

Chaire de recherche sur l'évaluation et la mise en œuvre de la durabilité en transport

*Rapport d'activités 2010-2011
Version RÉVISÉE*





Chaire de recherche sur l'évaluation et la mise en œuvre de la durabilité en transport

Rapport d'activités 2010-2011 – Version RÉVISÉE

Titulaire

Pr. Catherine Morency, ing., Ph.D.,
Département des génies civil, géologique et des mines
École Polytechnique de Montréal

Collaborateurs

Pr. Martin Trépanier, Pr. Nicolas Saunier, Pr. Bruno Agard
Dr. Marie Demers, Hubert Verreault

Partenaires

Ville de Montréal
Agence métropolitaine de transport
Ministère des transports du Québec
Société de transport de Montréal

Octobre 2011

Équipe de recherche

Professeurs-chercheurs

Catherine Morency, professeure agrégée
Département des génies civil, géologique et des mines

Martin Trépanier, professeur titulaire
Département de mathématiques et génie industriel

Nicolas Saunier, professeur adjoint
Département des génies civil, géologique et des mines

Bruno Agard, professeur agrégé
Département de mathématiques et génie industriel

Professionnels de recherche

Marie Demers, épidémiologiste, associée de recherche
Hubert Verreault, M.Sc.A., associé de recherche

Étudiants

Louiselle Sioui, doctorante
Pegah Nouri, doctorante
Audrey Godin, étudiante à la maîtrise
Jason Demers, étudiant à la maîtrise
Éric Poliquin, étudiant à la maîtrise
Abdoulaye Diallo, étudiant à la maîtrise
Jean-Sébastien Marcotte, étudiant à la maîtrise
Julien Grégoire, étudiant à la maîtrise
Félix Pépin, étudiant à la maîtrise
Sébastien Désilets, étudiant à la maîtrise
François Godefroy, M.Sc.A.



Table de matières

Sommaire

1	Introduction.....	1
1.1	Mission générale de la chaire	1
1.2	Objectifs des travaux de la Chaire	1
1.3	Structure générale de la Chaire.....	2
1.3.1	Partenaires	2
1.3.2	Structure organisationnelle.....	2
1.4	Programme de travail.....	6
1.4.1	Mobilité durable : indicateurs et processus d'évaluation	6
1.4.2	Thématiques spécifiques	6
1.5	Contenu du rapport	8
2	Contexte	11
2.1	Mesures publiques touchant la mobilité durable au Québec.....	11
2.2	Mesures gouvernementales en lien avec la mobilité durable.....	14
2.2.1	Gouvernement du Québec	14
	MDEIE.....	14
	MDDEP.....	15
	MRNF	15
	MTQ.....	16
2.2.2	Gouvernement du Canada	16
	Transports CANADA	16
	Ressources naturelles Canada	17
3	Définitions et indicateurs	18
3.1	Développement durable et durabilité.....	18
3.2	Transport durable.....	18
3.3	Mobilité durable	19
3.4	Objectifs et pistes pour la mise en œuvre	19
3.5	Concepts et typologies.....	20
3.5.1	Propriétés des indicateurs.....	20
3.6	Inventaire d'indicateurs	21
3.6.1	Indicateurs de contexte.....	22
3.6.2	Indicateurs d'input (ressources investies)	26
3.6.3	Indicateurs de mobilité des personnes.....	26
3.6.4	Indicateurs de mobilité des marchandises	28



3.6.5	Indicateurs d'impacts	29
4	Les approches et systèmes d'évaluation.....	37
4.1	Échelle nationale	37
4.1.1	Développement durable.....	37
4.1.2	Transports durables	39
4.2	Échelle régionale	41
4.2.1	Suivi politique et comparaison	41
4.2.2	Aide à la décision et prospection.....	43
4.3	Résumé des systèmes d'indicateurs présentés	46
4.4	Synthèse.....	47
5	Les chaînes de causalité	48
5.1	Étapes de création du système d'indicateurs pertinents pour la prise de décision	49
5.2	Diagrammes illustrant les chaînes de causalité.....	50
5.2.1	Exemples de chaînes de causalité basées sur le type d'intervention réalisée	51
5.2.2	Exemple de chaînes de causalité basées sur l'objectif poursuivi.....	54
5.2.3	Exemple de chaîne de causalité basée sur l'enjeu envisagé	59
5.2.4	Chaînes de causalité, visualisation des impacts et sélection de stratégies	59
5.3	Quelques exemples concrets.....	61
5.3.1	Impact de la mise en place du système de péage urbain à Londres	61
5.3.2	Impacts de la mise en place du programme "Cash for commuters" à Atlanta	63
5.3.3	Impact de la mise en place d'une ligne de bus rapide dans la ville de Québec	63
5.3.4	Impact de la mise en place d'un train léger sur rail à Ottawa (O-Train)	64
5.3.5	Impact de la mise en place de quartiers aménagés selon les principes du nouvel urbanisme (favorables à la marche) dans trois villes canadiennes (Calgary, Toronto et Montréal)	65
6	Projets de recherche : état d'avancement des thématiques spécifiques	67
6.1	Pour une approche pragmatique et opérationnelle de la mobilité durable : concepts, méthodes outils	67
6.1.1	Introduction	67
6.1.2	Problématique	68
6.1.3	Méthodologie	69
6.1.4	Résultats obtenus et discussion	70
6.1.5	Échéancier de réalisation.....	79
6.2	Potentiel du vélo (extrait du mémoire)	80
6.2.1	Définition du modèle.....	80
6.2.2	Résultats du modèle	85
6.2.3	Évaluation du potentiel du vélo.....	88
6.2.4	Résultats du transfert modal	91
6.2.5	Limites de l'estimation du potentiel du vélo	96
6.3	Déterminants du choix modal	97
6.3.1	Introduction	97
6.3.2	Problématique	97



6.3.3	Méthodologie	102
6.3.4	Échéancier de réalisation.....	109
6.4	Méthodologie de collecte et analyse de données sur les déplacements commerciaux.....	110
6.4.1	Introduction	110
6.4.2	Problématique	110
6.4.3	Méthodologie	110
6.4.4	État de l’art.....	111
6.4.5	Collecte de données de transport de marchandises au Québec.....	118
6.4.6	Montage et exploitation d’une base de données sur les déplacements commerciaux sur le campus de l’Université de Montréal	119
6.4.7	Analyse.....	120
6.4.8	Guide d’usage en transport des marchandises et modèle orienté-objet	124
6.4.9	Prototypes d’indicateurs clés.....	125
6.4.10	Résultats attendus et discussion	125
6.4.11	Échéancier de réalisation	125
6.5	Méthodologie d’analyse des stationnements	127
6.5.1	Introduction	127
6.5.2	Problématique	127
6.5.3	Intérêts de la thématique du stationnement	128
6.5.4	Objectifs	129
6.5.5	Avancement des travaux : illustrations.....	136
6.5.6	Étapes et résultats	144
6.5.7	Calendrier de réalisation.....	144
6.6	Mieux mesurer l’accessibilité et l’attractivité des réseaux de transport	145
6.6.1	Introduction	145
6.6.2	Revue de littérature	146
6.6.3	Problématique	147
6.6.4	Objectifs	148
6.6.5	Méthodologie	149
6.6.6	Attendus et discussion.....	153
6.6.7	Conclusion	153
6.6.8	Réalisation.....	153
6.7	Analyse exploratoire des comportements d’utilisation du transport collectif à l’aide de données provenant du système de perception par carte à puce de la Société de transport de Montréal	154
6.7.1	Objectif.....	154
6.7.2	Fondements	154
6.7.3	Système d’information	154
6.7.4	Résultats préliminaires d’analyse.....	155
6.7.5	Résultats préliminaires d’analyse –tous les utilisateurs.....	157
6.7.6	Perspectives.....	161



7	Autres travaux pertinents	162
7.1	Vieillesse et mobilité : modèle âge-période-cohorte	162
7.1.1	Introduction	162
7.1.2	Problématique	162
7.1.3	Système d'information et méthodologie d'analyse	163
7.1.4	Résultats	165
7.1.5	Conclusion	172
7.2	Outil de collecte de données via Internet.....	174
7.2.1	Introduction	174
7.2.2	Contexte	174
7.2.3	Objectifs	175
7.2.4	Méthodologie générale.....	175
7.2.5	Résultats et contributions	175
7.2.6	Calendrier.....	176
8	Nominations et conférences	177
8.1	Nominations et promotions	177
8.2	Participation à des conférences.....	177
9	Programme de travail 2011-2012.....	180
9.1	Mise en œuvre de la durabilité en transport.....	180
9.2	Thématiques complémentaires	180
9.2.1	GES et qualité de l'air	180
9.2.2	Biais liés aux enquêtes Origine-Destination.....	182
9.2.3	Analyse évolutive des comportements de mobilité	185
10	Références.....	186

