

**Mandat 1 – Étude des usagers de l’autoroute Métropolitaine et recherche
documentaire sur les impacts des infrastructures vertes sur la mobilité**

Rapport de recherche

Présenté à l’ALLIUM

Par

Charlotte Lemieux (Polytechnique Montréal)

Geneviève Boisjoly (Polytechnique Montréal)

Juin 2022

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1 ANALYSE DES USAGERS DE L’AUTOROUTE MÉTROPOLITAINE	2
1.1 Données.....	2
1.2 Traitement préliminaire des données	3
1.3 Caractéristiques des usagers.....	5
1.4 Analyse des principaux flux de déplacement.....	12
1.5 Discussion	14
1.5.1 Lien avec l’étude réalisée à l’été 2021	14
1.5.2 Résidents et comportements de mobilité de la zone étudiée	17
1.5.3 Répartition de la pollution sonore et atmosphérique sur le territoire	18
2 PERSPECTIVE D’IMPLANTATION D’INFRASTRUCTURES VERTES.....	19
2.1 Perceptions et comportements des usagers	19
2.1.1 Études portant sur la marche	19
2.1.2 Étude portant sur le vélo.....	21
2.1.3 Études portant sur la marche et le vélo	21
2.2 Sécurité routière	23
2.3 Synergie entre les infrastructures vertes et la mobilité	25
CONCLUSION.....	27
REMERCIEMENTS.....	27
RÉFÉRENCES	28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Distribution des déplacements selon la route empruntée et la région d'origine	4
Tableau 2 Caractéristiques des usagers du tronçon à l'étude en fonction de la région du domicile	7
Tableau 3 Caractéristiques des ménages des usagers du tronçon à l'étude en fonction de la région du domicile	9
Tableau 4 Motifs des déplacements passant par le tronçon à l'étude en fonction de la région du domicile de l'individu	11
Tableau 5 Distribution des flux de déplacements selon l'origine et la destination pour les huit régions de l'EOD 2018	13

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Huit grandes régions d'analyse de l'EOD 2018.....	3
Figure 2 Distributions des distances parcourues sur le tronçon à l'étude pour les déplacements sur le boulevard Crémazie et ceux sur l'autoroute 40	4
Figure 3 Nombre d'usagers de l'A40 selon le lieu de domicile pour chacun des 113 secteurs municipaux de l'EOD 2018	5
Figure 4 Densité d'usagers selon le lieu de domicile dans les régions à proximité du tronçon à l'étude	6
Figure 5 Distribution des usagers selon le groupe d'âge pour les déplacements conducteurs et passagers.....	8
Figure 6 Distribution du revenu des ménages pour les usagers de l'A40 et l'EOD 2018.....	10
Figure 7 Distribution du motif du déplacement selon le sexe.....	12
Figure 8 Carte des flux qui représentent plus de 1 % des déplacements totaux	13
Figure 9 Densité d'usagers autour de la section de l'autoroute 40 entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin telle que présentée dans l'étude préliminaire	16
Figure 10 Schéma représentant la synergie entre végétation et mobilité active	26

INTRODUCTION

Inauguré en 1960, le boulevard Métropolitain qui forme maintenant l'autoroute 40 (A40) traverse plusieurs quartiers de l'île de Montréal. Aujourd'hui, les arrondissements bordés par cette infrastructure soulèvent plusieurs préoccupations qui touchent la population riveraine. Les arrondissements de Villeray – Saint-Michel – Parc-Extension et Ahuntsic – Cartierville ont notamment mentionné que l'A40, le boulevard Crémazie et la circulation de transit causent une augmentation de la pollution atmosphérique, visuelle et sonore, une augmentation de la circulation routière ainsi qu'une diminution de la sécurité et de la convivialité des déplacements des piétons et cyclistes (Ville de Montréal, 2005).

Pour remédier à ces problèmes, ces arrondissements proposent d'implanter des mesures d'apaisement de la circulation dans les rues résidentielles à proximité et aux abords de l'A40, d'implanter des mesures pour réduire le bruit et les poussières et d'intégrer des aménagements favorables aux transports en commun et aux transports actifs au niveau de l'A40 et de ses abords (Ville de Montréal, 2005).

C'est dans le cadre de l'annonce de la réfection de l'autoroute Métropolitaine en janvier 2020 par le ministère des Transports du Québec et, considérant les différentes préoccupations entourant cette infrastructure majeure, que l'Alliance pour l'Innovation dans les infrastructures urbaines de mobilité (Allium) nous a donné le mandat de :

- Analyser les caractéristiques des usagers de l'A40 entre les boulevards Marcel-Laurin et Provencher en utilisant les données de l'enquête Origine-Destination (EOD) de 2018;
- Effectuer une revue de littérature sur les perspectives d'implantation d'infrastructures vertes pour améliorer la mobilité dans ce secteur.

Ce rapport de recherche est un complément à l'étude préliminaire *Portrait du quartier, des résidents et de la mobilité autour de la section de l'autoroute 40 entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin* réalisée à l'été 2021 (Huynh et al., 2021).

1 ANALYSE DES USAGERS DE L'AUTOROUTE MÉTROPOLITAINE

Une analyse des déplacements simulés sur le tronçon de l'autoroute Métropolitaine entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin a été réalisée avec les données de l'enquête Origine-Destination 2018. Le but de l'analyse est de comprendre qui sont les usagers de l'A40 entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin. Cette section détaille la méthodologie et les résultats obtenus, soit les caractéristiques des usagers habitant la région métropolitaine de Montréal et les principaux flux de déplacements de ces usagers. Une discussion permet d'analyser les résultats obtenus en faisant le lien avec plusieurs études réalisées à Montréal dans les dernières années.

1.1 Données

Les données utilisées proviennent des résidents de la région métropolitaine de Montréal ayant répondu à l'enquête Origine-Destination 2018¹. En 2018, environ 74 000 ménages ont été interrogés afin d'évaluer les déplacements lors d'un jour moyen de la semaine pour tous les types de transport possibles (marche, vélo, bus, auto, etc.) (Autorité régionale de transport métropolitain [ARTM], 2022). Les données utilisées comprennent des caractéristiques sur les individus (âge, sexe et occupation), sur les ménages (localisation du domicile, nombre de personnes, nombre de véhicules et revenu) et sur les déplacements (motif, origine, destination et mode de transport). Pour l'ensemble des calculs, les facteurs de pondération de l'enquête sont utilisés pour représenter fidèlement la population de référence (Autorité régionale de transport métropolitain [ARTM], 2020). La version 18.2b4 de l'enquête OD 2018 a été utilisée pour analyser les usagers.

Pour la présente étude, seuls les déplacements en automobile de plus de 100 m sur le tronçon de l'A40 entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin sont considérés. Afin d'identifier les déplacements automobiles passant sur ce tronçon, les itinéraires ont été simulés à partir des points d'origine et de destination de chacun des déplacements réalisés en automobile selon la version 18.1bi de l'enquête OD 2018². Ces calculs ont été réalisés par la Chaire Mobilité de Polytechnique Montréal. L'itinéraire emprunté par chaque individu en voiture a été simulé en utilisant le réseau routier OpenStreetMap ainsi que le calculateur OSRM (Open Source Routing Machine) qui permettent de calculer les chemins les plus courts sur un réseau selon l'algorithme de Dijkstra. Les itinéraires obtenus ne correspondent pas aux chemins réellement utilisés par les répondants, mais plutôt à un itinéraire probable pour un déplacement basé sur la durée minimale pour se rendre à la destination. Afin de prendre en considération l'impact de la circulation sur les temps de parcours des tronçons routiers, les vitesses par défaut sur les tronçons (vitesses affichées) sont modifiées à partir de données de vitesses observées provenant d'une flotte de véhicules circulant dans la région de Montréal. Ainsi, pour chaque déplacement, le trajet emprunté est estimé par une affection tout-ou-rien en émettant l'hypothèse que l'individu emprunte le trajet le plus rapide selon la congestion

¹ Source : Enquête Origine-Destination 2018 de la région de Montréal version 18.2b4
Traitement : Charlotte Lemieux

² Source : Enquête Origine-Destination 2018 de la région de Montréal version 18.1bi
Traitement : Hubert Verreault, Chaire Mobilité

sur le réseau. Ce type d'affectation comprend certaines limitations puisqu'il modélise chaque trajet de façon indépendante et que le choix d'itinéraire d'un individu est influencé par d'autres critères que le temps de parcours. Par exemple, un individu peut préférer emprunter un chemin plus long pour éviter de passer sur des artères très achalandées.

1.2 Traitement préliminaire des données

Un traitement des données issues de la simulation a été fait sur le logiciel QGIS afin de distinguer les trajets empruntant l'A40 de ceux empruntant uniquement le boulevard Crémazie. Une analyse par région a aussi été réalisée, en fonction des régions définies par l'ARTM. La Figure 1 montre les huit régions d'analyse considérées dans cette étude. La distance parcourue sur le tronçon à l'étude a également pu être estimée.

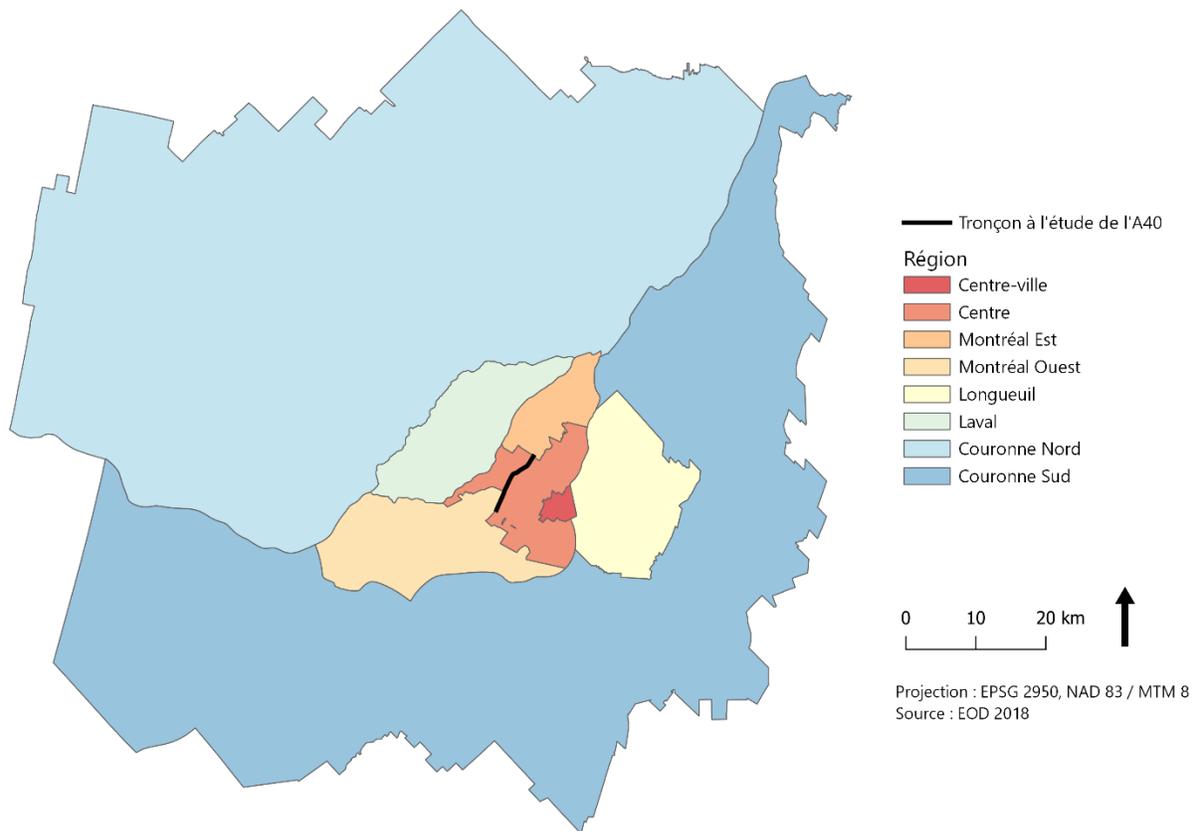


Figure 1 Huit grandes régions d'analyse de l'EOD 2018

Le Tableau 1 présente la distribution des déplacements pour les trajets passant uniquement par la voie de service (boulevard Crémazie) et ceux passant par l'A40 selon la région d'origine. 25,1 % des déplacements empruntent uniquement la voie de desserte alors que 74,9 % empruntent l'autoroute. Dans les deux cas, l'origine du déplacement se situe dans la région Centre pour plus de 50 % des déplacements. Cette région est traversée par le tronçon à l'étude.

