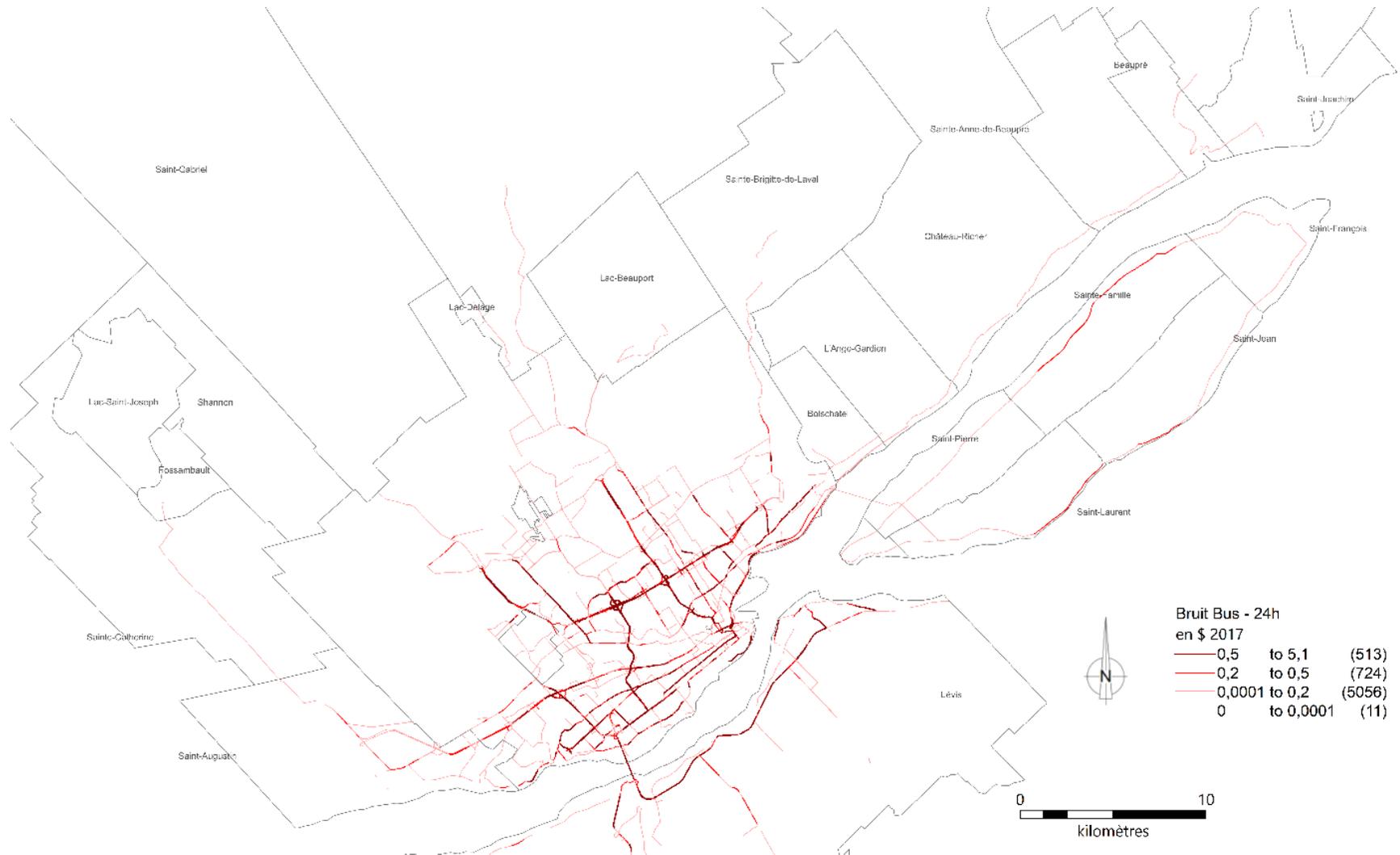


Figure 18: Coût du bruit, par tronçon - mode Bus

ii. *Coût caché Bruit – mode Bus*

Ce coût caché payeur a été calculé sur les types de voies concernés par le bruit. En moyenne dans la CMQ, le coût caché du bruit est de 0,0005 \$ par km parcouru : 0,0012 \$/km en PPAM et 0,006 \$ /km en Inter-pointes Jour (Tableau 22).

Tableau 37 : Coûts cachés du bruit, en \$ par km parcouru - mode Bus

Municipalité	Ct Caché Bruit total - Bus	Ct Caché Bruit PPAM - Bus	Ct Caché Bruit Inter- pointes Jour -
Beaupré	0,0010	0,0017	0,0006
Boischatel	0,0028	0,0049	0,0018
Château-Richer	0,0005	0,0009	0,0004
L'Ange-Gardien	0,0017	0,0029	0,0011
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,0007	0,0012	0,0004
Saint-Ferréol-les-Neiges	0,0002	0,0003	0,0001
Saint-Joachim	0,0006	0,0010	0,0004
Saint-Tite-des-Caps	-	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,0012	0,0021	-
Sainte-Pétronille	0,0030	0,0052	-
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0,0122	0,0212	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,0018	0,0032	0,0017
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,0036	0,0065	0,0034
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,0031	0,0055	0,0029
Fossambault-sur-le-Lac	0,0001	0,0001	-
Lac-Beauport	0,0002	0,0002	0,0013
Lac-Delage	0,0005	0,0010	-
Lac-Saint-Joseph	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	0,0001	0,0002	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	0,0004	0,0008	-
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-	-	-
Shannon	-	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	0,0003	0,0006	-
Lévis	0,0006	0,0011	0,0009
L'Ancienne-Lorette	0,0004	0,0008	0,0005
Québec	0,0005	0,0012	0,0006
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,0003	0,0009	0,0002
Moyenne CMQ	0,0005	0,0012	0,0006

La différence entre le coût au km parcouru de l'Inter-pointes Jour et celui de PPAM n'est pas imputable à la congestion (telle que définie au point II.C.3). En nous appuyant sur les résultats obtenus pour la pollution, nous pouvons extrapoler les proportions et émettre l'hypothèse que 14% du bruit en PPAM et 7% du bruit de la journée est le fait de la congestion. Avec le coût caché (payeur) Bruit, le coût total du déplacement serait de 17,78 \$ à Lévis et de 23,34 \$ à Beaupré.

3. Temps perdu dans la congestion – mode Bus

Dans la CMQ, la somme des retards pour tous les usagers du Bus concernés par la congestion en PPAM, est de 7 585 heures, dont 85% est attribué à la congestion dans la ville de Québec et 12% à Lévis. Cela représente une moyenne de 7,5 minutes par passager en PPAM (61 087). Dans l'EOD2017, les déplacements Bus représentent 10% de tous les déplacements réalisés en PPAM, soit 10 320 déplacements (24). Si nous reprenons l'hypothèse que la période PPPM présente les mêmes caractéristiques que la période PPAM et que cette journée est représentative des 253 autres journées de l'année (annualisation moyenne des quatre AOT), alors en 2017, le temps perdu dans la congestion monte à 3,86 millions d'heures. Les chiffres sont détaillés au Tableau 23.

Nous avons inclus le temps perdu par les chauffeurs de bus, car s'ils effectuent leur métier en conduisant, la perte de productivité liée au trafic encourue pour la collectivité les concerne également. Pour ce faire, nous avons utilisé le même taux horaire que celui utilisé dans l'étude sur la congestion de l'ADEC (23,32 \$/h, 35).

Tableau 38 : Temps annuels perdu dans la congestion, en -heures - mode Bus

Municipalité	Retard total en heures - Bus
Beaupré	47
Boischatel	4 436
Château-Richer	262
L'Ange-Gardien	57
Sainte-Anne-de-Beaupré	294
Saint-Ferréol-les-Neiges	3
Saint-Joachim	47
Saint-Tite-des-Caps	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	2
Sainte-Pétronille	28
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	5
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	37
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	37
Fossambault-sur-le-Lac	16
Lac-Beauport	65
Lac-Delage	0
Lac-Saint-Joseph	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	13
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	142
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-
Shannon	-
Stoneham-et-Tewkesbury	85
Lévis	458 066
L'Ancienne-Lorette	73 161
Québec	3 297 571
Saint-Augustin-de-Desmaures	22 430
Total CMQ	3 856 804

Nous estimons le coût d'opportunité du temps perdu, selon la valeur du temps pour chaque profil de mobilité, par année et pour les deux périodes de pointe (Tableau 24a et Tableau 24b).

Tableau 39 : Coût annuel du temps perdu dans la congestion, par profil, en \$ - mode Bus

Municipalité	\$ Temps perdu Étudiant	\$ Temps perdu Travailleur	\$ Temps perdu Retraité	\$ Temps perdu Chauffeur
Beaupré	353	20	8	1 197
Boischatel	30 902	12 457	-	65 950
Château-Richer	1 901	433	-	17 127
L'Ange-Gardien	430	36	-	3 367
Sainte-Anne-de-Beaupré	2 267	-	-	24 382
Saint-Ferréol-les-Neiges	24	-	-	111
Saint-Joachim	346	60	-	1 350
Saint-Tite-des-Caps	-	-	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	13	-	-	2
Sainte-Pétronille	215	-	-	553
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	33	7	-	26
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	286	-	-	1 413
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	289	-	-	1 426
Fossambault-sur-le-Lac	121	-	-	415
Lac-Beauport	494	21	-	3 736
Lac-Delage	2	-	-	4
Lac-Saint-Joseph	-	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	97	9	-	181
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	1 075	63	-	5 213
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-	-	-	-
Shannon	-	-	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	633	61	11	755
Lévis	3 158 575	1 281 065	101 923	1 279 393
L'Ancienne-Lorette	448 763	428 444	8 094	429 036
Québec	15 183 869	37 323 568	1 381 948	14 504 509
Saint-Augustin-de-Desmaures	149 833	83 175	3 470	72 206
Total CMQ	18 980 523	39 129 420	1 495 453	16 412 352

Tableau 40: Coût annuel total du temps perdu dans la congestion, en \$ - mode Bus

Municipalité	\$ Temps perdu Passagers	\$ Temps perdu Total
Beaupré	381	1 578
Boischatel	43 359	109 309
Château-Richer	2 334	19 462
L'Ange-Gardien	466	3 833
Sainte-Anne-de-Beaupré	2 267	26 649
Saint-Ferréol-les-Neiges	24	135
Saint-Joachim	406	1 756
Saint-Tite-des-Caps	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	13	15
Sainte-Pétronille	215	768
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	-	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	40	66
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	286	1 699
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	289	1 715
Fossambault-sur-le-Lac	121	536
Lac-Beauport	516	4 252
Lac-Delage	2	6
Lac-Saint-Joseph	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	105	286
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	1 137	6 350
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-	-
Shannon	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	705	1 459
Lévis	4 541 563	5 820 956
L'Ancienne-Lorette	885 301	1 314 337
Québec	53 889 386	68 393 895
Saint-Augustin-de-Desmaures	236 478	308 685
Total CMQ	59 605 396	76 017 748

Par comparaison, en 2008, le coût du retard en Bus pour Montréal était de 117,450 millions \$ (31), soit 30\$ par habitant. Dans la CMQ, le montant est de 92\$ par habitant.

Les coûts du retard ramené aux km parcourus par les passagers des bus, par les chauffeurs et en moyenne pour les deux sont présentés au Tableau 25.

Tableau 41: Coût caché du retard, en \$ par km-personne - mode Bus

Municipalité	Ct Caché Retard Personne - Bus	Ct Caché Retard Chauffeur - Bus	Ct Caché Retard total - Bus
Beaupré	0,006	0,154	0,061
Boischatel	0,042	1,270	0,183
Château-Richer	0,013	0,785	0,265
L'Ange-Gardien	0,004	0,250	0,084
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,019	1,668	0,542
Saint-Ferréol-les-Neiges	0,002	0,082	0,030
Saint-Joachim	0,020	0,542	0,210
Saint-Tite-des-Caps			
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,006	0,008	0,018
Sainte-Pétronille	0,016	0,339	0,136
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans			
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,004	0,019	0,014
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,003	0,144	0,051
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,004	0,169	0,059
Fossambault-sur-le-Lac	0,011	0,646	0,136
Lac-Beauport	0,020	0,525	0,186
Lac-Delage	0,009	0,025	0,023
Lac-Saint-Joseph			
Sainte-Brigitte-de-Laval	0,004	0,094	0,031
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	0,007	0,524	0,104
Saint-Gabriel-de-Valcartier			
Shannon			
Stoneham-et-Tewkesbury	0,007	0,102	0,037
Lévis	0,193	1,010	0,244
L'Ancienne-Lorette	0,150	2,936	0,383
Québec	0,190	1,914	0,409
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,098	0,782	0,222
Moyenne CMQ	0,188	1,775	0,371

En ajoutant le coût caché – payeur – retard, le coût total du déplacement serait de 20,22 \$ à Lévis et de 23,95 \$ à Beaupré. Le rapport coût utilisateur- coût payeur serait donc dans le premier cas de 1 \$ pour 0,66\$: pour 1 \$ payé par l'utilisateur du bus qui effectue le déplacement, la collectivité paie 0,66\$. Dans le deuxième cas, le rapport est de 1 \$ pour 0,80\$: pour 1 \$ payé par l'utilisateur, la collectivité paie 0,80\$. La répartition du retard accumulé par les usagers en bus montre la concentration des problèmes à Québec et Lévis (Figure 19).



Figure 19: Temps perdu, en heures en PPAM, par tronçon - mode Bus

4. Accident – mode Bus

Aucun accident grave ou mortel en mode Bus n’est survenu en 2017.

5. Emprise spatiale – Mode Bus

La largeur d’une voie de bus est 3,5 mètres, soit 7 mètres dans les deux sens. Son emprise spatiale au sol est ainsi de 0,007 km². Le Tableau 26 présente l’ES du mode Bus ainsi que sa part dans l’emprise spatiale totale des quatre infrastructures de transport. Sa part dans la superficie totale des municipalités est marginale.

Tableau 42 : Superficie ES-Bus et % ES - mode Bus

Municipalité	ES-Bus en km ²	% ES-Bus dans ES – Infra
Beaupré	0,003	0,005
Boischatel	0,015	0,017
Château-Richer	0,001	0,001
L'Ange-Gardien	0,001	0,001
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,001	0,001
Saint-Ferréol-les-Neiges	0,000	0,000
Saint-Joachim	0,001	0,001
Saint-Tite-des-Caps	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,005	0,015
Sainte-Pétronille	0,004	0,019
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0,026	0,048
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,013	0,026
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,005	0,010
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,002	0,005
Fossambault-sur-le-Lac	0,000	0,000
Lac-Beauport	0,005	0,004
Lac-Delage	0,000	0,002
Lac-Saint-Joseph	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	0,001	0,000
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	0,001	0,000
Saint-Gabriel-de-Valcartier	0,000	0,000
Shannon	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	0,002	0,000
Lévis	0,400	0,018
L'Ancienne-Lorette	0,058	0,042
Québec	6,451	0,114
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,187	0,039
Total et moyenne CMQ	7,182	0,067

Le Tableau 27 présente les coûts de l’emprise spatiale du mode Bus par municipalité au km² ainsi que le coût caché - payeur - de l’emprise spatiale du mode Bus.

Tableau 43 : Coût annuel de l'emprise spatiale et coût caché, en \$ par km parcouru, mode Bus

Municipalité	\$ ES-Bus	Ct caché ES-Bus
Beaupré	21 459	0,081
Boischatel	257 779	0,142
Château-Richer	893	0,003
L'Ange-Gardien	1 961	0,011
Sainte-Anne-de-Beaupré	1 189	0,008
Saint-Ferréol-les-Neiges	215	0,007
Saint-Joachim	638	0,009
Saint-Tite-des-Caps	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	6 007	0,060
Sainte-Pétronille	69 676	1,800
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	62 667	0,664
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	39 471	0,323
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	23 396	0,137
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	5 310	0,041
Fossambault-sur-le-Lac	2 047	0,218
Lac-Beauport	41 562	0,157
Lac-Delage	3 573	0,863
Lac-Saint-Joseph	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	1 241	0,019
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	1 877	0,018
Saint-Gabriel-de-Valcartier	19	-
Shannon	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	1 176	0,006
Lévis	6 012 572	0,127
L'Ancienne-Lorette	6 188 559	0,571
Québec	367 902	0,467
Saint-Augustin-de-Desmaures	2 510 601	0,288
Total CMQ	383 155	0,424

En ajoutant le coût caché – payeur – emprise spatiale, le coût total du déplacement de 10 km en Bus serait de 21,491 \$ à Lévis et de 24,76 \$ à Beaupré.

6. Santé - mode Bus

Le coût caché santé synthétise les bénéfices sur la santé à utiliser un mode de transport pour l'ensemble de la collectivité, puisque la marche est bénéfique et que ce bénéfice peut permettre d'engendrer moins de frais dans le système de santé publique. Nous avons repris un paramètre utilisé pour le coût caché payeur (19), Tableau 28 :

Tableau 44 : Paramètres des coûts au km parcouru, en \$, - Santé - mode Bus

Coût payeur
(0,909)

Autrement dit, chaque km parcouru pour se rendre à l'arrêt de bus le plus proche de l'origine d'un déplacement coûte -0,909\$ à la collectivité. De ce fait, le coût payeur est à soustraire des autres coûts cachés payeurs. Les sommes annuelles à soustraire aux coûts cachés collectifs sont présentées Tableau 29.

Tableau 45 : Coûts (bénéfiques) annuels internes utilisateurs et coûts cachés Santé - mode Bus

Municipalité	Coûts cachés Santé - Bus
Beaupré	(388 812)
Boischatel	(2 724 636)
Château-Richer	(449 997)
L'Ange-Gardien	(344 570)
Sainte-Anne-de-Beaupré	(203 179)
Saint-Ferréol-les-Neiges	(43 438)
Saint-Joachim	(99 734)
Saint-Tite-des-Caps	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	(139 773)
Sainte-Pétronille	(54 178)
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	(132 179)
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	(218 235)
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	(237 561)
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	(198 639)
Fossambault-sur-le-Lac	(58 350)
Lac-Beauport	(4 120 837)
Lac-Delage	(85 437)
Lac-Saint-Joseph	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	(358 341)
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	(342 645)
Saint-Gabriel-de-Valcartier	(65 917)
Shannon	-
Stoneham-et-Tewkesbury	(478 646)
Lévis	(303 028 435)
L'Ancienne-Lorette	(51 399 700)
Québec	(2 614 206 562)
Saint-Augustin-de-Desmaures	(55 038 199)
Total et moyenne CMQ	(3 034 418 001)

Au total, en 2017, les contribuables de la CMQ ont évité des dépenses de plus de 3 milliards de \$ grâce aux bénéfices tirés de la pratique de la marche de certains de leurs concitoyens pour rejoindre et sortir du réseau de bus.

En déduisant le coût caché – payeur – Santé, le coût total du déplacement de 10 km en Bus serait de 21,14

\$ à Lévis et de 33,67 \$ à Beauport. Les tableaux des coûts de santé sont présentés en Annexe J.

7. Conclusion sur le coût total du km parcouru en mode Bus

Le coût total d'un déplacement en Bus varie grandement d'une municipalité de la CMQ à une autre. En moyenne, pour 1\$ dépensé par un individu en Bus, la collectivité paie 1,2\$. Globalement, ce ratio est plus faible que celui obtenu dans l'étude similaire réalisée à Vancouver (1,5\$). Les différences s'expliquent avec les mêmes arguments que ceux avancés pour le mode Auto : coût du foncier plus élevé et enquête de mobilité différente). La différence relative entre la CMQ et Vancouver est toutefois plus faible pour le mode Bus que pour le mode Auto. De plus, en PP, le ratio de la CMQ est égal à celui de Vancouver (1,5\$).

Le coût total Bus est majoritairement composé du coût interne utilisateur puis des coûts cachés payeurs et enfin du coût indirect payeur. Comparativement au coût total Auto qui se composait en majorité du coût indirect payeur, puis des coûts cachés payeurs et en dernier lieu du coût interne utilisateur. Autrement dit, le mode Bus est payé par l'utilisateur plus que par la collectivité alors qu'inversement le mode Auto est payé plus par la collectivité que par l'utilisateur.

La Figure 20 page suivante présente la cartographie du coût total en Bus, pour chacun des tronçons de la CMQ en périodes de pointe. La carte pour l'inter-pointes Jour est présentée en Annexe M.

8. Coût de la congestion dans la CMQ – Auto et Bus

En période de pointe de matin (PPAM), nous avons compté 1075 km de routes congestionnées pour le mode Auto et 573 km pour le mode Bus. Soit 954 km pour les deux modes confondus.

Le retard constitue le deuxième coût caché (payé par la collectivité) le plus important dans le calcul du coût total de la congestion pour le mode Auto et le premier coût caché pour le mode Bus. Il constitue une perte de budget-temps considérable pour l'ensemble de la CMQ. À Montréal en 2008, le retard représentait plus de 87% du coût de la congestion et le surplus de pollution 2,4% (35). Pour la CMQ, le coût de la congestion en 2017 s'élève à plus de 283 millions \$ dont 1,32% est le fait de la pollution, 0,08% le fait du bruit et 98,60% le fait du retard engendré. Les résultats sont en proportion plus faibles que ceux de l'étude de Montréal. Dans notre analyse, la circulation des camions n'a pas été prise en compte, alors que ceux-ci étaient inclus dans l'étude de Montréal.

Globalement, le coût de la pollution lié à la congestion est plus élevé en Auto qu'en Bus, au km parcouru (Tableau 30).

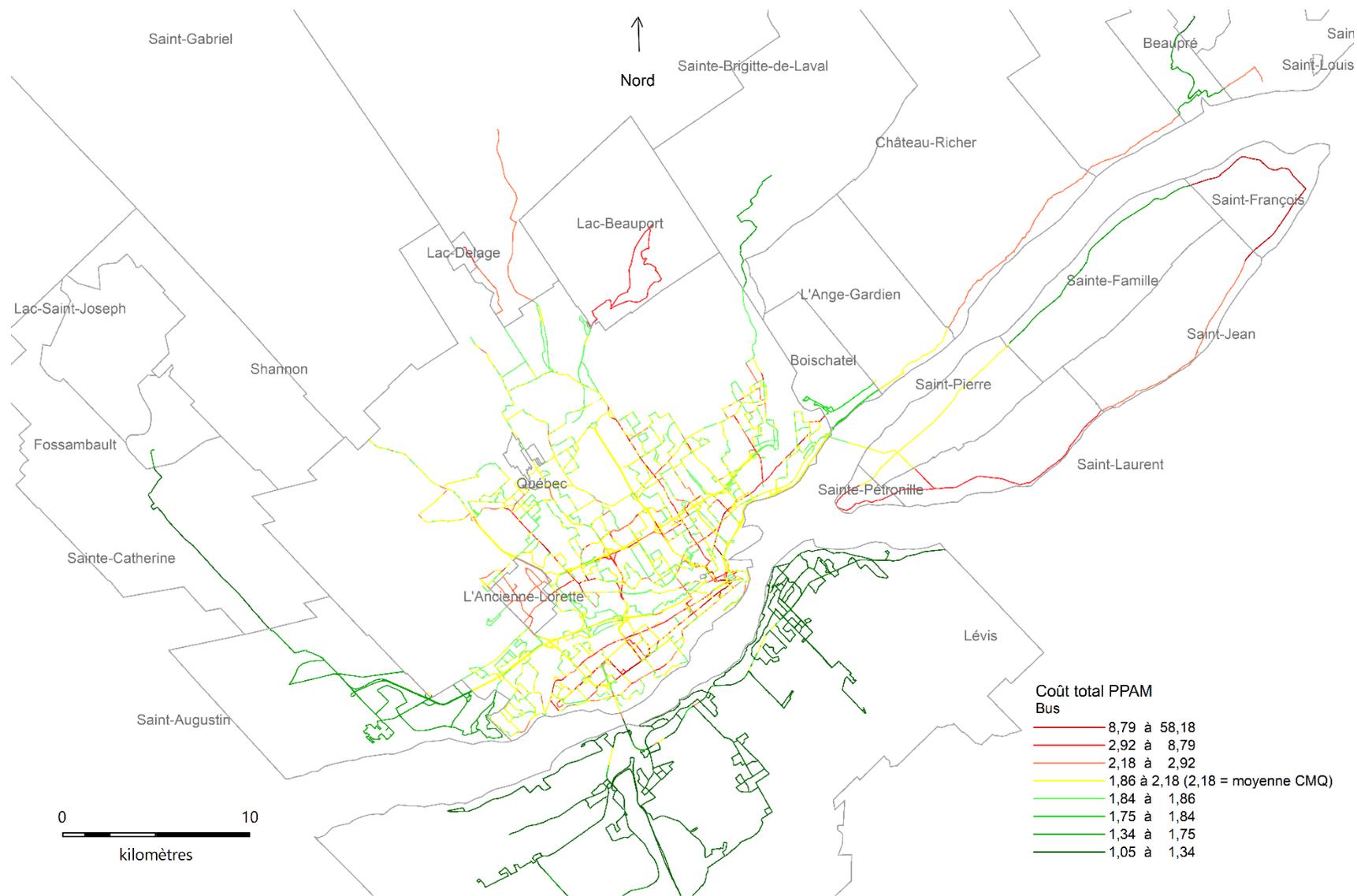


Figure 20 : Variation des coûts totaux – Bus, en périodes de pointe

Tableau 46 : Coûts cachés de la pollution lors de la congestion, en \$ par km-personne –Auto & Bus

Municipalité	Ct Caché GES Congestion - Auto	Ct Caché GES Congestion - Bus	Comparaison
Beaupré	0,0056	0,0030	0,0026
Boischatel	0,0101	0,0011	0,0090
Château-Richer	-	0,0005	(0,0005)
L'Ange-Gardien	0,0058	0,0030	0,0028
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,0066	0,0030	0,0036
Saint-Ferréol-les-Neiges	0,0051	0,0030	0,0021
Saint-Joachim	0,0043	0,0030	0,0013
Saint-Tite-des-Caps	0,0002	-	0,0002
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,0073	0,0029	0,0044
Sainte-Pétronille	0,0068	0,0029	0,0039
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,0032	0,0029	0,0003
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,0063	0,0030	0,0033
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,0023	0,0029	(0,0006)
Fossambault-sur-le-Lac	0,0081	0,0014	0,0067
Lac-Beauport	0,0082	0,0067	0,0015
Lac-Delage	0,0062	0,0164	(0,0102)
Lac-Saint-Joseph	0,0016	-	0,0016
Sainte-Brigitte-de-Laval	0,0013	0,0020	(0,0007)
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	0,0048	0,0014	0,0034
Saint-Gabriel-de-Valcartier	0,0042	-	0,0042
Shannon	0,0066	-	0,0066
Stoneham-et-Tewkesbury	0,0046	0,0022	0,0024
Lévis	0,0096	0,0012	0,0084
L'Ancienne-Lorette	0,0094	0,0006	0,0088
Québec	0,0106	0,0006	0,0100
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,0069	0,0010	0,0059
Total CMQ	0,0100	0,0007	0,0093

Dans quatre municipalités, le coût de la pollution générée par la congestion pour le mode Bus est plus élevé que pour le mode Auto. À Château-Richer par exemple, la Figure 9 montrait des tronçons congestionnés le matin et le Tableau présentait des coûts annuels des GES émis spécifiquement par la congestion égalent à 0. En effet, la moyenne cumulée des GES émis entre l'IP et le PPAM est négative. Il s'agit de donc coûts cachés moyens calculés par agrégations de coûts de tronçons par municipalité. La Figure 8 présentait les différentiels de pollution; sur cette carte, on constate qu'en effet certains tronçons de Château-Richer sont plus émetteurs de GES en Inter-pointes Jour (en vert) qu'en PPAM (en rouge). De ce fait, la somme des GES des tronçons égale à 0. Comme il y a une pollution liée à la congestion émise en Bus, le résultat de la soustraction Auto-Bus est négatif.

IV. Coût d'utilisation du mode Marche

Les variables utilisées pour estimer le coût total du mode Marche sont présentées Tableau 31.

Tableau 47 : Variables utilisées dans l'estimation du coût total - Marche

Type de coût	Variable
Coûts internes	Temps pour réaliser le déplacement, mesuré en minutes et monétisé en \$
	Santé, bénéfique pour l'individu de marcher, mesurée en kilomètres et monétisée en \$
Coût indirect	Dépenses en \$ des collectivités territoriales pour les trottoirs : <ul style="list-style-type: none"> - Construction - Entretien - Déneigement
Coûts cachés	Accidents provoqués lors de déplacement monétisés en \$
	Emprise spatiale des trottoirs mesurée en km ² et monétisée en \$
	Santé, bénéfique pour la collectivité que les individus marchent, mesurée en kilomètres et monétisée en \$

L'information sur le nombre de km de trottoirs nous a été communiquée par les services concernés pour 3 des 28 municipalités. Sur les sites internet de deux autres municipalités, nous avons récupéré des longueurs de déneigement de trottoirs. Pour toutes les municipalités périurbaines, nous n'avons attribué aucun km de trottoir. Pour les deux autres municipalités urbaines (Saint-Augustin et L'Ancienne-Lorette), nous avons attribué le pourcentage de km de trottoirs minimum observé (4%). Quand aucun trottoir n'existe, aucun budget n'est alloué à la pratique de la marche, même si des déplacements à la marche ont été déclarés réalisés dans l'EOD2017.