Liste des figures

Figure 1. Schéma illustrant le cadre conceptuel du programme de recherche de la Chaire Mobilité.....	10
Figure 2. Catégorisation des divers systèmes d'indicateurs.....	47
Figure 3. Exemple: chaîne de causalité pour les installations piétonnes (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)	51
Figure 4. Exemple: chaîne de causalité pour les installations cyclistes (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)	51
Figure 5. Exemple: chaîne de causalité pour le transport en commun (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)	52
Figure 6. Exemple: chaîne de causalité pour des accès plus sécuritaires vers les écoles (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)	52
Figure 7. Exemple: chaîne de causalité pour la gestion de la circulation (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)	53
Figure 8. Exemple: chaîne de causalité pour la gestion des stationnements (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)	53
Figure 9. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif de rendre la marche agréable, sécuritaire et commode (Source: Department for Transport, Traffic Advisory Leaflet 2/00, London, 2000).....	54
Figure 10. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif d'améliorer l'accessibilité aux services de transport (Source: Essex County Council, 2006)	55
Figure 11. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif de réduire la congestion (Source: Essex County Council, 2006)	55
Figure 12. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif d'améliorer la qualité de l'air (Source: Essex County Council, 2006).....	56
Figure 13. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif d'avoir des routes plus sécuritaires (Source: Essex County Council, 2006)	56
Figure 14. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif d'améliorer l'entretien du réseau routier (Source: Essex County Council, 2006)	57
Figure 15. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif global d'assurer la qualité de vie (Source: Essex County Council, 2006).....	58
Figure 16. Exemple: chaîne de causalité liée à un enjeu économique (Source : Plymouth City Council. Local Transport Plan 2001/2006.).....	59
Figure 17. Catégories d'interventions possibles par les décideurs	71
Figure 18. Thématiques et sous-thématiques de la mobilité durable.....	72
Figure 19. Schéma des catégories d'indicateurs en mobilité durable	74
Figure 20. Nombre de passagers dans une automobile et un autobus pour s'équivaloir en termes de consommation d'essence.....	76
Figure 21. Distribution spatiale de l'estimation de la consommation moyenne des véhicules de promenade, à partir des données d'immatriculation par code postal pour 2003 (SAAQ)	78
Figure 22. Méthodologie d'estimation des volumes de déplacements transférables	88
Figure 23. Processus séquentiel d'estimation du potentiel du vélo	94
Figure 24. Répartition spatiale du ratio dépl. auto transférables/dépl. auto totaux (haut) et du ratio dépl. auto transférables/dépl. totaux du secteur (bas).	95
Figure 25. Nombre d'auto par ménage en fonction de la distance au centre-ville du centroïde du secteur étudié (1998)	99
Figure 26. Taux de mobilité en fonction de l'âge	101
Figure 27. Distance à l'intérieur de laquelle 80% des déplacements sont effectués.	105
Figure 28. Distances moyennes en mode marche, par segment de population	106
Figure 29. Distances moyennes pour tous modes confondus, par segments de population	106
Figure 30. Part modale en fonction de la distance de déplacement, nombre d'auto par conducteur > 1	107
Figure 31. Part modale en fonction de la distance de déplacement, nombre d'auto par conducteur 0 < Nombre d'auto par conducteur ≤ 1.....	107
Figure 32. Part modale en fonction de la distance de déplacement, nombre d'auto par conducteur = 0	108
Figure 33. Caractéristiques des données sur le transport routier par camion (extrait du rapport de l' ATC 2010)....	113

Figure 34. Besoins en données pour l'analyse du transport urbain de marchandises (extrait du rapport de l' ATC 2010)	114
Figure 35. Distribution temporelle des véhicules observés aux guérites sur 10 jours ouvrables	121
Figure 36. Répartition des véhicules observés aux guérites sur 10 jours ouvrables selon le type de véhicule	122
Figure 37 - Répartition horaire des mini vans observés aux guérites par jour de la semaine (sur 10 jours ouvrables)	123
Figure 38 - Répartition horaire de tous les camions de marchandises observés aux guérites par jour de la semaine (sur 10 jours ouvrables).....	123
Figure 39 - Totaux journaliers par type de véhicule pour 10 jours ouvrables	124
Figure 40. Illustration du code d'inventaire de stationnement inspiré des recommandations de l'ITE	131
Figure 41. Vue rapprochée d'une carte dynamique	132
Figure 42. Image d'un panneau à partir d'une carte dynamique.....	133
Figure 43. Photo aérienne d'un secteur du centre-ville difficilement praticable à pied	133
Figure 44. Question sur le stationnement: territoire couvert par l'enquête O-D de 1998 (Morency, saubion, & Trépanier, 2006).....	137
Figure 45. Question sur le stationnement: territoire couvert par l'enquête O-D de 2003 (Morency, et al., 2006).....	138
Figure 46. Profil d'accumulation de véhicules selon le type d'espace de stationnement au Centre-ville (O-D 98) ..	139
Figure 47. Profil d'accumulation de véhicules selon le type d'espace de stationnement à Verdun (O-D 98)	139
Figure 48. Profil d'accumulation de véhicules CUMULÉS selon le type d'espace de stationnement au Centre-ville (O-D 03).....	140
Figure 49. Profil d'accumulation de véhicules CUMULÉS selon le type d'espace de stationnement à Verdun (O-D 03)	140
Figure 50. Répartition des proportions selon les lieux de résidences des usagers de stationnements au centre-ville et à Verdun (O-D 1998).....	141
Figure 51. Répartition des proportions selon les lieux de résidences des usagers de stationnements au centre-ville et à Verdun (O-D 2003).....	141
Figure 52. Répartition des taux selon le motif (Centre-ville vs. Verdun)	142
Figure 53. Schéma de la relation entre les composantes et les indicateurs d'accessibilité	148
Figure 54. Pays, États ou provinces munis du système Google Transit par GTFS	149
Figure 55. Villes munies de GTFS en Europe, http://www.google.com/intl/en/landing/transit/index.html	150
Figure 56. Exemple de polygone avec un temps de parcours de 15 min en transport collectif.....	152
Figure 57. Exemple de carte isochrone, source: http://www.brrg.de/	152
Figure 58: Évolution du nombre de transactions enregistrées dans le système vente et perception de la STM, octobre et novembre 2010.....	155
Figure 59: Classification des cartes selon le % d'utilisation du métro (cartes avec plus de 500 transactions durant les mois d'octobre et novembre 2010)	156
Figure 60: Classification des cartes selon le % des transactions effectuées du lundi au vendredi (cartes avec plus de 500 transactions durant les mois d'octobre et novembre 2010)	156
Figure 61: Classification des cartes selon la période dominante d'utilisation dans la journée (cartes avec plus de 500 transactions durant les mois d'octobre et novembre 2010)	157
Figure 62: Répartition du nombre de déplacements par type de titre, octobre et novembre 2010	158
Figure 63: Répartition du nombre de déplacements par jour de semaine et type de titre, octobre et novembre 2010	159
Figure 64: Nombre moyen de déplacements par jour, octobre et novembre 2010 (sans les congés fériés)	159
Figure 65: Distribution des heures de départ par jour de semaine, octobre et novembre 2010 (sans les congés fériés)	160
Figure 66: Distribution des heures de départ par type de titre, les jours de la semaine, octobre et novembre 2010 (sans les congés fériés).....	160
Figure 67: Distribution des heures de départ par type de titre, les dimanches, octobre et novembre 2010.....	160
Figure 68: Distribution des heures de départ par type de titre, les dimanches, octobre et novembre 2010.....	161
Figure 69. Analyse transversale (traits pleins) et longitudinale (traits pointillés) du taux d'accès à l'automobile	165
Figure 70. Analyse transversale (traits pleins) et longitudinale (traits pointillés) de la proportion de personnes non-motorisées	166
Figure 71. Analyse transversale (traits pleins) et longitudinale (traits pointillés) de la part modale de l'automobile	166
Figure 72. Effets bruts d'âge-période-cohorte sur le taux d'accès à l'automobile	168
Figure 73. Effet des différentes variables explicatives sur le taux d'accès à l'automobile	168



Figure 74. Effets bruts APC sur le taux de non-motorisation	169
Figure 75. Effets bruts des variables explicatives sur le taux de non-motorisation.....	170
Figure 76. Effets bruts de l'âge, période, motorisation, hommes, personnes seules, distance au centre-ville sur la part modale du transport en commun	170
Figure 77. Projection du taux d'accès à l'automobile pour les cohortes de personnes âgées.....	171
Figure 78. Projection de la proportion de personnes n'ayant pas accès à un véhicule	172
Figure 79. Projection de la part modale du transport en commun.....	172
Figure 80. Poster présenté au colloque 2011 de l'AQTR	176

Liste des tableaux

Tableau 1. Liste des projets de recherche et étudiants-e-s	8
Tableau 2. Orientations définies par la Stratégie du développement durable 2008-2013 touchant plus ou moins directement le transport.....	12
Tableau 3. Critères servant à la sélection des indicateurs selon leur catégorie d'appartenance (Source : Joumard et Gudmundsson, 2010)	21
Tableau 4. Stratégie gouvernementale de développement durable 2008-2013 (Québec)	38
Tableau 5. Ifen (France).....	39
Tableau 6. Stratégie et Plan d'action de développement durable du Ministère des transports du Québec (MTQ)	39
Tableau 7. TERM (Europe).....	40
Tableau 8. STPI (Winnipeg)	41
Tableau 9. Plan de gestion des déplacements de la région métropolitaine de Montréal	42
Tableau 10. Observatoire de PDU (France)	42
Tableau 11. UITP (International)	43
Tableau 12. Propolis (Europe)	44
Tableau 13. SUSTAIN (Hamilton)	45
Tableau 14. SIMBAD (Lyon)	45
Tableau 15. I_SUM (Brésil).....	46
Tableau 16. Synthèse : mise en place du système de péage urbain à Londres	62
Tableau 17. Synthèse : mise en place du programme « Cash for commuters » à Atlanta	63
Tableau 18. Synthèse : mise en place d'une ligne de bus rapide à Québec.....	64
Tableau 19. Synthèse : mise en place d'un train léger sur rail à Ottawa	65
Tableau 20. Synthèse : mise en place de quartiers aménagés selon les principes du nouvel urbanisme	66
Tableau 21. Description des variables du modèle LOGIT	81
Tableau 22. Description des variables du modèle LOGIT (suite)	82
Tableau 23. Listes des variables corrélées pour l'évaluation du potentiel du vélo	85
Tableau 24. Résultats obtenus du logiciel STATA à partir du modèle LOGIT pour l'explication des déplacements en vélo.....	87
Tableau 25. Résumé des distances seuils calculées par cohortes d'âge et par genre	90
Tableau 26. Résultats de l'évaluation du potentiel du vélo en n'incluant que les distances seuils	92
Tableau 27. Échéancier de réalisation – Déterminants du choix modal.....	109
Tableau 28. Méthodes de collectes de données sur les déplacements par camion (NCHRP 298, 2001)	117
Tableau 29 - Inventaire des collectes de données ou enquête sur le transport des marchandises routier concernant le Québec.	119
Tableau 30 - Périodes de données manquantes	120
Tableau 31 - Échéancier détaillé des activités de recherche	126
Tableau 32. Comparaison entre l'ancien et le nouveau paradigme en stationnement (Litman, 2006).....	128
Tableau 33. Exemple de fiche d'inventaire pour les relevés sur le terrain.....	131
Tableau 34. Code de classification de stationnement par type selon le guide l'utilisateur l'enquête O-D 1998-2003	136
Tableau 35. Répartition des types de stationnements dérivés (Centre-ville vs. Verdun)	138
Tableau 36. Répartition des taux de stationnement selon le lieu de résidence des usagers (Centre-ville vs. Verdun)	141
Tableau 37. Répartition des taux selon le motif (Centre-ville vs. Verdun).....	142
Tableau 38. Répartition des espaces de stationnement selon l'affectation dans Plateau Mont-royal.....	143
Tableau 39. Représentation du calendrier de réalisation du travail de recherche.....	144
Tableau 40 : Statistiques brutes sur les super-usagers (plus de 500 transactions sur deux mois)	155
Tableau 41: Répartition du nombre de transactions en fonction de la période de la journée (cartes avec plus de 500 transactions durant les mois d'octobre et novembre 2010)	157
Tableau 42: Nombre moyen de sections par déplacement pour les titres les plus fréquemment utilisés, octobre et novembre 2010.....	158
Tableau 43 : Base de données pour l'analyse du vieillissement	163



1 Introduction

1.1 Mission générale de la chaire

La Chaire de recherche MOBILITÉ se veut un lieu privilégié de recherche, d'expérimentation et de développement méthodologique pour soutenir l'évaluation des contributions des projets, politiques et plans de transport au développement durable. Le développement d'indicateurs de mobilité durable, d'abord comme outil de monitoring des impacts puis comme instrument d'anticipation de ces impacts, est au cœur de la mission de cette chaire. La mission de formation de personnel hautement qualifié dans le domaine des transports et de la mobilité est aussi centrale.