Tableau 1 Distribution des déplacements selon la route empruntée et la région d'origine

Région d'origine	Crémazie			A40		
	N	N. pond.	Distribution	N	N. pond.	Distribution
Centre-ville	63	2 161	2,5 %	251	7 459	2,9 %
Centre	1 622	44 882	51,8 %	4 705	132 959	51,4 %
Montréal Est	351	10 692	12,3 %	863	25 449	9,8 %
Montréal Ouest	197	5 706	6,6 %	1 550	43 907	17,0 %
Longueuil	33	932	1,1 %	142	3 898	1,5 %
Laval	403	11 840	13,7 %	716	20 098	7,8 %
Couronne Nord	347	9 400	10,8 %	626	16 740	6,5 %
Couronne Sud	37	1 030	1,2 %	318	8 089	3,1 %

La Figure 2 montre la distribution des distances parcourues sur le tronçon à l'étude pour la voie de desserte et l'A40. Sur le boulevard Crémazie, 90 % des déplacements sont inférieurs à 2 km alors que 77 % des déplacements sur l'A40 sont supérieurs à 2 km. La distribution des distances sur l'A40 est assez variée. La majorité des déplacements de plus de 9 km proviennent des régions Montréal Est (3,6 %) ou Montréal Ouest (4,4 %) alors que ces déplacements représentent 12,4 % des déplacements sur l'A40.

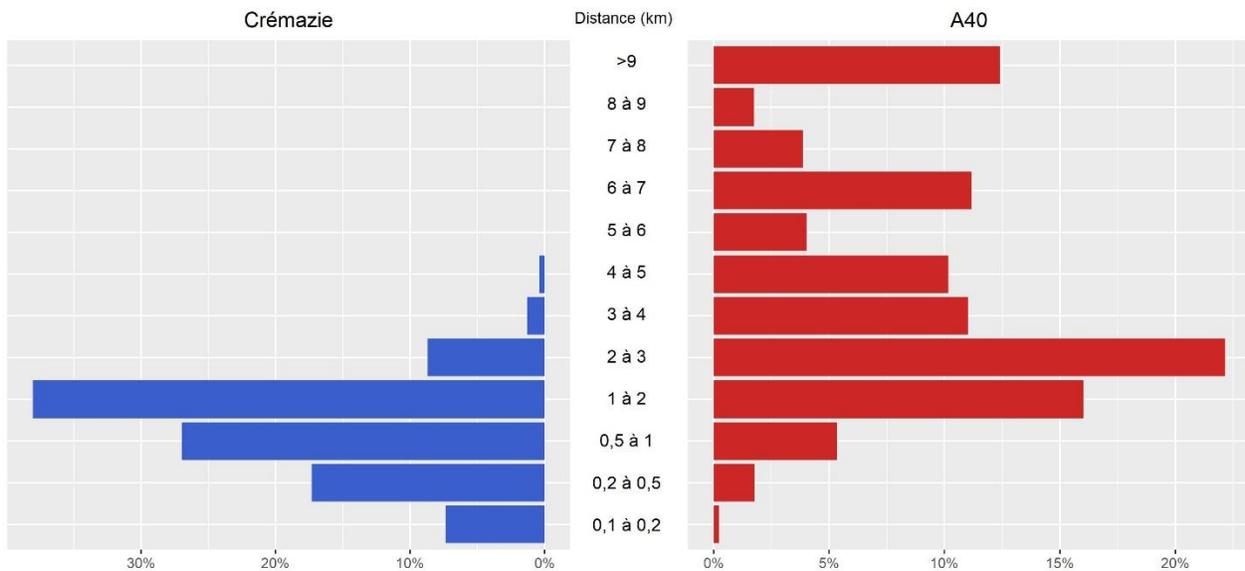


Figure 2 Distributions des distances parcourues sur le tronçon à l'étude pour les déplacements sur le boulevard Crémazie et ceux sur l'autoroute 40

Pour la suite de l'analyse, seuls les déplacements sur l'A40 sont conservés puisque la recherche s'intéresse à la réfection de cette infrastructure et à la possibilité de convertir l'autoroute en boulevard urbain. Ainsi, nous posons l'hypothèse que les impacts de la transformation de l'autoroute en matière de mobilité seront moindres pour les usagers de la voie de desserte. De plus, les 22 observations comprenant des distances inférieures à 200 m ont été retirées parce que certains de ces trajets peuvent correspondre à des trajets empruntant des viaducs et non l'A40. En effet, pour extraire les trajets passant sur le tronçon, une zone tampon de 100 m de largeur a été tracée sur l'autoroute. Cette zone tampon recoupe également des viaducs qui traversent l'autoroute et donc des trajets qui passent uniquement sur ces viaducs.

1.3 Caractéristiques des usagers

La présente section brosse le portrait des usagers de l'A40 entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin. Les données de l'EOD fournissent de l'information sur les caractéristiques sociodémographiques des usagers. Elles permettent également de regrouper les individus selon leur région de domicile. La Figure 3 montre le lieu de domicile des usagers pour les 113 secteurs municipaux de l'EOD 2018. La plupart des usagers sont concentrés à proximité du tronçon à l'étude. Les secteurs municipaux présentant le plus d'usagers sont Ahuntsic, Villeray et Saint-Léonard. Il y a tout de même trois secteurs à Laval qui comprennent un nombre important d'usagers (5000 à 7500 usagers). Ces trois secteurs sont liés à l'autoroute 40 par l'autoroute 15.

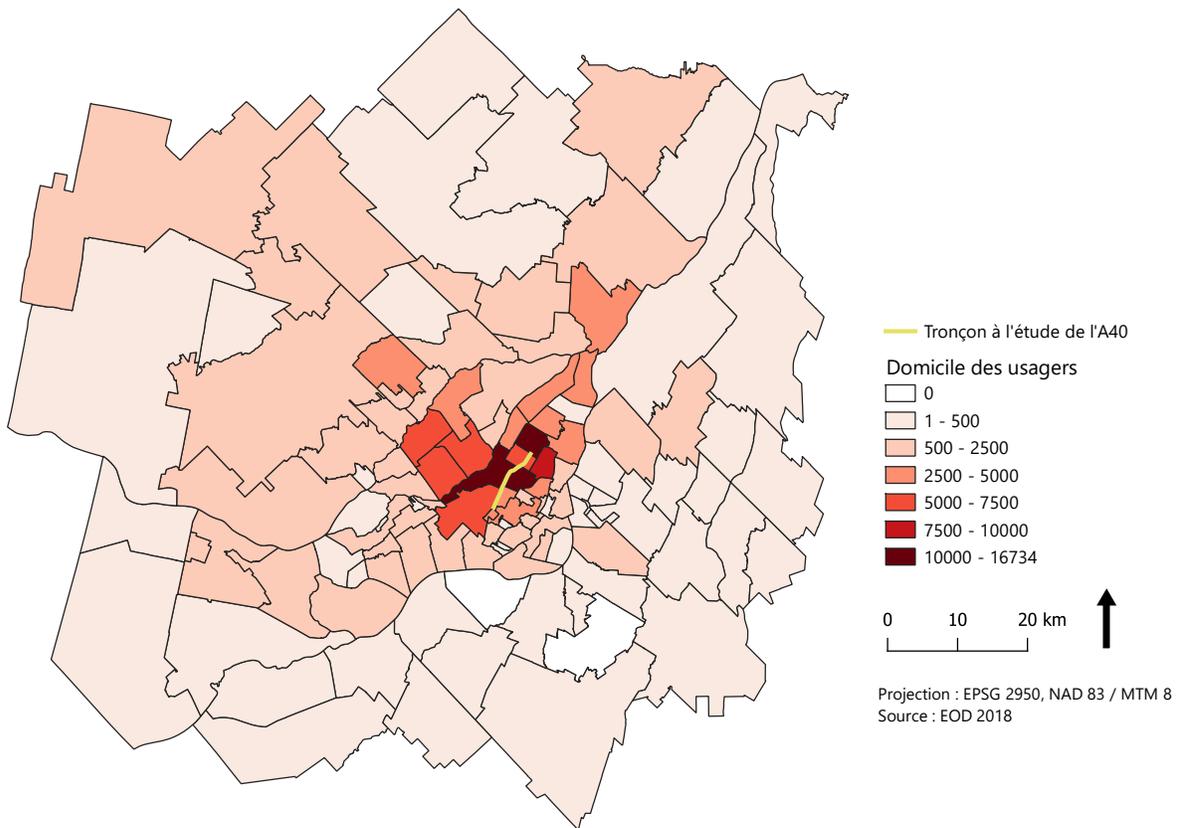


Figure 3 Nombre d'usagers de l'A40 selon le lieu de domicile pour chacun des 113 secteurs municipaux de l'EOD 2018

La Figure 4 permet d'illustrer la densité d'usagers dans les zones à proximité du tronçon à l'étude. Cette représentation montre bien que les usagers sont situés à proximité de l'autoroute principalement dans les quartiers adjacents le tronçon à l'étude, mais aussi dans les quartiers suivant le prolongement de l'A40 vers le nord-est de l'île de Montréal. La zone la plus dense se situe à proximité du métro Crémazie dans le quartier Villeray. Comme cette zone est située au milieu du tronçon étudié, il semble normal que la densité d'usagers soit plus grande. Une analyse plus approfondie des usagers des quartiers adjacents au tronçon à l'étude est faite à la section 1.5.

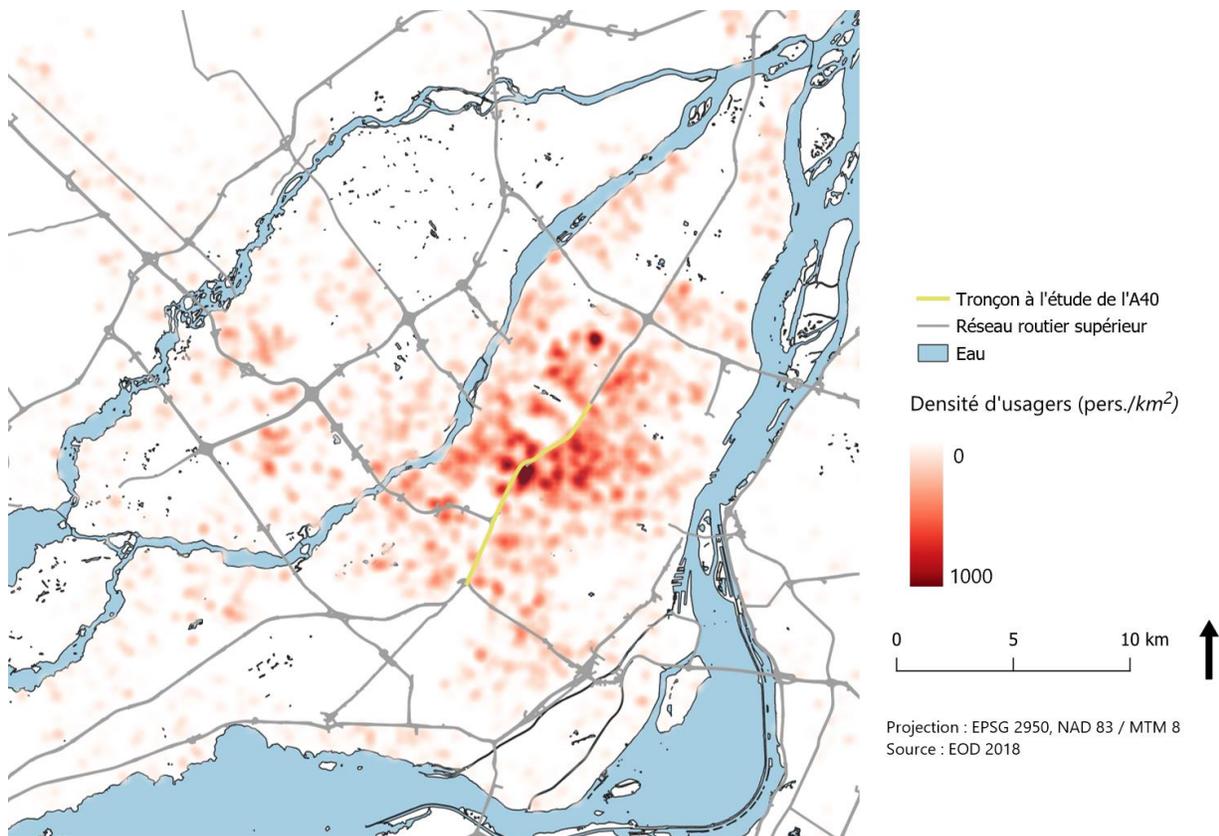


Figure 4 Densité d'usagers selon le lieu de domicile dans les régions à proximité du tronçon à l'étude

Le Tableau 2 montre les caractéristiques des usagers en fonction de la région du domicile pour les huit grandes régions présentées précédemment. Afin de mieux comprendre les résultats obtenus, les données des usagers de l'A40 sont comparées avec celles de l'ensemble des individus de l'EOD 2018.