A. Coûts internes utilisateurs – mode Marche

Nous ne disposons pas de la cartographie des trottoirs de la CMQ. Nous savons que les marcheurs utilisent le bord des voies routières pour se déplacer, même en l'absence de trottoir. Pour mesurer le coût interne budget temps des déplacements utilitaires déclarés à la marche dans l'EOD, nous avons procédé de la même façon que pour la mesure du coût total en Auto, en simulant les déplacements sur le réseau routier dont nous avons retiré les voies autoroutières et pour lequel nous avons systématiquement autorisé la bidirectionnalité de déplacement. Le mode Marche est utilisé pour des déplacements très locaux, de centre-ville essentiellement (Figure 21).

Nous avons considéré une vitesse en marche de 4 km/h, en accord avec la littérature (39) et une seule période de temps, car les analyses statistiques n'ont pas démontré de différences significatives entre les périodes.

Continuons avec l'exemple du retraité qui parcourt 10 km, à la marche cette fois, même si cela semble peu probable puisque la majorité des distances de marche pour les trois profils sont inférieures à 1 km. À la vitesse de 4 km/h, le temps de déplacement est de 2h30. Au taux horaire de 23\$/h, le déplacement coûte

57,50\$ en termes de budget-temps. Le coût utilisateur Santé se calcule avec le même paramètre que celui du Tableau 12 : (1,969). Le Tableau présente les montants annuels des bénéfices estimés de la marche. En 2017, les marcheurs ont gagné l'équivalent de 157 millions de \$ en gains de vie prolongée et de meilleure santé.

Tableau 48 : Coûts annuels des bénéfices Santé – coût interne – mode Marche

Municipalité	\$ Santé - Marche
Beaupré	(144 286)
Boischatel	(121 237)
Château-Richer	
L'Ange-Gardien	
Sainte-Anne-de-Baupré	
Saint-Ferréol-les-Neiges	
Saint-Joachim	
Saint-Tite-des-Caps	(7 170)
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	
Sainte-Pétronille	
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	
Fossambault-sur-le-Lac	
Lac-Beauport	
Lac-Delage	
Lac-Saint-Joseph	
Sainte-Brigitte-de-Laval	
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	
Saint-Gabriel-de-Valcartier	
Shannon	
Stoneham-et-Tewkesbury	
Lévis	(8 589 423)
L'Ancienne-Lorette	(746 418)
Québec	(147 228 252)
Saint-Augustin-de-Desmaures	(494 337)
Total CMQ	(157 331 124)

Pour 10 km parcourus, le bénéfice à déduire du coût interne budget-temps est donc de 19,69\$. Le coût interne utilisateur Marche est ainsi de $57,55 - 19,69 = 37,81$. Comparativement, le coût interne Marche est 3,5 fois plus élevé que le coût interne Auto et 3 fois plus élevé que le coût interne Bus.

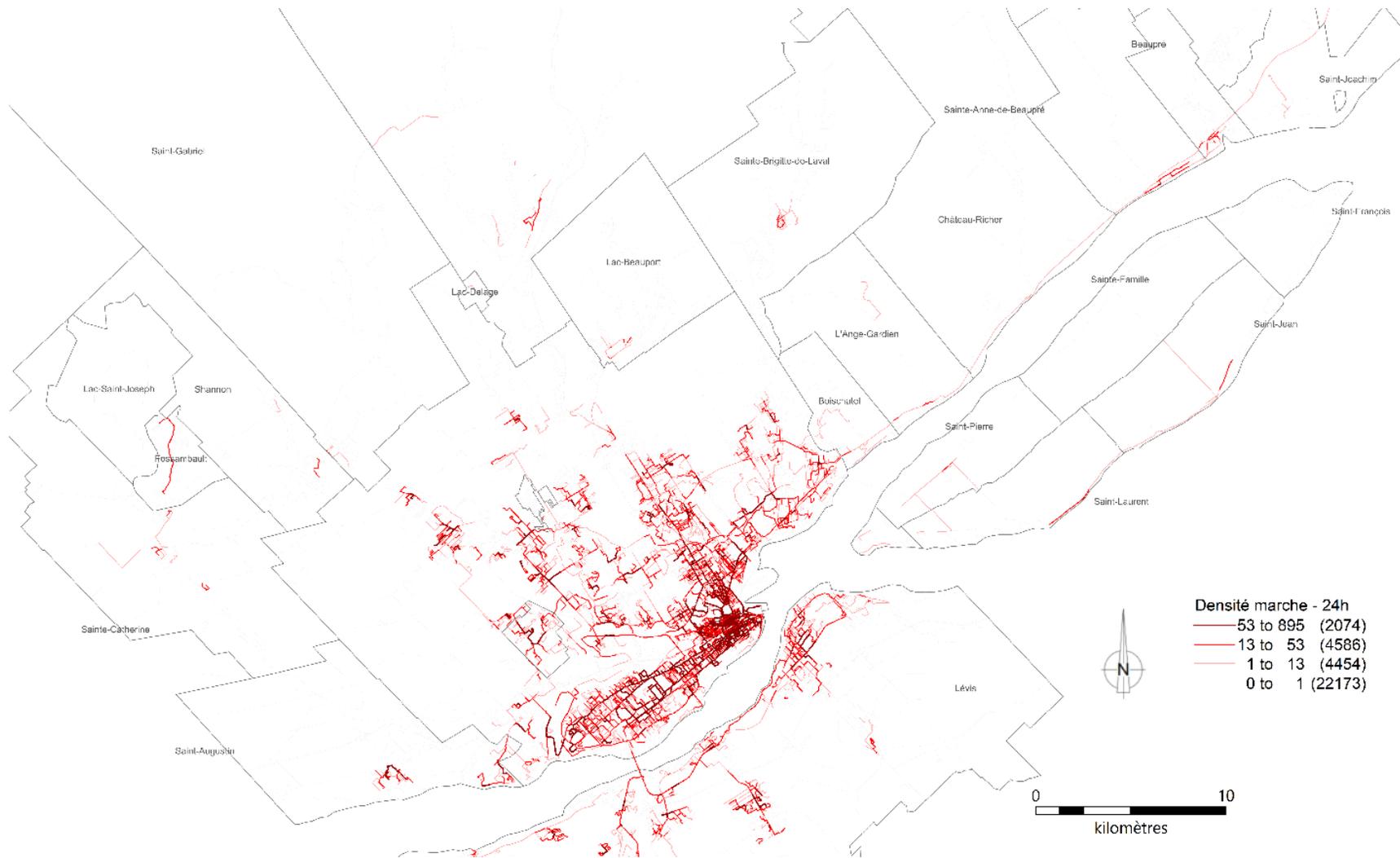


Figure 21: Nombre de déplacements sur 24 h, par tronçon - mode Marche

B. Coûts indirects payeurs – mode Marche

Dans la mesure où marcher sur les routes ne provoque pas d'usure des réseaux routiers, nous n'avons pas déduit de part de budget Marche supplémentaire dans les budgets de voirie relativement aux km parcourus à la Marche, tel que fait pour le mode Bus. En revanche, nous avons déduit le coût de construction et d'entretien des trottoirs des budgets de voirie. Le coût pour 1 km de trottoir de 1,5 mètre de large est de 9905\$, pour la ville de Québec. Nous avons utilisé ce coût pour toutes les autres municipalités et avons déduit du budget total de la voirie un budget proportionnel au nombre de km.

Le Tableau 32 présente les km trottoirs, les budgets estimés pour l'entretien ainsi que les coûts au km parcouru à la marche, par municipalité.

Tableau 49 : Longueur du réseau, budget et coût indirect en \$ par km parcouru – mode Marche

Municipalité	Km Trottoir	Budget Marche, en \$	Coût indirect, en \$
Beaupré	7	69 332	0,95
Boischatel	2,47	24 450	0,4
Château-Richer			
L'Ange-Gardien			
Sainte-Anne-de-Beaupré			
Saint-Ferréol-les-Neiges			
Saint-Joachim			
Saint-Tite-des-Caps	3	29 714	8,16
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans			
Sainte-Pétronille			
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans			
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans			
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans			
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans			
Fossambault-sur-le-Lac			
Lac-Beauport			
Lac-Delage			
Lac-Saint-Joseph			
Sainte-Brigitte-de-Laval			
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier			
Saint-Gabriel-de-Valcartier			
Shannon			
Stoneham-et-Tewkesbury			
Lévis	170	1 683 765	0,39
L'Ancienne-Lorette	3,28	32 493	0,09
Québec	1248	12 360 816	0,17
Saint-Augustin-de-Desmaures	7,28	72 096	0,29
Total CMQ	1441	14 761 887	0,18

Les budgets sont marginaux, hormis pour les villes de Québec et Lévis. Eu égard à la faible pratique de la marche déclarée dans l'EOD2017, Saint-Tite-des-Caps présente un coût indirect payeur très élevé.

Le coût total actuel Marche pour un déplacement de 10 km réalisé à Lévis est de $37,81 + (10 * 0,39 = 3,90)$ soit 41,70\$. Autrement dit, pour 1 \$ dépensé par le marcheur (en temps), la collectivité dépense 0,10\$. À Beupré, le coût total est de 47,30\$ avec un ratio de 1\$ utilisateur pour 0,25\$ payeur.

C. Coûts cachés payeurs – mode Marche

Nous ne considérons ni pollution, ni bruit, ni retard et congestion pour le mode Marche.

1. Accident – mode Marche

En 2017, huit piétons sont morts dans la CMQ, dont deux géolocalisés et comptabilisés dans l'étude (11% des piétons morts de la province). Le nombre d'accidents graves impliquant des piétons est faible (6 personnes). Les 177 accidents graves et légers impliquant des piétons représentent 7% des accidents de piétons de la province. Le Tableau 33 présente les coûts pour les deux périodes analysées (PPAM et Inter-pointes Jour).

Tableau 50 : Coût caché payeur Accident – mode Marche

Municipalité	Coût annuel Acc Mortel	Coût annuel Acc Grave	Coût caché Accident Mortel	Coût caché payeur Accident Grave
Beupré	-	-	-	-
Boischatel	-	-	-	-
Château-Richer	-	-	-	-
L'Ange-Gardien	-	-	-	-
Sainte-Anne-de-Beupré	-	-	-	-
Saint-Ferréol-les-Neiges	-	-	-	-
Saint-Joachim	-	-	-	-
Saint-Tite-des-Caps	-	-	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-	-
Sainte-Pétronille	-	-	-	-
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-	-
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-	-
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-	-
Fossambault-sur-le-Lac	-	-	-	-
Lac-Beauport	-	-	-	-
Lac-Delage	-	-	-	-
Lac-Saint-Joseph	-	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	-	-	-	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	-	-	-	-
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-	-	-	-
Shannon	-	-	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	-	-	-	-
Lévis	-	62 209	-	0,0143
L'Ancienne-Lorette	-	-	-	-
Québec	454 222	124 418	0,0061	0,0017
Saint-Augustin-de-Desmaures	-	-	-	-
Total et moyenne CMQ	454 222	186 627	0,0057	0,0023

Québec et Lévis constituent les deux municipalités où la collectivité paie le plus pour les risques d'accident. En ajoutant le coût caché – payeur – accident, le coût total du déplacement serait presque inchangé à Lévis (41,85\$) et inchangé à Beaupré (47,30\$). Le rapport coût utilisateur - coût payeur ne change pas vraiment, le coût caché accident reste faible.

Nous estimons le coût caché moyen par km-personne pour les accidents de la période Autre à 0,015\$ au km parcouru pour le risque d'accident grave et 0,017\$ au km parcouru pour le risque d'accident mortel.

2. Emprise spatiale – mode Marche

La largeur d'un trottoir est 1,5 mètre. Son emprise spatiale au sol est ainsi de 0,0015 km². Le Tableau 34 présente l'ES du mode Marche, sa part dans l'emprise spatiale totale des quatre infrastructures de transport, les coûts de l'emprise spatiale du mode Marche par municipalité (au km²) ainsi que le coût caché - payeur - de l'emprise spatiale du mode marche.

Étonnamment, la ville de Québec présente le coût caché payeur marche le plus élevé. Rappelons que les déplacements de l'EOD2017 simulés à la marche ont lieu en semaine, du lundi au vendredi uniquement (hors fin de semaine) et que ces déplacements n'incluent pas les déplacements touristiques.

Tableau 51 : ES, %, Coût de l'ES et Coût caché en \$ par km parcouru – mode Marche

Municipalité	ES Marche	% Km ES dans ES infrast.	\$ ES Marche	Coût caché payeur ES
Beaupré	0,0105	1,5	65 173	0,89
Boischatel	0,0037	0,4	63 360	1,03
Château-Richer				
L'Ange-Gardien				
Sainte-Anne-de-Beaupré				
Saint-Ferréol-les-Neiges				
Saint-Joachim				
Saint-Tite-des-Caps	0,0054	0,4	3 743	0,51
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans				
Sainte-Pétronille				
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans				
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans				
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans				
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans				
Fossambault-sur-le-Lac				
Lac-Beauport				
Lac-Delage				
Lac-Saint-Joseph				
Sainte-Brigitte-de-Laval				
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-				
Saint-Gabriel-de-Valcartier				
Shannon				
Stoneham-et-Tewkesbury				

Lévis	0,2550	1,1	3 833 317	0,88
L'Ancienne-Lorette	0,0049	0,4	522 845	1,38
Québec	1,87	3,4	106 759 885	1,43
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,0109	0,2	146 380	0,58
Total CMQ	2,16	7,5	111 392 833	1,40

En ajoutant le coût caché – payeur – emprise spatiale, le coût total du déplacement de 10 km à la Marche serait de 50,60 \$ à Lévis et de 56,20 \$ à Beaufré.

3. Santé – mode Marche

Le paramètre utilisé pour le coût caché payeur Santé à la Marche est le même que celui du mode Bus : pour 1 km parcouru par un individu, la collectivité tire 0,909\$ de bénéfiques. Les sommes annuelles à soustraire sont présentées Tableau 35.

Tableau 52 : Coûts des bénéfiques Santé – mode Marche

Municipalité	Coût annuel Santé
Beaufré	(66 594)
Boischatel	(55 955)
Château-Richer	
L'Ange-Gardien	
Sainte-Anne-de-Beaufré	
Saint-Ferréol-les-Neiges	
Saint-Joachim	
Saint-Tite-des-Caps	(3 309)
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	
Sainte-Pétronille	
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	
Fossambault-sur-le-Lac	
Lac-Beaufort	
Lac-Delage	
Lac-Saint-Joseph	
Sainte-Brigitte-de-Laval	
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	
Saint-Gabriel-de-Valcartier	
Shannon	
Stoneham-et-Tewkesbury	
Lévis	(3 964 349)
L'Ancienne-Lorette	(334 501)
Québec	(67 951 501)
Saint-Augustin-de-Desmaures	(258 155)
Total CMQ	(72 614 365)

Les bénéfices générés pour la collectivité par le mode Marche sont importants. Au total, en 2017, les contribuables de la CMQ ont économisé plus de 72 millions de \$ grâce aux bénéfices tirés de la pratique de la marche par certains de leurs concitoyens.

4. Conclusion sur le coût total d'un km parcouru en mode Marche

Le coût total d'un déplacement à la Marche varie également beaucoup d'une municipalité de la CMQ à une autre. Peu de municipalités sont finalement concernées par des coûts totaux de déplacements à la marche, même si la marche est déclarée pratiquée dans 26 des 27 municipalités, dans l'EOD2017. L'accès aux données concernant les km de trottoirs entretenus par les municipalités est une limite majeure de l'étude puisque le manque d'information implique une absence de résultat. Le Tableau des km parcourus par municipalité est présenté Annexe K. En moyenne, réaliser 10 km à la marche en PPAM pour un retraité coûte 45\$ dont 38\$ en coût utilisateur pour le porte-monnaie de l'individu et 7\$ en coût payeur pour la collectivité. Pour 1\$ dépensé par un marcheur, la collectivité paie 0,18\$. Ce ratio est plus élevé que celui obtenu dans l'étude similaire réalisée à Vancouver (0,01\$). Nous pouvons alors émettre ces hypothèses : soit il y a une plus faible pratique de la marche dans la CMQ, soit les coûts de construction et d'entretien des trottoirs sont plus élevés dans la CMQ du fait de la qualité des matériaux et/ou du climat plus rude. L'hypothèse la plus probable expliquant cette différence est celle de la moindre densité de population et une forme urbaine plus diffuse dans la CMQ. En effet, plus une ville est densément peuplée avec une forme urbaine compacte, plus la marche est pratiquée lors des déplacements utilitaires (29).

Le coût total Marche est majoritairement composé du coût interne utilisateur puis des coûts cachés payeurs et enfin du coût indirect payeur (trottoirs). Il s'agit des mêmes proportions qu'observées pour le mode Bus.

La Figure 22 présente la cartographie du coût total à la Marche, pour chacun des tronçons de la CMQ.

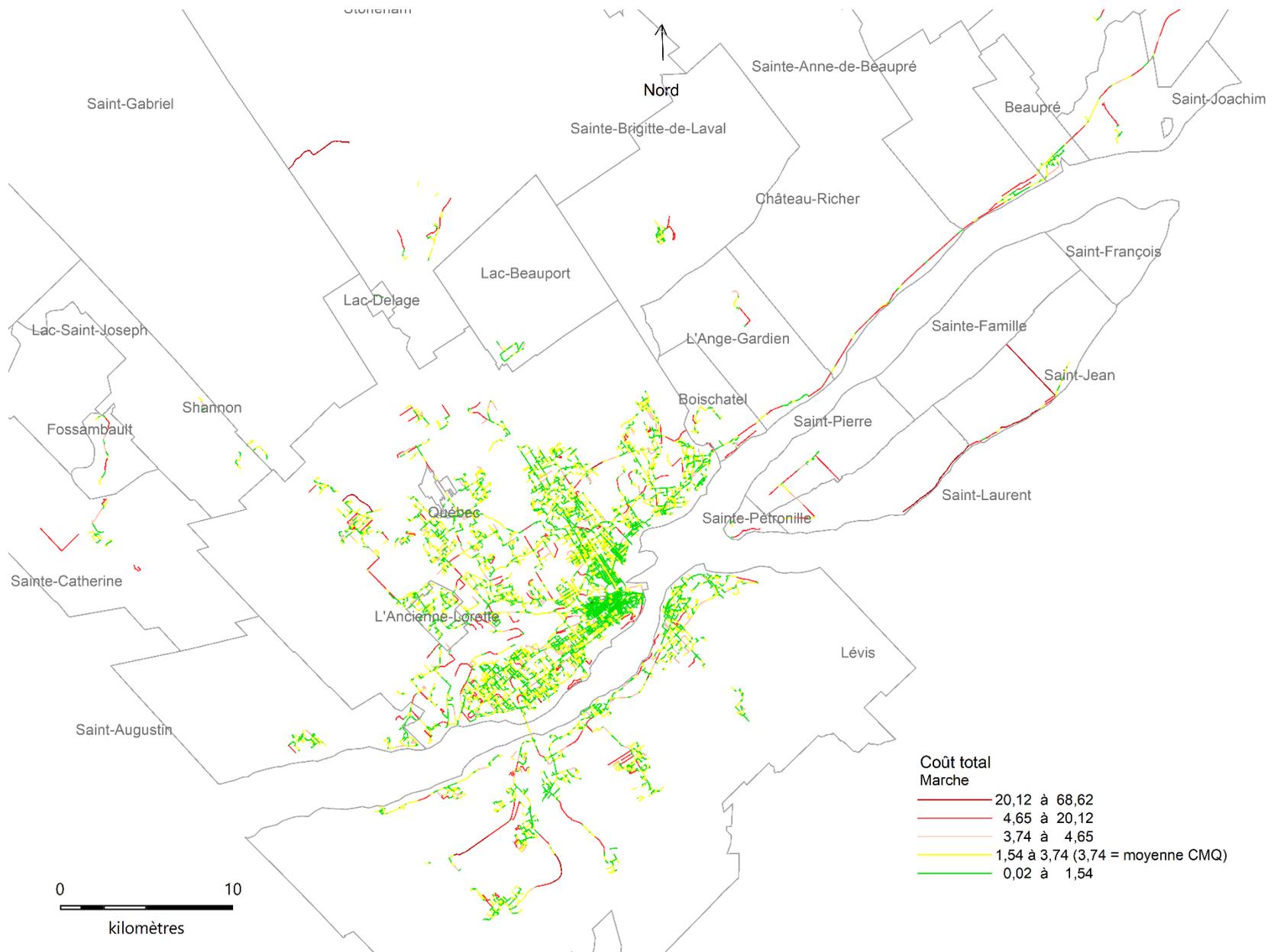


Figure 22 : Variation des coûts totaux - Marche

V. Coût d'utilisation du mode Vélo

Nous disposons de la cartographie des voies (pistes, bandes, chaussées désignées et accotements asphaltés) des villes de Québec et Lévis. Néanmoins, nous savons que les cyclistes utilisent également le bord des voies routières pour se déplacer, même en l'absence de voie cyclable. Pour mesurer le coût total des déplacements déclarés en vélo dans l'EOD, nous avons procédé de la même façon que pour la mesure du coût total en Auto et Marche, en simulant les déplacements sur le réseau routier dont nous avons retiré les voies autoroutières. Nous avons considéré une vitesse en vélo de 14 km/h et une seule période de temps, car les analyses statistiques n'ont pas démontré de différences significatives entre les périodes. La distance moyenne de déplacement à vélo est de 2,4 km pour les étudiants, 5,2 km pour les travailleurs et 3,6 km pour les retraités. Il s'agit de déplacements quotidiens réalisés pour des objectifs précis pour lesquels le vélo est un moyen de transport. De ce fait les déplacements sont concentrés dans les deux villes de la CMQ (Figure 23).

Le Tableau 36 présente les variables utilisées pour estimer le coût total d'un km parcouru en mode Vélo.

Tableau 53 : Variables utilisées dans l'estimation du coût total - Vélo

Type de coût	Variable
Coûts internes	Dépenses en \$ de la personne pour réaliser le déplacement : <ul style="list-style-type: none"> - Achat - Entretien - Cadenas - Accessoires autres
	Temps pour réaliser le déplacement, mesuré en minutes et monétisé en \$
	Santé, bénéfique pour l'individu de pédaler, mesurée en kilomètre et monétisée en \$
Coût indirect	Dépenses en \$ des collectivités territoriales pour les infrastructures de transport cyclables : <ul style="list-style-type: none"> - Construction - Entretien - Déneigement
Coûts cachés	Accidents provoqués lors de déplacement monétisés en \$
	Emprise spatiale des infrastructures de transport cyclables mesurée en km ² et monétisée en \$
	Santé, bénéfique pour la collectivité que les individus pédalent, mesurée en kilomètre et monétisée en \$

A. Coûts internes utilisateurs – mode Vélo

Le coût interne utilisateur du mode Vélo est composé des coûts de propriété et de fonctionnement, du coût budget-temps et du bénéfice pour la santé de l'individu qui réalise le déplacement. Les coûts moyens de propriété et de fonctionnement d'un vélo ont été estimés sur la base du rapport produit par Vélo Québec en 2010 (40). Les prix ont été ajustés pour 2017. L'achat et les accessoires sont considérés renouvelés tous les 4 ans, leur coût a ainsi été réparti sur 4 années alors que l'entretien et le cadenas sont annuels. Les coûts sont présentés au Tableau 53.

Tableau 54 : Coûts annuels de propriété et de fonctionnement, en \$ - mode Vélo

Tous profils	Coûts annuels
Achat	182
Accessoires	45
Entretien	208
Cadenas	156
Total	591

Selon Vélo Québec, 485 km sont parcourus par un cycliste, en moyenne par année pour des raisons utilitaires. Le coût interne utilisateur Vélo est donc de 1,22\$ du km.

Notre retraité parcourt 10 km en vélo en 43 minutes. Au taux horaire de 23\$/h, le déplacement coûte 16,5\$ en termes de budget-temps.

Concernant le bénéfice santé individuel, le coût utilisateur au km parcouru pour le vélo est de (0,788) soit un peu plus faible que pour la Marche. Le Tableau 37 présente les montants annuels des bénéfices estimés du Vélo, par municipalité. À l'instar des ce que nous avons observé pour le mode Marche, très peu de municipalités de la CMQ sont représentées dans les déplacements simulés en Vélo et cela influence grandement les résultats. Au total, en 2017, les contribuables de la CMQ ont économisé plus de 4 millions de \$ grâce aux bénéfices tirés de la pratique du vélo de certains de leurs concitoyens.

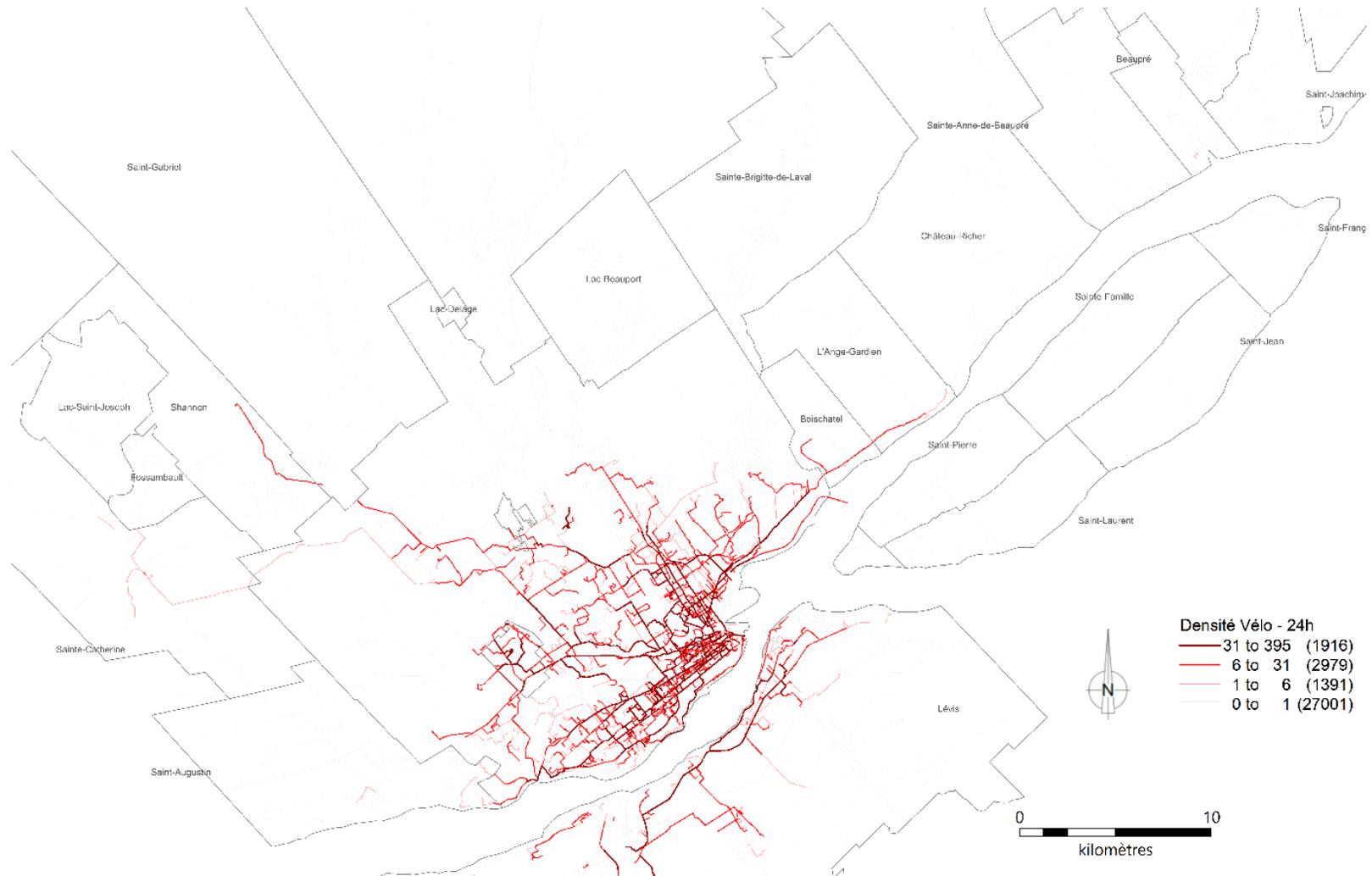


Figure 23: Nombre de déplacements sur 24 h, par tronçon - mode Vélo

Tableau 55 : Coûts annuels des bénéfices Santé, en \$ – mode Vélo

Municipalité	\$ bénéfices Santé - Vélo
Beaupré	(2 240,2)
Boischatel	(14 940,5)
Château-Richer	(724,7)
L'Ange-Gardien	(5 116,52)
Sainte-Anne-de-Beaupré	-
Saint-Ferréol-les-Neiges	-
Saint-Joachim	-
Saint-Tite-des-Caps	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	-
Sainte-Pétronille	-
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	-
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	-
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	-
Fossambault-sur-le-Lac	-
Lac-Beauport	-
Lac-Delage	-
Lac-Saint-Joseph	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	(7 145,21)
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-
Shannon	(12 792,33)
Stoneham-et-Tewkesbury	-
Lévis	(699 575,9)
L'Ancienne-Lorette	(109 712,4)
Québec	(3 453 262,0)
Saint-Augustin-de-Desmaures	(6 099,2)
Total CMQ	(4 311 608,9)

Pour 10 km parcourus en Vélo, le bénéfice à déduire du coût interne budget-temps est de 7,88\$. Le coût interne utilisateur Vélo est ainsi de $16,5 - 7,88 = 9,84$ \$. Le Vélo constitue le mode de transport le moins dispendieux pour l'utilisateur, comparativement aux trois autres modes. Le coût interne Vélo est près de 4 fois moins élevé que le coût interne Marche, égal au coût interne du mode Auto et 1,3 fois moins élevé que le coût interne Bus.