1.2 Objectifs des travaux de la Chaire

L'intérêt de mettre sur pied une Chaire de recherche sur les méthodes et l'information qui assistent l'évaluation des stratégies de transport, dans un contexte de durabilité, est confirmée par les enjeux pressants de reddition des comptes auxquels font face les intervenants en transport. La définition des concepts de transport et mobilité durable ainsi que d'indicateurs permettant d'en évaluer les différents aspects sont d'ailleurs au cœur de plusieurs discussions et travaux de recherche au niveau international (Litman, 2006, 2008; Nicolas et al., 2001, 2002; UITP, 2007; TRB, 2008; parmi d'autres). Il y a donc urgence de mener les réflexions et développements requis pour doter les intervenants en transport de méthodes adaptées aux préoccupations actuelles de durabilité, leur permettant notamment d'évaluer systématiquement et rigoureusement, sous des aspects encore parfois flous, les impacts de la réalisation de différents projets de transport en milieu urbain.

La Chaire Mobilité est une plateforme d'expérimentation, de recherche et de développement sur les méthodes et l'information permettant d'évaluer les contributions des projets à l'atteinte de comportements et situations compatibles à la vision de transport durable en milieu urbain. Globalement, la Chaire de recherche a comme objectif principal de doter les intervenants de mécanismes d'évaluation leur permettant d'apprécier, quantitativement, les impacts des différents choix de transport en vue de décider et d'agir en conformité avec les visions actuelles de développement durable.

Cette aspiration implique différentes tâches et objectifs spécifiques:

- Dresser l'état de l'art et de la pratique, au Québec et au niveau international, des processus d'évaluation des impacts des projets, politiques et plans de transport ainsi que de la définition et de la mesure de la durabilité appliquée au transport.
- Procéder à une évaluation critique des indicateurs recensés, identifier, définir et formaliser les indicateurs les plus pertinents en vue d'une application au niveau local ou métropolitain et évaluer les possibilités d'estimation des indicateurs identifiés au vue des banques de données disponibles.
- Accompagner les intervenants et proposer des développements méthodologiques pour assurer l'exploitation, dans le contexte québécois et plus particulièrement montréalais, des



bases de données disponibles, leur bonification, notamment par fusion de données, leur valorisation ainsi que faire progresser et adapter les méthodes de collecte de données en vue de rendre l'information recueillie apte à estimer les indicateurs identifiés.

- Formuler des cadres conceptuels d'évaluation des projets, politiques et plans de transport en milieu urbain, applicables à l'évaluation de projets types (intervention spécifique ou stratégie globale), proposer des indicateurs pour combler les aspects manquants et appliquer l'approche au suivi des impacts d'interventions précises de transport, ces interventions pouvant être locales ou globales.
- Assurer le transfert des connaissances et méthodes aux intervenants et favoriser l'échange d'information et d'outils au niveau métropolitain.
- Former des spécialistes et du personnel hautement qualifié et participer à la formation continue des employés des organismes partenaires.
- Structurer et assurer le développement à long terme d'un pôle multidisciplinaire de recherche et de formation avancée en planification et modélisation des transports urbains à Montréal.

1.3 Structure générale de la Chaire

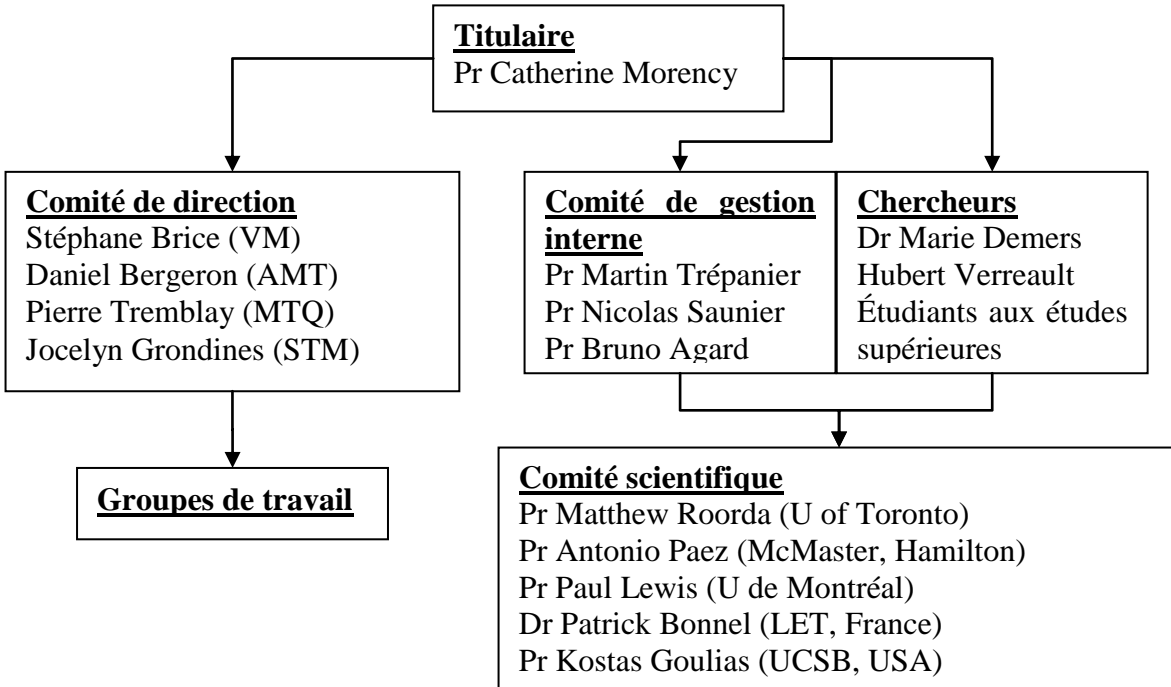
1.3.1 Partenaires

Les partenaires qui participent actuellement aux activités de la Chaire Mobilité sont :

- La Ville de Montréal (VM)
- L'Agence métropolitaine de transport (AMT)
- Le ministère des Transports du Québec (MTQ)
- La Société de transport de Montréal (STM)

1.3.2 Structure organisationnelle

La structure organisationnelle de la Chaire Mobilité est schématisée à la figure suivante et comprend trois comités ainsi que différents chercheurs et étudiants d'études supérieures en support technique et scientifique.



- Le **comité de direction** assure le suivi des travaux de la Chaire. Ce comité a le mandat d'appuyer le titulaire dans l'administration de la Chaire et l'orientation de ses activités. Il approuve le programme annuel de recherche et sa budgétisation, ainsi que le rapport annuel d'activité avec son bilan financier. Le comité se réunit deux fois par année. Des représentants de chacun des contributeurs financiers sont nommés par leur organisme pour y siéger. Les représentants actuels sont :
 - Ville de Montréal: Stéphane Brice
 - Agence métropolitaine de transport: Daniel Bergeron
 - Ministère des transports du Québec: Pierre Tremblay
 - Société de transport de Montréal: Jocelyn Grondines
- Le **comité de gestion interne**, dirigé par le titulaire de la Chaire, assure la coordination et le suivi des activités ainsi que l'allocation des fonds au sein de l'équipe de recherche.
- Le **comité scientifique**, composé de chercheurs internationaux spécialisés dans différentes thématiques de recherche de la Chaire, propose des éléments de réflexion sur les thématiques abordées et les choix méthodologiques faits. Il est composé de :
 - Pr Matthew Roorda : Département de génie civil de l'Université de Toronto (modélisation du transport des marchandises et passagers)
 - Pr Antonio Paez : École de géographie et des sciences de la terre de l'Université McMaster (analyse spatiale et statistique, comportements de mobilité)
 - Pr Paul Lewis : Institut d'urbanisme de l'Université de Montréal, Responsable du Groupe de recherche ville et mobilité (Développement urbain et immobilier, transport et aménagement du territoire)