D'abord, les résultats montrent que le lieu de domicile de 38,2 % des usagers se situe dans la région Centre, suivie des régions Couronne Nord (15,1 %), Laval (14,7 %), Montréal Est (14,0 %) et Montréal Ouest (10,8 %). Autrement, les régions Longueuil et Couronne Sud présentent une faible proportion des usagers. Les données pour la région Centre-ville comprennent seulement 33 observations non pondérées, donc les résultats ne peuvent pas être analysés avec confiance.

Pour l'ensemble des régions, la proportion d'hommes par rapport aux femmes est nettement supérieure avec 57,2 % d'hommes pour l'ensemble des régions en comparaison avec 48,9 % pour l'EOD 2018. Les régions plus éloignées présentent des écarts plus grands (Longueuil, Couronne Nord et Couronne Sud) que les autres régions.

Il y a très peu de jeunes de moins de 18 ans qui utilisent l'autoroute, ce qui peut être dû au fait qu'ils n'ont généralement pas de voiture. Les personnes âgées de 70 ans et plus sont également sous-représentées par rapport aux données de l'EOD 2018. Enfin, les 30 à 60 ans sont surreprésentés par rapport à l'EOD 2018, ce qui peut être expliqué par la forte proportion des travailleurs. En effet, les travailleurs à temps plein et à temps partiel représentent respectivement 70,9 et 5,0 % des usagers comparativement à 42,4 et 4,5 % pour l'EOD 2018.

Tableau 2 Caractéristiques des usagers du tronçon à l'étude en fonction de la région du domicile

	N. pond. A40	Centre- ville	Centre	Mtl Est	Mtl Ouest	Longueuil	Laval	Cour. Nord	Cour. Sud	A40 ¹	EOD 2018
Nombre d'individus	174 544	998	66 634	24 471	18 774	3 459	25 643	26 395	8 170	174 544	4 474 181
% par rangée	100,0	0,6	38,2	14,0	10,8	2,0	14,7	15,1	4,7	–	–
Sexe											
Homme	99 900	67,0	56,8	57,8	54,9	63,1	53,5	61,4	58,8	57,2	48,9
Femme	74 644	33,0	43,2	42,2	45,1	36,9	46,5	38,6	41,2	42,8	51,1
Groupe d'âge											
0 à 17 ans	4 837	–	3,4	3,2	2,8	0,7	2,3	1,9	1,2	2,8	20,0
18 à 29 ans	27 037	10,3	15,7	17,1	9,8	15,9	16,0	18,1	12,4	15,5	15,2
30 à 39 ans	34 914	31,7	22,3	17,6	20,7	12,8	17,1	18,1	23,3	20,0	13,8
40 à 49 ans	40 859	29,7	21,3	23,7	24,4	26,0	24,7	25,3	25,4	23,4	13,4
50 à 59 ans	36 013	11,7	18,2	22,3	19,3	25,9	24,5	21,3	23,2	20,6	14,7
60 à 69 ans	18 828	13,6	11,3	9,5	13,0	11,9	9,7	10,8	8,1	10,8	11,4
70 ans et plus	12 056	3,0	7,7	6,6	9,9	6,8	5,7	4,5	6,4	6,9	11,5
Occupation principale de la personne											
Travailleur à temps plein	123 837	83,1	67,9	71,6	67,6	79,1	74,0	74,1	77,1	70,9	42,4
Travailleur à temps partiel	8 667	8,0	5,3	4,8	6,7	2,1	5,1	3,7	3,3	5,0	4,5
Étudiant / élève	15 148	–	9,4	9,8	6,5	3,7	9,5	8,7	5,3	8,7	22,2
Retraité	20 566	4,6	13,6	9,8	14,6	11,3	8,6	10,3	12,2	11,8	19,7
Autre	3 842	4,2	2,4	2,4	2,4	1,5	1,8	2,0	1,4	2,2	3,0
À la maison	2 485	–	1,5	1,6	2,2	2,3	0,9	1,2	0,7	1,4	2,5
N/A - enfant ≤ 4 ans	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,6
Refus	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0

¹ L'A40 représente les usagers du tronçon de l'autoroute Métropolitaine entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin.

La Figure 5 montre la distribution des usagers conducteurs et passagers qui représentent respectivement 86,5 % et 13,5 % des usagers totaux. Comme attendu, une forte proportion des passagers sont des jeunes de moins de 18 ans qui ne possèdent généralement pas de permis de conduire. Il y a également une plus forte proportion de personnes âgées de 70 ans et plus chez les passagers que chez les conducteurs.

De plus, l'analyse des passagers montre que les femmes représentent 63,2 % des passagers. En regroupant les données par sexe, l'analyse montre que 8,7 % d'hommes sont des passagers alors que ce chiffre s'élève à 20,0 % pour les femmes.

Conducteurs (N. pond. = 150 901) Passagers (N. pond. = 23 643)

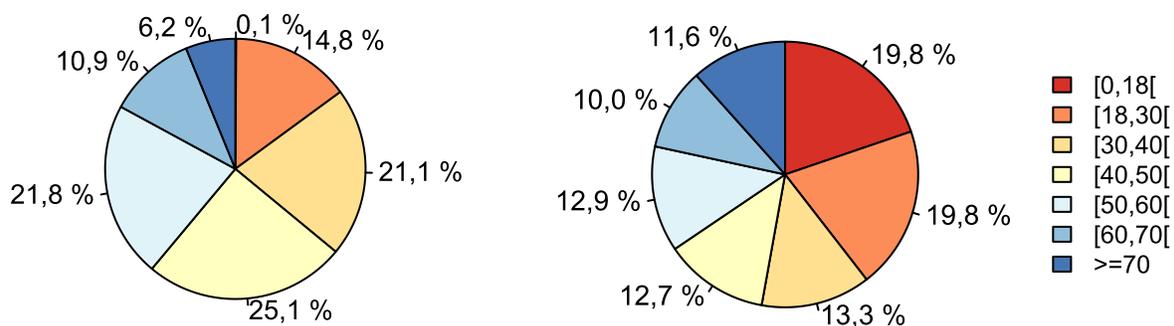


Figure 5 Distribution des usagers selon le groupe d'âge pour les déplacements conducteurs et passagers

Le Tableau 3 présente les caractéristiques de ménages des usagers du tronçon en fonction de la région du domicile. Encore une fois, il y a un nombre limité d'observations pour la région Centre-ville (N = 19). La région Centre est marquée par une forte proportion de ménage comprenant une seule personne (22,4 %) ou deux personnes (32,6 %), par rapport à l'ensemble des usagers de l'A40 dont les statistiques sont de 15,9 % pour une personne et 29,7 % pour 2 personnes. Par ailleurs, l'ensemble des ménages pour les usagers de l'A40 (sauf le Centre-ville) comprennent, en moyenne, plus d'individus en comparaison avec l'EOD 2018.

Le taux de possession automobile est plus élevé pour les usagers de l'A40, ce qui était attendu considérant que les déplacements analysés sont tous effectués en voiture. Les régions plus éloignées du centre-ville de Montréal ont des taux de possession automobile plus élevés que celles situées près du centre-ville.

Tableau 3 Caractéristiques des ménages des usagers du tronçon à l'étude en fonction de la région du domicile

	N. pond. A40	Centre- ville	Centre	Mtl Est	Mtl Ouest	Longueuil	Laval	Cour. Nord	Cour. Sud	A40 ¹	EOD 2018
Nombre de ménages	141 884	953	53 646	18 797	15 366	3 095	20 452	22 642	6 935	141 884	1 890 425
% par rangée	100,0	0,7	37,8	13,2	10,8	2,2	14,4	16,0	4,9	–	–
Nombre de personnes par ménage											
1 personne	22 584	47,3	22,4	12,2	13,2	12,8	10,3	11,3	10,8	15,9	33,0
2 personnes	42 126	25,9	32,6	26,2	28,4	26,1	27,2	29,3	30,2	29,7	32,5
3 personnes	30 005	10,5	19,2	23,3	21,6	25,4	21,7	22,8	21,4	21,1	14,8
4 personnes	32 345	11,2	17,8	29,0	23,9	23,0	26,9	24,4	26,3	22,8	13,8
5 personnes	11 648	2,8	6,4	7,5	10,8	10,0	11,2	8,3	9,6	8,2	4,6
Plus de 5 personnes	3 177	2,3	1,6	1,9	2,1	2,7	2,7	3,8	1,7	2,2	1,4
Possession automobile											
sans voiture	2 139	–	3,3	1,4	0,3	–	0,3	0,1	0,2	1,5	16,7
1 voiture	57 261	57,6	58,4	39,9	36,6	28,9	27,6	20,0	16,9	40,4	43,0
2 voitures	59 086	37,7	32,2	42,2	47,0	47,2	46,3	51,2	54,6	41,6	30,2
3 voitures	16 877	4,6	4,6	12,9	12,7	17,9	19,3	19,2	16,9	11,9	7,3
plus de 3 voitures	6 520	–	1,5	3,7	3,4	5,9	6,6	9,5	11,3	4,6	2,9
Revenu du ménage											
Moins de 30 000\$	9 254	7,8	9,2	9,0	4,4	1,9	3,3	4,1	3,4	6,5	16,0
Entre 30 000\$ et 59 999\$	25 690	8,6	19,1	21,8	18,9	16,8	18,6	13,8	13,5	18,1	21,6
Entre 60 000\$ et 89 999\$	24 635	23,1	17,0	19,3	15,0	9,3	17,1	18,2	20,8	17,4	16,0
Entre 90 000\$ et 119 999\$	23 691	16,7	16,4	13,8	14,0	16,5	17,0	19,9	21,1	16,7	11,3
120 000\$ et plus	31 924	25,7	21,0	15,2	26,3	29,8	23,3	26,8	25,2	22,5	13,0
Refus	26 691	18,1	17,3	20,9	21,3	25,7	20,8	17,2	16,0	18,8	22,1

¹ L'A40 représente les usagers du tronçon de l'autoroute Métropolitaine entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin.

Enfin, la distribution du revenu montre que les ménages ont un revenu plus élevé pour les usagers de l'A40 que la population générale de l'EOD 2018. La Figure 6 illustre la distribution pour l'A40 et l'EOD 2018 seulement pour les ménages qui ont accepté de révéler leur revenu, environ 80 % des gens. Il y a un écart négatif de 9,5 % pour la classe de revenu inférieur à 30 000\$ et un écart positif de 9,5 % pour la classe de revenu de 120 000\$ et plus en faveur des usagers de l'A40.

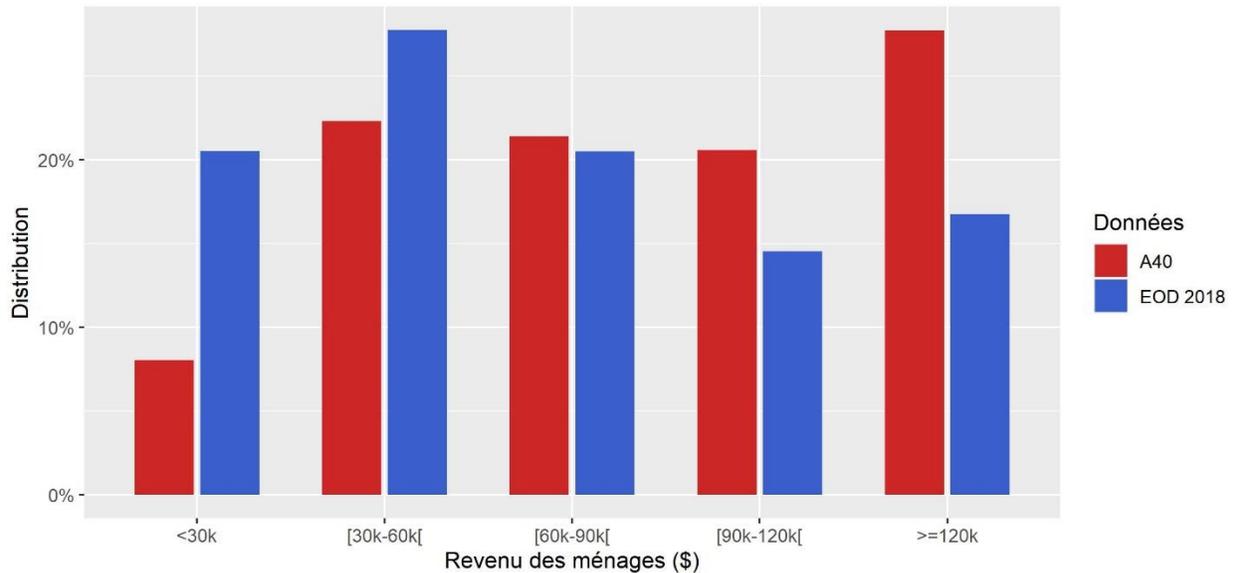


Figure 6 Distribution du revenu des ménages pour les usagers de l'A40 et l'EOD 2018

Le Tableau 4 présente les motifs des déplacements passant par le tronçon à l'étude pour les huit grandes régions de l'EOD. Outre le motif retour au domicile, le motif dominant est le travail avec une surreprésentation par rapport à l'EOD 2018. Ceci coïncide avec la forte proportion de travailleurs parmi les usagers.