B. Coûts indirects payeurs – mode Vélo

Dans la mesure où pédaler sur les routes ne provoque pas d'usure des réseaux routiers, nous n'avons pas déduit de part de budget Vélo supplémentaire dans les budgets de voirie relativement aux km parcourus en vélo, tel que fait pour le mode Bus. En revanche, nous avons déduit le coût de construction et d'entretien des voies cyclables des budgets de voirie.

La cartographie des réseaux cyclables nous a été communiquée par la CMQ. Nous avons extrait les km par type de voie cyclable par municipalité. À partir des chiffres de construction et d'entretien des voies cyclables communiqués par la Ville de Québec, nous avons calculé les budgets dédiés au réseau cyclable de chaque municipalité. Nous avons ensuite déduit ce budget Vélo du budget total de la voirie de chaque municipalité, proportionnellement à la part modale du vélo dans chaque municipalité. Pour les municipalités pour lesquelles il existe des voies cyclables, mais par de déplacements réalisés en Vélo, nous avons tout de même déduit le budget estimé du budget Auto, selon la part modale moyenne du Vélo dans la CMQ, sur 24 heures (1,2%).

Le Tableau 55 présente les km de réseau cyclable, les budgets estimés pour l'entretien ainsi que les coûts au km parcouru, par municipalité. Eu égard à la faible pratique du vélo déclarée dans l'EOD2017, Beauré, Saint-Augustin et Château-Richer présentent un coût indirect payeur très élevé, peu probable comparativement à la moyenne mesurée pour la CMQ.

Tableau 56 : Budget, longueur du réseau et coût indirect payeur – mode Vélo

Municipalité	Budget Vélo, en \$	Km Vélo	Coût indirect payeur Vélo
Beauré	66 417	16	23,35
Boischatel	81 850	15	4,32
Château-Richer	16 400	12	17,83
L'Ange-Gardien	33 917	10	5,22
Sainte-Anne-de-Beauré			
Saint-Ferréol-les-Neiges			
Saint-Joachim			
Saint-Tite-des-Caps			
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans			
Sainte-Pétronille			
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans			
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans			
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans			
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans			
Fossambault-sur-le-Lac			
Lac-Beauport			
Lac-Delage			
Lac-Saint-Joseph			
Sainte-Brigitte-de-Laval			
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	92 083	17	10,15
Saint-Gabriel-de-Valcartier			
Shannon	66 417	12	4,09
Stoneham-et-Tewkesbury			
Lévis	983 850	296	1,11
L'Ancienne-Lorette	46 417	7	0,33
Québec	2 085 983	391	0,48
Saint-Augustin-de-Desmaures	170 533	35	22,02
Total et moyenne CMQ	3 900 000	633	0,71

Le coût indirect payeur Vélo pour un déplacement de 10 km réalisé à Lévis est de 11\$. Ajouté au coût interne utilisateur calculé précédemment, le coût total est de 21\$. Pour 1 \$ dépensé par le cycliste, la collectivité dépense 1,13\$. À Beaupré, le coût total est de 243\$; pour 1 \$ dépensé par le cycliste, les contribuables de Beaupré dépensent 24\$.

C. Coûts cachés payeurs – mode Vélo

À l’instar des analyses réalisées pour le mode Marche, nous ne considérons ni pollution, ni bruit, ni congestion pour le mode Vélo.

1. Accident – mode Vélo

En 2017, aucun cycliste n’est mort dans la CMQ. Le nombre d’accidents graves impliquant des cyclistes est faible (12 personnes). Les 151 accidents graves et légers impliquant des cyclistes représentent 9% des accidents de cyclistes de la province. Le Tableau 56 présente les coûts pour les deux périodes analysées (PPAM et Inter-pointes Jour).

Tableau 57 : Coût caché payeur Accident, en \$ – mode Vélo

Municipalité	Coût annuel Acc Grave	Coût caché payeur Accident Grave
Beaupré	-	-
Boischatel	-	-
Château-Richer	62 209	68
L'Ange-Gardien	-	-
Sainte-Anne-de-Beaupré	-	-
Saint-Ferréol-les-Neiges	-	-
Saint-Joachim	-	-
Saint-Tite-des-Caps	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	-	-
Sainte-Pétronille	-	-
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	-	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	-	-
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	-	-
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	-	-
Fossambault-sur-le-Lac	-	-
Lac-Beauport	-	-
Lac-Delage	-	-
Lac-Saint-Joseph	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	-	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	-	-
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-	-
Shannon	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	-	-

Lévis		-
L'Ancienne-Lorette	-	-
Québec	62 209	0,0142
Saint-Augustin-de-Desmaures	-	-
Total et moyenne CMQ	124 418	0,0227

Le coût caché payeur Accident de Beaupré est à utiliser avec beaucoup de précautions, du fait de la faible représentativité des déplacements déclarés en Vélo dans l'EOD 2017. Il serait préférable d'utiliser le coût moyen de la CMQ. En ajoutant le coût caché – payeur – accident, le coût total du déplacement de 10 km en Vélo serait inchangé à Lévis (21\$) et de 924 \$ à Beaupré. Ce surcoût pourrait être dû à la faible fréquence des déplacements Vélo dans l'EOD2017.

2. Emprise spatiale – mode Vélo

La largeur moyenne d'une voie cyclable est 1,5 mètre. Son emprise spatiale au sol est ainsi de 0,0015 km². Le Tableau 57 présente l'ES du mode Vélo, les coûts de l'emprise spatiale du mode Vélo par municipalité (au km²) ainsi que le coût caché - payeur - de l'emprise spatiale du mode Vélo. Rappelons que les déplacements de l'EOD2017 simulés en vélo ont lieu en semaine, du lundi au vendredi uniquement (hors fin de semaine).

Tableau 58 : Coût caché payeur Emprise spatiale – mode Vélo

Municipalité	ES Vélo, en km2	\$ ES Vélo	Coût caché payeur ES
Beaupré	0,0000120	75	0,03
Boischatel	0,0000394	675	0,04
Château-Richer	0,0000009	1	0,001
L'Ange-Gardien	0,0000089	22	0,003
Sainte-Anne-de-Beaupré	-	-	-
Saint-Ferréol-les-Neiges	-	-	-
Saint-Joachim	-	-	-
Saint-Tite-des-Caps	-	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-
Sainte-Pétronille	-	-	-
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	-	-	-
Fossambault-sur-le-Lac			
Lac-Beauport	-	-	-
Lac-Delage	-	-	-
Lac-Saint-Joseph	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	-	-	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	0,0000198	50	0,01
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-	-	-

Shannon	0,0000517	157	0,01
Stoneham-et-Tewkesbury	-	-	-
Lévis	0,0017468	26 259	0,03
L'Ancienne-Lorette	0,0000746	7 929	0,06
Québec	0,0029402	167 681	0,04
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,0000176	235	0,03
Total et moyenne CMQ	0,004912	203 083	0,04

Ce coût caché est très marginal dans la mesure du coût total. En ajoutant le coût caché – payeur – emprise spatiale, le coût total du déplacement de 10 km en Vélo serait de 21,2 \$ à Lévis et de 924 \$ à Beauré.

3. Santé – mode Vélo

Le paramètre utilisé pour le coût caché payeur Santé en Vélo est de (0,364) \$ par km parcouru par individu. Les sommes annuelles à soustraire sont présentées au Tableau 58.

Tableau 59 : Coûts des bénéfices Santé pour la collectivité – mode Vélo

Municipalité	Coût annuel des bénéfices Santé, en \$
Beauré	(1 033,9)
Boischatel	(6 895,6)
Château-Richer	(334,5)
L'Ange-Gardien	(2 361,5)
Sainte-Anne-de-Beauré	
Saint-Ferréol-les-Neiges	
Saint-Joachim	
Saint-Tite-des-Caps	
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	
Sainte-Pétronille	
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	
Fossambault-sur-le-Lac	
Lac-Beauport	
Lac-Delage	
Lac-Saint-Joseph	
Sainte-Brigitte-de-Laval	
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	(3 297,8)
Saint-Gabriel-de-Valcartier	
Shannon	(5 904,2)
Stoneham-et-Tewkesbury	
Lévis	(322 881,2)
L'Ancienne-Lorette	(50 636,5)
Québec	(1 593 813,2)
Saint-Augustin-de-Desmaures	(2 815,0)
Total CMQ	(1 989 973)

Au total, en 2017, les contribuables de la CMQ ont économisé près de 2 millions de \$ grâce aux bénéfices tirés de la pratique du vélo de certains de leurs concitoyens.

4. Conclusion sur le coût total du km parcouru en mode Vélo

Le coût total d'un déplacement au Vélo varie également beaucoup d'une municipalité de la CMQ à une autre. Peu de municipalités sont finalement concernées par des coûts totaux de déplacements en vélo, même si 24 des 27 municipalités possèdent un réseau de voies cyclables (Annexe L). En moyenne, réaliser 10 km en vélo en PPAM pour un retraité coûte 14\$ dont 10\$ en coût utilisateur pour le porte-monnaie de l'individu et 4\$ en coût payeur pour la collectivité. Pour 1\$ dépensé par un cycliste, la collectivité paie donc 0,42\$. Peu de municipalités sont finalement concernées par des déplacements en Vélo dans l'EOD2017, alors que 24 des 27 municipalités possèdent un réseau de voies cyclables. Cette inadéquation entre les infrastructures cyclables existantes et la faible pratique du vélo s'explique par le caractère utilitaire des déplacements déclarés dans l'EOD2017. Avec des déplacements de fin de semaine et les déplacements de loisirs, les résultats auraient sans doute étaient différents. C'est pourquoi les résultats pour ce mode de transport sont à utiliser avec précaution. D'ailleurs, pour les mêmes raisons, le ratio utilisateur-payeur de la CMQ est plus élevé que celui obtenu dans l'étude similaire réalisée à Vancouver (0,08\$).

Le coût total Vélo est majoritairement composé du coût interne utilisateur puis du coût indirect payeur (voies cyclables) et enfin des coûts cachés payeurs.

La Figure 24 présente la cartographie du coût total à la Marche, pour chacun des tronçons de la CMQ.

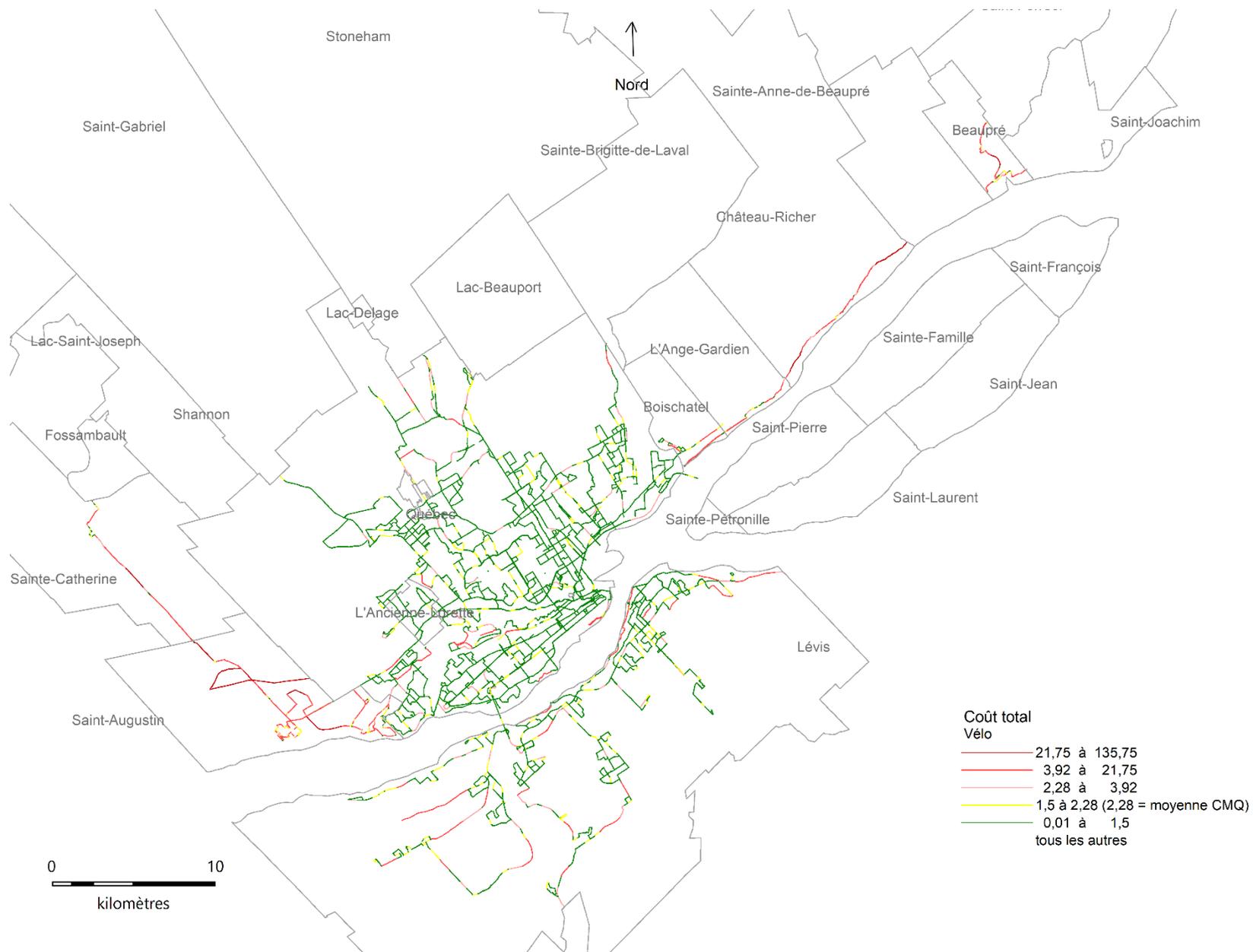


Figure 24 : Variation des coûts totaux - Vélo

VI. Indicateurs de durabilité des mobilités par profil

Cette partie propose de synthétiser les résultats obtenus sur le coût total du km parcouru pour les quatre modes. Ce qui nous intéresse dans cette partie présentant les indicateurs est la durabilité des mobilités par mode de transport. Ce sont des indicateurs de performance de la durabilité des mobilités. Les trois indicateurs proposés regroupent les coûts relatifs à la situation économique, environnementale et sociétale de la mobilité dans la CMQ :

- L'indicateur économique présente les coûts payés directement (porte-monnaie) et indirectement (taxes) par les contribuables. Il donne une mesure de la durabilité financière du mode de transport, car constitue la part financée des mobilités. Être durable financièrement signifie que les coûts des paramètres des mobilités sont contrôlés. On peut les quantifier, les analyser, les améliorer, les rendre plus durables. C'est une caractéristique fondamentale de savoir comment est financée la mobilité pour en assurer la durabilité.
- L'indicateur environnemental regroupe les coûts de la pollution et du bruit générés par la circulation des déplacements motorisés, en Inter-pointes Jour soit en situation « normale » d'utilisation des réseaux. Il donne une mesure de la durabilité environnementale du mode de transport, part peu financée distinctement actuellement (ensemble de taxes existantes réparties sur différents budgets). Cette durabilité environnementale signifie une bonne intégration des mobilités dans nos écosystèmes. Plus il est faible, plus les mobilités ont des impacts négatifs faibles.
- L'indicateur sociétal regroupe les coûts des externalités négatives (pollution et retard engendrés par la congestion, accident, foncier) et positives (gains de la pratique d'un mode actif pour la collectivité). Il donne une mesure de la durabilité sociétale part peu financée distinctement actuellement (ensemble de taxes existantes réparties sur différents budgets). Cette durabilité sociétale représente la pérennité ou la longévité des mobilités, leur viabilité dans notre quotidien. Plus il est faible, plus les mobilités sont viables.

La situation idéale serait un coût total composé à 100% par l'indicateur économique. Plus la part financée est importante, plus les mobilités sont sous contrôle et plus elles sont améliorables et ajustables, caractéristiques nécessaires dans des objectifs de mobilité durable. Plus la part non financée est importante dans le coût total, moins la durabilité est assurée : plus l'environnement est impacté négativement par les mobilités (indicateur environnemental) et plus la collectivité met à risque la qualité de vie et le confort lors des déplacements de sa population (indicateur sociétal).

Dans la CMQ, les déplacements sont réellement financés à 65% (indicateur économique). Par territoire, les parts financées sont les suivantes : agglomération de Québec 61%, Lévis 81%, MRC-JC 95%, MRC-CB 88% et MRC-ÎO 90%. Les parts restantes, environnementale et sociétale, sont non financées; elles sont internalisées dans les coûts des modes. Autrement dit, la durabilité environnementale et sociétale est problématique dans les territoires où la part économique financée est faible. Ces territoires sont le plus souvent ceux vers où convergent les déplacements, tous motifs confondus : agglomération de Québec.

Rappelons ici que les coûts des modes actifs sont des moyennes pour l'ensemble de la CMQ et que l'absence de données pour certaines municipalités de la CMQ peut impacter la moyenne. De ce fait, pour les deux modes actifs, il est préférable de se référer aux indicateurs présentés pour l'agglomération de Québec et pour la ville de Lévis qui comptent des déplacements utilitaires statistiquement valides.

1. Indicateur de la durabilité économique de la mobilité

Tel que résumé dans la Figure 3 en introduction, cet indicateur est relatif au coût interne utilisateur - budget financier, budget temps et budget santé alloués à un déplacement - et au coût indirect payeur, selon le mode de transport choisi. En effet, tous ces coûts sont actuellement pris en charge financièrement par les individus, directement (porte-monnaie) ou indirectement (taxes). Cet indicateur est une mesure de durabilité financière des modes de transport. Il permet d'apporter des éléments de clarification sur des questionnements relatifs aux coûts connus des différents modes de transport.

Le Tableau 38 présente l'indicateur économique pour 1 km parcouru dans la CMQ, pour le profil moyen, période hors pointes. À partir des différents tableaux de notre étude, il est possible de calculer les indicateurs pour chaque municipalité.

Tableau 60 : Indicateur économique de mobilité durable, en \$ par km parcouru, tous profils - CMQ

Mode	Coût interne- Utilisateur			Coût indirect - Collectivité	Indicateur économique
	Budget Porte-monnaie incluant stationnement	Budget Temps	Budget Santé		
Tout profil					
Auto	0,51	0,43	-	2,17	3,12
Bus	0,16	0,82	(0,04)	0,54	1,48
Marche	-	5,02	(1,97)	0,18	3,24
Vélo	1,22	1,43	(0,79)	0,71	2,57

Comme nous l'avons vu précédemment, tous profils confondus, le Bus est économiquement le mode le plus durable, financièrement car son indicateur économique est le plus bas, du fait du faible coût pour le porte-monnaie de l'individu se déplaçant. **Ainsi, contrairement aux idées reçues, il est moins dispendieux pour le porte-monnaie de se déplacer en Bus qu'en Auto.** Seul le budget-temps utilisateur associé à ce mode est pénalisant, car assez élevé, comme c'est le cas pour tous les transports collectifs. Rappelons qu'aucun coût supplémentaire de santé n'a été associé au mode auto alors qu'au Canada, les coûts supplémentaires de santé associés à la pollution de l'air ont été estimés à 228 milliards de dollars. Ainsi, économiquement, l'Auto est 2,1 fois plus coûteuse que le Bus, le Vélo 1,7 fois et la Marche près de 2,2 fois plus coûteuse que le Bus. Ces rapports de coûts correspondent aux rapports de durabilité économique. Donc, pour un habitant moyen de la CMQ qui réalise un km de déplacement utilitaire dans la CMQ, les mobilités réalisées en mode Auto sont 2,1 fois moins durables que le Bus, eu égard au porte-monnaie et les impôts et taxes payés en tant que contribuable. Les mobilités réalisées en mode Auto sont

1,2 fois moins durables que celle en Vélo et 1,1 moins durables que celle de la Marche, eu égard aux vitesses de déplacement considérées dans cette étude. Rappelons que les données de la CMQ ne tiennent pas compte des déplacements de loisirs pour lesquels l'origine et la destination sont les mêmes (boucles) et ceux de fin de semaine qui comptent plus de déplacements actifs (boucles ou déplacements utilitaires).

Le Tableau 60 présente l'indicateur économique pour 1 km parcouru dans la CMQ, pour les trois profils, toutes périodes confondues. Eu égard aux impôts et taxes auxquels les individus contribuent et eu égard à leur porte-monnaie et leur budget-temps respectif, un étudiant valoriserait la Marche comme mode de transport le plus durable économiquement, tandis qu'un travailleur et un retraité privilégieraient le Bus. Pour les trois profils distincts, le mode Auto reste le plus efficace en termes de budget-temps (pour l'individu), mais le moins rentable en termes de coût indirect (pour la collectivité) et de budget-santé (pour l'individu). Ainsi les mobilités réalisées en mode Auto sont moins durables économiquement, pour les trois profils.

Tableau 61 : Indicateur économique de mobilité durable par profil- CMQ

Mode	Coût interne - Utilisateur			Coût indirect - Collectivité	Indicateur économique
	Budget Porte-monnaie incluant stationnement	Budget Temps	Budget Santé		
Étudiant					
Auto	0,46	0,16	-	2,17	2,79
Bus	0,16	0,14	(0,04)	0,54	0,80
Marche	-	1,93	(1,97)	0,18	0,14
Vélo	1,22	0,55	(0,79)	0,71	1,69
Travailleur					
Auto	0,55	0,63	-	2,17	3,36
Bus	0,16	1,02	(0,04)	0,54	1,67
Marche	-	7,37	(1,97)	0,18	5,59
Vélo	1,22	2,11	(0,79)	0,71	3,25
Retraité					
Auto	0,54	0,49	-	2,17	3,20
Bus	0,16	0,57	(0,04)	0,54	1,22
Marche	-	5,77	(1,97)	0,18	3,98
Vélo	1,22	1,63	(0,79)	0,71	2,77

Pour l'étudiant, économiquement les mobilités réalisées en mode Bus sont près de 6 fois moins durables que celles à la Marche, en Auto 20 fois moins et en Vélo 12 fois moins (en raison du coût interne budget élevé pour le vélo utilitaire et de la vitesse moyenne utilisée). Pour le travailleur, les mobilités réalisées en mode Auto sont 2,3 fois moins durables que celles en Bus, identiques à celles en Vélo (un peu moins durables) et 1,7 fois plus que celles à la Marche en raison des coûts internes temps associés à ce mode. Pour le retraité, économiquement les mobilités réalisées en mode Auto sont 2,6 fois moins durables que celles en Bus, 1,24 fois moins durables que celles en Vélo et 1,16 fois plus que celle à la Marche.

2. Indicateur de durabilité environnementale de la mobilité

Il s'agit de l'indicateur relatif aux coûts cachés payeurs de la Pollution (émissions de GES) et du Bruit, selon le mode de transport, hors congestion. Le Tableau 61 présente l'indicateur environnemental pour 1 km parcouru dans la CMQ, pour le profil moyen. Les modes Marche et Vélo n'apparaissent pas ici, car ils sont considérés non polluants. Malgré l'utilisation d'abrasifs pour déneiger les voies routières Auto, Bus, Vélo et les trottoirs, la variable détérioration des sols n'a pas été considérée dans cette étude. Sans surprise, les mobilités réalisées en mode Bus présentent un indicateur de durabilité environnementale plus performant que celles réalisées en mode Auto.

Tableau 62 : Indicateur environnemental de mobilité durable, en \$ par km parcouru, tous profils - CMQ

Mode	Pollution hors congestion	Bruit	Indicateur environnemental
Auto	0,023	0,002	0,025
Bus	0,0055	0,008	0,014

Ainsi, pour le profil moyen, les mobilités réalisées en Auto coûtent 1,8 fois plus que celles en Bus d'un point de vue environnemental, hors congestion, par km parcouru. L'auto est donc 1,8 fois moins durable que le Bus, en termes de durabilité environnementale.

3. Indicateur de durabilité sociétale de la mobilité

Il s'agit d'un indicateur d'efficacité collective. Il est relatif aux coûts cachés du Retard lié à la congestion, de la Pollution supplémentaire générée par la congestion, de la Santé, des Accidents et de l'Emprise spatiale, selon le mode de transport choisi. Le Tableau 62 présente l'indicateur sociétal pour 1 km parcouru dans la CMQ, pour un profil moyen, en périodes de pointe.

Tableau 63 : Indicateur sociétal de mobilité durable, en \$ par km parcouru, tous profils - CMQ

Mode	Retard Congestion	Pollution suppl. Congestion	Bruit suppl. Congestion	Santé	Accident	Emp. Spat.	Indicateur sociétal
Auto	0,57	0,01	0,026	0	0,038	2,94	3,56
Bus	0,37	0,0007	0	(0,021)	0	0,42	0,77
Marche	0	0	0	(0,91)	0,06	1,40	0,55
Vélo	0	0	0	(0,36)	0,02	0,04	(0,30)

Sociétalement, les mobilités réalisées en mode Vélo sont les plus durables dans la CMQ. Chaque km parcouru en Vélo apporte une plus-value à la société. Suivent les mobilités en mode Marche (1,7 fois plus coûteuses donc 1,7 fois moins durables que le Vélo), puis celles du mode Bus (3 fois plus coûteuses donc 3 fois moins durables que le Vélo) et enfin celles du mode Auto (13,4 fois plus coûteuses donc 13,4 fois moins durables que le Vélo). Les mobilités réalisées en mode Auto sont les moins durables pour la société, en termes de pérennité collective.

Pour conclure, dans la CMQ, globalement, les mobilités réalisées en Bus sont 3 fois plus durables que

celles en Auto, 1,8 fois que celles à la Marche et 1,1 fois plus que celles en Vélo. Les modes actifs sont plus gourmands en temps de déplacement, leur coût interne est si élevé qu'il impacte l'efficacité. Malgré tout, tous les indicateurs considérés ensemble, les mobilités réalisées en Auto sont 1,7 fois moins durables qu'à la Marche et 2,8 fois moins qu'en Vélo.

4. Indicateurs par territoire

À l'instar des variations territoriales existantes pour les coûts totaux, les indicateurs de durabilité des mobilités varient entre les territoires de la CMQ. Les résultats sont présentés pour les périodes de pointe. Les résultats pour les deux périodes sont présentés dans les tableaux en fin de rapport.

a) Agglomération de Québec

Dans l'agglomération de Québec, les indicateurs sont sensiblement les mêmes que ceux pour l'ensemble de la CMQ (Tableau 63), ce qui est statistiquement normal puisque l'Agglomération de Québec représente 90% de la population de la CMQ et 81% des km parcourus en 2017. Les mobilités réalisées en Vélo sont plus économiques, en moyenne tous les profils confondus. Économiquement, chaque km parcouru en Auto coûte 2 fois plus qu'en Bus et 1,2 fois plus qu'en Vélo. Sociétalement, chaque km parcouru en Auto coûte 5,3 fois plus qu'en Bus et 17 fois plus qu'à la Marche. Le coût sociétal du Vélo est négatif ce qui signifie que malgré l'emprise spatiale nécessaire pour construire les voies cyclables, malgré le coût des accidents, le bénéfice de pédaler pour la santé est tellement élevé que l'impact sur les coûts du système de santé est positif. Au total, en périodes de pointe, le Bus est 3,2 fois plus durable qu'en Auto, la Marche 2 fois plus et le Vélo 3,4 fois plus. Pour les étudiants le mode le plus durable est la Marche, pour les retraités et les travailleurs le Bus.

Tableau 64 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru, périodes de pointes – Agglomération de Québec

Mode	Indicateur de Durabilité Économique	Indicateur de Durabilité Environnemental	Indicateur de Durabilité Sociétal	Coût total
Auto	2,85	0,03	4,16	7,04
Étudiant	2,51	0,03	4,16	6,70
Travailleur	3,10	0,03	4,16	7,29
Retraité	2,94	0,03	4,16	7,13
Bus	1,40	0,01	0,79	2,20
Étudiant	0,88	0,01	0,79	1,68
Travailleur	1,94	0,01	0,79	2,74
Retraité	1,34	0,01	0,79	2,14
Marche	3,22	-	0,25	3,47
Étudiant	0,12	-	0,25	0,37
Travailleur	5,57	-	0,25	5,82
Retraité	3,97	-	0,25	4,21
Vélo	2,38	-	(0,28)	2,09
Étudiant	1,49	-	(0,28)	1,21
Travailleur	3,05	-	(0,28)	2,77
Retraité	2,57	-	(0,28)	2,29

Comparativement à l'ensemble de la CMQ, les mobilités dans les deux modes motorisés sont moins

durables alors que dans les deux modes actifs elles sont plus durables.

Dans l'agglomération de Québec, le coût total des déplacements tous modes confondus est financé directement ou indirectement à 61% (indicateur économique). Dans le détail, les mobilités du mode Auto sont financées à 42%, du Bus à 70% et des deux modes actifs à près de 95%. Les mobilités en modes actifs sont ainsi nettement plus durables en termes de coûts futurs pour la collectivité.

b) Ville de Lévis

Les résultats des indicateurs de durabilité des mobilités pour la ville de Lévis sont globalement les mêmes que ceux de la CMQ (Tableau 64) : économiquement il est plus durable d'utiliser le Bus (sauf étudiant). Sans surprise et comme dans le reste de la CMQ, d'un point de vue environnemental, le mode Bus est préférable à la durabilité collective. Sociétalement, le Vélo reste le plus viable, suivi du mode Marche. Les mobilités réalisées en mode Auto sont 3,75 fois moins durables que celles réalisées en Bus, 1,6 fois moins qu'à la Marche et 2 fois moins qu'en Vélo.