- Dr Patrick Bonnel : Laboratoire d'Économie des transports de Lyon (Analyse des comportements de mobilité urbaine, modélisation de la demande de transport)
- Pr Kostas Goulias : Laboratoire Geotrans de l'Université de Californie à Santa Barbara (Modélisation de la demande de transport, modèles d'activités, simulations par agents)
- Les **groupes de travail** sont créés au besoin pour assurer le suivi technique des activités prévues au programme de recherche, le tout sous approche « projet ». Outre la participation de professionnels délégués des organismes partenaires, ces groupes de travail pourront impliquer la participation de collaborateurs externes, selon les problématiques de recherche.
- Deux **professionnels de recherche** sont impliqués de façon continue dans les travaux de la recherche :
 - **Marie Demers** est docteure en épidémiologie. En 2006, elle a publié “Walk for your life!”, un livre dans lequel elle propose une revue de la littérature scientifique sur les liens entre la mobilité active, les formes urbaines et l'obésité et qui témoigne de sa compréhension étendue du sujet. En 2008, elle a été impliquée dans la préparation d'une analyse visant à documenter les contributions des réseaux de transport en commun québécois au développement durable, pour l'Association du transport urbain du Québec (ATUQ). En 2010, elle a produit une série de feuillets de recherche sur le rôle de l'environnement bâti sur le niveau d'activité physique des jeunes pour Québec en forme. Elle est impliquée dans de multiples autres projets liés au transport (Vision 2030 des transports pour le Québec, Avis sur l'innovation dans la chaîne logistique des marchandises, etc.)
 - **Hubert Verreault**, est ingénieur civil, diplômé de Polytechnique et détenteur d'une maîtrise en transport de l'École Polytechnique de Montréal. Entre 2008 et 2010, il a été analyste en transport à l'Agence métropolitaine de transport, notamment impliqué dans la réalisation, le traitement et l'analyse de différentes enquêtes sur la mobilité des personnes. Il est chargé de cours à Polytechnique et contribue à la majorité des projets de recherche de la Chaire.
- Des étudiants, notamment de **niveau maîtrise et doctorat**, sont impliqués dans les différentes thématiques de recherche et assurent le suivi continu auprès des partenaires par le biais de visites régulières. Les étudiants actuellement impliqués dans les activités de la Chaire sont :
 - **Louiselle Sioui** (doctorat, fin prévue : décembre 2012) : Pour une approche pragmatique et opérationnelle de la mobilité durable : concepts, méthodes outils (section 6.1).

Louiselle Sioui est diplômée du baccalauréat en génie civil de l'École Polytechnique de Montréal (ÉPM) depuis 2007. Elle a terminé en 2009 une maîtrise en Sciences de l'Environnement à l'Université du Québec à Montréal. Dans le cadre de cette maîtrise, elle a réalisé deux stages qui se sont déroulés respectivement chez Communauto inc. (entreprise d'autopartage à Montréal) et à l'École Polytechnique de Montréal sur la contribution des sociétés de transport collectif au



développement durable. Louiselle est présentement au doctorat à l'ÉPM et son sujet de recherche porte sur les indicateurs de mobilité durable. Elle a complété dernièrement un stage de recherche de deux mois au Laboratoire d'économie des transports (LET) à Lyon.

- **Pegah Nouri** (doctorat, fin prévue avril 2014): Contributions aux méthodologies d'estimation des GES des déplacements motorisés

Pegah Nouri est diplômée de l'Université de Tehran en Planification urbaine et détient une maîtrise en sciences, géographie, planification et environnement de l'Université Concordia. Elle est actuellement étudiante au doctorat à Polytechnique et s'intéresse aux méthodes d'estimation des GES liés aux déplacements motorisés.

- **François Godefroy** (M.Sc.A obtenue mars 2011): Portrait du vélo et méthodologie d'estimation de son potentiel (section 6.2).

François Godefroy détient un diplôme d'ingénieur – Spécialisation en Gestion d'affaires et de projets - de l'École d'ingénieurs de Sceaux (France) ainsi qu'une maîtrise (M.Sc.A.) de Polytechnique en planification des transports. Son projet de recherche a porté sur la caractérisation du vélopavage et l'estimation du marché potentiel du vélo à Montréal. Il est actuellement analyste pour la Chaire Mobilité.

- **Éric Martel-Poliquin** (maîtrise, fin prévue : mars 2012) : Étude des déterminants du choix modal (section 6.3)

Il est détenteur d'un double diplôme de baccalauréat de l'Université de Sherbrooke (génie civil) et Bishop's (Liberal Arts) et a effectué différents stages au Ministère des transports du Québec. À l'automne 2010, il a été chargé de cours à l'École Polytechnique de Montréal pour le cours de conception des routes. Il a aussi été assistant de recherche au laboratoire de géotechnique et géoenvironnement de l'Université de Sherbrooke. Ses activités de recherche portent sur le marché actuel et potentiel des différents modes de transport.

- **Jason Demers** (maîtrise, fin prévue : mars 2012) : Méthodologie de collecte et d'analyse de données sur les déplacements commerciaux (section 6.4)

Jason Demers est détenteur d'un baccalauréat en génie civil de l'*Université de Sherbrooke*. Au cours de son cheminement, il a complété quatre formations de stage en entreprise. Deux stages se sont déroulés chez *Les Constructions Bricon ltée*, et les deux autres chez *BBA inc.* et au *Ministère des Transports du Québec*. Il a aussi reçu une bourse pour études à l'étranger afin de compléter une session d'études à l'*University of South Carolina*, aux États-Unis. Durant ses études à la maîtrise recherche, il a notamment agi comme chargé du cours de conception des routes au baccalauréat.

- **Abdoulaye Diallo** (maîtrise, fin prévue : mars 2012) : Méthodologie d'analyse des stationnements (section 6.5)

Abdoulaye est titulaire d'un baccalauréat en urbanisme de la faculté de l'aménagement de l'Université de Montréal, a effectué un stage au ministère des Transports et Travaux publics en République de Guinée. Avant d'entamer ses études de deuxième cycle, il occupait un poste d'enseignant en mathématiques à l'école secondaire *Otapi* de la communauté Atikamekw de Manawan.



- **Audrey Godin** (maîtrise, fin prévue : mars 2012) : Mieux mesurer l'accessibilité et l'attractivité des réseaux de transport (section 6.6)

Audrey Godin possède un baccalauréat en génie civil de l'École Polytechnique de Montréal. Elle a effectué trois formations de stages durant son parcours, tous dans le domaine du transport. Le premier s'est effectué à Transport Canada dans la ville d'Ottawa et les deux suivants à l'agence métropolitaine de transport dans le département planification et innovation. Elle a également reçu une bourse d'étude d'initiation à la recherche en transport en 2008. Durant ses études à la maîtrise, elle a travaillé comme assistante de laboratoire auprès des élèves de 2^e et 3^e année du baccalauréat dans des cours relatifs au transport.

- **Jean-Sébastien Marcotte** (maîtrise, fin prévue : août 2012) : Analyse exploratoire des comportements d'utilisation du transport collectif à l'aide de données provenant du système de perception par carte à puce de la Société de transport de Montréal (section 6.7)

Jean-Sébastien Marcotte est étudiant à la Maîtrise recherche en Génie civil depuis l'automne 2010. Il est titulaire d'un Baccalauréat en Urbanisme de l'Université du Québec à Montréal, obtenu en 2008. Il a été technicien en Urbanisme à la MRC de la Minganie de 2008 à 2009 et a été stagiaire en Urbanisme à la Ville de Montréal : Arrondissement Île Bizard – Sainte-Geneviève de 2007 à 2008.

1.4 Programme de travail

Un programme de travail pour la première année de la Chaire a été déposé au début de l'été 2010 et les travaux se sont véritablement amorcés à l'automne avec la finalisation des ententes et la tenue des rencontres individuelles (automne) et collective (hiver) auprès des partenaires. Il s'agit donc d'une première année qui a permis de structurer une équipe de recherche pertinente, de recruter des étudiants de recherche et de mettre en place les bases d'un travail scientifique plus approfondi.

Des activités de recherche, qui se poursuivent en continu, ont été réalisées sur différentes thématiques, notamment la mesure de la mobilité durable, mais aussi sur des thématiques plus ciblées qui permettront d'alimenter les exercices de planification, d'analyse et de modélisation des systèmes urbains et de transport dans une vision de soutien à la mobilité durable.

1.4.1 Mobilité durable : indicateurs et processus d'évaluation

D'une part, une revue de littérature a été conduite afin de faire un inventaire, pour le moment structuré sous forme de liste, des différents indicateurs de mobilité durable utilisés afin de soutenir l'évaluation des projets et choix de transport. Cette démarche permet de clarifier la notion de durabilité et son application en transports. Cette revue a aussi permis d'examiner certains systèmes d'indicateurs développés par différentes autorités et organismes. La notion de chaîne de causalité s'est aussi avérée pertinente et a fait l'objet d'une étude plus approfondie, notamment dans sa capacité à clarifier les interdépendances entre objectifs, stratégies, impacts.

1.4.2 Thématiques spécifiques

D'autre part, des étudiants ont été impliqués dans les activités de la Chaire, chacun étant responsable d'approfondir une thématique spécifique d'intérêt pour les partenaires, thématique qui alimentera les réflexions et les capacités d'analyse et modélisation en vue d'une mobilité plus



durable. Différentes thématiques sont traitées dont l'état d'avancement dépend du cheminement particulier de chaque étudiant:

- **Portrait de l'utilisation du vélo à Montréal.** Portrait de l'utilisation du vélo dans la mobilité quotidienne régulière, tel que révélé par les enquêtes Origine-Destination. Modèle d'estimation du marché potentiel du vélo basé sur la notion de distance seuil. Modèle explicatif du choix du vélo comme mode de transport.
- **Déterminants du choix modal.** Étude des parts de marché actuelles et potentielles des différents modes de transport, incluant les modes actifs et alternatifs. Classification de la population en segments (âge, genre et autres attributs) présentant des parts de marché similaires. Développement de modèles explicatifs des parts de marché.
- **Collecte de données sur les déplacements commerciaux.** Synthèse des travaux faits au Québec et en Amérique du Nord en matière de collecte de données et modélisation du transport des marchandises. Projets pilotes de collecte de données. Valorisation de données (comptages, enquête cordon, modèle urbain, parc véhiculaire, autres types d'enquêtes, etc.). Enjeux et recommandations méthodologiques pour assurer la disponibilité de données pertinentes dans le domaine.
- **Stationnements.** Rôle des stationnements comme outil de gestion de la demande de transport. Méthodologie d'approximation des capacités de stationnement dans les quartiers à partir de données d'enquêtes Origine-Destination (inventaire théorique). Méthodologie de validation des inventaires théoriques de stationnement. Portrait de l'utilisation des espaces de stationnements : durées, motif et clientèles. Indicateurs d'utilisation des stationnements. Recommandations sur la collecte de données et la gestion des espaces.
- **L'accessibilité en transport : méthodes et indicateurs.** Inventaire des indicateurs et méthodes d'estimation de l'accessibilité aux réseaux de transport. Typologie d'indicateurs. Raffinement des indicateurs : variabilité spatio-temporelle et sensibilité au niveau de service. Potentialités des outils de cartographie.
- Valorisation des données de la **carte à puce pour mieux comprendre les comportements d'utilisation du réseau par les usagers.** Méthodologie d'exploitation systématique des données de cartes à puce pour produire des indicateurs d'utilisation du service par les cartes (variabilité des comportements, classification des usagers, loyauté et rétention).