Tableau 4 Motifs des déplacements passant par le tronçon à l'étude en fonction de la région du domicile de l'individu

	N. pond. A40	Centre- ville	Centre	Mtl Est	Mtl Ouest	Longueuil	Laval	Cour. Nord	Cour. Sud	A40 ¹	EOD2018
Nombre de déplacements	257 985	1 287	102 993	37 810	29 277	4 862	34 243	35 035	12 478	257 985	9 474 643
% par rangée	100,0	0,5	39,9	14,7	11,3	1,9	13,3	13,6	4,8	–	–
Motif du déplacement											
Travail	72 733	22,3	28,7	28,0	31,7	32,4	21,4	27,7	35,6	28,2	18,0
RDV d'affaire	4 638	2,2	1,9	0,8	2,8	4,1	0,9	2,3	1,4	1,8	1,0
École	5 049	–	2,0	2,3	1,9	0,5	2,0	2,0	1,5	2,0	9,2
Magasinage	14 305	4,6	8,0	3,6	5,2	4,9	3,2	2,9	6,2	5,5	8,3
Loisir	11 242	8,6	5,1	2,8	5,0	5,5	4,2	3,1	4,6	4,4	5,8
Visite	7 077	4,3	2,9	1,0	4,3	2,4	2,5	3,1	2,6	2,7	2,1
Santé	4 505	–	1,8	1,2	2,2	0,7	2,1	1,6	2,0	1,7	1,6
Reconduire/Chercher quelqu'un	14 435	4,4	5,5	7,5	4,7	7,3	6,4	3,5	5,7	5,6	7,0
Retour	117 584	40,6	41,4	50,6	39,5	37,3	55,8	51,7	37,6	45,6	43,7
Autre	6 190	13,0	2,6	2,2	2,6	5,0	1,5	2,0	2,6	2,4	3,2
Indéterminé	227	–	0,1	0,1	–	–	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

¹ L'A40 représente les usagers du tronçon de l'autoroute Métropolitaine entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin.

La Figure 7 illustre les motifs de déplacement pour le tronçon à l'étude en fonction du sexe en excluant les motifs Retour et Indéterminé. L'axe des abscisses indique la proportion selon le sexe alors que l'axe des ordonnées indique la proportion pour chaque motif de déplacement. Il y a une plus grande proportion des déplacements des hommes pour le motif Travail (57,2 % contre 44,5 % pour les femmes). Autrement, la proportion des déplacements pour les motifs Magasinage est de 13,3 % pour les femmes contre 8,0 % pour les hommes.

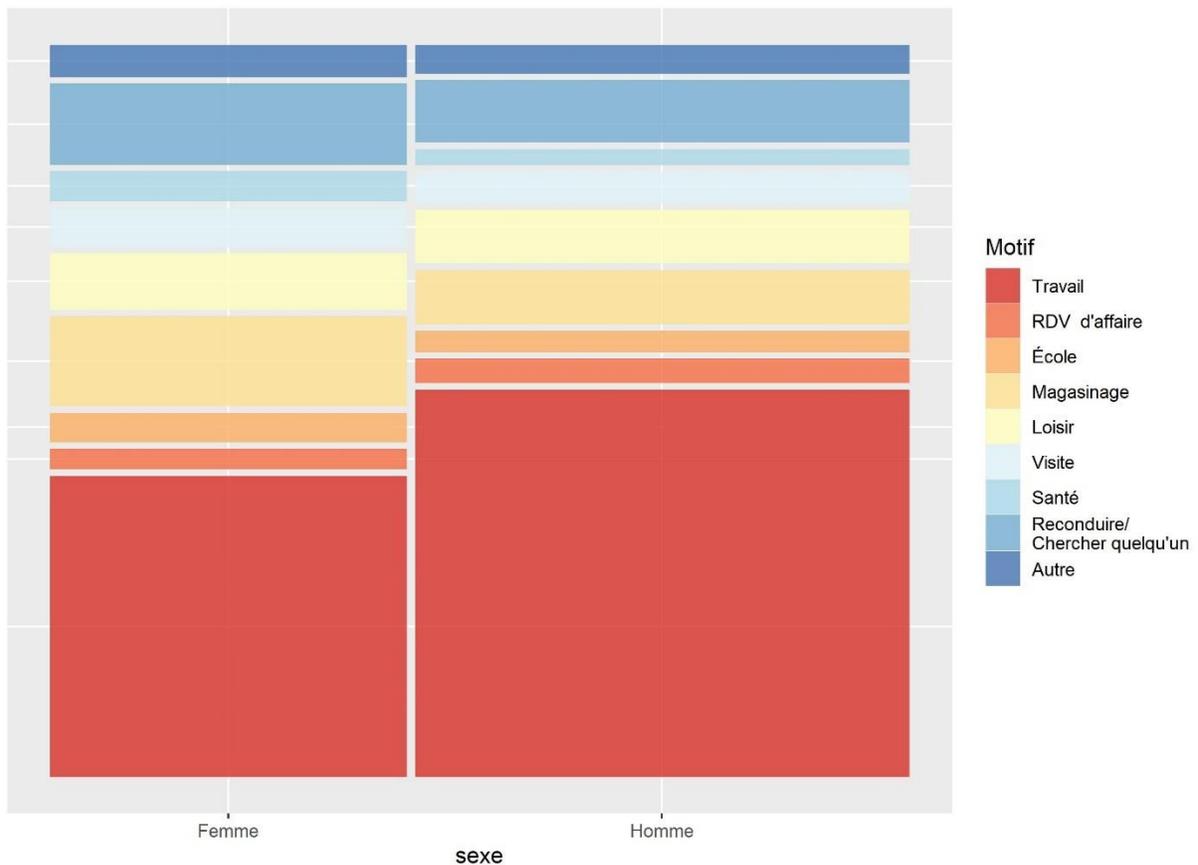


Figure 7 Distribution du motif du déplacement selon le sexe

1.4 Analyse des principaux flux de déplacement

La présente section détaille les principaux flux de déplacements des usagers du tronçon entre les huit grandes régions de l'EOD 2018. La Figure 8 montre les flux qui représentent plus de 1 % des déplacements totaux pour les huit régions. Les flux de déplacements entre deux régions ont été groupés de sorte que chaque flèche représente le nombre de déplacements entre deux régions sans tenir compte du sens du déplacement. Par exemple, 18,0 % des déplacements sont effectués entre les régions Centre et Montréal Ouest. Les autres flux dominants sont entre les régions Laval et Centre (13,6 %), Montréal Est et Centre (12,9 %) ainsi que Couronne Nord et Centre (11,5 %). Les déplacements intrazonaux sont également présentés dans la légende. Les déplacements au sein de la région Centre représentent 15,7 % des déplacements totaux. Ainsi, les principaux flux sont, soit à l'origine ou à destination de la région Centre.

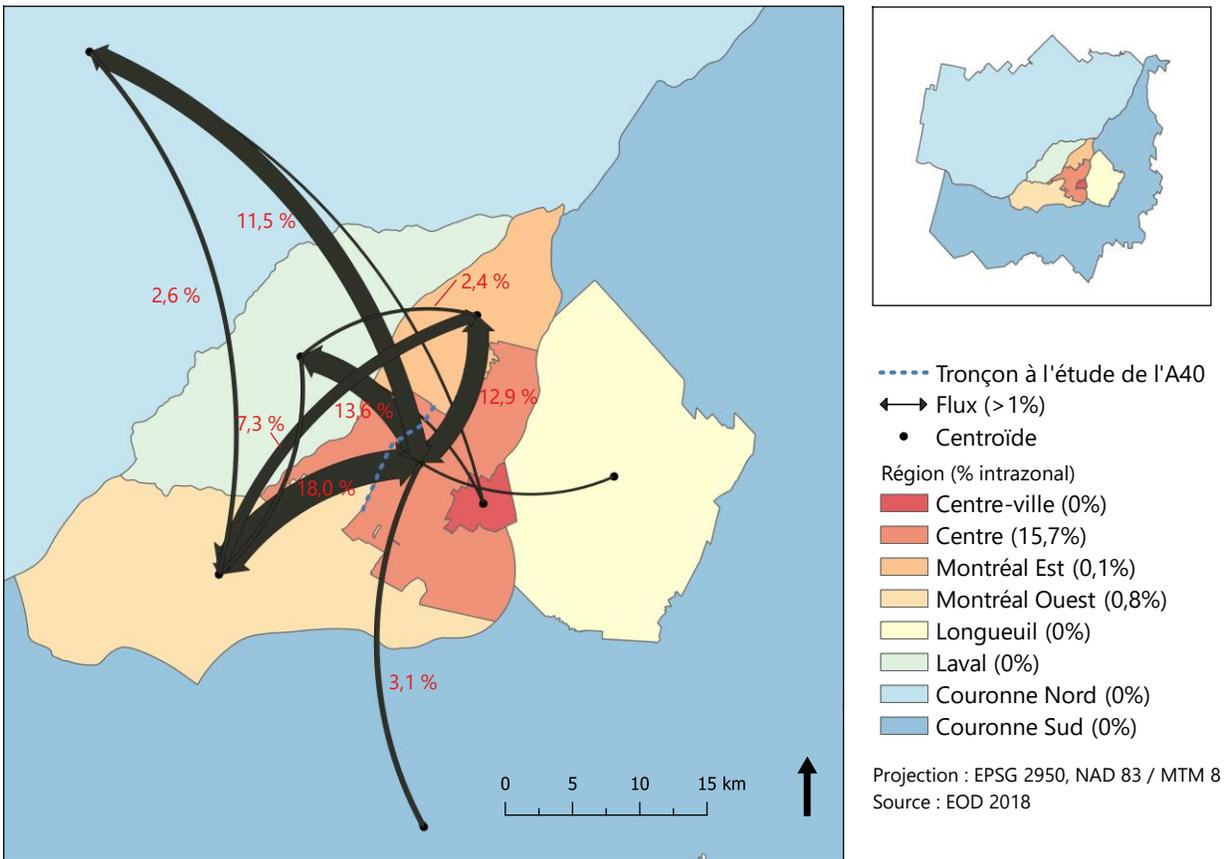


Figure 8 Carte des flux qui représentent plus de 1 % des déplacements totaux

Le Tableau 5 montre la distribution des flux de déplacements des usagers du tronçon selon l'origine et la destination. Les flux les plus importants sont marqués par une teinte rouge plus prononcée. Pour les flux impliquant la région Centre, une plus grande proportion des déplacements sont à l'origine plutôt qu'à destination de cette région, ce qui montre que cette région génère plus de déplacements sur le tronçon qu'elle n'en attire. Cette affirmation est vraie pour tous les flux avec la région Centre, sauf le flux entre Montréal Ouest et Centre.