Tableau 65 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – Ville de Lévis

Mode	Indicateur de Durabilité Économique	Indicateur de Durabilité Environnemental	Indicateur de Durabilité Sociétal	Coût total (\$)
Auto	3,45	0,03	2,04	5,52
Étudiant	3,10	0,03	2,04	5,17
Travailleur	3,70	0,03	2,04	5,77
Retraité	3,54	0,03	2,04	5,61
Bus	1,11	0,01	0,35	1,47
Étudiant	0,90	0,01	0,35	1,26
Travailleur	2,03	0,01	0,35	2,39
Retraité	1,34	0,01	0,35	1,70
Marche	3,44	-	(0,01)	3,42
Étudiant	0,34	-	(0,01)	0,33
Travailleur	5,79	-	(0,01)	5,77
Retraité	4,19	-	(0,01)	4,17
Vélo	2,97	-	(0,33)	2,64
Étudiant	2,09	-	(0,33)	1,76
Travailleur	3,65	-	(0,33)	3,31
Retraité	3,17	-	(0,33)	2,84

Comparativement à l'ensemble de la CMQ, les mobilités réalisées dans les modes Auto, Bus et Marche sont moins coûteuses. La Marche est le mode le plus économique pour un étudiant tandis que pour un travailleur et un retraité c'est le Bus. Le Vélo est 1,2 fois plus coûteux à Lévis que dans l'ensemble de la CMQ. Autrement dit les mobilités en Vélo sont 1,2 fois moins durables. Les coûts liés à l'indicateur sociétal sont plus faibles pour le Bus, le Vélo et l'Auto, en grande partie du fait de la moindre valeur foncière sur le territoire de Lévis. Ces mobilités sont donc plus durables qu'en moyenne dans la CMQ, d'un point de vue de la durabilité sociétale.

Dans la ville de Lévis, le coût total des déplacements tous modes confondus est financé directement ou

indirectement à 81% (indicateur économique). Dans le détail, les mobilités du mode Auto sont financées à 66%, celles du Bus à 84% et celles des deux modes actifs à 100%. Les mobilités en modes actifs sont encore une fois ici nettement plus durables pour la collectivité de la Ville de Lévis.

c) MRC de la Jacques-Cartier

Dans la MRC-JC, le modèle est différent (Tableau 39). D’un point de vue environnemental les mobilités en mode Auto sont plus viables pour à la collectivité. En effet, le Bus est peu utilisé en IPJ, donc les véhicules émettent des GES et du bruit pour transporter trop peu d’usagers. Sociétalement la Marche devient le mode qui présente le plus de durabilité pour la collectivité. La somme des trois indicateurs de durabilité fait en sorte qu’au final le coût total d’un déplacement d’1 km est plus durable en Bus. Les mobilités réalisées en mode Auto sont 3,4 fois moins durables que celles réalisées en Bus, celles réalisées à la Marche 2 fois moins et celles réalisées en Vélo 1,3 fois moins durables. Les indicateurs économiques des deux modes actifs sont sans doute surestimés, du fait des trop peu nombreux déplacements utilitaires déclarés dans ces modes, en 2017.

Tableau 66 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – MRC-JC

Mode	Indicateur de Durabilité Économique	Indicateur de Durabilité Environnemental	Indicateur de Durabilité Sociétal	Coût total (\$)
Auto	5,88	0,02	1,13	7,03
Étudiant	5,54	0,02	1,13	6,69
Travailleur	6,13	0,02	1,13	7,29
Retraité	5,97	0,02	1,13	7,12
Bus	1,91	0,09	0,10	2,10
Étudiant	1,65	0,09	0,10	1,84
Travailleur	2,81	0,09	0,10	3,01
Retraité	2,07	0,09	0,10	2,27
Marche	11,21	-	(0,40)	10,81
Étudiant	8,12	-	(0,40)	7,72
Travailleur	13,56	-	(0,40)	13,16
Retraité	11,96	-	(0,40)	11,56
Vélo	8,99	-	(0,15)	8,83
Étudiant	8,10	-	(0,15)	7,95
Travailleur	9,66	-	(0,15)	9,51
Retraité	9,19	-	(0,15)	9,03

Comparativement à l’ensemble de la CMQ, les quatre modes sont plus coûteux, donc les mobilités moins durables. Les coûts liés à l’indicateur environnemental sont plus élevés pour le Bus dans la MRC de la JC que dans l’ensemble de la CMQ, du fait du faible achalandage de la ligne 53, en journée, en 2017. Comme expliqué précédemment, si l’achalandage est faible, les véhicules circulent à vide et émettent des GES comme si les véhicules étaient pleins. Par contre sociétalement, le Bus est plus durable dans la MRC-JC, du fait de l’absence de congestion, comparativement à Lévis ou Québec. Dans la MRC-JC, le coût total des déplacements tous modes confondus est financé directement ou indirectement à 95% (indicateur

économique). Dans le détail, les mobilités du mode Auto sont financées à 86%, du Bus à 93% et des deux modes actifs à 100%. Le mode Bus est ici une fois encore nettement plus durable, toutes caractéristiques prises en compte.

d) MRC de la Côte-de-Beaupré

Dans la MRC-CB, la durabilité des mobilités est plus élevée pour le mode Bus (Tableau 66) : économiquement, utiliser le Bus est plus durable (sauf pour le profil étudiant pour qui la Marche est le plus durable économiquement). Environnementalement, les mobilités en mode Bus sont plus élevées que celles du mode Auto, du fait des faibles taux de remplissage des bus. Sociétalement, la Marche amène une plus-value et devient le mode le moins coûteux donc le plus durable. Le Vélo est le moins durable eu égard aux accidents dans ce mode en 2017. Finalement, globalement, la durabilité des mobilités en Auto est 2 fois moins élevée que celle en Bus. Pour les trois profils, la durabilité à la Marche est la meilleure de la CMQ, ce qui démontre une bonne adéquation dans le duo accessibilité-proximité associée à une bonne répartition spatiale des lieux.

Tableau 67 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – MRC-CB

Mode	Indicateur de Durabilité Économique	Indicateur de Durabilité Environnemental	Indicateur de Durabilité Sociétal	Coût total (\$)
Auto	3,39	0,02	0,88	4,30
Étudiant	3,04	0,02	0,88	3,95
Travailleur	3,64	0,02	0,88	4,55
Retraité	3,48	0,02	0,88	4,39
Bus	1,84	0,04	0,14	2,02
Étudiant	1,63	0,04	0,14	1,81
Travailleur	2,83	0,04	0,14	3,01
Retraité	2,04	0,04	0,14	2,22
Marche	3,75	-	(0,16)	3,59
Étudiant	0,66	-	(0,16)	0,50
Travailleur	6,10	-	(0,16)	5,94
Retraité	4,50	-	(0,16)	4,34
Vélo	9,60	-	1,75	11,35
Étudiant	8,71	-	1,75	10,47
Travailleur	10,27	-	1,75	12,02
Retraité	9,79	-	1,75	11,55

Le territoire de la Côte-de-Beaupré est très spécifique, car formé de municipalités alignées en rangée le long du fleuve. La forme fonctionnelle de ce territoire peut expliquer la plus forte durabilité des mobilités réalisées en mode Auto.

Dans la MRC-CB, le coût total des déplacements tous modes confondus est financé directement ou indirectement à 88% (indicateur économique). Dans le détail, le mode Auto est financé à 83%, le Bus à 95% et les deux modes actifs à minimum 85%.

e) MRC de l'Île-d'Orléans

Dans la MRC-ÎO, économiquement, il est plus durable d'utiliser le Bus (Tableau 67). D'un point de vue environnemental, les mobilités en mode Auto sont plus durables pour l'ensemble de la collectivité, car les bus circulent avec un taux d'achalandage trop faible pour les moyens de TC mis en place. Néanmoins, socialement, les mobilités en Bus restent les plus durables. Chaque km parcouru en Auto est 2,7 fois moins durable que le km parcouru en Bus.

Tableau 68 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – MRC-ÎO

Mode	Indicateur de Durabilité Économique	Indicateur de Durabilité Environnemental	Indicateur de Durabilité Sociétal	Coût total (\$)
Auto	7,15	0,02	0,99	8,16
Étudiant	6,80	0,02	0,99	7,82
Travailleur	7,40	0,02	0,99	8,41
Retraité	7,24	0,02	0,99	8,25
Bus	2,71	0,03	0,25	2,98
Étudiant	2,45	0,03	0,25	2,73
Travailleur	3,65	0,03	0,25	3,93
Retraité	2,87	0,03	0,25	3,14

Les deux modes motorisés offrent les indicateurs les moins durables de la CMQ : les mobilités en Bus sont 1,4 fois moins durables et celles en Auto 1,2 fois moins. Comme nous l'avons déjà mentionné, la MRC-ÎO est un territoire à part dans la CMQ, du fait de son caractère insulaire, la faible densité des voies routières et l'organisation des secteurs d'activités. Cela peut expliquer la faible durabilité globale des mobilités des deux modes motorisés.

Dans la MRC-ÎO, le coût total des déplacements tous modes confondus est financé directement ou indirectement à 90% (indicateur économique). Dans le détail, le mode Auto est financé à 89% et le Bus à 92%. Globalement, même si les mobilités déclarées réalisées dans la MRC-ÎO sont moins durables que dans le reste de la CMQ, elles sont proportionnellement mieux financées que dans l'agglomération de Québec et à Lévis. Pour finir, ici encore, le Bus est le mode de transport le plus durable.

VII. Conclusion

Cette étude présente les grands traits du portrait territorial du coût total des déplacements dans la CMQ en dollars canadiens de 2017, en respect des trois sphères du développement durable. Cette étude s'intéresse particulièrement au paradigme utilisateur-payeur en transport-mobilité et en aménagement du territoire. En effet, il ne suffit pas d'augmenter sans cesse le nombre d'infrastructures de transport sur un territoire pour en améliorer les mobilités mais plutôt 1) d'optimiser les infrastructures de transport pour les rendre plus efficaces et 2) augmenter l'adéquation entre l'offre et la demande déclarée (les mobilités réelles des individus utilisant le territoire) et non déclarée (demande latente à capter). Le tout en respect des capacités des citoyens à payer ces infrastructures, sur les court moyen et long termes.

La particularité de l'indicateur utilisé dans cette étude « coût au km parcouru » réside ainsi dans la dualité existante dans les coûts assumés par la collectivité : plus il y a de km parcourus sur un territoire administratif, plus les infrastructures de transport sont rentabilisées. Précisons que plus les km sont parcourus dans une période de temps limitée et dans un territoire circonscrit, plus la rentabilité est élevée. Or, pour les modes motorisés, plus il y a de km parcourus, plus les indicateurs de coûts cachés sont élevés : plus on se déplace, plus on émet de la pollution, du bruit. Plus les km sont parcourus dans une période de temps limitée et dans un territoire circonscrit, plus il y a de la congestion entraînant une hausse de la pollution, des retards générés, du bruit. Ainsi, la surrentabilisation des infrastructures de transport par les mobilités amène une contre-productivité immédiate de la mobilité et de sa durabilité sur le long terme.

Finalement, l'efficacité d'un mode est fonction du rapport entre les dépenses encourues pour faire fonctionner ce mode ainsi que les dépenses générées par ce mode et l'usage des individus. Plus les individus parcourent des km dans un mode, plus le mode est efficace. Jusqu'à un certain point où une surutilisation d'un mode devient pénalisante pour l'ensemble des usagers (la collectivité). À ce moment, la surfréquentation crée des externalités négatives contreproductives.

L'équilibre s'obtient quand l'aménagement des infrastructures liant les lieux d'attractifs des territoires répond adéquatement à la demande en transport, dans un cadre environnemental acceptable et en phase avec les directives de développement durable. La demande en transport étant générée par l'attractivité des lieux, selon des profils de mobilité, les choix publics d'équipement en infrastructures de transport et d'aménagements urbains devraient s'effectuer sur la base d'un compromis liant les trois sphères du développement durable : économie, environnement et société.

Dans la CMQ, le Bus est le mode de transport le plus efficace dans la CMQ, en périodes de pointe (congestion : 2,18\$ du km parcouru) comme en inter-pointes Jour (état de fluidité normale de réseau : 1,97\$ du km). Le mode Vélo est le deuxième mode le moins coûteux (2,28 \$ du km), suivi de la Marche (3,78 \$ du km), du mode Auto en inter-pointes Jour (6,10 \$ du km) et finalement de l'Auto en périodes de pointe (6,71 \$ du km). **Le km parcouru en moyenne en Auto coûte 3 fois plus qu'en Bus, 1,7 fois plus qu'à la Marche et 2,8 fois plus qu'en Vélo.**

Rappelons que les résultats de cette étude ne montrent pas que la gestion territoriale par une administration ou une AOT responsable de la planification du transport dans un territoire est plus efficace qu'ailleurs. Les résultats signifient que, eu égard à l'organisation structurelle des territoires dans la CMQ (forme urbaine, densité, compacité, attractivité des lieux, localisation des ménages et des infrastructures routières) et eu égard aux dynamiques territoriales à l'oeuvre au sein d'un même territoire, et donc eu égard aux mobilités intégrées, encadrées dans cette organisation territoriale, un mode de transport démontre plus d'efficacité et de durabilité qu'un autre.

A. Coût pour la collectivité, coût pour l'utilisateur

Dans ces coûts, la contribution de la collectivité (payeur) et celle de l'individu (utilisateur) varient d'un mode à l'autre. Les deux modes actifs sont financés à 18% par la collectivité et à 82% par les utilisateurs. La collectivité contribue à 55% du coût total du mode Bus et à 85% du mode Auto (Tableau 70). Autrement dit, les modes motorisés coûtent cher à la collectivité. Pour un déplacement non motorisé, le Vélo est plus avantageux que la Marche, notamment parce que ce mode permet de minimiser le temps de déplacement, et ainsi diminuer l'impact de la valeur accordée au temps de déplacement.

Par ailleurs, dans le rapport utilisateur-payeur l'Auto est le mode qui coûte le plus cher à la collectivité. En effet, pour chaque 1 \$ dépensé par l'individu-utilisateur lors de son déplacement, la collectivité paie 5,77\$ pour le mode Auto, 1,31\$ pour le mode Bus, 0,24\$ pour le mode Marche et 0,22\$ pour le mode Vélo. En revanche, pour le porte-monnaie des individus, l'Auto est le mode le moins dispendieux, en inter-pointes Jour (c.-à-d. en situation de fluidité normale et optimale du réseau, hors météo, hors accidents, hors travaux). **C'est pourquoi les analyses traditionnelles prenant en compte uniquement le budget financier des individus concluent souvent sur la rationalité de la gestion des mobilités individuelles.** En ajoutant les coûts pour les collectivités – c.-à-d. les budgets de construction et entretien des voies (coûts indirects) ainsi que les coûts cachés - les conclusions sont très différentes : **le Bus apparaît comme le moyen de transport motorisé le moins dispendieux, suivi du Vélo de la Marche et de l'Auto. L'Auto en périodes de pointe est le mode le plus coûteux, le moins efficient.**

Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru près de 6 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Auto, 1,3 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Bus et plus de 4 fois moins que l'utilisateur lors d'un déplacement à la Marche ou en Vélo.

B. Composition du coût total

Les résultats varient cependant beaucoup d'un territoire à un autre. La différence des coûts totaux modaux entre les territoires de la CMQ s'explique globalement de trois façons :

- Variation des coûts internes : fait de la variation de profil d'utilisateur des réseaux, car la valeur du temps alloué au déplacement est différente pour les trois profils. Le Bus est essentiellement utilisé par les étudiants en PP, par les travailleurs en IPJ. Les retraités utilisent le Bus en IPJ également. L'auto est essentiellement utilisée par les travailleurs (voir profils de mobilité pages 21-23).

- Variation des coûts indirects : fait de la variation des volumes de distances parcourues. Les km parcourus sur un territoire reflètent l'utilisation des infrastructures. Plus elles sont utilisées, plus les budgets pour les construire et les entretenir sont partagés et donc plus les coûts au km parcouru baissent.
- Variation des coûts cachés : fait de l'emprise spatiale dédiée aux infrastructures et de la congestion routière et de ses conséquences. Plus des portions de territoires sont réservées aux infrastructures et moins elles sont efficaces en termes de durabilité pour la collectivité. Plus il y a de la congestion, plus il y a de la pollution, du bruit et des retards donc plus les coûts au km parcouru augmentent. C'est pourquoi dans l'agglomération de Québec les coûts cachés au km parcouru sont les plus élevés car elle concentre les lieux attractifs : le foncier est plus cher que dans le reste de la CMQ et les individus convergent vers ces lieux le matin en générant de la congestion.

Ainsi, si l'on considère uniquement le coût interne d'un déplacement dans la CMQ, les résultats expliquent pourquoi l'Auto demeure le mode de transport motorisé le plus utilisé en situation de fluidité normale sur les réseaux (0,91\$ du km parcouru versus 1,02\$ en Bus). Comparons 18 000 km parcourus par année (30 en état de fluidité des réseaux (IPJ), Auto versus Bus. L'Auto coûte environ 16 500 \$ au porte-monnaie d'un individu, par année (versus 18 365 \$ en Bus). En ajoutant les coûts indirects et cachés, alors l'Auto coûterait 93 000 \$ à l'ensemble de la collectivité (versus 17 000 \$ en Bus) pour qu'un seul individu parcoure ses 18 000 km annuels. Il y a ainsi des pertes financières générées par les externalités, quand on considère le coût total. L'individu est gagnant, la collectivité est perdante. De plus, en périodes de pointe, les coûts internes du mode Auto sont plus élevés de 0,12\$ par km parcouru que le mode Bus, les gaspillages financiers sont encore plus élevés.

Pour finir, en PP, le même déplacement de 1 km coûte au total 1,1 fois plus cher qu'en IPJ. Les coûts cachés ont une part plus importante dans le total en PP : la congestion coûte 0,61 \$ du km parcouru dont 0,07 \$ à l'utilisateur et 0,55 \$ à la collectivité des payeurs. Cependant, malgré ce surcoût en PP, les ratios utilisateurs-payeurs restent les mêmes (15%-85%) démontrant que **si la congestion est un problème majeur dans nos sociétés urbaines, c'est bel et bien le mode Auto qui coûte cher eu égard à l'emprise spatiale, la construction et l'entretien de ses infrastructures ainsi qu'à l'internalisation de ses coûts cachés trop peu quantifiés par les pouvoirs publics.**

Autrement dit, bien que le mode Auto demeure un choix compréhensible individuellement, il met néanmoins plus de pression sur la société, car il internalise moins l'ensemble des coûts environnementaux et sociétaux que les trois autres modes.

Dans le détail, le 69 présente la part de chaque composante de coût dans le coût total, par mode en %.

Tableau 69 : Part de chaque composante de coût dans le coût total, par mode en %.

Mode	Période	Individu	Collectivité		Total en ligne
		Coûts internes	Coût indirect	Coûts cachés	
Auto	Périodes de pointe	15	32	53	100
	Inter-pointes Jour	15	35	50	100
Bus	Périodes de pointe	39	25	36	100
	Inter-pointes Jour	52	27	21	100
Marche	Toutes périodes	81	5	14	100
Vélo	Toutes périodes	82	31	-13	100

Le mode Auto est le seul pour lequel les coûts cachés pour la collectivité représentent 50% du coût total, quelle que soit la période de la journée. De plus, seulement 15% du coût total Auto est pris en charge par l'utilisateur. Le Tableau 69 présente les parts de chaque mode, par coût, pour 1 kilomètre parcouru dans la CMQ, en %, toutes périodes confondues.

Tableau 70 : Part de chaque mode, par coût en %.

Mode	Individu	Collectivité	
	Coûts internes	Coût indirect	Coûts cachés
Auto	14	60	80
Bus	14	15	14
Marche	45	5	13
Vélo	27	20	0
Total en colonne	100	100	100

L'utilisateur paie la même part de son porte-monnaie et de son temps pour le kilomètre parcouru en Auto et en Bus (14%). Les modes actifs sont chers pour l'utilisateur, en raison du temps alloué au déplacement. Plus le mode de déplacement est rapide, plus les coûts internes sont bas. La collectivité paie plus pour le coût indirect de construction et d'entretien des voies Auto que pour les voies Bus, Vélo et Marche. La collectivité paie plus pour les externalités négatives générées par le mode Auto (80%) que les trois autres modes réunis.

C. Qui utilise et qui paie pour l'utilisation ?

En théorie, plus la part du coût utilisateur - individu est élevée et plus les mobilités dans le mode de transport sont « responsables ». Inversement, plus la part du coût payeur - collectivité est élevée et plus les mobilités dans le mode de transport sont méconnues des individus, donc non comptabilisées dans leur budget personnel ou leurs relevés de taxes et impôts. En pratique, l'exercice d'identification des

utilisateurs payeurs et non-payeurs est ardu. Notamment dans l'agglomération de Québec qui cumule 75% des frais cachés de la CMQ. Or ceux-ci sont en partie générés par les automobilistes vivant en banlieue et hors agglomération, et dont l'activité est située à Québec (tous motifs de déplacement confondus). De plus, certains segments de voies de l'agglomération de Québec servent également de transit pour se déplacer d'une municipalité d'origine hors agglomération à une municipalité de destination hors agglomération. L'organisation spatiale (localisation) et structurelle (hiérarchie des voies) des réseaux d'infrastructures dans la CMQ favorise ce type de mobilité.

Les deux modes motorisés sont ceux pour lesquels les réseaux sont utilisés par des utilisateurs non-payeurs des réseaux utilisés. L'EOD2017 permet d'identifier la provenance et/ou la destination de ces utilisateurs. Dans l'agglomération de Québec, 10% des déplacements sont réalisés par des résidents hors agglomération : 49% sont originaires de Lévis, 30% de la MRC-JC, 16% de la MRC-CB et 4% de la MRC-ÎO.

La ville de Lévis est également touchée par les impacts négatifs des coûts cachés, dans une moindre mesure (11% de la CMQ) et ceux-ci sont à 80% générés par les habitants et contribuables de Lévis. Dans les MRC de la Jacques-Cartier, de la Côte-de-Beaupré et la MRC de l'Île-d'Orléans, les coûts cachés sont nettement moins élevés, car ces territoires regroupent moins d'aménités urbaines utilitaires que Lévis ou l'agglomération de Québec.

Dans la CMQ, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à la collectivité 4,8 fois plus cher que le coût d'1 km parcouru en Bus, 7,5 fois plus cher à la Marche et 13,5 fois plus cher en Vélo. Par contre, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à l'utilisateur 3 fois moins cher que le coût d'1 km parcouru à la Marche, 2 fois moins cher en Vélo et 1,01 fois plus cher en Bus.

D. Quelle durabilité dans la mobilité de la CMQ ?

Dans la CMQ, les mobilités sont réellement financées à 65% (indicateur économique). Les mobilités en Auto sont financées à 49%, en Bus à 72%, à la Marche à 86% et en Vélo à 100% (Tableau 71). Les parts restantes, environnementale et sociétale, sont non financées; elles sont internalisées dans les coûts totaux des modes. Plus les coûts sont internalisés, moins la gestion des budgets en transport est ajustable, car elle laisse de côté des paramètres non contrôlés. La faible monétisation des coûts environnementaux et sociétaux et leur marginale intégration dans les modèles de planification en transport amènent un biais dans la réflexion sur les choix de mobilité des usagers des transports. Des mesures d'écofiscalité permettraient de mieux appréhender ces données dans les modèles de transport. Le mode Auto est le mode le moins durable ; il met plus de pression sur la société, car il internalise 51% de l'ensemble des coûts environnementaux et sociétaux. Le Vélo est ainsi le mode le plus durable.

Dans l'absolu (en dollars canadiens de 2017), le mode Bus offre les mobilités les plus durables économiquement, suivi de celles de l'Auto, du Vélo et de la Marche, car l'indicateur économique formé des coûts internes (porte-monnaie des individus) et des coûts indirects (taxes et impôts des contribuables) est le plus faible. Environnementalement, les mobilités des modes actifs Marche et Vélo sont les plus viables, puisque non polluantes. Le Bus est plus durable, car moins polluant que l'Auto. Sociétalement,

les mobilités en Vélo amènent un gain majeur pour la santé, générant ainsi des impacts positifs variés et des économies financières pour le système de santé entretenu par la collectivité. Le Bus en inter-pointe Jour, la Marche et le Bus en périodes de pointe présentent des durabilités sociétales du même ordre : les indicateurs sociétaux s'élèvent à 40, 55 et 77 centimes du km parcouru. L'Auto, quelle que soit la période, a un indicateur sociétal élevé, entre 2,99 et 3,54\$ du km parcouru.

En proportion du coût total, le Vélo et la Marche sont les modes les moins dispendieux économiquement, car leur indicateur économique représente 100% et 86% du coût total. Autrement dit, en 2017 les modes actifs sont financés adéquatement par la collectivité et les utilisateurs pour rester durables. Le mode Bus finance sa durabilité économique à hauteur de 72%, tandis que l'Auto constitue un pari risqué économiquement puisque ce mode finance sa durabilité à 49% seulement. Sous l'angle environnemental, la pollution et le bruit générés par la circulation en Auto et en Bus représentent un coût marginal dans la CMQ. L'indicateur de durabilité constitue 1% du coût total de l'Auto et 0,5% pour le Bus. Pourtant, les émissions de GES sont conséquentes et le bruit a des impacts négatifs sur la santé en particulier en proximité des routes. La raison de cette contradiction réside dans la faible monétisation des coûts environnementaux, surtout de celle des émissions de GES (faible taxe carbone). Les indicateurs sociétaux sont plus inquiétants en termes de durabilité. Tout d'abord la rareté des terrains disponibles dans certaines zones fait monter le coût du foncier, notamment dans les zones denses de la CMQ où la compétitivité pour implanter des activités ou des infrastructures de transport est forte. Par ailleurs, la surpollution et le retard engendrés par la congestion coûtent cher aux collectivités. Pour finir, les accidents participent à l'alourdissement du fardeau fiscal. Ainsi, l'indicateur sociétal du Vélo est quasiment nul (en réalité le coût des accidents s'annule avec le gain santé), celui de la Marche représente seulement 14% du coût total, celui du Bus 28% et celui de l'Auto 51%. La moitié de la composition relative du coût total de l'Auto est composée des coûts sociétaux, non durables. Autrement dit, faire des choix de société durables concernant les modes de transport futurs dans la CMQ est un défi majeur économiquement et socialement.

La configuration idéale serait un coût total minimisé composé à 100% par l'indicateur économique. Cela signifierait que la situation est sous contrôle, car financée directement ou indirectement par les contribuables. Dans la composition du coût total, la configuration idéale serait la prévalence des coûts internes (utilisateurs) sur les coûts imputables à la collectivité (coûts payeurs) qui démontrerait la responsabilisation des utilisateurs face à leur choix de mobilité.

Par territoire, les parts financées sont les suivantes : agglomération de Québec 61%, Lévis 81%, MRC-JC 95%, MRC-CB 88% et MRC-ÎO 90%. L'agglomération de Québec et la ville de Lévis sont toutes deux « victimes » de leur attractivité fonctionnelle territoriale et donc de la cherté du foncier et de la surfréquentation contreproductive de leurs réseaux. Rappelons que cette étude ne vise pas à pointer du doigt ni un mode de transport ni la gestion des administrateurs territoriaux, mais bien les pratiques de mobilité. Tableau 71 par exemple, si l'agglomération de Québec finance moins l'Auto que l'ensemble de la CMQ ce n'est pas par défaut de gestion territoriale, mais du fait de la forme urbaine de la CMQ et des interactions entre les lieux (attractivité, réseaux d'infrastructures de transport).

Dans la CMQ, les coûts non financés et donc considérés comme non durables sont 5,5 fois plus faibles pour le mode Bus, 6 fois plus faibles pour le mode marche et 11 fois plus faibles pour le mode Vélo, que pour le mode Auto. Les coûts financés et donc considérés comme durables sont 2 fois moins chers pour le mode Bus que pour le mode Auto.

Quel que soit le territoire observé, les mobilités réalisées dans le mode Bus sont plus durables que les mobilités réalisées dans le mode Auto, pour les travailleurs et les retraités. Pour les étudiants, les mobilités réalisées dans les modes Marche et Bus sont les plus durables. Dans les territoires denses, les mobilités réalisées dans le mode Vélo sont compétitives à celles réalisées dans le mode Bus.

Pour terminer, plus territoire présente une part financée de ses mobilités plus il est durable, en autant que le coût total reste faible. Les deux mesures sont complémentaires. En tant que citoyen il est rassurant de savoir que les mobilités sont financées, contrôlées, ajustables; néanmoins les citoyens contribuables souhaitent que leur capacité à payer les mobilités restent acceptable.

En conclusion, évaluer le coût total par km parcouru dans les quatre modes de transport principalement utilisés dans la CMQ a quantifié les coûts indirects et cachés qui s'ajoutent aux coûts internes des mobilités. De plus, les résultats ont permis de montrer qu'une part non négligeable des coûts n'est pas financée directement ou indirectement.