Le tableau qui suit propose une liste des projets de recherche des étudiants ainsi que des détails concernant leur supervision.

Tableau 1. Liste des projets de recherche et étudiants-e-s

<u>Thématique</u>	<u>Étudiant-e</u>	<u>Niveau</u>	<u>Début</u>	<u>Supervision¹</u>	<u>Complété / fin prévue</u>
Pour une approche pragmatique et opérationnelle de la mobilité durable: concepts, méthodes et outils	Louiselle Sioui	Ph.D.	Sept. 2009	CM	12/2012
Contributions à l'évaluation objectives des émissions de GES liées au transport	Pegah Nouri	Ph.D.	Janv. 2011	CM	03/2014
Portrait du vélo et du vélo-partage	François Godefroy	M.Sc.A.	Sept. 2009	CM	<input checked="" type="checkbox"/>
Déterminants du choix modal	Éric Poliquin	M.Sc.A.	Janv. 2010	CM/BA	02/2012
Transport des marchandises en milieu urbain	Jason Demers	M.Sc.A.	Janv. 2010	CM/MT	02/2012
Gestion des stationnements : inventaire et utilisation	Abdoulaye Diallo	M.Sc.A.	Mai. 2010	CM/NS	02/2012
Indicateurs d'accessibilité en milieu urbain	Audrey Godin	M.Sc.A.	Sept. 2010	CM	02/2012
Valorisation des données de la carte OPUS	Jean-Sébastien Marcotte	M.Sc.A.	Sept. 2010	CM/MT	08/2012
Tendances liées à la composition, la motorisation et la localisation spatiale des ménages	Sébastien Désilets	M.Sc.A.	Sept. 2010	CM	08/2012
Analyse évolutive des comportements de mobilité des jeunes	Félix Pépin	M.Sc.A.	Sept. 2010	CM	08/2012

¹ CM : Catherine Morency, MT : Martin Trépanier, BA : Bruno Agard, NS : Nicolas Saunier

1.5 Contenu du rapport

Ce document fait état du travail réalisé depuis le lancement de la Chaire de recherche. Le document s'amorce par une mise en contexte qui permet notamment d'identifier les différentes mesures publiques touchant la mobilité durable au Québec. Sont décrites les différentes lois et politiques qui concernent la mobilité durable et qui ont une incidence sur les activités des autorités de transport et autres agences gouvernementales québécoises (Section 2).

Les principales définitions utiles à la démarche de recherche sont ensuite présentées ainsi qu'un inventaire des différents indicateurs identifiés dans la littérature (section 3). En vue de mieux comprendre le rôle des indicateurs dans le processus d'évaluation des projets, quelques systèmes d'indicateurs sont présentés (section 4). Aussi, la notion de chaînes de causalité (section 0) ainsi que des exemples pertinents d'interventions examinés sous la loupe des chaînes de causalité sont présentés (section 5). Ceux-ci permettent de comprendre le rôle de clarification d'une approche par liens de causalité. La section 6 résume l'état d'avancement des projets de recherche menés par des étudiants de maîtrise et doctorat, sous la supervision des chercheurs de la Chaire.



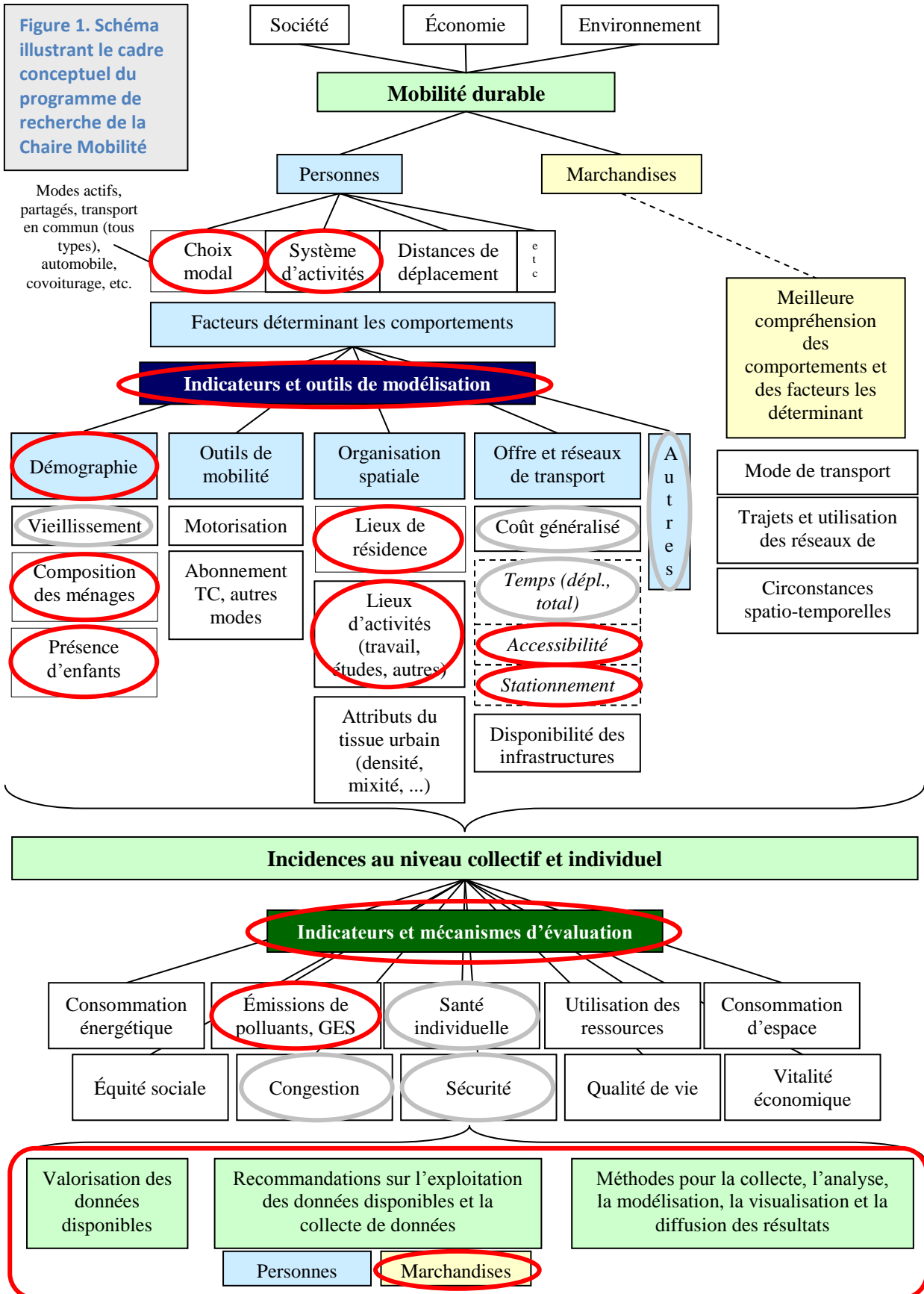
La section qui suit fait état d'autres activités de recherche qui ne sont pas directement liées à un financement à travers la Chaire mais dont les thématiques sont néanmoins connexes et très pertinentes à sa mission. Certaines de ces activités sont d'ailleurs à la base de propositions de thématiques potentielles pour le programme annuel 2011-2012 de la Chaire. Ainsi, les travaux sur l'évolution des comportements de mobilité des personnes âgées (Julien Grégoire, étudiant à la maîtrise, section 7.1) et sur le développement d'outils de collecte de données sur la mobilité via Internet (Pierre-Léo Bourbonnais, étudiant à la maîtrise, section 7.2) sont présentés.

La démarche de recherche de la Chaire vise à contribuer à la mise en œuvre de la durabilité en transport; le schéma qui suit propose un cadre conceptuel qui oriente le choix des thématiques d'intérêt et qui délimite l'univers au sein duquel des contributions sont et seront réalisés. À terme, la Chaire espère contribuer à l'ensemble des éléments identifiés. Sans nécessairement être exhaustif, celui-ci assure la cohérence des recherches réalisées et leur capacité à alimenter une réflexion plus globale sur la mobilité durable. Sont encadrés en rouge les sujets qui sont directement traités par les projets actuels (an 1) et en gris, les thématiques complémentaires abordées par les chercheurs de l'équipe par le biais d'autres projets et contrats de R&D. Ces thématiques sont évidemment hautement inter-reliées et abordées généralement dans le cadre de plusieurs projets.

Quelques précisions s'imposent :

- Marchandises: les travaux portent actuellement sur l'étude des méthodes de collecte de données, et la formulation de recommandations à cet égard, en vue de permettre la compréhension accrue de cette problématique en milieu urbain.
- Personnes : les travaux portent sur l'ensemble des modes de transport disponibles. Des analyses plus approfondies sur l'utilisation des systèmes d'autopartage et de vélopartage sont réalisées dans le cadre d'autres projets de recherche.
- Indicateurs et mécanismes d'évaluation : toutes les thématiques sont examinées mais certaines font l'objet de projets plus approfondies (cas de l'estimation des GES).
- Méthodes et données : toutes les thématiques impliquent la valorisation d'ensembles de données, l'identification de mécanismes permettant de les améliorer ainsi que le développement d'outils ou méthodes.

Figure 1. Schéma illustrant le cadre conceptuel du programme de recherche de la Chaire Mobilité





2 Contexte

2.1 Mesures publiques touchant la mobilité durable au Québec

Afin de créer une culture de développement durable et de se donner les moyens d’agir, le Gouvernement du Québec (2006) a adopté la *Loi sur le développement durable* dans le but principal d’instaurer, au sein de son administration, un nouveau cadre de gestion. Il en a découlé une *Stratégie gouvernementale de développement durable 2008-2013* (Gouvernement du Québec, 2007) qui énonce les orientations stratégiques, suivie d’un *Plan d’action de développement durable 2008-2013* (Gouvernement du Québec, 2009) définissant les objectifs et actions reliés à ces orientations.