Tableau 5 Distribution des flux de déplacements selon l'origine et la destination pour les huit régions de l'EOD 2018

Dest. Origine	Centre-ville	Centre	MTL Est	MTL Ouest	Longueuil	Laval	Cour. Nord	Cour. Sud	Total
Centre-ville	-	0,4 %	0,3 %	0,1 %	-	1,1 %	1,0 %	-	2,9 %
Centre	0,1 %	15,7 %	8,6 %	8,5 %	0,7 %	8,8 %	7,5 %	1,4 %	51,4 %
MTL Est	0,1 %	4,3 %	0,1 %	3,7 %	0,0 %	1,0 %	0,2 %	0,4 %	9,8 %
MTL Ouest	0,1 %	9,5 %	3,6 %	0,8 %	0,3 %	1,2 %	1,1 %	0,4 %	17,0 %
Longueuil	-	0,6 %	0,0 %	0,3 %	-	0,4 %	0,2 %	-	1,5 %
Laval	0,3 %	4,9 %	0,8 %	1,2 %	0,3 %	0,0 %	-	0,3 %	7,8 %
Cour. Nord	0,4 %	4,0 %	0,3 %	1,5 %	0,2 %	-	0,0	0,1 %	6,5 %
Cour. Sud	-	1,7 %	0,5 %	0,3 %	0,0 %	0,3 %	0,2 %	0,0 %	3,1 %
Total	1,0 %	41,0 %	14,2 %	16,4 %	1,5 %	12,7 %	10,3 %	2,8 %	100,0 %

1.5 Discussion

Cette section vise à analyser les résultats de la présente recherche en regard de plusieurs études réalisées à Montréal dans les dernières années. D'abord, des liens sont établis entre le rapport sur les riverains du tronçon de l'A40 à l'étude réalisée par Huynh et al. à l'été 2021 et le présent rapport. Puis, les besoins des résidents de l'ARTM évoqués dans diverses études et les comportements de mobilité pour la zone étudiée sont comparés. Enfin, des considérations environnementales relatives à la zone d'étude sont soulevées.

1.5.1 Lien avec l'étude réalisée à l'été 2021

À l'été 2021, l'Allium avait mandaté des étudiants de Polytechnique Montréal sous la supervision de la professeure Geneviève Boisjoly pour brosser un portrait de la population, du territoire et de la mobilité dans les quartiers avoisinants le tronçon de l'A40 entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin (Huynh et al., 2021). Cette recherche s'intéresse à la population riveraine située dans une zone tampon de 300 à 800 m de part et d'autre du tronçon. L'étude compare la population riveraine avec une population de référence constituée des districts Ahuntsic, Bordeaux-Cartierville, Côte-de-Liesse, François-Perreault, Mont-Royal, Norman-McLaren, Parc-Extension, Saint-Michel, Saint-Sulpice, Sault-au-Récollet et Villaray, mais excluant les riverains de l'autoroute 15 située dans une zone tampon similaire à celle utilisée pour l'autoroute 40. Les faits saillants sont présentés ci-après.

Occupation du territoire :

- Les zones industrielles et commerciales du territoire de référence sont majoritairement situées le long de l'A40.
- Il y a plus de 20 écoles primaires ou secondaires situées à moins de 500 m de l'autoroute. Les élèves de ces écoles peuvent être exposés à la pollution atmosphérique et sonore causée par l'autoroute.
- Plusieurs pistes cyclables sont discontinues au niveau de l'autoroute alors que seulement trois pistes traversent l'autoroute.
- Les piétons doivent effectuer des détours pour traverser l'autoroute et plusieurs intersections présentent des enjeux de sécurité dus, notamment, à l'absence de feux de piétons.

Population riveraine :

- Les personnes vivant dans un ménage avec un revenu plus faible ont moins de chance de posséder un permis de conduire que celles vivant dans un ménage à revenu plus élevé. Pour les riverains à moins de 300 m de l'autoroute, le taux de possession d'un permis est de 0,52 pour les personnes vivant dans un ménage avec un revenu de moins de 30 000\$ et 0,95 pour un revenu de 150 000\$ et plus.

- Les immigrants sont concentrés dans les districts Norman McLaren, Côte-de-Liesse, Bordeaux-Cartierville, Parc-Extension et Saint-Michel. La proportion d'immigrants augmente pour les aires de diffusion plus près de l'autoroute.
- Pour les ménages situés à moins de 300 m de l'autoroute, 25,83 % ont un revenu médian de moins de 30 000\$ comparativement à 21,23 % pour la population de référence.

Mobilité :

- Pour une zone tampon de 800 m, la proportion d'automobilistes conducteurs augmente légèrement en s'approchant de l'autoroute.
- La part modale des transports actifs (marche et vélo) est de 15,98 %, 18,31 % et 17,16 % pour les distances de 300, 500 et 800 m par rapport à une moyenne de 19,63 % pour la population de référence.
- Le transport en commun est le mode le plus utilisé par les personnes vivant dans un ménage avec un revenu inférieur à 30 000\$.
- Le taux de mobilité des personnes de 85 ans et plus est de 2,08 déplacements par jour pour la population riveraine (à moins de 500 m de l'autoroute) en comparaison à 2,34 pour la population de référence. Pour les autres tranches d'âge, l'écart est assez faible.
- Le motif de déplacements le plus fréquent après le motif Retour au domicile est le Travail qui représente environ 17 % des déplacements des populations riveraines et de référence. Pour les déplacements sur l'A40 étudiés dans le présent rapport, ce motif représentait 28,2 % des déplacements.
- Les déplacements traversant l'autoroute sont majoritairement effectués en automobile avec une moyenne de 1,04 traversée/jour par personne, suivi des déplacements en transport en commun avec 0,65 traversée/jour, à vélo avec 0,61 traversée/jour et à la marche avec 0,25 traversée/jour.

Déplacements intrazonaux dans la zone tampon de 500 m

- Les parts modales de ces déplacements sont : 48 % marche, 34 % auto-conducteur, 9 % auto-passager, 7 % transport en commun et 1 % vélo.
- Les motifs de ces déplacements sont : 45 % Retour, 17 % Autre, 12 % École, 12 % Magasinage, 8 % Travail et 6 % Loisir.

En plus de ces constats, l'analyse faite dans le présent rapport à la section 1.3 permet de déterminer le lieu de domicile des usagers de l'A40 pour le tronçon à l'étude. La Figure 9 présente la densité d'usagers selon le lieu de domicile pour la région d'analyse utilisée dans le rapport de Huynh et al. (2021). La densité d'usagers est beaucoup plus forte dans les districts Villeray, François-Perreault et Saint-Sulpice en regardant seulement les secteurs résidentiels. Le rapport préliminaire de Huynh et al. (2021) ne relève pas de particularités pour ces secteurs. Mis à part le district Villeray, il n'y a pas une prépondérance des usagers dans la zone tampon

de 500 m par rapport au reste du district. Cela suppose que ceux qui subissent les répercussions de l'autoroute ne sont pas forcément les usagers.

De plus, les districts Norman McLaren, Côte-de-Liesse, Bordeaux-Cartierville et Parc-Extension ont une faible densité d'usagers. L'étude préliminaire a permis d'identifier que ces secteurs présentent une forte proportion d'immigrants par rapport à l'ensemble du territoire.

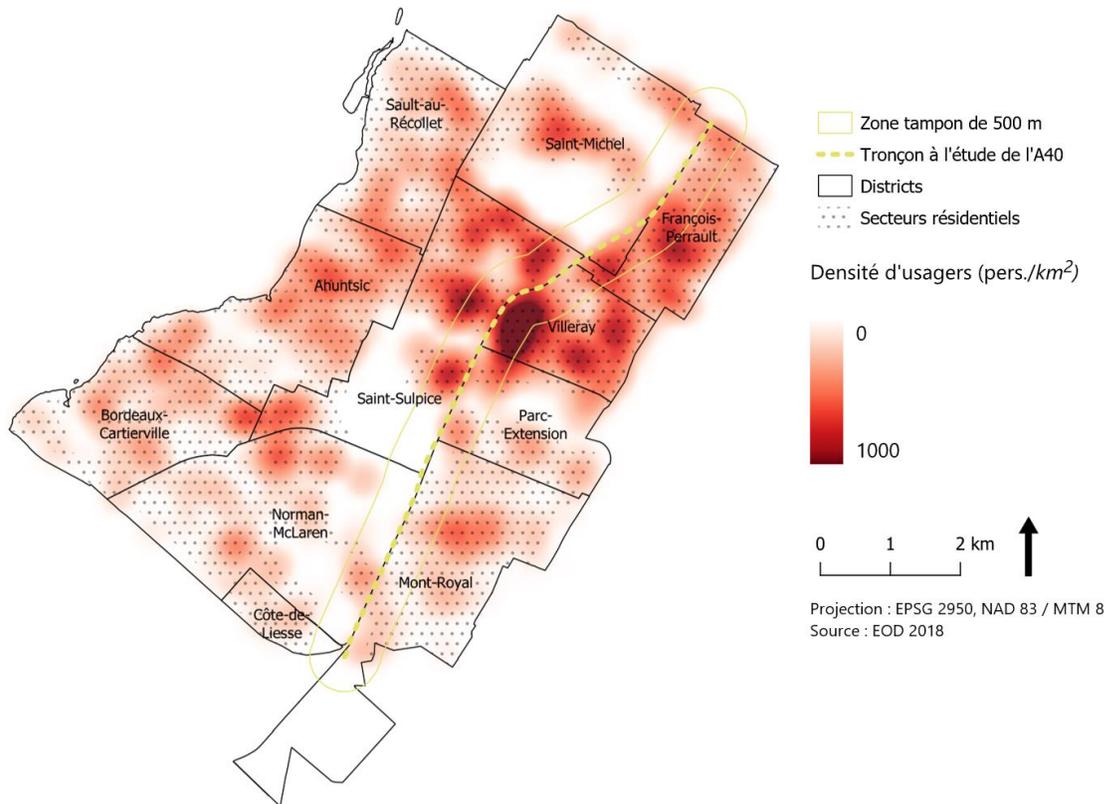


Figure 9 Densité d'usagers autour de la section de l'autoroute 40 entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin telle que présentée dans l'étude préliminaire

Bien que cette analyse ne soit pas exhaustive, elle permet de souligner que la présence de l'A40 entre les boulevards Marcel-Laurin et Provencher ne semble pas bénéficier aux plus vulnérables comme les personnes à faible revenu, les immigrants, les jeunes ou les personnes âgées. De plus, le présent rapport a démontré que seulement 42,8 % des usagers de ce tronçon de l'A40 sont des femmes alors qu'elles représentent 51,1 % des individus de l'ensemble de l'EOD 2018. Les jeunes, les personnes âgées, les personnes à faible revenu ainsi que les personnes dont l'occupation principale n'est pas le travail sont également sous-représentés par rapport à l'ensemble de l'EOD 2018. Dans une perspective d'équité, il serait judicieux de revaloriser cette infrastructure pour mieux répondre aux besoins des plus vulnérables. La prochaine section traite de différents enjeux liés à la mobilité à Montréal pour comprendre les besoins et préoccupations de la population.

1.5.2 Résidents et comportements de mobilité de la zone étudiée

Plusieurs recherches étudiant les résidents de l'ARTM ont soulevé les impacts de certaines politiques et les besoins des résidents en s'attardant plus spécifiquement aux populations plus vulnérables. L'étude de Lachapelle et Boisjoly (2022) révèle que les politiques de développement du réseau autoroutier visant principalement à réduire le trafic aux heures de pointe ne bénéficient pas équitablement aux personnes issues de différents groupes de revenu. L'étude s'intéresse aux déplacements de l'EOD 2013 et montre que des investissements dans l'amélioration du réseau autoroutier dans la région métropolitaine de Montréal ne bénéficient pas autant aux personnes dans des ménages à faible revenu (revenu inférieur à 30 000\$) qu'aux personnes dans des groupes de revenu supérieur à 30 000\$. Les personnes à faible revenu utilisent généralement moins la voiture comme mode de transport et les travailleurs à faible revenu se déplacent moins durant les heures de pointe en raison de leur horaire de travail atypique. Le rapport de recherche de Lachapelle et al. (2020), qui analyse aussi les données de l'EOD 2013, indique que les ménages à faible revenu sont plus souvent composés de femmes, de personnes plus âgées, issues de ménage à une personne et ne possédant pas d'emploi. De plus, les personnes à faible revenu parcourent généralement de moins longues distances donc ils sont moins exposés à la congestion (Lachapelle & Boisjoly, 2022). Une analyse de la différence du temps de parcours pour des déplacements pendant l'heure de pointe et des déplacements considérant une congestion nulle a montré que le gain de temps est moindre pour le groupe de revenu inférieur à 30 000\$.

Concernant les caractéristiques des usagers du tronçon de l'A40 entre les boulevards Marcel-Laurin et Provencher analysées à la section 1.3, 16,0 % des ménages de l'EOD 2018 ont déclaré avoir un revenu inférieur à 30 000\$ alors que la proportion des ménages qui utilisent le tronçon de l'A40 est de seulement 6,5 %. À l'inverse, il y avait une forte proportion de ménage avec un revenu supérieur à 120 000\$ qui utilisent le tronçon. De plus, l'analyse a montré que seulement 42,8 % des usagers sont des femmes. Ces constats confirment que cette infrastructure ne profite pas également à tous les groupes.