Tableau 71 : Synthèse des ratios utilisateur-payeur par mode et par territoire

Toutes périodes confondues	Auto			Bus			Marche			Vélo		
	Coût Total	Utilisateur-Individu	Payeur-Collectivité									
CMQ	6,41 \$	15%	85%	2,08 \$	45%	55%	3,78 \$	81%	19%	2,28 \$	89%	18%
Agglo. Québec	6,71 \$	14%	86%	2,05 \$	45%	57%	3,47 \$	88%	12%	2,09 \$	71%	11%
Lévis	5,21 \$	18%	82%	1,57 \$	50%	50%	3,42 \$	89%	11%	2,64 \$	71%	29%
MRC -JC	6,84 \$	14%	86%	2,48 \$	42%	58%	10,81 \$	28%	72%	8,83 \$	31%	69%
MRC- ÎO	8,03 \$	12%	88%	3,40 \$	31%	69%	n/a	n/a	73%	n/a	n/a	n/a
MRC-CB	4,06 \$	23%	77%	2,36 \$	42%	58%	3,59 \$	85%	15%	11,35 \$	16%	84%

Tableau 72 : Synthèse des indicateurs par mode et par territoire

Toutes périodes confondues	Auto		Bus		Marche		Vélo	
	Part financée	Part non financée - internalisée	Part financée	Part non financée - internalisée	Part financée	Part non financée - internalisée	Part financée	Part non financée - internalisée
CMQ	49%	51%	72%	28%	93%	7%	113%	-13%
Agglo. Québec	42%	58%	71%	29%	93%	7%	113%	-13%
Lévis	66%	34%	86%	14%	100%	0%	113%	-13%
MRC -JC	86%	14%	93%	7%	104%	-4%	102%	-2%
MRC- ÎO	89%	11%	92%	8%	n/a	n/a	n/a	n/a
MRC-CB	83%	17%	95%	5%	104%	-4%	85%	15%

VIII. Références

1. CAA (2017) Quand tout s'arrête: Évaluation des pires points d'engorgement au Canada, 87 pages.
2. Trajectoire et Fondation David Suzuki (2017) Évolution des coûts du système de transport par automobile au Québec, 39 pages.
3. MTMDET (2014) Enquête Origine - Destination 2011 La mobilité des personnes dans la région de Québec Volet Décembre 2014.
4. Ministère l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (2016) Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2014 et leur évolution depuis 1990.
5. MTQ (2016) Rapport final de la campagne de communication de Mobilité Montréal.
6. De Marcellis-Warin, N et Peignier, I. (2017). Risques et préoccupations des québécois. Le Québec économique, le défi des infrastructures 6, pp. 243-263.
7. Stewart-Wilson G., Millar C., McLaren C., Millar E., Rockafella J. and Poulos G. What is the full cost of your commute? 015 (<http://discoursemedia.org/urban-development/full-cost-commute>).
8. F Hall R. L. and Hitch C. J. (1939) Price Theory and Business Behaviour. Oxford Economic Papers, No. 2, May.
9. Heflebower R.B (1955) Full Costs, Cost Changes, and Prices in Business Concentration and Price Policy, Princeton University Press, pp. 361-396.
10. Keeler T., Small K., Fisher P. and Viton P. 1975. The Full Costs of Urban Transport. Part I et II. Institute of Urban and Regional Development (Berkeley).
11. Peter Miller and John Moffet (1993), The Price of Mobility, Natural Resources Defense Council (www.nrdc.org).
12. FHWA (1997 and 2000), 1997 Federal Highway Cost Allocation Study Final Report (and Addendum), Federal Highway Administration (www.fhwa.dot.gov).
13. Levinson D., Mathieu JM, Gillen D., Kanafani A. (1997) The full cost of high-speed rail: an engineering approach. The annals of regional science Vol 31, pp. 189-215.
14. Verhoef É. (1994) External effects and social costs of road transport. Transportation Research Part A: Policy and practice, Vol. 28A, No. 4, pp. 273-287.
15. Agenais A.-E, Laterrasse J. (2007) Évaluation de la tarification des déplacements en Ile-de-France : performances des modes de transport et scénarios d'évolution, 11e World Conference on Transport Research (WCTR), Berkeley.
16. Banfi S., Doll C., Maibach M., Rothengatter W., Schenkel P., Sieber N., Zuber J. (2000) External Costs of Transport: Accident, Environmental and Congestion Costs in Western Europe, INFRAS (www.infras.ch) and IWW (www.infras.ch).
17. Quinet E. (2004), Meta-Analysis Of Western European External Cost Estimates, Transportation Research D, Vol. 9.
18. Becker Udo J., Becker Thilo et Gerlach Julia (2012), The True Costs of Automobility: External Costs of Cars Overview on Existing Estimates in EU-27, TU Dresden.
19. Litman T. (1997) Full cost accounting of urban transportation: implications and tools. Cities, Vol. 14, No. 3, pp. 169-174.
20. Transport Canada (2008), Estimates of the Full Cost of Transportation in Canada, Economic Analysis Directorate of Transport Canada, 118 p.
21. <https://globalnews.ca/news/3832649/car-ownership-costs-public-transit-canada/>.
22. Observatoire des plans de déplacements urbains (2001). De la méthode aux indicateurs. Éditions CERTU. Collection Dossiers numéro 121, 243 pages.

23. Litman T., (2018), *Transportation Cost and Benefit Analysis II – Noise Costs* Victoria Transport Policy Institute (www.vtpi.org), 16 pages.
24. EOD 2017 la mobilité des personnes dans la région de Québec-Lévis, mai 2019, 62 pages.
25. Réseau structurant de transport en commun (RSTC) Rapport d’achalandage. Données mises à jour 2019, 77 pages.
26. Renisio Yann, Sinthon Rémi, « L’analyse des correspondances multiples au service de l’enquête de terrain. Pour en finir avec le dualisme « quantitatif »/« qualitatif » », *Genèses*, 2014/4 (n° 97), p. 109-125. DOI : 10.3917/gen.097.0109. URL : <https://www.cairn.info/revue-geneses-2014-4-page-109.htm>.
27. MTQ 2017, Concepts et méthodologie des enquêtes origine-destination. Méthodologie générale des enquêtes ménages, 11p.
28. Vandersmissen M.H., Villeneuve P. et Thériault M. (2001), L’évolution de la mobilité des femmes à Québec entre 1977 et 1996, *Cahiers de géographie du Québec*, Vol. 45, numéro 125, 40 pages.
29. Aguiléra A., Voisin M. (2014). Urban form, commuting patterns and CO2 emissions; What differences between the municipality’s residents and its jobs? *Transportation Research part A: Policy and Practice*, Elsevier, 2014, 69, pp. 243-251.
30. CAA (2013) Coûts d’utilisation d’une automobile. Au-delà de l’étiquette de prix : Comprendre les dépenses liées au véhicule, 12 pages.
31. Belhassine K., Renaud J., Coelho L. et Gagliardi J-P. (2020, à paraître) Analyse spatio-temporelle des tournées de livraison d’une entreprise de livraison à domicile. *Revue Internationale de Géomatique*.
32. Bitume Québec (2010), Analyse des coûts de cycle de vie des chaussées routières à fort trafic, *Bulletin technique Numéro 5*, 12 pages.
33. MTQ (2016) Dessin normalisé, profils des voies, tome 1, chapitre 5, 24 pages.
34. MTQ (2016) Guide de l’analyse Avantages-Coûts des projets publics en transport routier. Paramètres (valeurs de 2015), 17 pages.
35. ADEC (2014), Évaluation des coûts de la congestion routière dans la région de Montréal pour les conditions de référence de 2008; pour le Ministère des Transports du Québec, 66 pages.
36. Litman T. (2017) *Victoria Transport Policy Institute - Transportation Cost and Benefit Analysis II – Literature review*, 21pages.
37. Jean Dubé (2020 à venir), Le silence est d’or... mais que vaut l’or? Impact du bruit lié aux axes routiers sur les valeurs résidentielles unifamiliales à Québec, 1993-2004, Numéro spécial *Revue Canadienne des Sciences Régionales*.
38. Park, S., Lee, J. & Lee, C. (2016) State-of-the-art automobile emissions models and applications in North America and Europe for sustainable transportation. *KSCE J Civ Eng* 20, pp. 1053–1065.
39. Des Rosiers F., Thériault M., Voisin M. et Dubé J. (2010) Does the overall quality in the supply of an urban bus service affect house prices – a north american study. *International Journal of Sustainable Transportation*, 4:6, pp. 321-346.
40. Vélo Québec (2010). L’état du vélo au Québec en 2010, 14 pages.

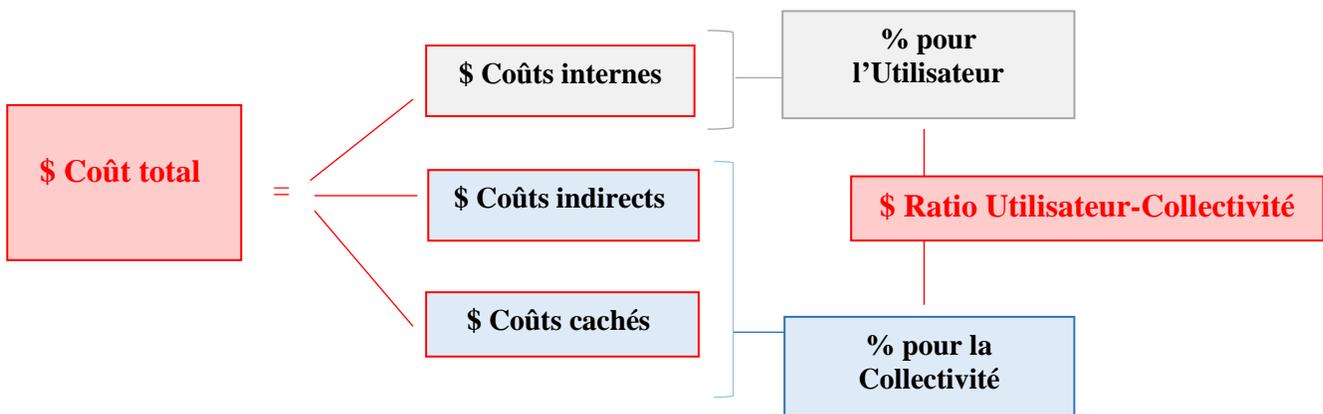
IX. Annexes

E. Annexe A : Fiches synthèses des coûts totaux 2017

La méthodologie utilisée estime l'indicateur « coût total au km parcouru ». Cet indicateur permet de comparer le km parcouru quelles que soient les caractéristiques de mobilité des individus qui se déplacent et quelles que soient les caractéristiques économiques, sociales et temporelles des territoires analysés. Cet indicateur est donc transversal. Ce sera l'indicateur utilisé tout au long de notre analyse.

Nous présentons le coût total moyen d'un déplacement de 1 km, selon le mode de transport, dans la CMQ, puis dans les cinq territoires administratifs de la CMQ : l'agglomération de Québec, la ville de Lévis, la MRC de la Jacques-Cartier, la MRC de la Côte-de-Beaupré et la MRC de l'Île-d'Orléans. Les indicateurs sont présentés par la suite, dans chaque partie.

Les trois composantes du coût total sont présentées afin d'informer sur la structure qui compose le coût total et de mieux comparer les périodes entre elles et les 4 modes de transport entre eux, dans un même territoire et avec l'ensemble de la CMQ. Pour chacun des modes, nous présentons également la part du coût total payé par l'individu (utilisateur) et celle payée par la collectivité (payeur), ainsi que le ratio utilisateur-collectivité ramené à 1\$ dépensé par l'individu versus le montant en \$ payé par la collectivité.



Les trois composantes du coût total, en \$ par km parcouru, les deux dimensions, en % et le ratio utilisateur-collectivité, en \$

Pour les deux modes motorisés, les résultats sont présentés pour la période Inter-pointes Jour et pour l'heure de pointe, ici génériquement nommée « Périodes de pointe ». En effet, tel qu'expliqué en détail dans le rapport, les calculs ont été mesurés pour la PPAM, mais en raison des ressemblances structurelles entre la PPAM et PPPM nous faisons l'hypothèse que les résultats sont représentatifs pour la PPPM. La période Inter-pointes Jour est considérée comme représentative de la situation « normale » au cours de laquelle les réseaux sont fluides. Pour les deux modes actifs, une seule période est présentée.

Globalement, dans la CMQ, l'Auto est le mode le moins efficace : son coût total est 3 fois plus élevé que celui du Bus, 1,7 fois plus élevé que celui de la Marche et 2,8 fois plus élevé que celui du Vélo.

1. Communauté métropolitaine de Québec

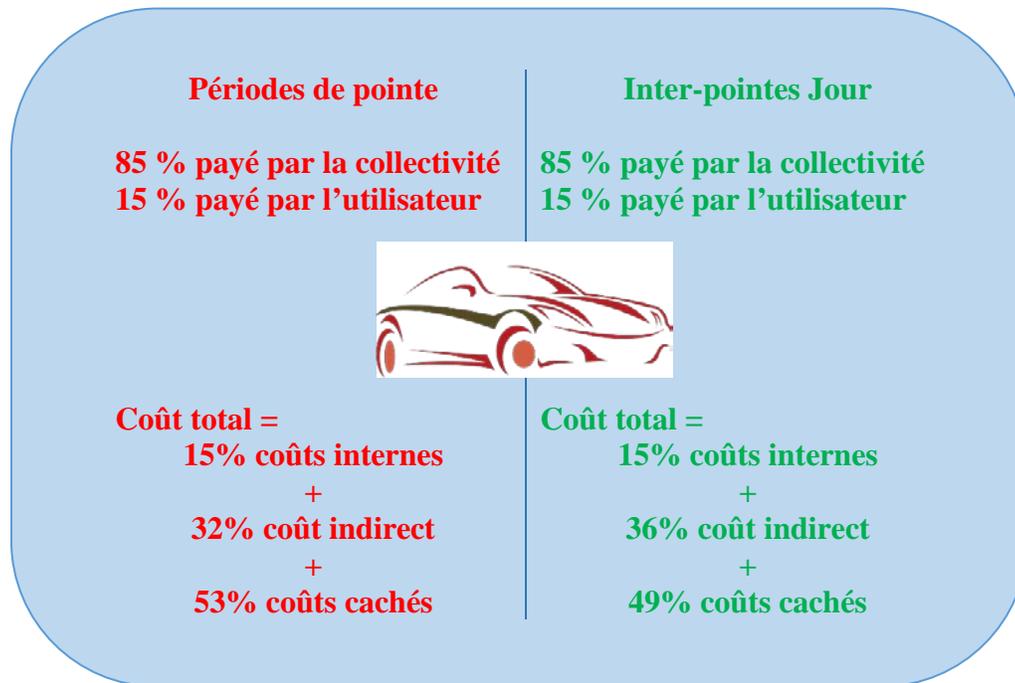
Dans la CMQ, le Bus est le mode de transport le moins coûteux, considérant le coût total, alors que l'automobile est le mode de transport le plus coûteux. En revanche, pour le porte-monnaie des individus, l'Auto est le mode le moins dispendieux, en inter-pointes Jour (c.-à-d. en situation de fluidité normale et optimale du réseau). C'est pourquoi les analyses traditionnelles prenant en compte uniquement le budget financier des individus concluent souvent sur la rationalité de la gestion des mobilités individuelles. En ajoutant les coûts pour les collectivités – c.-à-d. les budgets de construction et entretien des voies (coûts indirects) ainsi que les coûts cachés - les conclusions sont très différentes : le Bus apparaît comme le moyen de transport motorisé le moins dispendieux, suivi du Vélo de l'Auto en Inter-pointes Jour et de la Marche. L'Auto en périodes de pointe est le mode le plus coûteux, le moins efficace.

Tableau A: Coûts internes, indirects, cachés et totaux pour 1 km parcouru - CMQ

Mode	Période	Individu	Collectivité		Coût total (\$)
		Coûts internes (\$)	Coût indirect (\$)	Coûts cachés (\$)	
	Périodes de pointe	0,98	2,17	3,56	6,72
	Inter-pointes Jour	0,91	2,17	3,01	6,10
	Périodes de pointe	0,86	0,54	0,78	2,18
	Inter-pointes Jour	1,02	0,54	0,41	1,97
	24 heures	3,05	0,18	0,55	3,78
	24 heures	1,87	0,71	(0,30)	2,28

- Mode Auto :

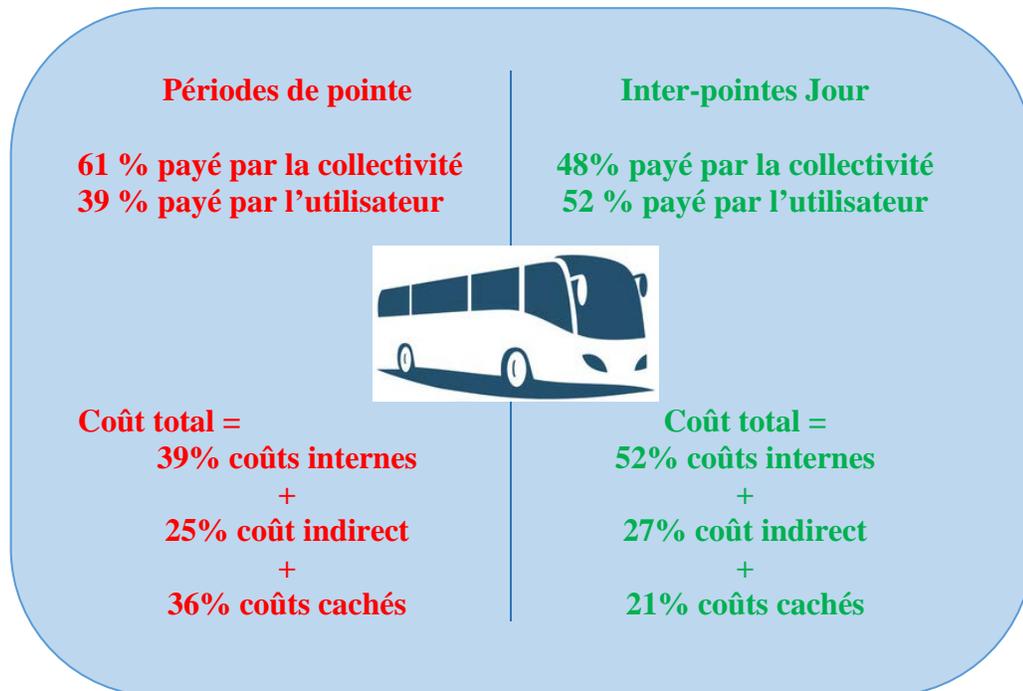
- En Inter-pointes Jour (IPJ) : 6,10 \$, dont 0,91 \$ à l'individu qui réalise le déplacement et 5,19 \$ à la collectivité, pour un ratio utilisateur-payeur de 5,70. Pour chaque 1\$ dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 5,70 \$ pour que l'individu réalise son déplacement. **Autrement dit, la collectivité paie 5,7 fois plus que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement Auto, en IPJ.**
- En Périodes de pointe (PP) : 6,72 \$, dont 0,98 \$ à l'individu qui réalise le déplacement et 5,74 \$ à la collectivité, soit un ratio utilisateur-payeur de 5,83. Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 5,83 \$. **Autrement dit, la collectivité paie 5,8 fois plus que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement Auto, en PP.**



En PP, le même déplacement de 1 km coûte au total 1,1 fois plus cher qu'en IPJ. Les coûts cachés ont une part plus importante dans le total en PP : la congestion coûte 0,61 \$ du km parcouru dont 0,07 \$ à l'utilisateur et 0,55 \$ à la collectivité des payeurs. Autrement dit, la collectivité est bien plus pénalisée par la congestion que l'utilisateur dans son Auto. Cependant, malgré ce surcoût en PP, les ratios utilisateurs-payeurs restent les mêmes (15%-85%) démontrant que si la congestion est un problème majeur dans la CMQ, c'est bel et bien le mode Auto qui coûte cher eu égard à l'emprise spatiale, la construction et l'entretien de ses infrastructures ainsi qu'à l'internalisation de ses coûts cachés trop peu quantifiés par les pouvoirs publics.

- **Mode Bus :**

- En Inter-pointes Jour (IPJ) : 1,93 \$ dont 0,98 \$ à l'individu qui réalise le déplacement et 0,95 \$ à la collectivité, soit un ratio utilisateur-payeur de 0,97. Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 0,97\$. **Autrement dit, la collectivité paie 1,03 fois moins que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement Bus, en IPJ.**
- En périodes de pointe (PP) : 2,18 \$ dont 0,86 \$ à l'individu qui réalise le déplacement et 1,32 \$ à la collectivité, soit un ratio utilisateur-payeur de 1,54. Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 1,54 \$. **Autrement dit, la collectivité paie 1,5 fois plus que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement Bus, en PP.**



Le mode Bus coûte en totalité 3 fois moins cher que le mode Auto (coût total, individu et collectivité). Pour la collectivité, le Bus coûte en moyenne 5 fois moins cher que l'Auto. Pour les individus (coûts internes), le Bus coûte moins cher que l'Auto en PP et plus cher que l'Auto en IPJ, eu égard aux temps de déplacement inclus dans ce coût, tel qu'expliqué précédemment, et à l'achalandage plus faible en IPJ qui vient augmenter les coûts par km parcouru par individu. En PP, le km parcouru coûte en totalité 1,1 fois plus cher qu'en IPJ soit 0,21 \$ de plus : 0,37 \$ en coûts cachés et -0,16 \$ en coûts internes. La circulation le matin pénalise donc plus la collectivité en externalités négatives que l'utilisateur (temps de trajet). Les usagers du Bus sont ainsi moins pénalisés par le trafic des heures de pointe, encore moins que les automobilistes, car la clientèle Bus en PP est composée de beaucoup d'étudiants (retard moins valorisé que celui des travailleurs). Pour finir, les coûts cachés du le mode Bus (de même que le part dans le total) entre PP et IPJ sont bien plus faibles que ceux du mode Auto (0,37\$ versus 0,55\$ de différence pour l'Auto), laissant suggérer que les mobilités en Bus sont moins impactés par la congestion que celles en Auto.

- Mode Marche :

Un km parcouru à la marche coûte 3,78\$, dont 3,05 \$ à l'individu qui réalise le déplacement et 0,73 \$ à la collectivité, soit un ratio utilisateur-payeur de 0,24. Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 0,24 \$.

Autrement dit, la collectivité paie 4,2 fois moins cher que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement à la Marche.

Le coût total d'un déplacement à la Marche varie également beaucoup d'une municipalité de la CMQ à une autre. Peu de municipalités sont concernées par des coûts totaux de déplacements à la marche, car cinq municipalités seulement ont déclaré avoir des trottoirs. Or l'estimation du coût total repose en partie sur les budgets de voirie-trottoirs des municipalités. Le coût total Marche est majoritairement composé du

19 % payé par la collectivité
81 % payé par l'utilisateur



Coût total = 81% coûts internes
+
5% coût indirect
+
14% coûts cachés

18 % payé par la collectivité
82 % payé par l'utilisateur



Coût total = 82% coûts internes
+
31% coût indirect
+
-13% coûts cachés

coût interne utilisateur puis des coûts cachés payeurs et enfin du coût indirect payeur (infrastructures trottoirs). Autrement dit, le coût total d'un déplacement à la Marche est payé par l'individu qui se déplace, responsabilisant davantage celui-ci du coût de son déplacement pour la collectivité.

- **Mode Vélo :**

Un km parcouru en Vélo coûte 2,28 \$ dont 1,87 \$ à l'individu qui réalise le déplacement et 0,41 \$ à la collectivité, soit un ratio utilisateur-payeur de 0,22. Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 0,22 \$. **Autrement dit, la collectivité paie 4,5 fois moins cher que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement en Vélo.**

Le coût total Vélo est majoritairement composé du coût interne puis du coût indirect (infrastructures voies cyclables). Pour ce mode de transport, les coûts cachés sont négatifs, c'est-à-dire qu'ils viennent baisser le coût total du km parcouru. Cela s'explique par les gains en santé importants liés à la pratique du vélo, comme avantages monétisés aux coûts pris en charge par la collectivité (meilleure santé générale moins de pression sur le système de santé public).

Le coût total d'un km parcouru en Vélo varie également beaucoup d'une municipalité de la CMQ à une autre. Peu de municipalités sont finalement concernées par des déplacements en Vélo dans l'EOD2017, alors que 24 municipalités possèdent un réseau de voies cyclables. Cette inadéquation entre les infrastructures cyclables existantes et la faible pratique du vélo s'explique par le caractère utilitaire des déplacements déclarés dans l'EOD2017. Avec des déplacements de fin de semaine et les déplacements de loisirs, les résultats auraient sans doute été différents. C'est pourquoi les résultats pour ce mode de

transport sont à utiliser avec précaution. Il est préférable de se référer aux résultats de l'agglomération de Québec qui compte une part de déplacements utilitaires en vélo statistiquement plus robuste.

Indicateurs de mobilité durable

Le résumé des trois indicateurs est présenté **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Plus le chiffre de l'indicateur est bas, meilleur le résultat est, c'est-à-dire plus les mobilités sont durables. Si l'on considère uniquement les montants alloués pour encadrer et favoriser les mobilités, qu'ils soient issus directement du porte-monnaie des individus ou des impôts-taxes prélevés auprès des contribuables (= indicateur économique), le mode Bus est le plus durable. Ce résultat purement financier est majeur, car il démontre l'inadéquation entre la perception des individus relativement au coût de leur mobilité (leur porte-monnaie) et le coût réel de leur mobilité eu égard aux coûts de construction et d'entretien des voies et des services permettant la mobilité. La différence entre l'indicateur économique du Bus et celui de l'Auto est de 1,76 \$ au km parcouru en PP et de 1,52 \$ en IPJ.

D'un point de vue environnemental, mis à part les modes actifs non polluants, le mode Bus est préférable pour la pérennité de l'intégration des mobilités dans les écosystèmes. Enfin, socialement, le Vélo est le mode qui présente le plus de durabilité pour la collectivité, puisqu'il amène une plus-value en santé. Le poids du coût sociétal de l'Auto est conséquent : chaque km parcouru en Auto coûte entre 3,29 \$ et 3,84 \$ de plus à la collectivité qu'en Vélo, entre 2,59 et 2,76 \$ de plus qu'en Bus et entre 2,44 \$ et 2,99 \$ de plus qu'à la Marche.

Tableau 73 : Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru - CMQ

Mode	Période	Indicateur de Durabilité Économique	Indicateur de Durabilité Environnemental	Indicateur de Durabilité Sociétal	Coût total (\$)
	Périodes de pointe	3,16	0,03	3,54	6,72
	Inter-pointes Jour	3,08	0,02	2,99	6,10
	Périodes de pointe	1,40	0,01	0,77	2,18
	Inter-pointes Jour	1,56	0,01	0,40	1,97
	24 heures	3,24	-	0,55	3,78
	24 heures	2,58	-	(0,30)	2,28

Conclusion pour la CMQ

Le coût total permet de comparer l'efficacité des modes de transport entre eux, eu égard aux mobilités déclarées dans la CMQ en 2017. Ce coût total change selon la distance à parcourir, la municipalité depuis laquelle l'individu qui réalise le déplacement part, dans laquelle il arrive et lesquelles il traverse lors de son déplacement et la période de la journée. Le mode Bus est le transport le moins dispendieux dans la CMQ, autrement dit c'est le mode le plus efficace, en PP comme en IPJ. Il est suivi du mode Vélo, Marche, Auto IPJ et Auto PP. **L'Auto est le mode le moins efficace de la CMQ; son coût total est 3 fois plus élevé que celui du Bus, 1,7 fois plus élevé que celui de la Marche et 2,8 fois plus élevé que celui du Vélo.**

Coût pour la collectivité, coût pour l'utilisateur

Dans la CMQ, en moyenne, la collectivité paie 5,8 fois **plus** que l'utilisateur pour 1 km parcouru en Auto, 1,3 fois **plus** en Bus et 4,5 fois **moins** pour les deux modes actifs Vélo et Marche qui amènent un bénéfice. De plus, le coût total d'un km parcouru en Auto est à la charge de la collectivité à 85%, en Bus à 55%, à 19% à la Marche et à 18% en Vélo. De ce fait, le coût d'1 km parcouru en **Auto** coûte à la **collectivité 4,8 fois plus cher** que le coût d'1 km parcouru en **Bus, 7,5 fois plus cher qu'à la Marche et 13,5 fois plus cher qu'en Vélo**. Par contre, le coût d'1 km parcouru **Auto** coûte à **l'utilisateur 3 fois moins cher qu'à la Marche, 2 fois moins cher qu'en Vélo et 1,01 fois plus cher qu'en Bus**.

Durabilité des mobilités

L'indicateur économique montre que la part financée par les utilisateurs et les contribuables est de 49% pour l'Auto, 72% pour le Bus, 86% pour la Marche et 113% pour le Vélo (qui amène une plus-value pour le système de santé). Les deux autres parts non financées (indicateurs environnemental et sociétal) sont internalisées dans les coûts totaux. Plus la part financée est importante dans un mode, plus les mobilités sont durables. Les mobilités réalisées dans les modes actifs sont les plus durables. Dans les modes motorisées, les mobilités en Bus sont plus durables qu'en Auto. Les mobilités en mode Auto sont inquiétantes d'un point de vue de la durabilité dans la mesure où 51% des coûts sont internalisés, c'est-à-dire trop peu intégrés dans la planification financière des transports. De fait, ces coûts internalisés sont moins contrôlés, ce qui les rend plus difficilement quantifiables et améliorables. Les **coûts non financés sont 5,5 fois plus faibles** pour le mode **Bus, 6 fois plus faibles** pour le mode **Marche** et **11 fois plus faibles** pour le mode **Vélo**, que pour le mode **Auto**. Les **coûts financés**, eux, sont **2 fois moins chers** pour le mode **Bus** que pour le mode **Auto**.

Rappelons que les résultats obtenus ne montrent pas que la gestion territoriale d'une administration ou d'une AOT responsable de la planification du transport dans un territoire est plus efficace. Les résultats signifient que, eu égard à l'organisation structurelle des territoires dans la CMQ (attractivité des lieux, localisation des ménages et des infrastructures routières) et donc eu égard aux mobilités intégrées dans cette organisation territoriale, encadrées et permises, un mode de transport démontre plus d'efficacité et de durabilité qu'un autre.