En outre, la *Loi sur le développement durable* (Gouvernement du Québec, 2006) prévoit que chaque ministère ou organisme public publie sa propre stratégie du développement durable, document dans lequel doivent se retrouver les actions qu’il entend entreprendre pour contribuer à l’atteinte des objectifs définis dans la stratégie gouvernementale.

La *Stratégie gouvernementale de développement durable 2008-2013* doit permettre de « mieux coordonner, harmoniser et concerter l’action gouvernementale en matière de développement durable » (Gouvernement du Québec, 2007). Notamment, deux des objectifs de cette stratégie touchent la nécessité de développer des indicateurs : (3) exposer les enjeux, orientations et axes d’intervention prioritaires et les objectifs mesurables; et (4) prévoir les mécanismes et les moyens pour assurer le suivi des progrès (Gouvernement du Québec, 2007).

Le *Plan de développement durable du Québec* (Gouvernement du Québec, 2004) prévoit quant à lui que tous les ministères, organismes et entreprises du gouvernement produisent un plan d’action qui détermine notamment les actions qu’il entend entreprendre pour contribuer à l’atteinte des objectifs du gouvernement, sous forme de plan d’action ou de tableau de bord. Ce plan doit d’ailleurs mettre en place des mécanismes d’évaluation, de suivi et de reddition des comptes. Les mécanismes prévus sont entre autres des rapports annuels émis par chaque ministère, qui font état : (1) des objectifs qu’il s’était fixés; et (2) des différentes activités ou interventions menées en vue d’atteindre les objectifs (avec degré d’atteinte des résultats et précision des indicateurs retenus). De cette façon, la mesure globale des progrès repose sur des indicateurs de développement durable (Gouvernement du Québec, 2004).

Plusieurs orientations définies par la *Stratégie du développement durable 2008-2013* (Gouvernement du Québec, 2007) touchent plus ou moins directement le transport, telles que (Tableau 2):



Tableau 2. Orientations définies par la Stratégie du développement durable 2008-2013 touchant plus ou moins directement le transport

No	Énoncé de l'orientation	Interprétation possible
O2	Réduire et gérer les risques pour améliorer la santé, la sécurité et l'environnement	Améliorer la sécurité des différents moyens de transport
O3	Produire et consommer de façon responsable	Produits locaux et écoénergétiques
O4	Accroître l'efficacité économique	Payer le juste prix des transports
O5	Répondre aux changements démographiques	Adapter les systèmes de transport à la population vieillissante
O6	Aménager et développer le territoire de façon durable et intégrée	Intégrer urbanisme et transport, Favoriser la mixité des usages, Aménager les routes pour les transports actifs et collectifs, Diminuer la consommation d'espace reliée à l'automobile (construction de routes et stationnement)
O9	Prévenir et réduire les inégalités sociales et économiques	Favoriser l'équité de mobilité et d'accès aux générateurs, lieux publics et différents moyens de transport

Le *Plan d'action de développement durable 2008-2013* (Gouvernement du Québec, 2009) propose, pour chaque orientation, un ou plusieurs objectifs gouvernementaux. Chaque objectif gouvernemental est accompagné d'un ou plusieurs objectifs organisationnels, d'une ou plusieurs actions, parfois de cibles, et finalement d'un énoncé des ministères et organismes collaborateurs. Peu d'objectifs touchent directement les transports. Notons cependant l'Action 9 de l'Orientation 2 – Réduire et gérer les risques pour améliorer la santé, la sécurité et l'environnement – qui vise à « réaliser les dispositions du *Plan d'action 2006-2012 de lutte contre les changements climatiques* visant la réduction des gaz à effet de serre (GES) et l'adaptation aux changements climatiques ». Le MTQ, comme collaborateur, contribuera à atteindre la cible de diminution d'ici 2012 des émissions de GES de 6 % sous le niveau de 1990.

Sous forme de fiche, certains indicateurs sont déjà décrits et associés à un objectif dans le document *Indicateurs de suivi des objectifs de la Stratégie gouvernementale de développement durable 2008-2013* (Gouvernement du Québec, 2010). En parallèle, un document de consultation publique a permis de dresser la première version d'une liste d'indicateurs de développement durable (Gouvernement du Québec, 2010).

Tel que prévu par le *Plan de développement durable du Québec* (Gouvernement du Québec, 2004), le MTQ a élaboré sa propre *Stratégie de développement durable 2009-2013* (MTQ, 2009) ainsi qu'un plan d'action (MTQ, 2009). Le but est d'intégrer les principes de durabilité et orientations définies par le Gouvernement du Québec à même la mission du ministère, en établissant ses propres objectifs. Pour chaque aspect touchant les transports (Planification des transports, Gestion des réseaux de transport, Gouvernance), des orientations, objectifs et actions sont énoncées, propres au MTQ, et reliés à ceux du gouvernement.



Le plan d'action tente aussi de proposer des indicateurs de suivi et des cibles qui restent encore dans certains cas à déterminer ou à raffiner. Auparavant, le MTQ avait aussi élaboré d'autres plans concernant le transport et impliquant des indicateurs, mais non directement reliés au développement durable comme l'est la *Stratégie de développement durable 2009-2013* (MTQ, 2009a). On compte notamment le *Plan de gestion des déplacements de la région métropolitaine de Montréal* (PGDM) (MTQ, 2000), qui regroupe un ensemble d'orientations, d'objectifs, et de projets envisagés par le ministère. La mise à jour de ce plan n'a pas encore été faite, et les quelques cibles pour 2016 qui y ont été définies semblent dépassées. Plus récente et plus spécifique pour les modes collectifs de transport, la *Politique québécoise du transport collectif* (MTQ, 2006) décrit les moyens retenus pour parvenir à une croissance de l'utilisation du transport en commun, ciblée à 8 % d'augmentation d'achalandage d'ici 2012.

En somme, le MTQ doit mettre en place des cibles quantifiées et des indicateurs de mesure pour appuyer sa planification. Dans son rapport à l'Assemblée nationale pour l'année 2008-2009, le Vérificateur général du Québec (2009) a d'ailleurs fait plusieurs constats sur les problématiques relatives à la planification du transport et de l'aménagement à Montréal et émis des recommandations visant le MTQ et le MAMROT. Il constate que le « MTQ n'est pas en mesure de démontrer que les interventions envisagées lors de l'élaboration du PGDM s'avèrent globalement la meilleure solution si l'on tient compte de leurs effets sur la mobilité, la santé, le contexte social, l'économie, l'environnement et l'utilisation des ressources naturelles. »

Le Vérificateur général du Québec recommande entre autres les actions suivantes, qui nécessitent le développement d'indicateurs :

- 3.106 D'évaluer systématiquement et de façon globale les effets des différents scénarios envisagés au moment de l'élaboration d'un plan de transport;
- 3.118 De terminer le processus menant au développement des indicateurs pour la région métropolitaine;
- 3.122 De mettre en place un mécanisme formel de suivi des résultats et des interventions; et
- 3.122 (suite) De produire un bilan périodique qui fait état des progrès réalisés par rapport aux résultats attendus et aux interventions prévues, des écarts relevés et des causes à l'origine de ces écarts ainsi que des solutions envisagées pour corriger la situation, le cas échéant.

Face à ces recommandations, le MTQ a pris des engagements impliquant le développement d'indicateurs de développement durable. Ainsi, au Québec et particulièrement à Montréal, la recherche de systèmes de transport plus durables, la nécessité de suivi des nouvelles politiques et le besoin d'évaluation de différents scénarios et interventions placent les indicateurs de développement durable au centre des préoccupations des décideurs.

Les mesures proposées par le MTQ en faveur de la mobilité durable depuis le début des années 2000 sont reflétées dans plusieurs politiques et plans d'action dont: la *Politique québécoise du transport collectif 2007-2011*, la *Politique sur le transport routier des marchandises 2009-2014*, la *Politique de transport maritime et fluvial* et le *Plan d'action ministériel en matière de sécurité routière, volet environnement routier 2009-2012*. Enfin, bien qu'elle ait été annoncée en 2008 par le premier ministre, la *Politique sur l'intermodalité*, préparée sous l'égide du MTQ, n'est pas encore parue.



D'autres ministères ont aussi posé des actions visant à favoriser la mobilité durable. Il en est ainsi des mesures ayant trait à l'efficacité énergétique et à la réduction des GES proposées dans le Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et de la Stratégie énergétique du Québec pour les années 2006-2015, préparée par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF). On y proposait, entre autres, de favoriser l'implantation de projets intermodaux pour le transport des marchandises, de mettre sur pied un programme de soutien à la pénétration de l'innovation technologique en matière d'efficacité énergétique dans le transport des marchandises et d'adopter une réglementation rendant obligatoire l'activation des limiteurs de vitesse sur tous les camions, ainsi que le réglage de leur vitesse maximale à 105 km/h.

Au niveau fédéral, des initiatives récentes de Transports Canada et de Ressources naturelles Canada visent l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de GES.

Signalons aussi la Politique de mobilité et transport durables lancée par l'Union des municipalités du Québec (UMQ) en 2008 et qui propose une série d'orientations et d'actions visant à favoriser la mobilité durable au Québec, aussi bien pour les personnes que pour les marchandises. Pour leur part, la Société des transports de Montréal (STM) et l'Agence métropolitaine de transport (AMT) ont présenté leur démarche respective de mobilité durable au cours des dernières années, y faisant état de leurs objectifs et de leurs actions en la matière. Du côté des municipalités, il faut entre autres mentionner le Plan stratégique de développement durable de la ville de Montréal, de même que son Plan de transport adopté en 2008, ainsi que le Plan de mobilité durable de la ville de Québec, déposé pour fins de consultation en 2010.