Pour mieux répondre aux besoins des personnes en situation de précarité, le rapport de Lachapelle et al. (2020) recommande notamment d'améliorer l'offre de transport en commun hors pointe et de mieux connecter les artères commerciales avec les zones de résidence concentrant des ménages à faible revenu. Une augmentation de la vitesse des lignes d'autobus est aussi souhaitable. Dans cette perspective, il serait pertinent d'analyser si le réaménagement de l'A40 peut s'arrimer avec la mise en place de telles mesures. Sachant que les individus issus de ménage à faible revenu utilisent davantage les transports actifs notamment la marche pour accéder à des emplois à proximité du lieu de résidence (Lachapelle et al., 2020), il serait pertinent d'analyser si la présence de l'autoroute nuit aux déplacements à la marche entre des zones de résidence à faible revenu et des emplois précaires qui sont situés de part et d'autre de l'autoroute.

1.5.3 Répartition de la pollution sonore et atmosphérique sur le territoire

Deux études se sont intéressées aux effets de la pollution sonore et atmosphérique causée par la circulation routière à Montréal. Carrier et al. (2016) ont analysé si les impacts de la pollution sonore due à la circulation routière à Montréal affectent davantage les plus vulnérables. Le territoire étudié comprend une partie de l'île de Montréal, dont les arrondissements Villeray – Saint-Michel – Parc-Extension et Ahuntsic – Cartierville. L'analyse de la pollution sonore due à la circulation routière montre une forte pollution aux abords de l'autoroute Métropolitaine au niveau de ces deux arrondissements. L'étude montre qu'il n'y a pas d'iniquité quant aux groupes d'âge (moins de 15 ans et 65 ans et plus), mais les personnes à faible revenu et les minorités visibles sont légèrement plus affectées par la pollution sonore que le reste de la population.

Une seconde étude a été réalisée à Montréal par Carrier et al. (2014) pour étudier l'équité concernant l'exposition à la pollution atmosphérique entre les mêmes groupes que l'étude de Carrier et al. (2016). Les résultats montrent qu'il est plus fréquent que des individus à faible revenu résident près des artères principales et des zones à forte concentration de polluants que le reste de la population. Le même constat est fait pour les minorités visibles, mais à moins grande échelle.

Le présent rapport a montré que les lieux de résidence des usagers du tronçon de l'A40 entre les boulevards Marcel-Laurin et Provencher sont répartis sur l'ensemble du territoire de l'EOD, bien qu'il y ait une plus forte proportion dans la région Centre (38,2 % des usagers). Au niveau de cette région, les lieux de domicile des usagers sont relativement bien répartis sur le territoire. Ainsi, il semble que les personnes qui subissent les impacts négatifs de l'autoroute comme la pollution sonore et atmosphérique ne sont pas forcément les usagers de cette infrastructure.

2 PERSPECTIVE D'IMPLANTATION D'INFRASTRUCTURES VERTES

Les infrastructures vertes (IV) permettent de réduire les îlots de chaleur, d'améliorer la qualité de l'air et d'augmenter le bien-être des populations. Certaines de ces infrastructures qui ont une composante de gestion des eaux permettent également de diminuer le volume d'eau à acheminer et à traiter à l'usine et d'améliorer la résilience des réseaux de drainage face aux inondations (Pauleit et al., 2019; Pauleit et al., 2017). Les IV peuvent prendre diverses formes comme des arbres, des murs végétalisés, des toits verts, des saillies végétalisées, etc. On distinguera les IV des IVGEP (infrastructures vertes de gestion des eaux pluviales) par la capacité qu'ont ces dernières de capter l'eau de ruissellement.

Depuis quelques années, les villes ont commencé à implanter des IVGEP dans le but d'accroître la résilience des réseaux de drainage face aux inondations en réduisant les débits de pointe et les volumes d'eau à acheminer et à traiter à l'usine. Ces pratiques de gestion optimale des eaux (PGO) peuvent apporter de nombreux bénéfices secondaires si elles sont judicieusement implantées dans le cadre urbain (Dagenais et al., 2017). Certaines infrastructures sont implantées en bordure de rue ou sur le terre-plein central modifiant ainsi la structure et la configuration des routes. La revue de la littérature qui suit vise à illustrer la synergie entre les IV dont celles pour la gestion des eaux pluviales et la mobilité active (la marche et le vélo).

Il est à noter que cette revue n'est pas exhaustive. La recherche d'articles a été réalisée dans les bases de données *Google Scholar* et *Compendex* en utilisant des mots clés sur la végétation et la mobilité et en repérant de nouvelles références par « boule de neige » à partir des bibliographies des articles les plus pertinents. Lorsque plusieurs articles portaient sur un même sujet et que les conclusions étaient semblables, les articles ayant un lien plus étroit avec la réfection de l'A40 ou étant plus récents ont été sélectionnés. Cette sélection a été faite pour permettre d'analyser en profondeur chacun des articles présentés.

La littérature analysée sur le sujet ne permet généralement pas d'isoler les types d'IV, mais regroupe plutôt l'ensemble des espaces verts ou la canopée urbaine. Bien que souvent non végétalisées, les saillies de trottoir font l'objet d'études portant sur la sécurité routière.

2.1 Perceptions et comportements des usagers

Cette section recense différentes études qui portent sur l'influence des IV sur les perceptions et comportements des usagers actifs, soit les piétons et les cyclistes.

2.1.1 Études portant sur la marche

Trois études portant sur le lien entre la végétation et les déplacements à la marche ont été analysées. Ces études ont permis de montrer que la présence de végétation augmente les durées ou les distances des déplacements à la marche (Sarkar et al., 2015; Vich et al., 2019; Yang et al., 2019). Sarkar et al. (2015) ont trouvé qu'une plus forte densité d'arbres augmente la probabilité de marcher alors qu'aucun effet significatif n'a pu être observé pour l'indice de végétation. L'étude

de Yang et al. (2019), sur les déplacements des personnes âgées, montre quant à elle une augmentation de la probabilité de marcher pour les individus dans des environnements à forte densité de végétation.

Plus spécifiquement, l'étude de Vich et al. (2019) examine le lien entre différents environnements incluant des espaces végétalisés et la durée de marche des individus à Barcelone en suivant les déplacements de 347 individus avec un système GPS cellulaire. Après un tri pour conserver uniquement des déplacements à la marche, 127 individus ont été retenus totalisant 772 trajets. Pour évaluer l'exposition à la végétation lors de chacun des trajets, une zone tampon de 20 m a été tracée autour des trajets empruntés par les participants. Les variables analysées comprennent la densité d'arbres (nombre d'arbres/km²), la proportion de boulevards, de places publiques, de petits parcs (≤ 2 ha), de grands parcs (> 2 ha) et de plages. Une régression multiniveau à effets mixtes avec les 772 données sur les trajets associées au premier niveau et les données sur les 127 individus associées au second niveau a été faite. Les variables ayant le plus grand effet significatif positif sur la durée de marche sont la présence de grands parcs et de plages et, à moindre échelle, la densité d'arbres. La présence de places publiques a aussi un effet significatif sur la durée de marche, mais l'effet est négatif, c'est-à-dire que la présence de places publiques dans l'environnement diminue le temps de marche médian des individus.

La seconde étude s'est plutôt intéressée à l'effet d'une présence d'espaces verts sur la probabilité qu'un individu marche et sur les distances parcourues à la marche. L'étude analyse les données du London Travel Demand Survey (LTDS) de 2009/2010 (Sarkar et al., 2015). L'échantillon trié comprend 15 354 individus âgés de 5 ans et plus issus de 7160 ménages et de 3770 sous-quartiers situés dans la Greater London Authority. L'exposition à des espaces verts est mesurée par l'indice d'activité végétale normalisé (NDVI) qui est calculé en analysant des données satellites avec un système d'information géographique. Trois modèles de régression logistique ont d'abord été développés pour analyser le lien entre l'environnement bâti (dont l'indice NDVI moyen dans un rayon de 500 m à partir du domicile de l'individu et la densité d'arbres pour une zone tampon représentant 1 km du réseau routier à partir du domicile) et le choix de l'individu de marcher ou non. Les résultats de ces trois modèles ont démontré que la densité d'arbres est associée à une plus grande probabilité de marcher, mais ils ne permettent pas de trouver un effet significatif pour l'indice NDVI. Puis, trois modèles ont été analysés uniquement pour les personnes qui marchent, soit 8610 individus, afin de voir la relation entre l'environnement bâti et les distances parcourues. Pour ces trois modèles, une augmentation de la densité d'arbres et de l'indice NDVI moyen sont associées à de plus grandes distances parcourues.

Enfin, Yang et al. (2019) ont, eux aussi, étudié l'effet de la densité de végétation sur la probabilité de marcher et sur les distances parcourues, mais en se concentrant sur les personnes âgées. Ils ont réalisé une étude sur 10 700 individus âgés de 65 ans et plus qui avaient répondu au sondage sur la mobilité à Hong Kong (HKTCS). 1083 individus ayant marché au moins une fois le jour précédent le sondage avaient répondu à des questions supplémentaires concernant la marche. Le but de l'étude était d'évaluer si la présence de végétation augmente la probabilité que les personnes âgées marchent, et si les distances parcourues sont plus élevées. La mesure de la densité d'espaces verts

a été effectuée par une analyse d'images de Google Street View, ce qui permet d'évaluer la couverture végétale que perçoit l'individu lorsqu'il se déplace. À tous les 50 m, quatre images présentant chacune une vue de 90 degrés sont analysées. L'exposition aux espaces verts est calculée pour un rayon de 800 m autour du lieu de domicile de l'individu. L'étude a démontré, à l'aide de régressions logistiques multiniveaux, que les personnes âgées ont plus de chance de marcher, et sur de plus longues distances, dans des environnements à forte densité de végétation.

2.1.2 Étude portant sur le vélo

Une étude portant spécifiquement sur le lien entre la végétation et la pratique du vélo a été analysée. Dans cette étude, Nawrath et al. (2019) évaluent l'influence de la végétation sur les comportements des cyclistes en Europe. 1404 individus âgés de 18 à 88 ans dont une majorité d'Allemands (86 %) ont répondu à un sondage en ligne. Environ 75 % des répondants étaient des usagers réguliers du vélo. Le sondage comprenait des collages photo incluant trois types d'infrastructures cyclables, soit aucune infrastructure, une voie délimitée et une voie isolée par des poteaux délimitateurs. Pour chaque type d'infrastructures, trois types de végétation étaient proposés, soit aucune végétation, la présence d'arbres et la présence d'arbres avec un carré d'arbre végétalisé et quelques éléments de végétation sur les bâtiments. Le questionnaire comprenait des questions sur le choix d'itinéraires empruntés pour un trajet de 10 min selon différents scénarios. Le questionnaire comprenait également des questions sur les caractéristiques socioculturelles des individus. Les données ont été analysées avec des analyses de variance (ANOVA). Les résultats ont démontré que plus il y a de la végétation, plus les gens sont enclins à faire du vélo. Les individus préfèrent, dans l'ordre, une voie cyclable isolée avec poteaux délimitateurs, une voie séparée par une ligne au sol et aucune infrastructure. 53,7 % des répondants ont indiqué qu'ils étaient prêts à prendre un trajet plus long pour emprunter une route végétalisée au lieu d'une route sans végétation. Un des résultats intéressants de l'analyse des variables socioculturelles est que les femmes ont indiqué être davantage prêtes à changer leur trajet pour emprunter une route végétalisée au lieu d'une route sans végétation que les hommes. Par ailleurs, les personnes à faible revenu étaient moins enclines à changer leur trajet que les personnes à revenu élevé. Enfin, les usagers qui utilisent leur vélo dans un but utilitaire et pour le loisir ainsi que ceux qui l'utilisent uniquement pour le loisir étaient plus enclins à changer leur trajet que les usagers qui utilisent le vélo uniquement dans un but utilitaire.

2.1.3 Études portant sur la marche et le vélo

Deux études portant sur l'effet de la végétation sur les déplacements actifs (en étudiant à la fois la marche et le vélo) ont été analysées. Une première étude a permis de démontrer que le niveau de satisfaction des individus lors de leurs déplacements en transport actifs augmente pour une plus grande proportion de végétation (Ta et al., 2021). La seconde étude tente de différencier l'effet de différents types de végétation sur la probabilité d'utiliser les modes actifs (Tsai et al., 2019). L'étude confirme les bienfaits des arbres sur l'augmentation des déplacements actifs, mais les résultats ne sont pas concluants quant à l'influence de la végétation globale (pelouses, jardins, arbres, etc.).