2. Agglomération de Québec

Dans l'agglomération de Québec, le Bus est le mode de transport le plus efficient (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les modes actifs sont moins dispendieux que dans l'ensemble de la CMQ, car il y a plus de déplacements utilitaires déclarés en Vélo et à la Marche dans l'EOD2017 donc les infrastructures de modes actifs, bien que largement plus développées que dans le reste de la CMQ, sont mieux « rentabilisées ». Le coût total des deux modes motorisés est légèrement plus élevé. La différence réside dans les coûts indirects et cachés : la collectivité de l'Agglomération de Québec paie moins cher les coûts indirects (construction et entretien des voies) et paie plus cher les coûts cachés par km parcouru. En effet, un plus grand volume de km est parcouru tout au long de la journée, ce qui présente l'avantage de rentabiliser les infrastructures de transport, mais également l'inconvénient de générer plus d'externalités négatives (congestion, retard, GES émis, etc.). **Le km parcouru en moyenne en Auto coûte 3,3 fois plus qu'en Bus, 1,9 fois plus qu'à la Marche et 3,2 fois plus qu'en Vélo.**

Tableau 74 : Coûts internes, indirects, cachés et totaux pour 1 km parcouru - Agglomération de Québec

Mode	Période	Individu	Collectivité		Coût total (\$)
		Coûts internes (\$)	Coût indirect (\$)	Coûts cachés (\$)	
	Périodes de pointe	0,98	1,87	4,19	7,04
	Inter-pointes Jour	0,91	1,87	3,58	6,37
	Périodes de pointe	0,86	0,54	0,80	2,19
	Inter-pointes Jour	0,91	0,54	0,45	1,90
	24 heures	3,05	0,17	0,25	3,47
	24 heures	1,87	0,51	(0,28)	2,09

- Mode Auto :

- En Inter-pointes Jour (IPJ) : 6,37 \$, dont 0,91 \$ à l'individu qui réalise le déplacement et 5,46 \$ à la collectivité, pour un ratio utilisateur-payeur de 5,97. Pour chaque 1\$ dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 5,97 \$ pour que l'individu réalise son déplacement. **En d'autres termes, la collectivité paie 6 fois plus que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement Auto, en IPJ.**

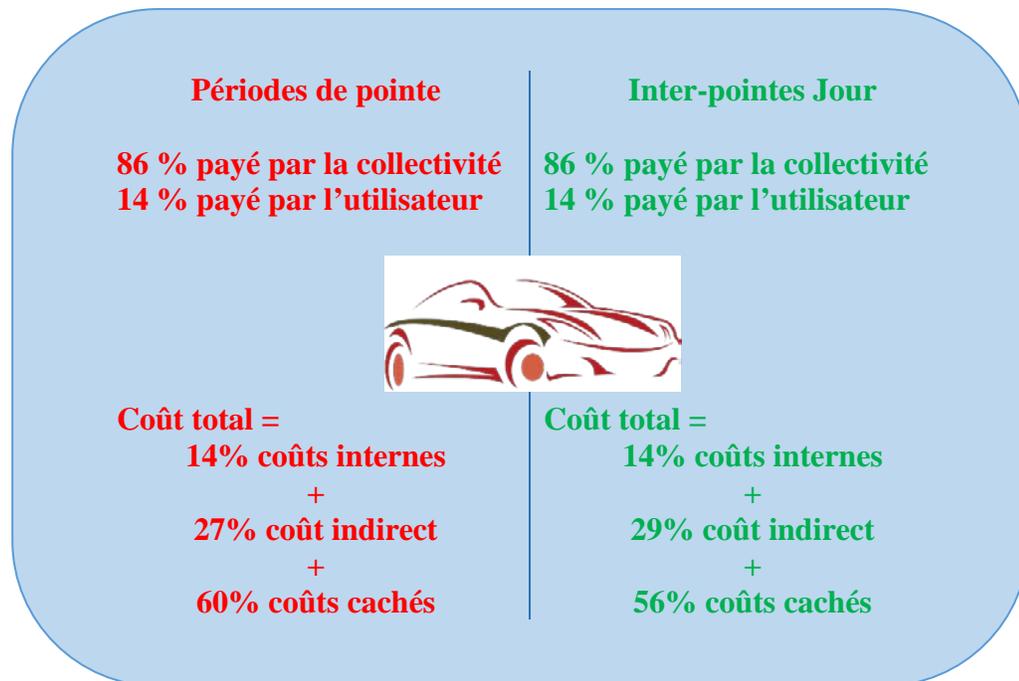
Ce ratio est plus élevé que celui observé pour l'ensemble de la CMQ. Dans le détail, les coûts cachés sont plus importants (+ 0,57 \$ de plus que dans l'ensemble de la CMQ) et le coût indirect plus faible (-0,30 \$).

- En Périodes de pointe (PP) : 7,04 \$, dont 0,98 \$ à l'individu qui réalise le déplacement et 6,06 \$ à la collectivité, pour un ratio utilisateur-payeur de 6,21. Pour chaque 1\$ dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 6,21 \$ pour que l'individu réalise son

déplacement. **En d'autres termes, la collectivité paie 6,2 fois plus que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement Auto, en PP.**

Ce ratio est également plus élevé que celui pour l'ensemble de la CMQ, pour les mêmes raisons que celles mentionnées en IPJ. Chaque km parcouru en Auto en PP coûte 0,62 \$ de plus en coûts cachés dans l'agglomération de Québec que dans la CMQ et coûte 0,30 \$ de moins en construction et entretien des routes (plus grande efficacité).

Par ailleurs, entre la PP et l'IPJ, les coûts cachés baissent de 0,67\$ soit plus que pour l'ensemble de la CMQ (0,62\$)



- **Mode Bus :**

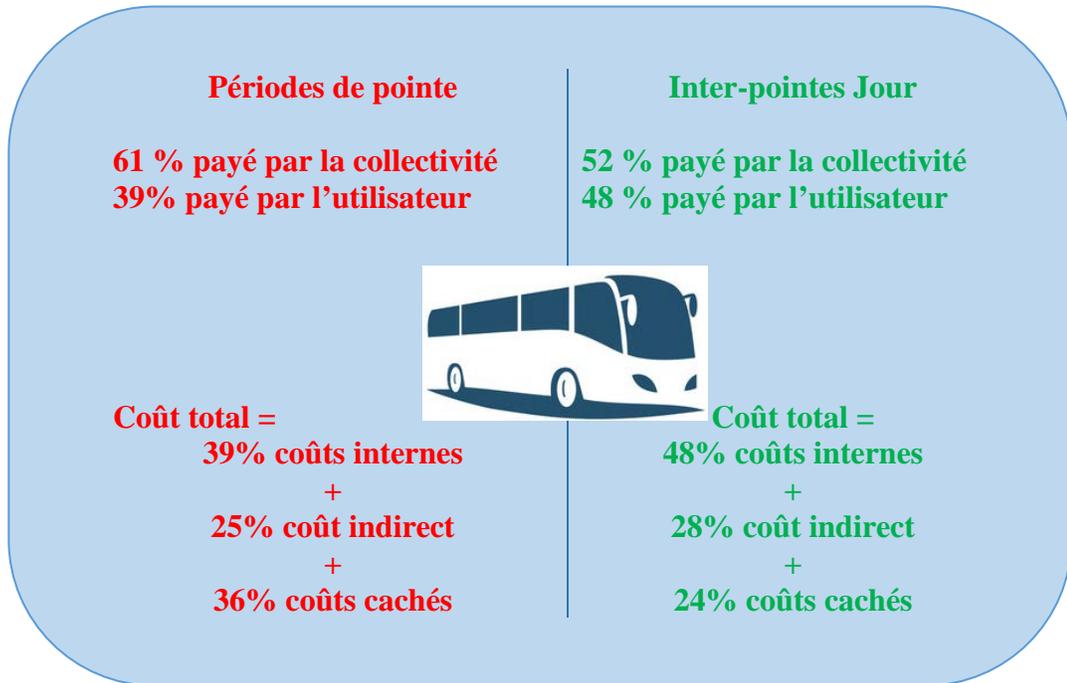
- En Inter-pointes Jour (IPJ) : 1,90 \$, dont 0,91 \$ à l'individu qui réalise le déplacement et 1,00 \$ à la collectivité, pour un ratio utilisateur-payeur de 1,10. Pour chaque 1\$ dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 1,10 \$ pour que l'individu réalise son déplacement. **En d'autres termes, la collectivité paie 1,1 fois plus que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement Bus, en IPJ.**

Le ratio est quelque peu plus élevé que celui observé pour l'ensemble de la CMQ du fait des coûts cachés plus élevés au km parcouru (+ 0,04 \$), pour des coûts indirects équivalents.

- En périodes de pointe (PP) : 2,20 \$, dont 0,86 \$ à l'individu qui réalise le déplacement et 1,34 \$ à la collectivité, pour un ratio utilisateur-payeur de 1,55. Pour chaque 1\$ dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 1,55 \$ pour que l'individu réalise son déplacement. **En d'autres termes, la collectivité paie 1,55 fois plus que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement Bus, en PP.**

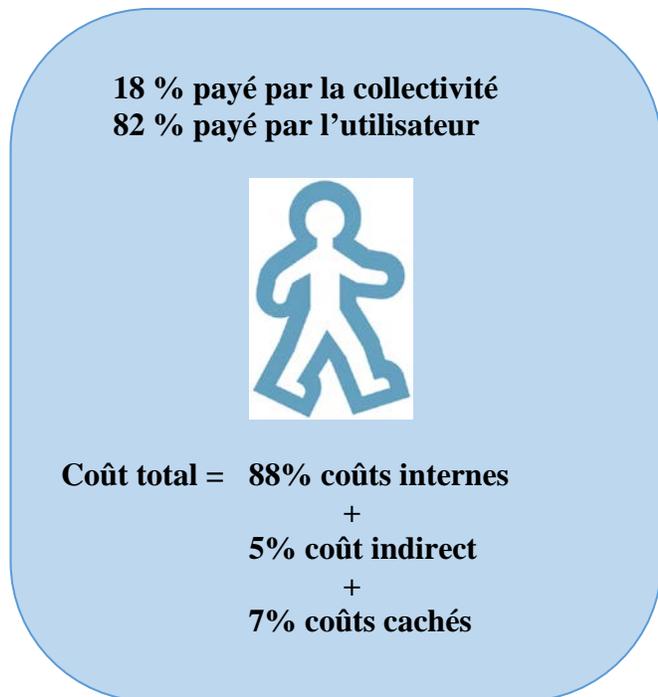
En PP, le km parcouru est de 0,05\$ de moins cher pour l'utilisateur (coût interne) qu'en IPJ, soit une différence moindre que pour l'ensemble de la CMQ (-0,16 \$), signifiant que le mode Bus est

plus utilisé en IPJ à Québec : les coûts du service sont partagés par un plus grand nombre d'usagers donc l'unité – le km parcouru – est moins cher. Cependant, la congestion impacte plus les coûts cachés ici que dans le reste de la CMQ (+0,34\$ par km parcouru vers +0,21\$).



- **Mode Marche :**

Un km parcouru à la marche présente un ratio utilisateur-payeur de 0,14. **En d'autres termes, la collectivité paie 7,39 fois moins que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement à la marche.** La collectivité de l'agglomération de Québec paie 0,02 \$ de moins le km parcouru en coût indirect et 0,30 \$ de moins en coûts cachés, du fait d'un plus grand nombre de marcheurs (gains de santé plus élevés).



11 % payé par la collectivité
89 % payé par l'utilisateur



Coût total = 89% coûts internes
 +
24% coût indirect
 +
-13% coûts cachés

- Mode Vélo :

Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 0,12 \$. **En d'autres termes, la collectivité paie 8,21 fois moins que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement en Vélo.** La collectivité de l'agglomération de Québec paie 0,20 \$ de moins le km parcouru de coût de construction et entretien de voie cyclable et 0,02 \$ de plus en coûts cachés. Pour ces derniers, la différence entre l'ensemble de la CMQ et l'agglomération de Québec est moindre que pour le mode Marche du fait d'un plus grand nombre d'accidents en Vélo.

Globalement, les indicateurs pour l'agglomération de Québec amènent aux mêmes conclusions que

celles pour l'ensemble de la CMQ : le mode Bus est le mode le plus durable économiquement et environnementalement (sauf les modes actifs non polluants). Sociétalement, les mobilités en Vélo présentent le plus de durabilité pour la collectivité, puisque ce mode amène une plus-value en santé. D'un point de vue sociétal également, la différence des chiffres entre les deux types de périodes en Auto est plus faible dans l'agglomération de Québec, ce qui démontre une utilisation assez semblable des infrastructures tout au long de la journée, pour réaliser des déplacements utilitaires. Par ailleurs du fait des grands volumes de déplacements dans l'agglomération de Québec, on observe des indicateurs économiques pour l'Auto, le Vélo et la Marche plus faibles que dans l'ensemble de la CMQ (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Tableau B: Indicateurs de mobilité durable, pour 1 km parcouru – Agglomération de Québec

Mode	Période	Indicateur de Durabilité Économique	Indicateur de Durabilité Environnemental	Indicateur de Durabilité Sociétal	Coût total (\$)
	Périodes de pointe	2,85	0,03	4,16	7,04
	Inter-pointes Jour	2,79	0,02	3,56	6,37
	Périodes de pointe	1,40	0,01	0,79	2,20
	Inter-pointes Jour	1,45	0,01	0,45	1,90
	24 heures	3,22	-	0,25	3,47
	24 heures	2,38	-	(0,28)	2,09

Rappelons que les indicateurs environnementaux relèvent de la pollution et du bruit, en moyenne, en IPJ (situation normale). À l'exception du mode Marche, les indicateurs sociétaux des modes sont tous plus élevés dans l'agglomération de Québec que dans l'ensemble de la CMQ, en raison d'une plus grande congestion (du fait de l'attractivité fonctionnelle et culturelle du territoire de la capitale) engendrant plus de retard, un plus grand nombre d'accidents et surtout un coût d'emprise spatiale plus élevé (concurrence très forte pour l'occupation du sol).

Conclusion pour l'agglomération de Québec

Coût pour la collectivité, coût pour l'utilisateur

Dans l'agglomération de Québec, en moyenne, la collectivité paie 6 fois plus que l'utilisateur pour 1 km parcouru en Auto, 1,3 fois plus en Bus, près de 7,5 fois moins à la Marche et 8 fois moins en Vélo.

Le coût total d'un km parcouru en Auto est à la charge de la collectivité à 86%, en Bus à 57% et à 12% à la Marche et 11% en Vélo. **De ce fait, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à la collectivité 4,9 fois plus cher que le coût d'1 km parcouru en Bus, 14 fois plus cher qu'à la Marche et 25 fois plus cher qu'en Vélo. De plus, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à l'utilisateur 1,07 fois plus cher que le coût d'1 km parcouru en Bus. Par contre, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à l'utilisateur 1,5 fois moins cher que le coût d'1 km parcouru à la Marche et 2 fois moins cher qu'en Vélo.**

Durabilité des mobilités

La part financée par les utilisateurs du réseau et les contribuables de l'agglomération de Québec est de 42% pour l'Auto, 70% pour le Bus, 93% pour la Marche et 100% pour le Vélo (indicateur de durabilité économique). Les deux autres parts non financées (indicateurs environnemental et sociétal) sont internalisées dans les coûts totaux à hauteur de 58% pour l'Auto, 30% pour le Bus, 7% pour la Marche. Rappelons que plus la part financée est importante dans un mode, plus les mobilités sont durables; une mobilité dont les modalités ne sont pas financées est en effet moins contrôlable. Les mobilités réalisées dans les modes actifs sont les plus durables.

Dans les modes motorisées, les mobilités en Bus sont plus durables qu'en Auto. Les mobilités en mode Auto sont inquiétantes d'un point de vue de la durabilité dans la mesure où jusqu'à 59% des coûts totaux sont internalisés en périodes de pointe. Dans l'agglomération de Québec, la congestion pose un vrai problème de durabilité, en plus de poser un problème d'environnement. Par ailleurs, l'indicateur sociétal en IPJ est également le plus élevé de la CMQ, démontrant que même hors congestion, la durabilité sociétale des mobilités est un enjeu plus important qu'ailleurs dans la CMQ. L'hypothèse la plus probable pour expliquer cette réalité repose sur la cherté du coût d'emprise spatiale.

Finalement, les coûts et indicateurs pour l'agglomération de Québec sont assez similaires à ceux observés pour l'ensemble de la CMQ. En effet, 81% des km parcourus dans la CMQ se réalisent dans l'agglomération de Québec ou via l'agglomération (transit entre les autres municipalités), donc les résultats de la CMQ sont très largement composés de ceux de l'agglomération de Québec.

Ces coûts non financés sont 6,2 fois plus faibles pour le mode Bus, 15,6 fois plus faibles pour le mode marche et 14 fois plus faibles pour le mode Vélo, que pour le mode Auto. Les coûts financés, eux, sont 2 fois moins chers pour le mode Bus que pour le mode Auto.

3. Ville de Lévis

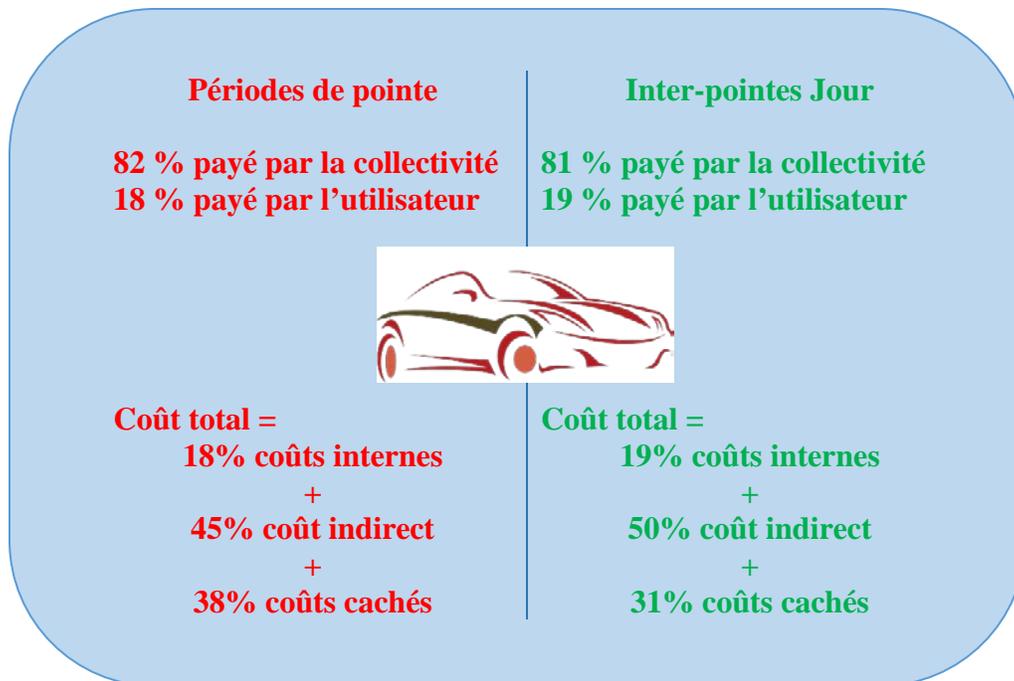
Dans la ville de Lévis, le Bus est nettement le mode de transport le plus efficient (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les coûts indirects du km parcouru pour les 4 modes sont plus élevés que ceux de l'ensemble de la CMQ. Autrement dit, en 2017 les budgets dédiés à la voirie incluant les trottoirs, les voies Bus et les voies cyclables sont moins utilisés donc moins rentabilisés. Par contre, les coûts cachés ainsi que le coût interne du Bus y sont plus faibles. Par ailleurs à Lévis le Bus présente le coût total le plus faible de la CMQ. C'est donc à Lévis que le bus est le plus efficient dans la CMQ. **Le km parcouru en moyenne en Auto coûte 3,3 fois plus qu'en Bus, 1,5 fois plus qu'à la Marche et 2 fois plus qu'en Vélo.**

Tableau A: Coûts internes, indirects, cachés et totaux pour 1 km parcouru – Ville de Lévis

Mode	Période	Individu	Collectivité		Coût total (\$)
		Coûts internes (\$)	Coût indirect (\$)	Coûts cachés (\$)	
	Périodes de pointe	0,98	2,47	2,07	5,52
	Inter-pointes Jour	0,91	2,47	1,52	4,91
	Périodes de pointe	0,57	0,55	0,36	1,47
	Inter-pointes Jour	1,01	0,55	0,12	1,67
	24 heures	3,05	0,39	(0,01)	3,42
	24 heures	1,87	1,11	(0,33)	2,64

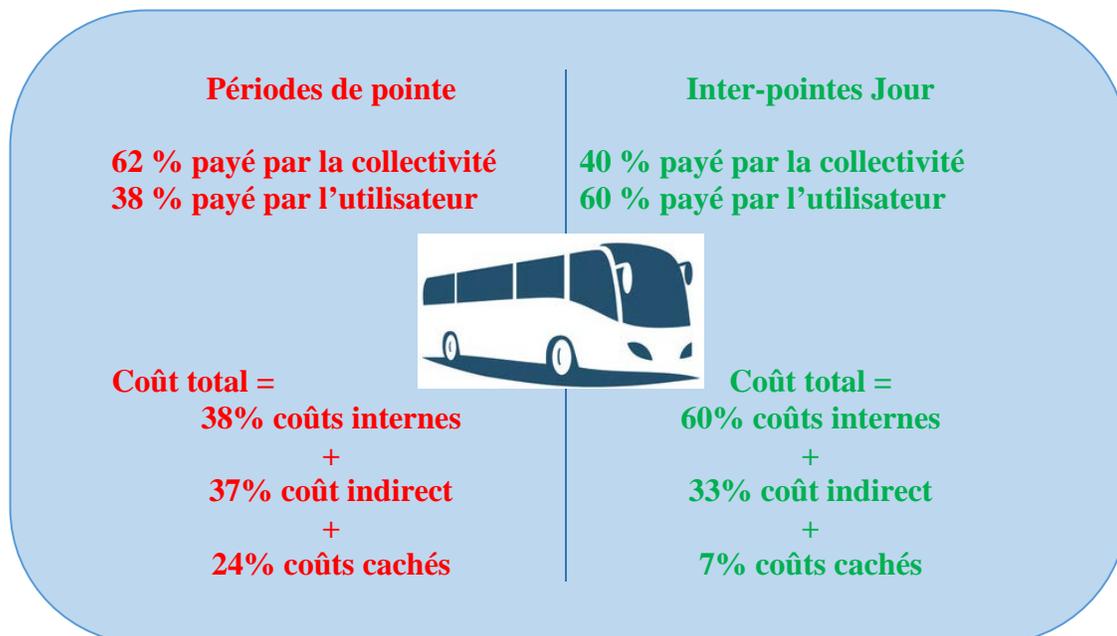
- **Mode Auto :**

- En Inter-pointes Jour (IPJ) : pour chaque 1\$ dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 4,37 \$ pour que l'individu réalise son déplacement. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru 4,37 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement Auto, en IPJ.** Ce ratio est plus faible que celui observé pour l'ensemble de la CMQ. À Lévis les coûts cachés sont moins élevés que dans l'ensemble de la CMQ (-1,49\$) alors que les coûts indirects sont plus élevés (+0,30\$).
- En Périodes de pointe (PP) Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 4,65 \$. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru 4,65 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement Auto, en PP.** Ce ratio est plus faible que celui pour l'ensemble de la CMQ. En effet, chaque km parcouru en Auto en PP coûte 1,49\$ de moins en coûts cachés à Lévis que dans la CMQ, du fait de volumes de km parcourus plus faibles, ce qui entraîne moins de retard et moins de GES émis ainsi que du fait du coût du foncier plus faible.



- **Mode Bus :**

- En Inter-pointes Jour (IPJ) : Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 0,67\$. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru 1,51 fois moins que l'utilisateur lors d'un déplacement Bus, en IPJ.**



Le ratio est nettement plus faible que celui observé pour l'ensemble de la CMQ du fait des coûts cachés plus faibles au km parcouru (-0,29 \$), pour des coûts internes plus faibles (-0,29 \$) et indirects équivalents (+0,01 \$). À Lévis, les coûts totaux du Bus sont largement pris en charge par l'utilisateur (coûts internes 60%).

- En périodes de pointe (PP) : Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la

collectivité paie 0,91 \$. **Autrement dit, la collectivité paie 1,60 fois moins que l'utilisateur le km parcouru lors d'un déplacement Bus, en PP.** Chaque km parcouru coûte 0,42\$ de moins en coûts cachés pour la collectivité que dans l'ensemble de la CMQ. Cela montre que le retard lié à la congestion, la pollution et le bruit sont nettement moins impactant à Lévis qu'en moyenne dans la CMQ (+0,34\$ versus +0,37\$).

En mode Bus, l'individu paie le même prix au km parcouru en IPJ et 0,29\$ de moins en PP, qu'en moyenne dans la CMQ. En PP, le service est mieux utilisé qu'en moyenne dans la CMQ. Par contre, si le Bus est efficient en PP, il l'est deux fois moins en IPJ, malgré son faible coût total.

- Mode Marche :

Un km parcouru à la marche présente un ratio utilisateur-payeur de 0,12. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru 8,22 fois moins que l'utilisateur lors d'un déplacement à la Marche.** La collectivité de Lévis paie 0,20\$ de plus le km parcouru pour la construction et l'entretien des trottoirs (réseau dense) et paie 0,56 \$ de moins en coûts cachés (coûts répartis sur une plus grande masse de marcheurs).

11 % payé par la collectivité

89 % payé par l'utilisateur



**Coût total = 89% coûts internes
+
11% coût indirect
+
0% coûts cachés**

chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 0,41 \$. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru 2,41 fois moins que l'utilisateur lors d'un déplacement en Vélo.**

La collectivité de Lévis paie 0,40\$ de plus le km parcouru pour la construction et l'entretien des voies cyclables que dans l'ensemble de la CMQ et 0,03\$ de moins en coûts cachés (coût du foncier moins cher, essentiellement).

-Mode Vélo :

Pour

29% payé par la collectivité

71 % payé par l'utilisateur



**Coût total = 71% coûts internes
+
42% coût indirect
+
-13% coûts cachés**

Conclusion pour la Ville de Lévis

Dans la ville de Lévis, tous les indicateurs économiques sont plus élevés que ceux observés dans l'ensemble de la CMQ, pour tous les modes sauf le Bus; les coûts cachés y sont plus faibles (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Tableau B: Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – Ville de Lévis

Mode	Période	Indicateur de Durabilité Économique	Indicateur de Durabilité Environnemental	Indicateur de Durabilité Sociétal	Coût total (\$)
	Périodes de pointe	3,45	0,03	2,04	5,52
	Inter-pointes Jour	3,38	0,02	1,50	4,91
	Périodes de pointe	1,11	0,01	0,35	1,47
	Inter-pointes Jour	1,55	0,01	0,11	1,67
	24 heures	3,44	-	(0,01)	3,42
	24 heures	2,97	-	(0,33)	2,64

Coût pour la collectivité, coût pour l'utilisateur

Dans la ville de Lévis, en moyenne, la collectivité paie 4,5 fois plus que l'utilisateur pour 1 km parcouru en Auto, 1,56 fois plus en Bus, plus de 8 fois moins à la Marche et 2,4 fois moins en Vélo. Le coût total de l'Auto est pris en charge à 82% par la collectivité, celui du Bus à 49 %, celui de la Marche à 11% et celui du Vélo à 29%. De ce fait, le coût **d'1 km parcouru en Auto coûte à la collectivité 5,4 fois plus cher que le coût d'1 km parcouru en Bus, 11,5 fois plus cher qu'à la Marche et 5,5 fois plus cher qu'en Vélo. Par ailleurs, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à l'utilisateur 1,2 fois plus cher que le coût d'1 km parcouru en Bus, Par contre, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à l'utilisateur 3,2 fois à la Marche et 2 fois moins cher en Vélo.**

Durabilité des mobilités

À Lévis, tous les indicateurs de durabilité sociétale sont plus faibles que ceux observés dans l'ensemble de la CMQ du fait d'une plus faible congestion engendrant moins de retard cumulé, un coût foncier (emprise spatiale) moins élevé et un nombre d'accidents plus faible. La part financée par les utilisateurs et les contribuables est de 66 % pour l'Auto, 84% pour le Bus, 100% pour la Marche et 100% pour le Vélo (indicateur de durabilité économique). Ainsi les parts financées représentent toujours au moins la moitié du coût total. Plus la part financée est importante dans un mode, plus les mobilités sont sous contrôle, observables, ajustables et améliorables.

Les coûts non financés sont ainsi 7,6 fois plus faibles pour le mode Bus, 1,2 fois plus faibles pour le mode marche et 5,3 fois plus faibles pour le mode Vélo, que pour le mode Auto. Les coûts financés, eux, sont 2,6 fois moins chers pour le mode Bus que pour le mode Auto.