2.2 Mesures gouvernementales en lien avec la mobilité durable

2.2.1 Gouvernement du Québec

Plan d'action 2011-2020 sur les véhicules électriques (250 M\$ dont 165 M\$ d'argent neuf)

Une série de mesures pour les utilisateurs :

- Rabais à l'achat ou à la location de véhicules hybrides ou électriques
- Subvention à l'achat et à l'installation de bornes à domicile

Une série de mesures pour le déploiement des véhicules électriques :

- Projets d'envergure : gouvernement, municipalités, entreprises privées
- Stratégie de déploiement de l'infrastructure de recharge publique

Une série de mesures pour le transport collectif dont :

- Soutien à la R&D et à l'innovation
- Soutien aux projets d'investissement
- Attraction des fabricants internationaux

MDEIE

Plan d'action en faveur du secteur manufacturier 2007-2012

Deux des mesures budgétaires peuvent être en lien avec la mobilité durable:



- Soutien aux énergies propres et efficaces (10 M\$)
- Introduction aux nouvelles pratiques d'affaires en développement durable (3,3 M\$)

MDDEP

Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques

Deux programmes ont été prévus pour réduire ou éviter les émissions de gaz à effet de serre :

- Programme d'aide à l'intégration modale (2007-2013) pour une meilleure intégration des modes et des systèmes de transport des marchandises (60 M\$)
- Programme de soutien à la pénétration de l'innovation technologique en matière d'efficacité énergétique dans le transport des marchandises (30 M\$)

Autres actions pertinentes :

- Utiliser les leviers d'intervention nécessaires afin que les manufacturiers de véhicules légers vendus au Québec respectent une norme d'émissions de GES à partir de 2010.
- Viser que les distributeurs d'essence fournissent 5% d'éthanol dans l'ensemble de leurs ventes de carburant d'ici 2012.
- Favoriser le développement et l'utilisation du transport collectif des personnes.
- Inciter les municipalités du Québec à adopter un règlement pour contrer les effets de la marche au ralenti des véhicules d'ici 2010.
- Favoriser le développement et l'utilisation des modes de transport alternatifs.
- Favoriser l'implantation de projets intermodaux pour le transport des marchandises.
- Adopter une réglementation qui rendra obligatoire l'activation des limiteurs de vitesse sur tous les camions ainsi que le réglage de la vitesse maximale de ces véhicules à 105 km/h.

MRNF

Stratégie énergétique du Québec 2006-2015

Mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique du transport de marchandises :

- Mesures pour favoriser le cabotage maritime ou le transport ferroviaire en remplacement du transport routier
- Technologies nouvelles afin de réduire la consommation de produits pétroliers par l'industrie du camionnage

Autres actions pertinentes :

- Favoriser l'amélioration du parc automobile par :
 - Le remboursement de la TVQ (maximum 1000 \$) pour les véhicules hybrides neufs
 - L'évaluation de l'opportunité d'aller plus loin dans la mise en place d'incitatifs financiers qui permettront d'orienter les acheteurs vers les véhicules ayant une consommation d'énergie plus faible
 - Une intervention pour des normes applicables aux véhicules vendus au Québec plus exigeantes en termes de consommation d'énergie
- Soutenir le transport collectif



- Améliorer l'efficacité énergétique du transport des marchandises

MTQ

- Gestion des deux programmes prévus dans le Plan d'action sur les changements climatiques du MDDEP
- Multiples mesures prévues dans les deux politiques de transport des marchandises (routier et fluvial)

Politique québécoise du transport collectif

Programme d'aide gouvernementale au transport collectif régional (11 M\$ par an durant 5 ans : 2007-2011)

3 volets :

- Transport collectif en milieu rural
- Planification régionale du transport collectif
- Transport interrégional par autocar

Politique sur le transport routier des marchandises 2009-2014

La politique propose une série de pistes d'action dont plusieurs visent à favoriser l'efficacité du système de transport routier de marchandises dans une perspective de transport durable et à poursuivre l'amélioration de la sécurité routière.

Politique de transport maritime et fluvial de 2001

Une série de mesures visant à :

- Favoriser le cabotage et le transport intermodal
- Gérer les activités maritimes et portuaires dans une perspective de développement durable
- Favoriser l'accroissement de la compétitivité du Saint-Laurent
- Augmenter la contribution du transport maritime au développement industriel et régional
- Favoriser le développement du tourisme fluvial

Plan d'action ministériel en matière de sécurité routière. Volet environnement routier 2009-2012

Investissements pour améliorer la sécurité des infrastructures routières.

2.2.2 Gouvernement du Canada

Transports CANADA

Initiative ÉcoTRANSPORTS

En 2007, le gouvernement canadien s'est engagé à consacrer 100 millions de dollars à la promotion de choix de transports propres et durables. Cette stratégie comprend quatre programmes dont :

- ÉcoMOBILITÉ



Ce programme aide les municipalités à réduire les émissions des véhicules de passagers en milieu urbain en augmentant le coefficient d'utilisation des véhicules de transport collectif et en favorisant l'utilisation d'autres moyens de transport durable.

- ÉcoTECHNOLOGIE

Ce programme permet de procéder à l'achat et à l'essai de véhicules dotés de technologies de pointe.

- ÉcoAUTO

Programme de remise pour l'achat d'une auto, ouvert en 2007 et 2008 seulement.

- ÉcoMARCHANDISES

Doté de 61 millions, ce programme inclut de nouvelles initiatives faisant appel à la technologie pour atténuer les répercussions du transport des marchandises sur la santé et l'environnement. Il est mis en œuvre par Transports Canada et Ressources naturelles Canada. Ces initiatives visent à éliminer les obstacles réglementaires, à réduire la consommation de carburant et les émissions de GES, à créer un fonds de démonstration des technologies de transport des marchandises, à offrir un financement à coûts partagés pour l'achat et l'installation de technologies éprouvées, à mettre sur pied des partenariats avec l'industrie et à appuyer jusqu'à quatre projets de démonstration pour l'installation et l'utilisation de l'alimentation à quai pour les navires faisant escale dans les ports canadiens.

Ressources naturelles Canada

Initiative ÉcoÉNERGIE pour les parcs de véhicules

Aide les sociétés de transport et autres exploitations de parcs de véhicules commerciaux à réduire les coûts en carburant et les émissions nocives.

Initiative ÉcoÉNERGIE pour les véhicules personnels

Fournit aux automobilistes des trucs pour acheter, conduire et entretenir leurs véhicules de façon à réduire la consommation de carburant et les émissions de GES.

Initiative ÉcoÉNERGIE pour les biocarburants

Programme incitatif qui appuie la production de carburants de remplacement et favorise le développement d'une industrie nationale concurrentielle des carburants renouvelables.



3 Définitions et indicateurs

3.1 Développement durable et durabilité

Selon la Commission Bruntland (1987), « le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs »

Dans son mémoire, Lamalice (2008) recense différentes définitions du concept de durabilité, notamment :

- « La durabilité est une harmonie et une équité projetée dans le futur, une aventure sans fin où la prudence est de mise, un combat continu pour une coévolution harmonieuse de l'environnement, de l'économie et du socioculturel » [traduction] (Mega and Pedersen, 1998).
- « [...] la durabilité n'est pas une analyse de risque; la durabilité c'est plutôt une analyse des systèmes. Plus précisément, cela concerne comment les systèmes environnementaux, économiques et sociaux interagissent, de manière avantageuse ou désavantageuse, et dans différentes perspectives d'opération » [traduction] (TRB, 1997).

3.2 Transport durable

En 1996, l'OCDE a proposé une définition qualitative provisoire du transport durable (transport écologiquement viable) soit : « Transport qui ne met pas en danger la santé publique ni les écosystèmes et comble les besoins de mobilité tout en respectant les principes selon lesquels a) les ressources renouvelables sont utilisées en quantités inférieures à leur taux de régénération et b) les ressources non renouvelables sont utilisées en quantités inférieures au taux de mise au point de substituts renouvelables ».

Selon le Centre pour un transport durable (CTD, 2002), un système de transport durable est un système :

- « Qui permet aux individus et aux sociétés de satisfaire leurs principaux besoins d'accès d'une manière sécuritaire et compatible avec la santé des humains et des écosystèmes avec équité entre les générations »
- « Dont le coût est raisonnable, qui fonctionne efficacement, qui offre un choix de moyen de transport et qui appuie une économie dynamique »
- « Qui limite les émissions et les déchets de manière à ce que ceux-ci ne dépassent pas la capacité que possède la planète de les absorber, minimise la consommation des ressources non renouvelables, limite la consommation des ressources renouvelables dans le respect des principes de développement durable; réutilise et recycle ses composantes et minimise l'usage des terres et le bruit »

En mai 2007, l'ATC (Association des transports du Canada) a publié un document énonçant différentes stratégies de planification de transport durable. On y propose d'ailleurs une définition du transport durable. Selon l'ATC :

« Le concept de transport durable préconise l'établissement d'un équilibre entre les avantages économiques et sociaux du transport et la nécessité de protéger l'environnement. » L'ATC



reprend aussi la formulation plus détaillée proposée par le Centre pour un transport durable (énoncée ci-dessus)

3.3 Mobilité durable

Un système de transport durable est un pré-requis à la mobilité durable. Selon Boillat (2007), « un système de transport est durable s'il :

- respecte les limites écologiques (charges environnementales, consommation de ressources);
- assure l'efficacité des déplacements du point de vue économique optimisation de l'offre de transport pour répondre aux besoins des personnes et entreprises à un coût supportable pour les collectivités publiques;
- assure l'équité sociale (accès aux opportunités, santé publique) ».

La mobilité, qui pourrait se définir comme étant la capacité des personnes et des biens à se déplacer ou à être transportés d'un endroit à un autre, peut être qualifiée de durable « lorsque sa réalisation respecte l'intégrité de l'environnement, permet d'assurer les besoins matériels de la vie et garantit l'équité entre les individus » (Boillat, 2007).

3.4 Objectifs et pistes pour la mise en œuvre

Bien évidemment, les définitions précédentes demeurent très conceptuelles. Par conséquent, nous avons tenté d'identifier certaines pistes pour la mise en œuvre de la durabilité en transport, objectif au cœur des travaux de la Chaire. Une réflexion récente menée en Belgique fournit des éléments intéressants sur l'application du concept de mobilité durable (Pour la solidarité, 2010). Dans ce rapport, on cite par exemple Orfeuill comme suit : si la mobilité durable implique l'application concrète du concept de durabilité aux déplacements, cela implique de trouver « un équilibre entre l'économique, le social et l'environnemental. Du point de vue de l'environnement, il vaudrait mieux [...] qu'on se déplace assez peu. Or, du point de vue social, les plus démunis doivent pouvoir se déplacer davantage qu'aujourd'hui. Enfin, du point de vue économique, les échanges doivent être favorisés. La mobilité durable est un compromis entre ces impératifs antagonistes ».