Ta et al. (2021) ont analysé l'impact de la végétation sur le niveau de satisfaction des individus lors de leurs déplacements pour les modes actifs, soit la marche, le vélo et le vélo électrique. Les 791 observations d'individus ayant l'âge de travailler ont été extraites d'une base de données récoltée en 2012 à Beijing. Les individus ont répondu à un sondage en ligne sur les caractéristiques de leur ménage, à des questionnaires quotidiens sur leurs activités et leurs déplacements ont été enregistrés avec un GPS pendant une semaine. Pour l'analyse, 912 déplacements actifs issus de 213 individus ont été retenus. L'exposition aux espaces verts a été calculée à partir d'images du Baidu Maps Open API. Un algorithme a été entraîné pour identifier les pixels contenant de la végétation sur des images. L'indice de végétation GVI (Green View Index) a été calculé pour chaque rue en faisant la moyenne de l'indice GVI de chaque image prise sur cette rue. Il a ensuite été possible de calculer l'indice GVI pour chaque trajet effectué.

Des modèles logistiques ordonnés multiniveaux ont été réalisés avec une variable dépendante représentant la satisfaction des individus dans leur déplacement. Les modèles contrôlent pour les variables socio-économiques et les types de déplacements (mode, durée, motif, etc.). Ils ont calculé pour un déplacement et pour la moyenne des déplacements journaliers l'indice GVI. Au total, sept modèles ont été faits : un modèle comprenant tous les modes, un modèle pour la marche, un modèle pour le vélo (vélo et vélo électrique) et des modèles pour tous les modes, mais considérant respectivement seulement le motif travail, le motif autre que le travail, les déplacements de moins de 30 min et les déplacements de plus de 30 min. Pour le modèle incluant tous les modes, le modèle pour les motifs autres que le travail et le modèle pour les déplacements de plus de 30 min, un indice GVI plus élevé augmente significativement le niveau de satisfaction du déplacement. Pour le modèle avec les déplacements à la marche, le niveau de végétation augmente encore plus le taux de satisfaction des usagers que le modèle qui comprend aussi les déplacements à vélo. Aucun lien significatif n'a pu être fait pour le modèle comprenant seulement les déplacements à vélo, ce qui démontre que les perceptions des individus diffèrent selon le mode de déplacement utilisé.

L'étude de Tsai et al. (2019) s'intéresse aux bienfaits de l'activité physique sur la santé des individus en analysant si la présence d'arbres et de végétation au niveau du sol augmente la probabilité d'utiliser un mode actif. Ils mentionnent plusieurs études qui ont démontré que la présence de végétation dans l'environnement bâti augmente les chances que les individus soient actifs physiquement. Cette étude permet de distinguer l'influence de la canopée (arbres, forêts et zones humides boisées) de la « végétation agrégée » (la canopée et la couverture d'herbacées incluant les pelouses, les jardins, les arbustes, etc.) sur la probabilité qu'un individu utilise un transport actif (marche ou vélo). L'étude a été réalisée au Wisconsin à Milwaukee et à Green Bay. Les données de 848 individus issus de différents ménages du Survey of the Health of Wisconsin (SHOW) de 2008 à 2016 (chaque année) ont été utilisées. Au total, 423 réponses complètes ont pu être utilisées pour l'analyse. L'étude mesure un total de sept différentes variables soit :

- la canopée au-dessus de la zone piétonne (zone comprise dans les 7,5 m adjacents à la limite de la chaussée et 1 m sur la chaussée);
- respectivement la canopée, la « végétation agrégée » et le couvert d'herbacées dans l'emprise de la rue (25 m de part et d'autre de la ligne centrale de la rue) et

- respectivement la canopée, la « végétation agrégée » et le couvert d'herbacées pour une zone tampon autour de lieu de résidence de l'individu.

Pour chaque variable, le calcul est fait pour un segment de route (ou rayon pour la zone tampon) de 500, 750, 1000 et 1250 m. Les résultats des modèles de régression logistique ont permis de démontrer que la présence de canopée au-dessus de la zone piétonne augmente les chances que les individus fassent des déplacements actifs. Pour la canopée sur l'emprise de la rue, l'effet est significatif et positif pour les distances de 750 à 1250 m. L'effet n'est pas significatif pour la zone tampon autour du lieu de domicile. Pour la « végétation agrégée », l'effet est négatif, mais la seule variable significative est celle pour la zone tampon autour du domicile. Enfin, pour les modèles avec la présence d'herbacées, l'augmentation de la couverture d'herbacée diminue significativement les chances qu'une personne fasse des déplacements actifs pour toutes les variables considérées. Ce résultat peut s'expliquer par le manque de variables de contrôle. Par exemple, le contexte socio-économique est représenté par un indice agrégé par îlot de recensement (Economic Hardship Index). Aussi, l'étude ne comprend pas d'indice de marchabilité comme le Walk Score. Des études supplémentaires devraient être faites afin de bien comprendre l'influence des différents éléments du paysage urbain sur la mobilité comme les arbres, la végétation sur les terrains privés et la végétation dans l'emprise publique, dont les IV.

2.2 Sécurité routière

Les études présentées ci-dessous s'intéressent plus précisément à l'impact de la végétation sur la sécurité routière. Mok et al. (2006) ont trouvé une diminution des collisions totales par suite du réaménagement paysager de 10 artères. Chen et al. (2016) ont démontré que les intersections qui respectent une norme d'aménagement paysager ne causent pas plus de collisions que des intersections sans arbres. Puis, l'étude de Kim (2019) s'intéresse à la sécurité des personnes âgées et démontre que la présence d'arbres et de refuges au centre de la rue assure une meilleure sécurité pour ce groupe d'individus. Enfin, deux études portant sur le territoire montréalais ont montré que les saillies de trottoir sont associées à un taux plus faible de collisions impliquant des piétons (Cândido, 2016; Stipancic et al., 2020).

L'étude de Mok et al. (2006) compare la sécurité routière de huit artères principales ou autoroutes et deux boulevards urbains au Texas avant et après l'amélioration de l'aménagement paysager (ex. : plantation d'arbres, champ de vision des conducteurs non obstrué par les végétaux, signalisation routière non obstruée par les végétaux, etc.). Ils ont analysé les données de collisions pour une période variant de trois à cinq ans avant et après l'implantation. Au total, 5874 collisions ont été recensées. Pour huit des dix sites, une baisse du taux de collisions a été observée. Pour les deux autres sites, qui étaient plus complexes notamment par la présence d'un échangeur autoroutier, une hausse des collisions a été observée. Globalement, un test t pour échantillons appariés a montré que l'amélioration de l'aménagement paysager est associée à une diminution des collisions à un seuil de confiance de 95 %. Pour ce qui est des collisions avec des arbres, les auteurs trouvent une réduction de 70,83 % du nombre de collisions à la suite des aménagements. Par ailleurs, 18 des 31 collisions observées, dont 24 avant et 7 après le réaménagement, sont survenues au même site.

Ainsi, ces résultats sont issus d'un très faible nombre d'observations, mais révèlent le potentiel lié à l'implantation d'IV pour améliorer la sécurité routière.

Chen et al. (2016) ont analysé si le respect d'une norme utilisant l'Indice Standard (SI-546) du Florida Department of Transportation (FDOT) qui guide l'aménagement paysager des terre-pleins centraux des grandes artères au niveau des intersections en zone rurale et urbaine permet de diminuer les collisions aux intersections sans signalisation. Des données ont été récoltées de 2006 à 2010 pour 72 intersections comprenant soit un aménagement avec aucun arbre dans le terre-plein central, des arbres ne respectant pas la norme SI-546 et des arbres respectant la norme SI-546. Les intersections comprenaient un arrêt-stop seulement sur la route perpendiculaire et aucune signalisation sur l'artère principale. D'abord, une analyse des statistiques descriptives pour le nombre de collisions selon le type d'intersection a montré que les intersections avec des arbres non conformes ont le plus fort taux de collisions et les intersections avec des arbres conformes au SI-546 ont un taux un peu plus faible que les intersections sans arbres. Par ailleurs, un modèle de prédiction binomial négatif des collisions avec une distribution Gamma-Poisson n'a pas permis de trouver une différence significative entre la sécurité pour des intersections sans arbres ou avec des arbres respectant le SI-546. Ce modèle confirmait que la configuration avec des arbres non conformes représente le plus haut risque de collisions. Cette étude permettait d'infirmer l'hypothèse selon laquelle la présence d'arbres augmente le taux de collisions en montrant qu'en respectant la norme d'aménagement SI-546, les arbres ne représentent pas un risque pour la population.

Dû au fait que les personnes âgées sont plus susceptibles de ne pas posséder un permis de conduire, elles dépendent plus souvent de la marche pour se déplacer. De plus, les personnes âgées sont typiquement plus vulnérables aux collisions et elles ont un plus grand risque de décès lorsqu'elles sont impliquées dans une collision en tant que piéton, puisque certaines d'entre elles ont une moins bonne condition physique, un temps de réaction un peu plus lent que la population générale et peuvent parfois avoir un manque de confiance (Kim, 2019). Ainsi, l'étude de Kim (2019) vise à comprendre quels éléments de l'environnement bâti influencent la sécurité des piétons de 65 ans et plus au niveau des intersections des rues. L'étude comprend les données de collisions aux intersections de 2015 à 2017 à Los Angeles. Un modèle logistique multinomial est utilisé pour représenter trois catégories d'intersections comme variable dépendante, soit celles sans collisions impliquant un piéton, celles avec une forte concentration de collisions impliquant des piétons et celles avec une forte concentration de collisions impliquant des piétons. Les variables indépendantes comprennent des caractéristiques des intersections, les conditions environnantes et l'environnement bâti dont la présence d'une canopée en considérant une zone tampon de 50 pieds à l'extérieur de l'emprise de la route. Les résultats du modèle multinomial logistique indiquent que la présence d'un terre-plein central surélevé diminue les risques de collisions pour les personnes âgées, alors que ce n'est pas le cas pour les moins de 65 ans. Les auteurs mentionnent que les terre-pleins centraux peuvent servir de refuge pour les personnes âgées qui peuvent prendre une pause avant de traverser la seconde partie de la rue. La présence d'arbres diminue les risques de collisions encore une fois seulement pour les personnes âgées de 65 ans et plus.

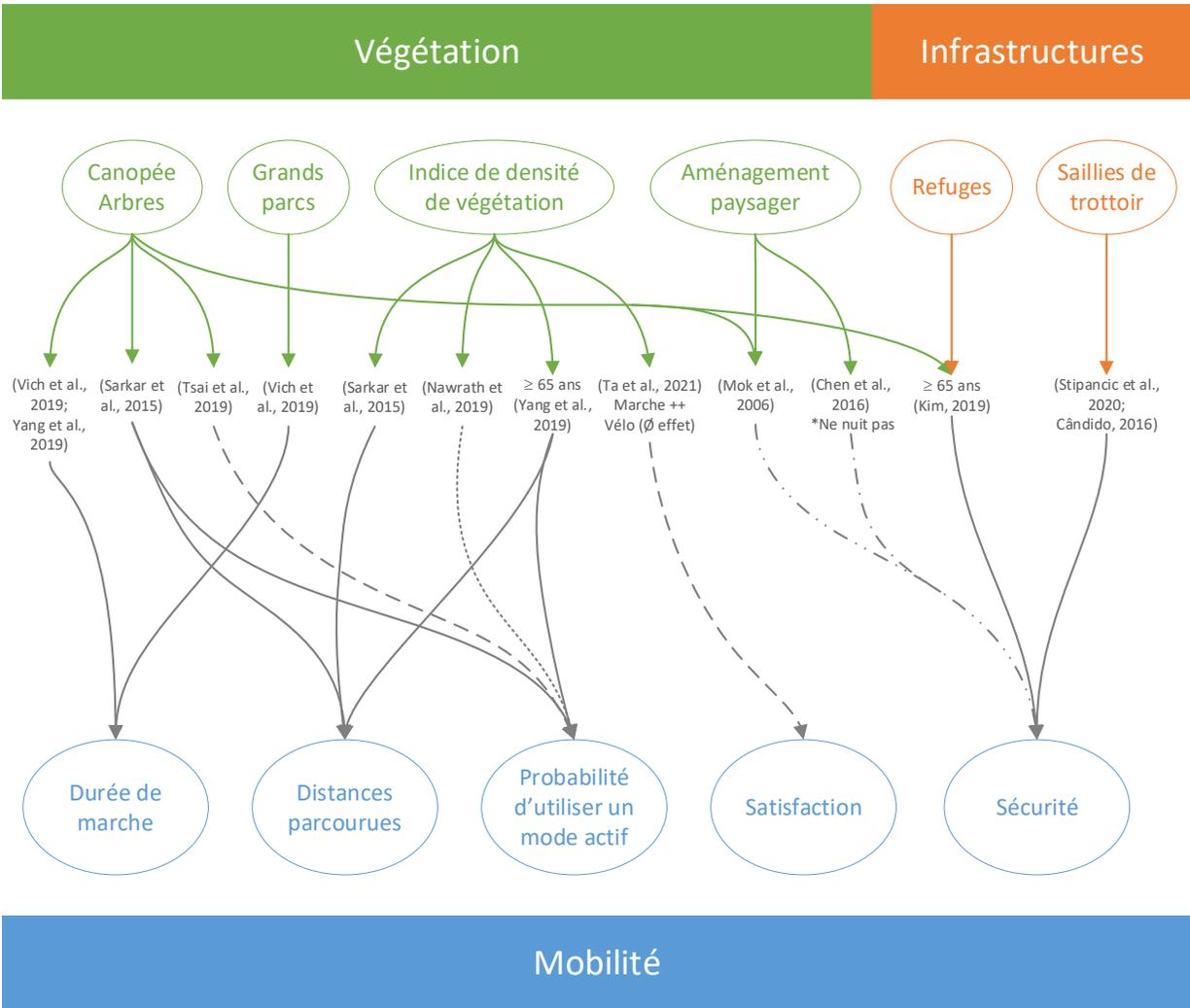
Enfin, les saillies de trottoir végétalisées sont souvent présentées dans les plans de mobilité comme des infrastructures permettant la réduction des vitesses des véhicules et, ainsi, la diminution des risques de collisions. Bien qu'il n'y ait pas d'études portant spécifiquement sur l'effet de ces infrastructures végétalisées sur la sécurité, certaines études ont permis de montrer que les saillies de trottoir (non végétalisées) sont associées à une plus grande sécurité. Par exemple, dans une étude réalisée sur 1864 intersections avec signalisation distribuées sur l'île de Montréal, les saillies de trottoir ou avancée de trottoir sont associées à une réduction de 24 % des collisions impliquant un piéton (Stipancic et al., 2020). Les collisions recensées dans cette étude comprennent toutes les collisions pour lesquelles une ambulance a été déployée entre le 1^{er} janvier 1999 et le 31 juillet 2008.