4. MRC de la Jacques-Cartier

Dans la MRC-JC, le Bus est le mode de transport le plus efficient (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les coûts indirects du km parcouru pour les 4 modes sont plus élevés que ceux de l'ensemble de la CMQ. Les coûts cachés des modes Auto, Bus et marche sont très inférieurs à ceux estimés pour l'ensemble de la CMQ, en particulier pour le mode Auto : peu de congestion, peu de pollution, un foncier moins cher. Très peu de déplacements utilitaires ont été déclarés à la Marche et en Vélo dans l'EOD2017 dans la MRC-JC, c'est pourquoi le coût au km parcouru pour les deux modes actifs est si élevé. De ce fait, **le km parcouru en moyenne en Auto coûte 2,8 fois plus qu'en Bus, 0,6 fois moins qu'à la Marche et 0,8 fois moins qu'en Vélo.**

Tableau A : Coûts internes, indirects, cachés et totaux pour 1 km parcouru - MRC-JC

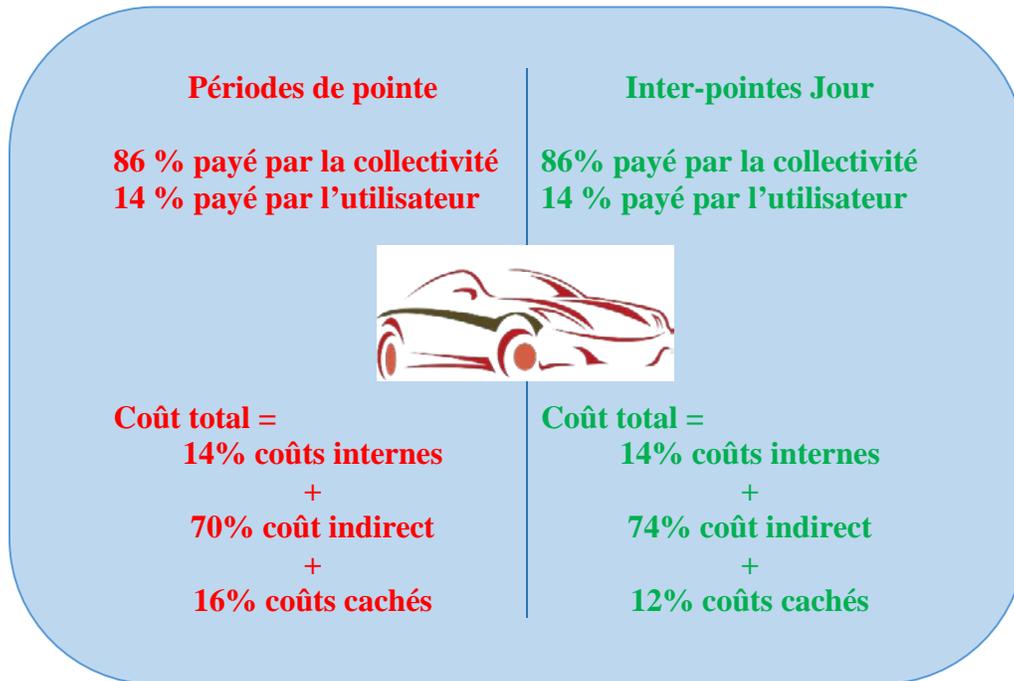
Mode	Période	Individu	Collectivité		Coût total (\$)
		Coûts internes (\$)	Coût indirect (\$)	Coûts cachés (\$)	
	Périodes de pointe	0,98	4,91	1,15	7,03
	Inter-pointes Jour	0,91	4,91	0,83	6,65
	Périodes de pointe	0,63	1,28	0,12	2,02
	Inter-pointes Jour	1,45	1,28	0,22	2,94
	24 heures	3,05	8,16	(0,40)	10,81
	24 heures	1,87	7,12	(0,15)	8,83

- Mode Auto :

- En Inter-pointes Jour (IPJ) : pour chaque 1\$ dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 6,28 \$ pour que l'individu réalise son déplacement. **En d'autres termes, la collectivité paie le km parcouru 6,3 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Auto, en IPJ.** Ce ratio est plus élevé que celui observé pour l'ensemble de la CMQ, du fait du coût indirect plus nettement plus élevés (2,73 \$ de plus par km parcouru que dans l'ensemble de la CMQ) malgré des coûts cachés nettement plus faibles (2,19 \$ par km parcouru).
- En Périodes de pointe (PP) Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 6,20\$. **En d'autres termes, la collectivité paie le km parcouru 6 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Auto, en PP.** Même si les problèmes de congestion ne se concentrent pas dans ce territoire et que le coût du foncier y est moins élevé, en PP le coût caché par km est supérieur de 0,32\$.

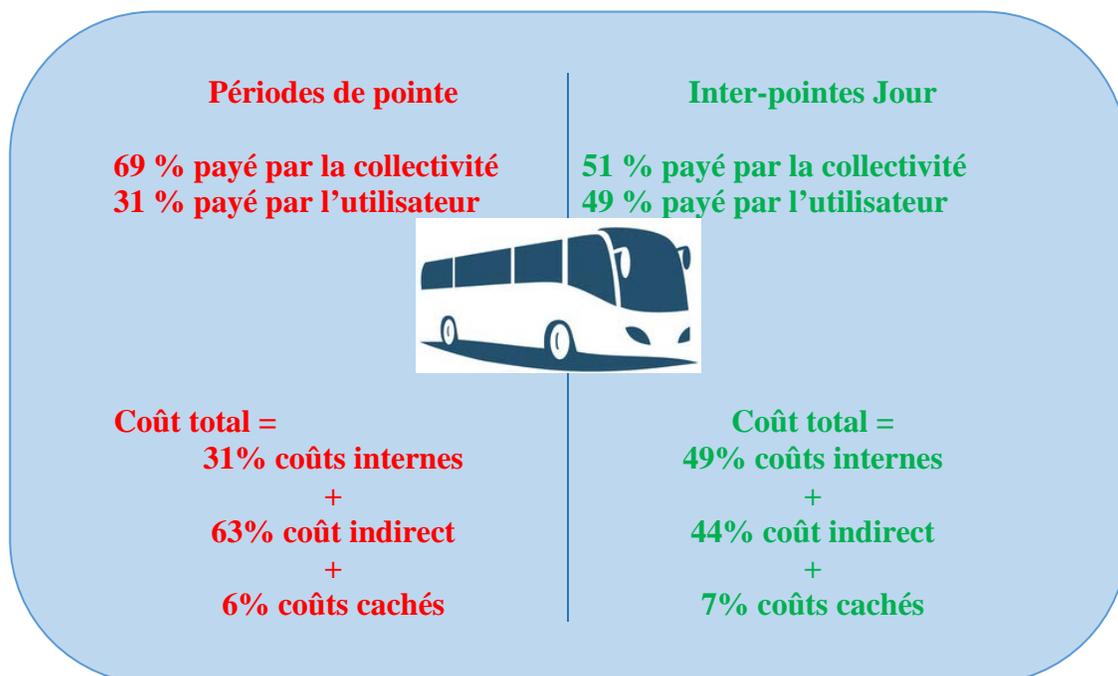
Dans la MRC-JC, le coût total du km est plus élevé en PP, comme partout dans la CMQ, mais par contre le ratio utilisateur-payeur est plus élevé en IPJ : l'utilisateur paie plus « sa part » du

déplacement en PP, l'Auto coûte plus cher à la collectivité en IPJ.



- **Mode Bus :**

- En Inter-pointes Jour (IPJ) : Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la



collectivité paie 1,04\$. En d'autres termes, la collectivité paie le km parcouru quasiment le même prix que l'utilisateur lors d'un déplacement en Bus, en IPJ (1,04

fois plus). Le ratio est plus faible que celui observé pour l'ensemble de la CMQ du fait du coût indirect plus élevé au km parcouru (+0,74 \$).

- En périodes de pointe (PP) : Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 2,23 \$. **En d'autres termes, la collectivité paie le km parcouru 2,23 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Bus, en PP.**

En mode Bus, l'individu paie 0,43\$ de plus au km parcouru en IPJ et 0,23\$ de moins en PP, qu'en moyenne dans la CMQ. En IPJ, le service est encore moins utilisé qu'en moyenne dans la CMQ, car il y a moins d'usagers. Inversement, en PP, le service est mieux utilisé qu'en moyenne dans la CMQ. Autre particularité : le Bus est plus rentable en PP qu'en IPJ, du fait d'un achalandage réduit en IPJ et d'un coût interne plus faible en PP (clientèle majorité étudiante, temps de parcours moins valorisé).

- **Mode Marche :**

Un km parcouru à la marche présente un ratio utilisateur-payeur de 2,54. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru 2,64 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement à la Marche.** Ce ratio est moins élevé que celui du mode Auto, suggérant que l'utilisateur paie plus sa part de déplacement. Le coût au km parcouru est nettement plus élevé dans la MRC-JC que dans l'ensemble de la CMQ, eu égard au faible volume de déplacements déclarés dans l'EOD2017 et au budget existant pour la construction et

72 % payé par la collectivité

28 % payé par l'utilisateur



**Coût total = 28% coûts internes
+
75% coût indirect
+
-4% coûts cachés**

79 % payé par la collectivité

21 % payé par l'utilisateur



**Coût total = 21% coûts internes
+
81% coût indirect
+
-2% coûts cachés**

l'entretien des trottoirs (8,16\$ du km parcouru, 44 fois le coût du km dans la CMQ).

- **Mode Vélo :**

Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 3,73 \$. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru 3,73 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Vélo.** Le km parcouru en Vélo coûte bien plus cher dans la MRC-JC, du fait de la faible fréquentation de voies

cyclables (déplacements utilitaires), eu égard aux coûts de construction et d’entretien des voies (+6,41\$ par km, relativement au reste de la CMQ). De plus, les coûts cachés en Vélo sont plus élevés que dans l’ensemble de la CMQ du fait d’un plus grand nombre d’accidents.

Conclusion pour la MRC de la Jacques-Cartier

Coût pour la collectivité, coût pour l'utilisateur

Dans la MRC-JC, le Bus reste le mode le moins dispendieux au km parcouru. En moyenne, la collectivité paie 6,2 fois plus que l'utilisateur pour 1 km parcouru en Auto, 1,6 fois plus en Bus, 2,5 fois plus à la Marche et près de 4 fois plus en Vélo. De plus, le coût total de l'Auto est pris en charge à 86% par la collectivité, celui du Bus à 58%, celui de la Marche à 72% et celui du Vélo à 79%. Dans la MRC-JC, il est préférable de considérer avec précaution les résultats relatifs aux deux modes actifs. **Le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à la collectivité 4 fois plus cher que le coût d'1 km parcouru en Bus. Par ailleurs, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à l'utilisateur 0,9 fois plus cher que le coût d'1 km parcouru en Bus, Par contre, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à l'utilisateur 3,2 fois moins cher à la Marche et 2 fois moins cher qu'en Vélo.**

Durabilité des mobilités

La part financée par les utilisateurs et les contribuables est de 86% pour l'Auto, 93% pour le Bus et 100% pour la Marche et le Vélo (indicateur de durabilité économique). Rappelons que plus la part financée est importante dans un mode plus les mobilités sont durables. Les indicateurs économiques des deux modes motorisés sont nettement plus élevés que ceux observés dans l'ensemble de la CMQ (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), du fait des coûts indirects de construction et d'entretien des voies plus élevés. La Marche est le mode socialement le plus durable. En IPJ, l'indicateur environnemental des mobilités en Bus montre une durabilité à analyser plus en détail, car très élevé.

Tableau B: Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – MRC-JC

Mode	Période	Indicateur de Durabilité Économique	Indicateur de Durabilité Environnemental	Indicateur de Durabilité Sociétal	Coût total (\$)
	Périodes de pointe	5,88	0,02	1,13	7,03
	Inter-pointes Jour	5,82	0,02	0,80	6,65
	Périodes de pointe	1,91	0,01	0,10	2,02
	Inter-pointes Jour	2,73	0,17	0,05	2,94
	24 heures	11,21	-	(0,40)	10,81
	24 heures	8,99	-	(0,15)	8,83

Les coûts non financés sont 6 fois plus faibles pour le mode Bus que pour le mode Auto (non comparables avec les modes actifs qui amènent des bénéfices santé). Les coûts financés, eux, sont 2,5 fois moins chers pour le mode Bus que pour le mode Auto.

5. MRC de la Côte-de-Beaupré

Le Bus reste le mode de transport le plus efficient (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les coûts indirects de construction et entretien des voies, pour les quatre modes, sont plus élevés que ceux pour l'ensemble de la CMQ. Néanmoins le coût total Auto y est le plus faible de la CMQ. Les coûts cachés des modes Auto, Bus et Marche sont nettement plus faibles qu'ailleurs aussi. La MRC-CB présente peu de congestion, pour des raisons de forme urbaine et de l'organisation des mobilités. De plus, 54% des déplacements motorisés sont intra-MRC en 2017, la circulation est plus diffuse, seuls les axes majeurs en direction de Québec sont impactés. C'est pourquoi les modes Auto et Bus présentent des coûts cachés au km parcouru les plus bas de la CMQ. **Le km parcouru en moyenne en Auto coûte 1,7 fois plus qu'en Bus et 1,15 fois plus qu'à la Marche mais 0,4 fois moins qu'en Vélo.**

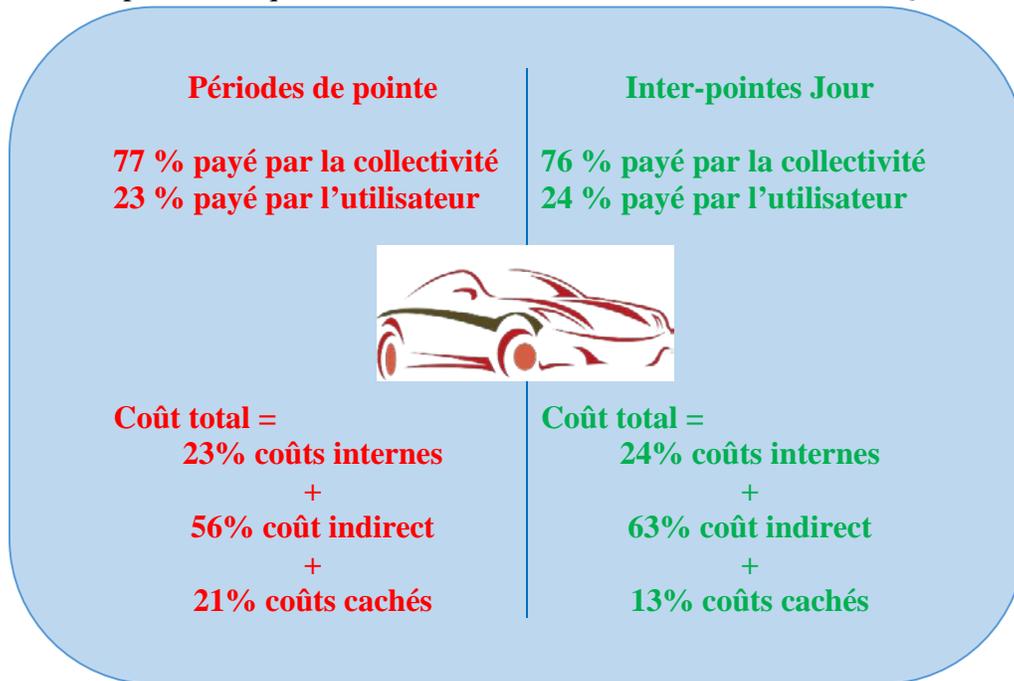
Tableau A : Coûts internes, indirects, cachés et totaux pour 1 km parcouru - MRC-CB

Mode	Période	Individu	Collectivité		Coût total (\$)
		Coûts internes (\$)	Coût indirect (\$)	Coûts cachés (\$)	
	Périodes de pointe	0,98	2,41	0,91	4,30
	Inter-pointes Jour	0,91	2,41	0,50	3,82
	Périodes de pointe	0,57	1,26	0,18	2,02
	Inter-pointes Jour	1,39	1,26	0,05	2,70
	24 heures	3,05	0,70	(0,16)	3,59
	24 heures	1,87	7,73	1,75	11,35

- Mode Auto :

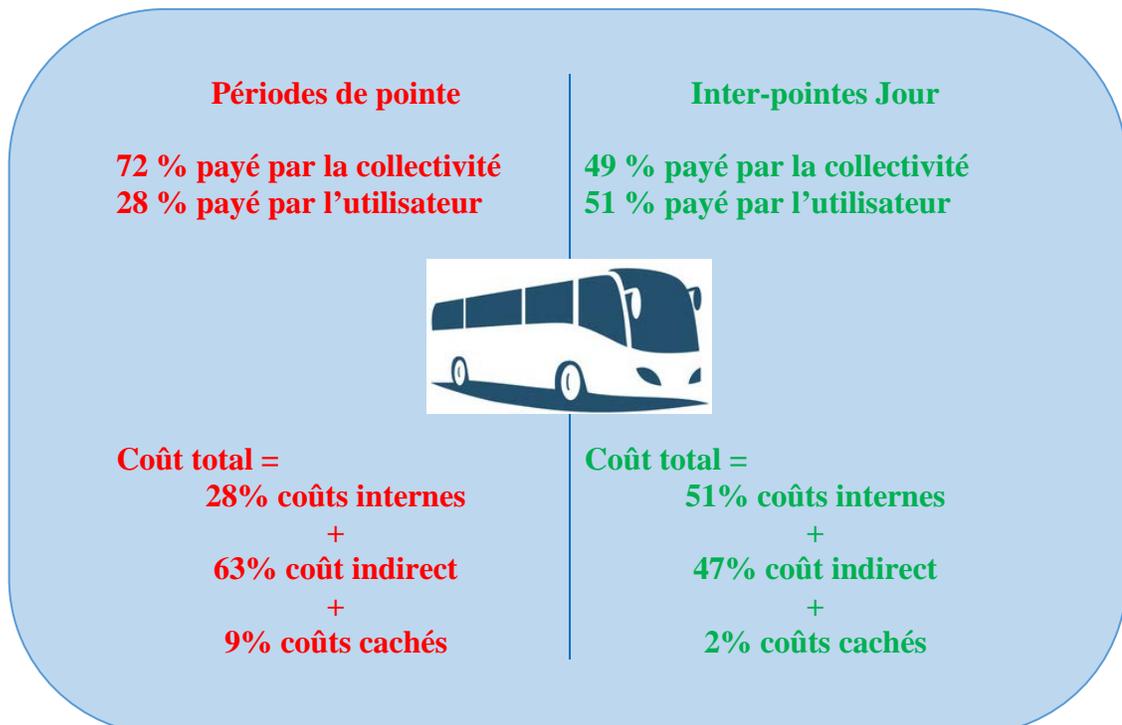
- En Inter-pointes Jour (IPJ) : pour chaque 1\$ dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 3,18 \$ pour que l'individu réalise son déplacement. **En d'autres termes, la collectivité paie le km parcouru 3,2 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Auto, en IPJ.** Ce ratio est le plus faible observé dans l'ensemble de la CMQ. Autrement dit la collectivité de la MRC-CB paie moins cher le km de déplacement des individus que les autres territoires de la CMQ.
- En Périodes de pointe (PP) Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 3,40\$. **En d'autres termes, la collectivité paie le km parcouru 3,4 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Auto, en PP.** Ce ratio est également le

plus faible observé dans l'ensemble de la CMQ. L'utilisateur de la MRC-CB paie plus pour son déplacement que les utilisateurs des autres territoires de la CMQ.



- **Mode Bus :**

- En Inter-pointes Jour (IPJ) : Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 1,31 \$. **En d'autres termes, la collectivité paie le km parcouru 1,3 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Bus, en IPJ.** Le ratio est plus faible que dans



l'ensemble de la CMQ du fait du coût interne nettement plus élevé (+0,37\$), laissant suggérer que l'achalandage d'IPJ ne permet pas de « rentabiliser » les services mis en place. De fait, l'utilisateur paie 0,82 \$ de plus par km, par rapport à la PP

- En périodes de pointe (PP) : Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 1,44 \$. **En d'autres termes, la collectivité paie le km parcouru 1,44 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Auto, en IPJ.** L'individu paie 0,28\$ de moins au km parcouru (coût interne), suggérant un service plus efficace que dans le reste de la CMQ.

15 % payé par la collectivité

85 % payé par l'utilisateur



Coût total = 85% coûts internes
+
19% coût indirect
+
-4% coûts cachés

parcours de trottoir, en construction et entretien et -0,71\$ en coûts cachés, du fait d'un plus grand nombre de marcheurs (gains de santé plus élevés).

- Mode Marche :

Un km parcouru à la marche présente un ratio utilisateur-payeur de 0,18. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru 5,7 fois moins que l'utilisateur lors d'un déplacement à la Marche.** La collectivité paie +0,52\$ le km

84 % payé par la collectivité

16 % payé par l'utilisateur



Coût total = 16% coûts internes
+
68% coût indirect
+
15% coûts cachés

- Mode Vélo :

Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 5,08 \$. **En d'autres termes, la collectivité paie le km parcouru 5 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Vélo.** La collectivité paie nettement plus que dans l'ensemble de la CMQ le km parcouru de voie cyclable (+7,02\$, déplacements utilitaires). Elle paie également 2,06\$ de plus en coûts cachés, par km parcouru, en raison du coût des accidents en 2017.

Conclusion pour la MRC-CB

Coût pour la collectivité, coût pour l'utilisateur

Dans la MRC-CB, le Bus reste le mode le moins dispendieux au km parcouru. En moyenne la collectivité paie 3,2 fois plus que l'utilisateur pour 1 km parcouru en Auto, 1,8 fois plus en Bus, près de 6 fois moins à la Marche et 5 fois plus en Vélo. Seul le Vélo est très coûteux dans la MRC-CB, du fait d'un grand nombre d'accidents en 2017.

Dans la MRC-CB, en moyenne, la collectivité prend en charge le coût total de l'Auto à 77%, le Bus à 58%, la Marche à 15% et le Vélo à 84%. **De ce fait, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à la collectivité 2,3 fois plus cher que le coût d'1 km parcouru en Bus, 5,8 fois plus cher à la Marche et 0,3 fois moins cher en Vélo. Par ailleurs, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à l'utilisateur 0,96 fois moins cher que le coût d'1 km parcouru en Bus, 3,2 fois moins cher qu'à la Marche et 2 fois moins cher qu'en Vélo.**

Durabilité des mobilités

La part financée par les utilisateurs et les contribuables est de 83% pour l'Auto, 95% pour le Bus, 85% pour la Marche et 88% pour le Vélo (indicateur de durabilité économique). Rappelons que plus la part financée est importante dans un mode plus les mobilités sont globalement durables, car sous contrôle et améliorables. Finalement, dans la MRC-CB, la part des mobilités en mode Bus est mieux financée, donc les mobilités réalisées en mode Bus sont les plus durables.

Les indicateurs de durabilité sociétale sont les moins élevés de l'ensemble de la CMQ. Le coût de l'emprise spatiale, le nombre d'accidents et la congestion sont plus faibles dans la MRC-CB (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Tableau B: Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – MRC-CB

Mode	Période	Indicateur de Durabilité Économique	Indicateur de Durabilité Environnemental	Indicateur de Durabilité Sociétal	Coût total (\$)
	Périodes de pointe	3,39	0,02	0,88	4,30
	Inter-pointes Jour	3,32	0,03	0,47	3,82
	Périodes de pointe	1,84	0,04	0,14	2,02
	Inter-pointes Jour	2,65	0,02	0,03	2,70
	24 heures	3,75	-	(0,16)	3,59
	24 heures	9,60	-	1,75	11,35

Les coûts non financés sont 6,2 fois plus faibles pour le mode Bus, incomparables pour le mode marche et 2,6 fois plus faibles pour le mode Vélo, que pour le mode Auto. Les coûts financés, eux, sont 1,5 fois moins chers pour le mode Bus que pour le mode Auto.

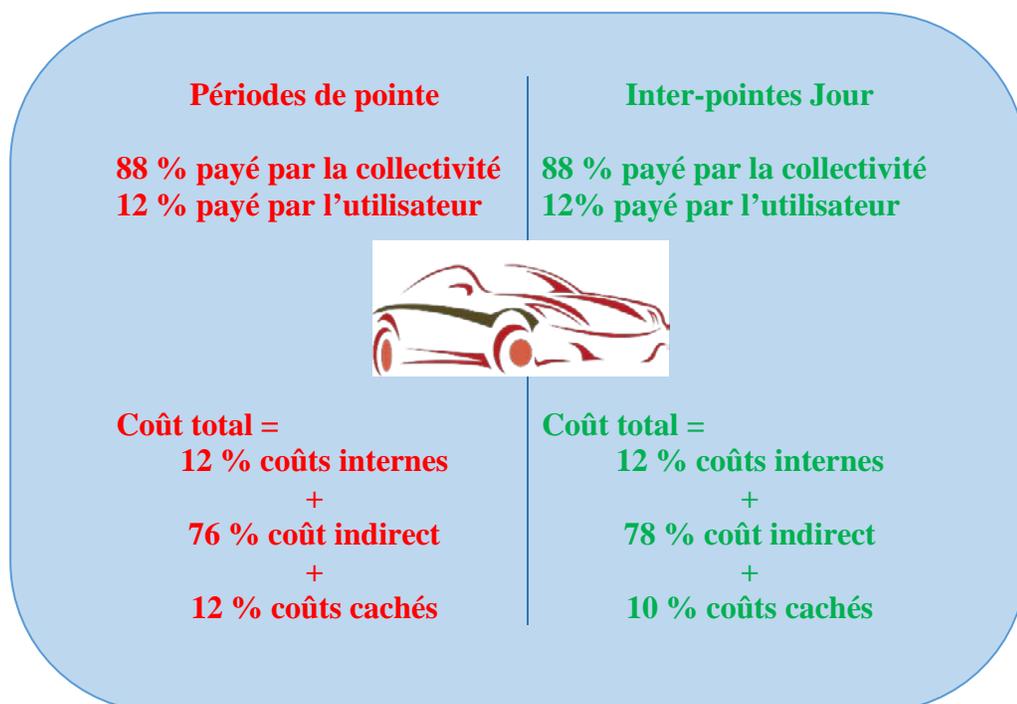
6. MRC de l'Île-d'Orléans

Dans ce territoire, dans l'enquête OD 2017, il n'y a pas de déplacement observé à la Marche ou en Vélo à des fins utilitaires. Le Bus est le mode le plus efficient. C'est dans la MRC-ÎO que le coût total de déplacement en Bus et en Auto sont les plus chers (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Un km parcouru en Auto coûte en moyenne 1,25 fois plus cher que dans l'ensemble de la CMQ et le Bus 1,67 fois plus. Le territoire est une île dédiée à l'agriculture et au tourisme, deux secteurs peu représentés par les mobilités utilitaires recensées dans l'EOD2017. **Le km parcouru en moyenne en Auto coûte 2,36 fois plus qu'en Bus.**

Tableau A : Coûts internes, indirects, cachés et totaux par km parcouru - MRC-ÎO

Mode	Période	Individu	Collectivité		Coût total (\$)
		Coûts internes (\$)	Coût indirect (\$)	Coûts cachés (\$)	
	Périodes de pointe	0,98	6,17	1,02	8,16
	Inter-pointes Jour	0,91	6,17	0,81	7,89
	Périodes de pointe	0,62	2,08	0,28	2,98
	Inter-pointes Jour	1,51	2,08	0,22	3,81

- Mode Auto :



- En Inter-pointes Jour (IPJ) : pour chaque 1\$ dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 7,64 \$ pour que l'individu réalise son déplacement. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru 7,6 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement**

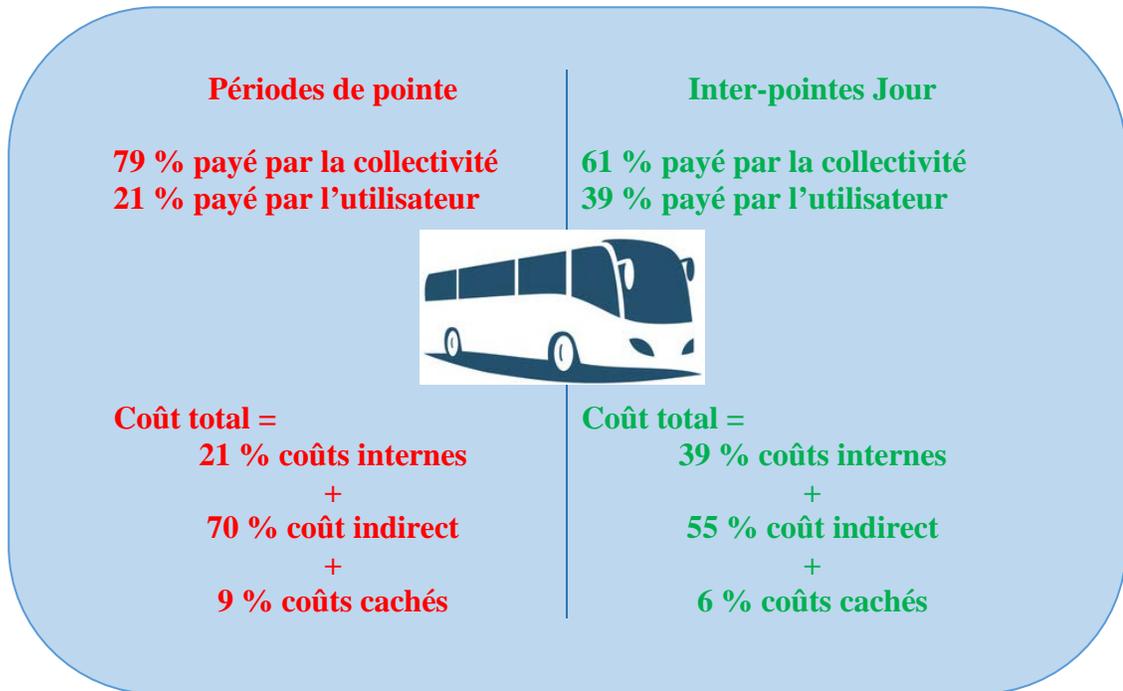
en Auto, IPJ.