Toujours à Montréal, une étude réalisée dans le cadre d'un mémoire a permis de montrer que l'implantation de saillies de trottoirs a permis de réduire de 23 % le nombre de piétons blessés et de 54 % le nombre d'occupants de véhicules blessés (Cândido, 2016). Ce mémoire étudie les collisions de 2004 à 2014 pour 934 intersections qui ont été réaménagées avec une mesure d'apaisement de la circulation, dont 506 saillies de trottoir, dans quatre arrondissements de Montréal (Ahuntsic-Cartierville, Mercier – Hochelaga-Maisonneuve, Rosemont – La Petite-Patrie et Plateau Mont-Royal.). L'étude ne différencie pas les saillies végétalisées des saillies non végétalisées, mais les deux types sont présents.

2.3 Synergie entre les infrastructures vertes et la mobilité

La Figure 10 présente un schéma résumant les liens trouvés dans la littérature entre la présence de végétation dans l'environnement urbain et la mobilité active. Cette revue de la littérature montre le potentiel qu'ont les IV à apporter des bénéfices sur la mobilité active. Les IV peuvent contribuer à augmenter la densité de végétation et augmenter la canopée, notamment dans des zones urbaines fortement minéralisées. Il a été démontré précédemment qu'une forte densité de végétation ou de canopée permet d'augmenter les distances parcourues à la marche, d'augmenter la probabilité d'utiliser des modes actifs et d'augmenter la satisfaction des piétons lors de leurs déplacements. Lorsque bien aménagées, les IV peuvent remplir les mêmes fonctions que des infrastructures plus traditionnelles comme les saillies de trottoir installées aux intersections des rues ou les bandes de béton qui permettent d'isoler les voies cyclables.

Il a également été noté que très peu d'études permettent de faire des liens avec les IVGEP. Il est nécessaire de mieux comprendre les distinctions entre ces IV qui permettent la gestion des eaux pluviales et les autres types d'IV ainsi que la végétation en général afin de mieux planifier l'aménagement des villes. Les IVGEP ont une fonction supplémentaire, soit la gestion des eaux pluviales, qui peut permettre d'optimiser l'utilisation de l'espace urbain. L'implantation de ces infrastructures implique notamment une utilisation souvent plus grande de l'emprise publique qui peut modifier considérablement l'environnement urbain. De plus amples recherches seront nécessaires pour bien comprendre la synergie entre les différents types d'IV (saillies végétalisées, biorétentions, murs végétalisés, etc.) et la mobilité active.



- ▶ Marche
-▶ Vélo
- - -▶ Marche et vélo
- · - ·▶ Tous modes

Figure 10 Schéma représentant la synergie entre végétation et mobilité active

CONCLUSION

Ce rapport de recherche visait à analyser les caractéristiques des usagers de l'A40 entre les boulevards Marcel-Laurin et Provencher avec les données de l'enquête Origine-Destination 2018 et d'effectuer une revue de littérature sur les perspectives d'implantation des infrastructures vertes dans le but d'améliorer la mobilité du secteur étudié.

L'analyse des usagers du tronçon à l'étude a montré que les usagers sont répartis sur l'ensemble du territoire de l'ARTM, mais que le lieu de domicile d'une forte proportion des individus se situe à proximité du tronçon, soit dans les secteurs municipaux (tel que défini dans l'EOD) d'Ahuntsic, Villeray et Saint-Léonard alors que 38,2 % des individus résident dans la région Centre de l'EOD. Une analyse des flux de déplacements a également montré que 51,4 % des déplacements sont à l'origine de la région Centre et 41,0 % des déplacements sont à destination de cette région. Les individus qui utilisent le tronçon étudié sont majoritairement des hommes (57,2 %), des personnes âgées de 30 à 60 ans (64,0 %) et des travailleurs à temps plein (70,9 %). Le portrait des ménages qui utilisent le tronçon étudié montre que les ménages à faible revenu (moins de 30 000\$) représentent seulement 6,5 % des ménages contre 16,0 % pour l'ensemble des ménages de l'EOD 2018. À l'inverse, les ménages avec un revenu supérieur ou égal à 120 000\$ représentent 22,5 % des ménages contre 13,0 % pour l'ensemble des ménages de l'EOD 2018. En comparant ces résultats avec divers rapports et études portant sur la mobilité à Montréal, ce rapport a permis de mettre en lumière les iniquités potentielles liées à la construction d'infrastructures routières d'envergure, notamment lorsque l'on s'intéresse aux besoins des personnes à faible revenu et aux répercussions environnementales de ces infrastructures sur les populations avoisinantes.

Enfin, la revue de littérature portant sur la synergie entre les IV, dont celles pour la gestion des eaux pluviales et la mobilité active (la marche et le vélo), a permis de démontrer qu'une forte présence de végétation peut avoir des effets bénéfiques sur les déplacements actifs en augmentant les distances parcourues à la marche, en augmentant la probabilité d'utiliser des modes actifs et en augmentant la satisfaction des piétons lors de leurs déplacements. Les études caractérisent la végétation par un indice de densité de végétation, un calcul de canopée, une présence de parcs ou un aménagement paysager. Bien que les IV ne font généralement pas partie des études, elles peuvent contribuer à augmenter la végétation totale et remplir les mêmes fonctions que des infrastructures traditionnelles en béton qui visent à augmenter la sécurité des individus. Par exemple, les IV peuvent prendre la forme de saillies de trottoir aux intersections des rues ou servir de refuges pour les personnes âgées au centre des grandes artères.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le Centre interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable (CIROOD) pour le financement de cette recherche. Nous remercions également la Chaire Mobilité de Polytechnique Montréal, et particulièrement Catherine Morency et Hubert Verreault, pour la réalisation des calculs de trajet indispensables à la poursuite de ce mandat. Enfin, nous remercions tous les membres de l'Allium pour les rétroactions et échanges forts pertinents tout au long du processus de recherche.

RÉFÉRENCES

- Autorité régionale de transport métropolitain [ARTM]. (2020). *Guide d'utilisation des données d'Enquête Origine-Destination 2018*. ARTM. <https://donnees.artm.quebec/depots/5fa56b8ff497c30a2b5ed271>
- Autorité régionale de transport métropolitain [ARTM]. (2022). *Faits saillants - EOD 2018*. <https://www.artm.quebec/faits-saillants-eod-2018/>
- Cândido, R. L. (2016). Évolution du nombre de piétons et d'occupants de véhicules blessés aux intersections à la suite de l'implantation de mesures d'apaisement de la circulation à Montréal. Mémoire de maîtrise. https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/18614/Candido_Ronaldo_Lauriano_2016_Memoire.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Carrier, M., Apparicio, P., & Séguin, A.-M. (2016). Road traffic noise in Montreal and environmental equity: What is the situation for the most vulnerable population groups? *Journal of Transport Geography*, 51, 1-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.020>
- Carrier, M., Apparicio, P., Séguin, A.-M., & Crouse, D. (2014). The application of three methods to measure the statistical association between different social groups and the concentration of air pollutants in Montreal: A case of environmental equity. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 30, 38-52. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.001>
- Huynh, M., Yahiaoui, S., & Obry-Legros, V. (2021). *Étude préliminaire : Portrait du quartier, des résidents et de la mobilité autour de la section de l'autoroute 40 entre les boulevards Provencher et Marcel-Laurin*. Polytechnique Montréal.
- Kim, D. (2019). The transportation safety of elderly pedestrians: Modeling contributing factors to elderly pedestrian collisions. *Accident Analysis & Prevention*, 131, 268-274.
- Lachapelle, U., & Boisjoly, G. (2022). The Equity Implications of Highway Development and Expansion: Four Indicators. *Findings*. <https://doi.org/10.32866/001c.33180>
- Lachapelle, U., Boisjoly, G., & Vermesch, P. (2020). *Réalisation d'un portrait des besoins et des habitudes de déplacements des personnes vivant en situation de précarité dans la région de Montréal*. <https://publications.polymtl.ca/5266/>
- Nawrath, M., Kowarik, I., & Fischer, L. (2019). The influence of green streets on cycling behavior in European cities. *Landscape and Urban Planning*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103598>
- Pauleit, S., Ambrose-Oji, B., Andersson, E., Anton, B., Buijs, A., Haase, D., . . . Konijnendijk van den Bosch, C. (2019). Advancing urban green infrastructure in Europe: Outcomes and reflections from the GREEN SURGE project. *Urban Forestry & Urban Greening*, 40, 4-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.10.006>
- Pauleit, S., Hansen, R., Rall, E., Zölch, T., Andersson, E., Luz, A., . . . Vierikko, K. (2017). Urban Landscapes and Green Infrastructure. Dans.

- QGIS Development Team. (2022). *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association. <https://www.qgis.org>
- Sarkar, C., Webster, C., Pryor, M., Tang, D., Melbourne, S., Zhang, X., & Jianzheng, L. (2015). Exploring associations between urban green, street design and walking: Results from the Greater London boroughs. *Landscape and Urban Planning*, *143*, 112-125. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.013>
- Stipancic, J., Miranda-Moreno, L., Strauss, J., & Labbe, A. (2020). Pedestrian safety at signalized intersections: Modelling spatial effects of exposure, geometry and signalization on a large urban network. *Accident Analysis & Prevention*, *134*, 105265. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105265>
- Ta, N., Li, H., Chai, Y., & Wu, J. (2021). The impact of green space exposure on satisfaction with active travel trips. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *99*, 103022. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103022>
- Tsai, W.-L., Yngve, L., Zhou, Y., Beyer, K., Bersch, A., Malecki, K., & Jackson, L. (2019). Street-level neighborhood greenery linked to active transportation: A case study in Milwaukee and Green Bay, WI, USA. *Landscape and Urban Planning*, *191*, 103619. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103619>
- Vich, G., Marquet, O., & Miralles-Guasch, C. (2019). Green streetscape and walking: Exploring active mobility patterns in dense and compact cities. *Journal of Transport & Health*, *12*, 50-59. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.11.003>
- Ville de Montréal. (2005). *Plan d'urbanisme de Montréal: Partie II - Documents d'arrondissement*. http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=2761,142423894&_dad=portal&_schema=PORTAL
- Yang, Y. Y., He, D. S., Gou, Z. H., Wang, R. Y., Liu, Y., & Lu, Y. (2019). Association between street greenery and walking behavior in older adults in Hong Kong. *Sustainable Cities and Society*, *51*. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101747>