- En Périodes de pointe (PP) Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 7,36 \$. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru près de 7,4 fois plus que l'utilisateur lors d'un déplacement en Auto, PP.**

Comme dans la MRC-JC et contrairement aux autres territoires, le ratio utilisateur-payeur en périodes de pointe est plus faible que celui observé en inter-pointes Jour, ce qui signifie que l'Auto coûte plus cher à la collectivité en pleine journée et que l'utilisateur paie plus « sa part » du déplacement en PP La construction et l'entretien des réseaux routiers est 4 fois plus coûteuse que dans l'ensemble de la CMQ pour la collectivité « utilitaire ». La MRC-ÎO est une destination de fin de semaine, de loisirs (boucles dont l'origine et la destination sont les mêmes) et de vacances. Les résultats présentés ici doivent être manipulés avec précaution, il est fort probable que les mobilités des EOD2017 soient représentatives d'une trop faible partie des mobilités de la MRC-ÎO.

- Mode Bus :

- En Inter-pointes Jour (IPJ) : Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 2,36 \$. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru 2,4 fois plus cher que l'utilisateur lors d'un déplacement en Bus, IPJ.** Il s'agit du ratio le plus élevé dans la CMQ. L'utilisateur paie 1,84 \$ de plus par km parcouru (versus dans la CMQ), de plus le réseau de bus est largement moins utilisé, c'est pourquoi chaque km parcouru en Bus coûte 1,93 fois plus dans la MRC-ÎO que dans l'ensemble de la CMQ. Le réseau est 1,48 fois plus cher au km parcouru, relativement à l'ensemble de la CMQ.



- En périodes de pointe (PP) : Pour chaque dollar dépensé par l'individu en déplacement, la collectivité paie 2,31 \$. **Autrement dit, la collectivité paie le km parcouru 2,3 fois plus cher que l'utilisateur lors d'un déplacement en Bus, IPJ.** Il s'agit également du ratio le plus élevé

dans la CMQ pour cette période.

Conclusion pour la MRC-ÎO

Coût pour la collectivité, coût pour l'utilisateur

Dans la MRC-ÎO, le Bus reste le mode le moins dispendieux au km parcouru. En moyenne, la collectivité paie 7,5 fois plus que l'utilisateur pour 1 km parcouru en Auto et 2,7 fois plus en Bus. Le coût total de l'Auto est pris en charge à 88% par la collectivité, celui du Bus à 69%.

De ce fait, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à la collectivité 3 fois plus cher que le coût d'1 km parcouru en Bus. Par contre, le coût d'1 km parcouru en Auto coûte à l'utilisateur 0,9 fois moins cher qu'en Bus.

Durabilité des mobilités

Dans la MRC-ÎO, les indicateurs économiques des deux modes motorisés sont les plus élevés de la CMQ (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Autrement dit, c'est dans la MRC-ÎO que les mobilités utilitaires dans chacun des modes sont les moins durables. Pour ce territoire insulaire, les structures de mobilités sont très différentes de celles de la CMQ. La part financée par les utilisateurs et les contribuables est de 89% pour l'Auto et 92% pour le Bus (indicateur de durabilité économique), ce qui permet de conclure que les mobilités réalisées en mode Bus sont les plus durables.

Tableau B: Indicateurs de mobilité durable, en \$ par km parcouru – MRC-ÎO

Mode	Période	Indicateur de Durabilité Économique	Indicateur de Durabilité Environnemental	Indicateur de Durabilité Sociétal	Coût total (\$)
	Périodes de pointe	0,98	6,17	1,02	8,16
	Inter-pointes Jour	0,91	6,17	0,81	7,89
	Périodes de pointe	0,62	2,08	0,28	2,98
	Inter-pointes Jour	1,51	2,08	0,22	3,81

Les coûts non financés sont 4 fois plus faibles pour le mode Bus. Les coûts financés, eux, sont 2,2 fois moins chers pour le mode Bus que pour le mode Auto.

F. Annexe B : profils de mobilité – catégories des variables utilisées

- Mode de transport : mode1. Quatre catégories. Mode de l'EOD2017 1, 2, 3 = « mode1_rec_1 » (Auto); modes 6, 7, 8, 9 = « mode1_rec_2 » (Bus); mode 5 = « mode1_rec_4 » (Vélo); mode 13 = « mode1_rec_5 » (Marche)
- Motif : motif_gr. Cinq catégories de l'EOD2017 de 1 à 5 conservées. Motif 6 « retour à domicile » exclu.
- Occupation : occper. Quatre catégories. Occupation de l'EOD2017 1 et 2 = « occper_rec_1 » (Travailleur); Occupation 3 et 4 = « occper_rec_2 » (Étudiant); Occupation 5 = « occper_rec_5 » (Retraité); Occupation de l'EOD2017 6 à 10 = « occper_rec_4 » (Autre).
- Âge : grpge. Quatre catégories. Groupe de l'EOD2017 1 à 4 = « grpge_rec_1 » (Enfant-étudiant); groupe 4 à 7 = « grpge_rec_2 » (Étudiant- jeune adulte travailleur); groupe 8 à 13 = « grpge_rec_3 » (Adulte travailleur); groupe 14 à =17 « grpge_rec_4 » (Adulte retraité). Groupe 18 « refus » exclu.
- Genre : sexe. Variable conservée telle que codifiée dans l'EOD2017. « sexe_1 » = homme et « sexe_2 » = femme.
- Type de logement : typlog. Deux catégories. Type d'habitation de l'EOD2017 11 à 15 = « TypLog_rec_1 » (Propriétaire); type 21 à 25 = « TypLog_rec_2 » (Locataire); Type 99 exclu.
- Revenu : Revenu. Variable conservée telle que codifiée dans l'EOD2017, huit catégories. Revenu 9 exclu.
- Distance : Cinq catégories, sur la base des catégories observées par Statistique Canada 2006. « Distance_rec_1 » = trajet de moins de 5 km; « Distance_rec_2 » = trajet de de 5 à moins de 10 km; « Distance_rec_3 » = trajet de 10 à moins de 15 km; « Distance_rec_4 » = trajet de 15 à moins de 25 km; « Distance_rec_5 » = trajet de plus de 25 km.

G. Annexe C : Longueurs du réseau routier par gestionnaire, réseau complet et réseau utilisé par les simulations Auto

Municipalité	Réseau Mun., en km	Réseau MTQ, en km	Réseau Mun. utilisé, en km	Réseau MTQ utilisé, en km
Beaupré	35,05	12,25	25,43	12,24
Boischatel	53,12	8,60	40,61	8,46
Château-Richer	68,62	27,12	49,20	24,94
L'Ange-Gardien	42,66	11,50	30,22	11,18
Sainte-Anne-de-Beaupré	31,69	8,70	15,69	7,92
Saint-Ferréol-les-Neiges	84,80	6,41	54,51	5,85
Saint-Joachim	19,95	9,31	17,86	9,31
Saint-Tite-des-Caps	50,77	24,26	20,85	19,65
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	4,27	13,37	4,09	13,16
Sainte-Pétronille	8,03	5,89	6,79	5,09
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	24,50	11,67	1,75	11,67
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	22,46	12,33	10,07	11,60
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	20,25	14,64	7,66	14,64
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	9,93	13,33	8,19	13,33
Fossambault-sur-le-Lac	35,44	0,87	18,68	0,86
Lac-Beauport	96,42	3,71	80,68	3,15
Lac-Delage	7,03	0,68	5,63	0,68
Lac-Saint-Joseph	16,12	0,00	16,11	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	100,85	6,48	71,47	6,48
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	73,08	25,84	58,18	25,76
Saint-Gabriel-de-Valcartier	80,12	20,73	29,69	20,73
Shannon	63,55	5,68	44,57	5,68
Stoneham-et-Tewkesbury	180,12	99,54	105,32	71,66
Lévis	989,14	266,43	801,25	214,17
L'Ancienne-Lorette	81,73	5,66	72,75	5,00
Québec	2 478,01	397,63	2 197,76	371,46
Saint-Augustin-de-Desmaures	166,08	59,89	131,14	29,05
Total CMQ	4 844	1 073	3 927	924

H. Annexe D : Longueurs des réseaux routiers retenues pour l'usage du mode Auto – une fois les km de voies bus et voies cyclables déduites, par gestionnaire

Municipalité	Réseau Mun. dédié au mode Auto, en km	Réseau MTQ dédié au mode Auto, en km
Beaupré	34	12
Boischatel	53	9
Château-Richer	68	27
L'Ange-Gardien	42	11
Sainte-Anne-de-Beaupré	31	9
Saint-Ferréol-les-Neiges	85	6
Saint-Joachim	20	9
Saint-Tite-des-Caps	51	24
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	4	13
Sainte-Pétronille	8	6
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	24	11
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	22	12
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	20	14
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	9	13
Fossambault-sur-le-Lac	35	1
Lac-Beauport	95	4
Lac-Delage	7	1
Lac-Saint-Joseph	16	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	100	6
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	72	26
Saint-Gabriel-de-Valcartier	80	21
Shannon	64	6
Stoneham-et-Tewkesbury	179	99
Lévis	970	261
L'Ancienne-Lorette	81	6
Québec	2 428	390
Saint-Augustin-de-Desmaures	162	58
Total CMQ	4 760	1 053

I. Annexe E : Budgets alloués pour les réseaux routiers par gestionnaire – 2017 et coûts par km (pour les largeurs de voie utilisées dans l'étude)

Municipalité	Réseau Mun., en \$	Réseau MTQ, en \$	Ct km réseau Mun., en \$	Ct km réseau MTQ, en \$
Beaupré	5 205 744	3 410 986	151 088	283 318
Boischatel	5 356 124	2 403 820	101 801	282 345
Château-Richer	3 269 614	7 674 555	48 129	285 875
L'Ange-Gardien	1 887 151	3 244 588	44 684	285 050
Sainte-Anne-de-Beaupré	2 381 555	2 364 303	76 039	275 011
Saint-Ferréol-les-Neiges	2 475 824	1 663 346	29 223	259 688
Saint-Joachim	1 057 661	2 614 722	53 640	283 960
Saint-Tite-des-Caps	1 019 736	6 000 129	20 086	247 287
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	337 711	3 754 325	84 510	300 233
Sainte-Pétronille	730 840	1 647 604	94 441	290 391
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	182 461	3 247 026	7 650	285 824
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	858 160	3 449 696	39 405	288 610
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	2 413 208	4 112 286	123 548	291 060
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	756 390	3 755 013	79 971	295 743
Fossambault-sur-le-Lac	2 654 003	240 074	75 047	277 472
Lac-Beauport	6 376 615	1 028 889	66 954	280 455
Lac-Delage	579 882	188 738	83 408	279 279
Lac-Saint-Joseph	453 196	-	28 119	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	7 333 331	1 797 756	73 164	278 984
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	7 531 747	7 276 683	103 936	283 974
Saint-Gabriel-de-Valcartier	2 570 572	5 775 455	32 083	278 665
Shannon	4 179 408	1 602 249	65 778	282 140
Stoneham-et-Tewkesbury	7 384 738	27 946 670	41 150	281 794
Lévis	146 840 796	73 667 973	151 435	282 053
L'Ancienne-Lorette	9 817 539	1 616 311	121 875	289 787
Québec	518 521 307	111 883 284	213 530	287 130
Saint-Augustin-de-Desmaures	15 835 861	16 833 884	97 773	288 237
Total et moyenne CMQ	758 011 174	299 200 366	159 242	284 072

J. Annexe F : Coûts au km, par type de voie, en \$

Type de voie	Ct au km, en \$
Locale - Mun	159 242
Collectrice - MTQ	228 467
Nationale - MTQ	238 467
Régionale et artère - MTQ	228 467
Autoroute - MTQ	295 667

K. Annexe G : Superficie des municipalités, prix total des terrains et prix du foncier au km²

Municipalité	Superficie, en km ²	Prix du foncier, en \$	Coût Foncier au km ²
Beaupré	23	140 588 334	6 206 990
Boischatel	20	341 370 400	17 111 298
Château-Richer	232	158 786 852	684 426
L'Ange-Gardien	53	127 937 824	2 430 430
Sainte-Anne-de-Beaupré	63	92 220 947	1 474 591
Saint-Ferréol-les-Neiges	84	210 712 400	2 503 415
Saint-Joachim	42	37 699 700	891 457
Saint-Tite-des-Caps	130	54 074 087	415 891
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	51	62 798 871	1 238 392
Sainte-Pétronille	4	74 104 668	17 153 858
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	29	70 586 145	2 437 367
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	43	127 661 930	2 936 782
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	35	154 137 708	4 422 890
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	32	90 091 798	2 791 813
Fossambault-sur-le-Lac	11	206 104 900	18 418 668
Lac-Beauport	62	528 539 938	8 493 330
Lac-Delage	2	37 955 396	24 175 411
Lac-Saint-Joseph	33	213 106 794	6 403 449
Sainte-Brigitte-de-Laval	107	260 663 655	2 430 430
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	120	300 962 881	2 514 100
Saint-Gabriel-de-Valcartier	435	118 791 750	272 884
Shannon	63	192 569 751	3 034 506
Stoneham-et-Tewkesbury	669	464 633 664	694 011
Lévis	447	6 726 945 900	15 032 617
L'Ancienne-Lorette	8	818 109 120	106 247 938
Québec	453	25 849 351 221	57 029 853
Saint-Augustin-de-Desmaures	86	1 150 806 002	13 406 407
Total et moyenne CMQ	3 339	38 611 312 636	11 565 017

L. Annexe H : Temps moyen de déplacement déclaré dans l'EOD2017, temps d'accès et de sortie du réseau, temps de parcours estimé, distance estimée.

Municipalité	Temps moyen total déclaré EOD, en min	Temps accès et de sortie, en min	Temps trajet moy, en min	Distance trajet moy, en km
Beaupré	45,41	6,18	29,23	25,57
Boischatel	43,34	10,67	27,16	9,81
Château-Richer	35,17	3,26	21,91	15,72
Sainte-Anne-de-Beaupré	87,92	4,39	73,53	45,58
Saint-Ferréol-les-Neiges	25,00	6,18	8,82	8,88
Saint-Joachim	20,00	6,18	3,82	2,67
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	5,00	7,48	(12,48)	6,33
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	30,00	7,48	12,52	14,99
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	8,72	7,48	(8,76)	9,92
Sainte-Brigitte-de-Laval	37,24	5,08	22,16	19,03
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	35,00	3,34	21,66	18,80
Saint-Gabriel-de-Valcartier	45,00	3,31	31,69	32,75
Stoneham-et-Tewkesbury	25,00	7,48	7,52	7,55
Lévis	36,87	7,45	19,42	14,19
L'Ancienne-Lorette	42,26	4,23	32,53	12,06
Québec	33,68	4,80	23,38	9,65
Saint-Augustin-de-Desmaures	45,17	3,89	35,79	15,45
Total et moyenne CMQ	35	6	21	16

M. Annexe I : Budgets municipaux estimés dédiés au transport collectif (TC), fréquentation théorique estimée des véhicules TC et répartition par municipalité des dépenses des quatre AOT, selon la fréquentation théorique, 2017

Municipalité	Budgets mun., en \$	fréquentation théorique, en nombre de personnes sur les tronçons	Dépenses estimées, en \$
Beaupré	61 112	38 926	90 362
Boischatel	127 322	158 000	366 780
Château-Richer	26 073	42 729	99 190
L'Ange-Gardien	13 773	28 621	66 440
Sainte-Anne-de-Beaupré	13 963	21 511	49 935
Saint-Ferréol-les-Neiges	5 893	4 599	10 676
Saint-Joachim	19 482	10 559	24 512
Saint-Tite-des-Caps	-	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	32 222	14 798	34 352
Sainte-Pétronille	36 064	5 736	13 315
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	172 882	13 994	32 486
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	103 105	18 060	41 924
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	50 852	25 151	58 385
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	13 805	19 392	45 016
Fossambault-sur-le-Lac	9 311	1 965	8 524
Lac-Beauport	105 565	83 171	360 754
Lac-Delage	9 972	3 115	13 510
Lac-Saint-Joseph	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	19 163	15 021	65 152
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	28 392	21 867	94 847
Saint-Gabriel-de-Valcartier	4 598	4 248	18 426
Shannon	-	-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	101 261	34 303	148 787
Lévis	4 533 499	4 060 324	27 404 691
L'Ancienne-Lorette	309 408	495 798	3 685 422
Québec	25 453 344	27 445 177	204 008 501
Saint-Augustin-de-Desmaures	813 161	512 030	3 806 077
Total CMQ	32 064 222	33 079 092	240 548 065

N. Annexe J : Distances moyennes estimées pour accéder au réseau et sortir du réseau de bus et coûts des bénéficiaires santé de marcher de l'origine à l'arrêt de bus le plus proche, par municipalité.

Municipalité	Distance de marche accès ou sortie du réseau de TC, en km	Coût caché – payeur - Santé, en \$	Coût interne – utilisateur - Santé, en \$
Beaupré	0,206	(0,406)	(0,187)
Boischatel	0,356	(0,701)	(0,323)
Château-Richer	0,217	(0,428)	(0,197)
L'Ange-Gardien	0,248	(0,489)	(0,226)
Sainte-Anne-de-Beaupré	0,195	(0,384)	(0,177)
Saint-Ferréol-les-Neiges	0,195	(0,384)	(0,177)
Saint-Joachim	0,195	(0,384)	(0,177)
Saint-Tite-des-Caps		-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	0,195	(0,384)	(0,177)
Sainte-Pétronille	0,195	(0,384)	(0,177)
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	0,195	(0,384)	(0,177)
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	0,249	(0,491)	(0,227)
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	0,195	(0,384)	(0,177)
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	0,211	(0,416)	(0,192)
Fossambault-sur-le-Lac	0,211	(0,415)	(0,192)
Lac-Beauport	0,352	(0,693)	(0,320)
Lac-Delage	0,195	(0,384)	(0,177)
Lac-Saint-Joseph		-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	0,169	(0,334)	(0,154)
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	0,111	(0,219)	(0,101)
Saint-Gabriel-de-Valcartier	0,110	(0,217)	(0,100)
Shannon		-	-
Stoneham-et-Tewkesbury	0,099	(0,195)	(0,090)
Lévis	0,160	(0,315)	(0,145)
L'Ancienne-Lorette	0,141	(0,278)	(0,128)
Québec	0,130	(0,255)	(0,118)
Saint-Augustin-de-Desmaures	0,146	(0,288)	(0,133)
Moyenne CMQ	0,19	(0,341)	(0,157)

O. Annexe K : Km annuels parcourus par les personnes, par mode, par municipalité.

Municipalité	Auto	Bus	Marche	Vélo
Beaupré	5 254 982	203 561	73 266	2 844
Boischatel	10 523 169	98 061	61 562	18 966
Château-Richer	17 565 069	109 802	26 821	920
L'Ange-Gardien	10 474 398	25 906	66 175	6 495
Sainte-Anne-de-Beaupré	7 194 915	195 917	38 999	-
Saint-Ferréol-les-Neiges	3 190 598	8 258	2 285	-
Saint-Joachim	2 011 607	-	8 943	-
Saint-Tite-des-Caps	1 263 895	3 744 677	3 641	-
Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	1 829 809	74 358	-	-
Sainte-Pétronille	362 972	58 368 035	6 590	-
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	294 443	430 002 015	-	-
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	717 853	7 090 291	29 323	-
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	3 216 078	46 309	20 709	-
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	6 328 807	113 176	14 594	-
Fossambault-sur-le-Lac	616 714	265 738	64 640	-
Lac-Beauport	6 076 386	94 026	35 335	-
Lac-Delage	226 700	14 649	14 347	-
Lac-Saint-Joseph	205 833	41 490	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	7 100 869	8 856	20 088	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	11 165 134	-	25 896	9 071
Saint-Gabriel-de-Valcartier	7 185 098	95 091	8 194	-
Shannon	5 570 544	26 205	17 068	16 239
Stoneham-et-Tewkesbury	11 873 430	60 912	28 195	-
Lévis	215 921 746	60 052	4 361 589	888 087
L'Ancienne-Lorette	19 099 786	-	379 021	139 276
Québec	844 556 409	-	74 760 441	4 383 795
Saint-Augustin-de-Desmaures	22 134 783	159 167	251 017	7 743
Total CMQ	1 221 962 032	500 906 553	80 318 739	5 473 436
%	66%	29,0%	4,4%	0,3%

P. Annexe L : Longueurs de réseau de voies cyclables, par type et par municipalité.

Municipalité	Bande cyclable, en km	Chaussée désignée, en km	Piste cyclable, en km	Accotement asphalté, en km
Beaupré	-	5	11	-
Boischatel	9	3	3	-
Château-Richer	-	12	-	-
L'Ange-Gardien	-	5	5	-
Sainte-Anne-de-Beaupré	-	5	1	-
Saint-Ferréol-les-Neiges	-	-	-	-
Saint-Joachim	-	11	-	-
Saint-Tite-des-Caps	-	-	-	-
Sainte-Famille-de-l'Île-	-	5	-	12
Sainte-Pétronille	-	7	-	1
Saint-François-de-l'Île-	-	1	-	11
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	-	7	-	9
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	-	7	-	10
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	-	5	-	9
Fossambault-sur-le-Lac	-	-	6	-
Lac-Beauport	6	1	3	-
Lac-Delage	-	-	1	-
Lac-Saint-Joseph	-	-	-	-
Sainte-Brigitte-de-Laval	7	-	3	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-	-	-	17	-
Saint-Gabriel-de-Valcartier	-	-	2	-
Shannon	1	-	11	-
Stoneham-et-Tewkesbury	2	-	-	-
Lévis	43	168	85	-
L'Ancienne-Lorette	6	-	1	-
Québec	169	67	155	-
Saint-Augustin-de-Desmaures	18	11	6	-
Total CMQ	261	320	310	52

Q. Annexe M : Cartes du coût total Auto et Bus, en IPJ

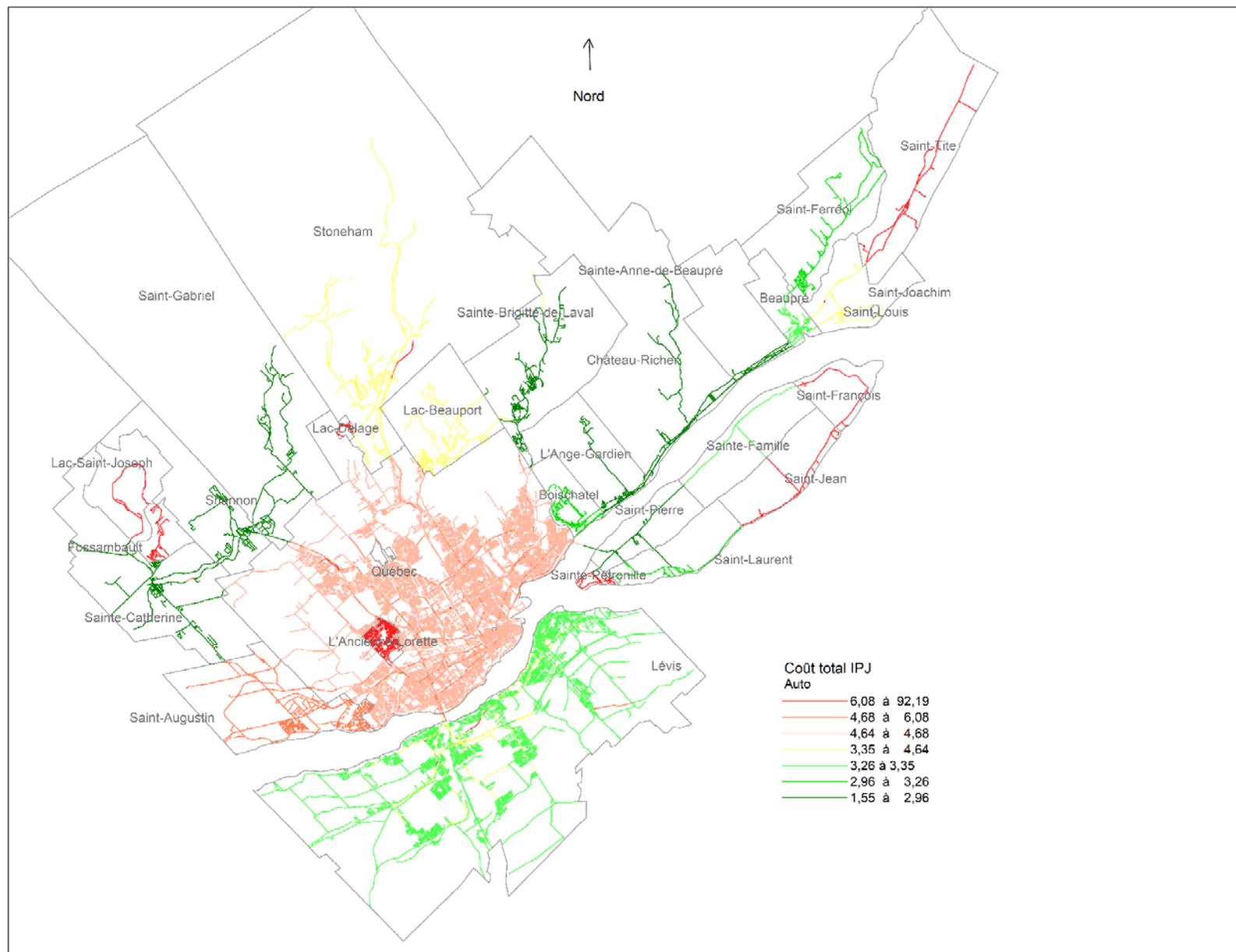


Figure 25 : Variation des coûts totaux – Auto en Inter-pointes Jour

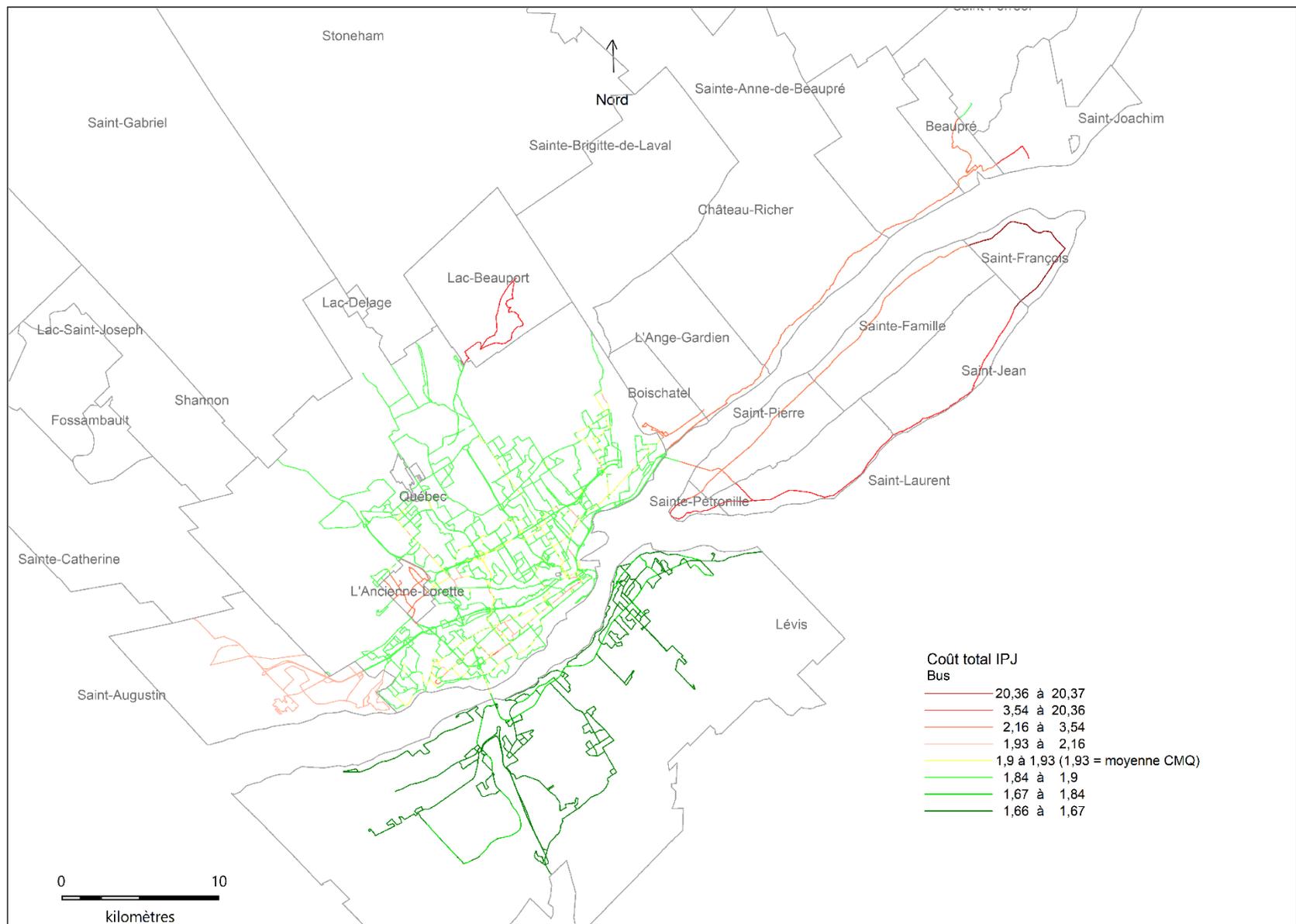


Figure 26 : Variation des coûts totaux – Bus en Inter-pointes Jour