Boillat (2007) résume le but visé par la mobilité durable comme étant de limiter la mobilité réalisée en transports individuels motorisés. De celui-ci, deux stratégies sont possibles : agir sur l'offre ou agir sur la demande :

- « Agir sur l'offre = changer les comportements en modifiant l'offre de transports
 - Investissements en infrastructures (routes, transports publics, modes doux)
 - Mesures financières (péage, tarification du stationnement, etc.)
 - Restriction de l'offre (politiques de stationnement, etc.)
 - Agir sur l'offre = changer les comportements en modifiant l'offre de transports
- Agir sur la demande = modifier la demande de transports
 - Mesures d'incitation, de promotion



- Sensibilisation
- Politiques d'aménagement/organisation spatiale (densification, mixité fonctionnelle de l'espace, coordination urbanisation et transports publics)
- Mesures d'aménagement du temps »

Il semble donc que la mise en œuvre d'une durabilité accrue de la mobilité ne doit pas viser une diminution de la mobilité mais bien une modification des choix de mobilité. Des stratégies doivent être mises en place afin de faire en sorte que les individus apprennent à se déplacer autrement quotidiennement (Pour la solidarité, 2010). Il faut donc multiplier les alternatives de transport (réduire la captivité des trajets envers l'un ou l'autre des modes ou réseaux de transport) et mettre à profit les innovations (technologiques et dans l'offre) qui permettent de réduire certains impacts de la mobilité tout en l'assurant pour tous.

À la lumière des multiples lectures, une liste des principaux objectifs liés à mobilité durable peut être construite:

- Accroître l'accessibilité (et favoriser l'équité d'accès)
- Améliorer la mobilité
- Contre la congestion
- Réduire la pollution et les GES
- Enrayer l'hypermobilité
- Contribuer à limiter l'étalement urbain
- Améliorer la qualité de vie en milieu urbain (bruit)
- Augmenter la part modale des déplacements non motorisés (ou réduire la dépendance à l'automobile)
- Améliorer la sécurité
- Réduire la consommation de carburant et la dépendance à l'énergie
- Diminuer les coûts liés au transport dans le budget des personnes
- Supporter l'économie régionale
- Améliorer la santé publique (obésité, maladies pulmonaires et cardio-vasculaires, îlots de chaleur)

3.5 Concepts et typologies

D'un point de vue méthodologique, la mise en œuvre de la durabilité en transport a certaines exigences, celles notamment de mesurer le niveau actuel de durabilité et de pouvoir évaluer les impacts, sur cette durabilité, de certaines interventions. Dans ce contexte, le développement d'indicateurs, comme outils de mesure et de synthèse, est pertinente.

3.5.1 Propriétés des indicateurs

Selon Mega and Pedersen 1998, les indicateurs doivent être significatifs et aider à la comparaison, l'évaluation et la prévision; ils doivent aider à construire et harmoniser les bases données pertinentes et soutenir la prise de décision à différents niveaux organisationnels. Ils devraient aussi contribuer à rendre les décisions liées à la ville plus visibles et transparentes et, si possibles, jouer un rôle symbolique.

Les enjeux liés au développement et à l'utilisation d'indicateurs sont les suivants :

- Définition (sens), disponibilité des données pertinentes et périodicité (faisabilité de collecte), méthode d'estimation;
- Actualisation (mise au point de nouveaux indicateurs);
- Pertinence, validité, fiabilité, comparabilité, limites et potentialités (ce que l'indicateur permet de dire)
- Périmètre et limite temporelle, niveau de résolution spatiale

Le tableau qui suit résume les critères servant à la sélection des indicateurs selon la catégorie d'appartenance de ces derniers (Tableau 3).

Tableau 3. Critères servant à la sélection des indicateurs selon leur catégorie d'appartenance (Source : Joumard et Gudmundsson, 2010)

<p>Management Pertinence politique Utilité Existence d'un seuil Pertinence avec les objectifs Comparabilité d'une juridiction à l'autre Peut être lié aux modèles économiques</p>	
<p>Monitoring Mesurabilité Quantifiabilité Applicabilité dans des régions géographiques différentes Facilité de maniement Disponibilité des données Intégrativité Accessibilité Compréhensibilité Acceptabilité éthique</p>	
	<p>Mesure Validité Fiabilité Sensibilité Spécificité Représentativité</p>

3.6 Inventaire d'indicateurs

Les indicateurs utilisés par différentes autorités et par le milieu de la recherche afin de caractériser les systèmes de transport, la mobilité et les impacts qui en découlent ont été répertoriés. Ces indicateurs serviront de base à la sélection de ceux qui entreront dans le modèle élaboré dans une autre phase des travaux de la Chaire. Les sections suivantes proposent une catégorisation des indicateurs répertoriés. Cette liste ne doit cependant pas être vue comme exhaustive et la présence d'un nombre plus élevé d'indicateurs dans une catégorie ne découle pas d'un choix délibéré; il s'agit plutôt d'aspects qui ont été plus couverts dans la littérature jusqu'à maintenant. De plus, précisons que pour les fins de l'inventaire, certains indicateurs susceptibles de se retrouver dans plus d'une catégorie ont été classés dans une seule catégorie. Il en résulte,



par exemple, que certains indicateurs de contexte ou de mobilité pourraient – dans le cadre d’un projet spécifique d’intervention – être classés plutôt comme indicateurs d’impact. De la même façon, selon l’aspect étudié, un indicateur de mobilité peut aussi devenir un indicateur de contexte.

La catégorisation suivante a été adoptée pour la réalisation d’un inventaire d’indicateurs.

Indicateurs de contexte

Degré de motorisation

Offre en transport

Indicateurs démographiques, socio-économiques et urbanistiques

Démographie

Économie

Aménagement urbain

Indicateurs d’input (ressources investies)

Indicateurs de mobilité des personnes

Indicateurs de mobilité des marchandises

Indicateurs d’impacts

Impacts sur l’accessibilité

Impacts sur la santé et la sécurité

Impacts sur l’environnement

Consommation d’énergie

Qualité de l’air et GES

Utilisation du territoire

Déchets et recyclage

Impacts sur l’économie

Impacts sur la congestion

Impacts sur les infrastructures

3.6.1 Indicateurs de contexte

Degré de motorisation

- Nombre de véhicules par 1 000 habitants (EST OCDE 2000)
- Nombre d’automobiles par ménage (Newman & Kenworthy 2007)
- Nombre de véhicules motorisés par ménage (TERM 2000)
- Proportion de ménages avec ou sans automobile (EST OCDE 2000)
- Ventes annuelles de véhicules neufs (OCDE 2008)
- Proportion de la population (16 ans +) détenant un permis de conduire

Offre en transport

- Taille et âge moyen de la flotte automobile (TERM EEA 2002) (TERM 2000)
- Structure de la flotte selon le type de véhicules (OCDE 1999)

- Routes-km de voies cyclables sur rue par voies-km de routes (ATC 2010)
- Longueur (km) des voies piétonnes et des pistes cyclables (Castillo 2010)
- Longueur des pistes cyclables dans un rayon de 1,6 km du domicile (Pinjari 2007, rapporté par Barla 2010)
- Nombre de voies-km de routes par 1 000 résidents (ATC 2010)
- Accès aux autoroutes : kms d'autoroutes par km² de superficie urbaine (Cox IEM 2006)
- Espaces de stationnement par employé dans le district central (ATC 2010)
- Nombre de places-km en TC à l'heure de pointe du matin (Jeon 2005; Transportation 2025, Londres 2008)
- Nombre quotidien de places-km de TC per capita (ATC)
- Nombre quotidien de places-km en TC
- Offre en TC : nombre et capacité des parcs relais par 1 000 capita (ATC 2010; CERTU 2001)
- Nombre de places utilisées dans les parcs-relais (Miller 2008)
- Transport ferroviaire : nombre de gares et de points d'arrêts, nombre de passagers (CERTU 2001)
- Offre de stationnements en places payantes longues et courtes durées (CERTU 2001)
- Nombre de stationnements pour vélos sur l'espace public (CERTU 2001)
- Nombre de résidents utilisateurs de la tarification pour leur stationnement quotidien (CERTU 2001)
- Nombre d'aires piétonnes créées (CERTU 2001)
- Construction de nouvelles routes par an (en km, voies-km, au total et en % d'augmentation du réseau) (Nouvelle-Zélande 1999)
- Offre en TC : nombre quotidien de sièges-km en TC per capita (ATC 2010)
- Nombre de véhicules légers per capita (ATC 2010)
- Nombre de véhicules lourds par 1 000 habitants (ATC 2010)
- Nombre et proportion d'autobus avec un plancher bas (UITP access 2004; Plan Ottawa 2020)
- Nombre de stations et arrêts du réseau de TC aménagés pour les personnes à mobilité réduite (CERTU 2001)
- Nombre et proportion de véhicules de TC accessibles aux personnes à mobilité réduite (CERTU 2001)
- Offre kilométrique de TC par type de matériel (CERTU 2001)
- Longueur totale du service de TC rapide dans la région (The Big Move, Toronto 2008)
- Superficie du territoire desservi par le TC (CCMM 2004)
- Population du territoire desservi par le TC (CCMM 2004)
- Fréquence de passage du TC
- Pourcentage d'arrêts de TC disposant d'un abri (Plan Ottawa 2020)
- Nombre d'espaces de stationnement non sur rue par employé dans le district central (Jeon 2005)
- Nombre de places de stationnement par 1 000 emplois au centre-ville (UITP 2030)
- Âge moyen des infrastructures en % de leur vie utile (San Francisco Bay Area 2035)
- Âge moyen de la flotte des véhicules de TC (Plan Ottawa 2020)
- Implantation du TC dans les zones urbaines nouvelles ou régénérées (UITP 2030)



- État des infrastructures (% de routes, voies de TC et structure voies-km atteignant les critères de l'indicateur de performance (Plan Ottawa 2020)
- État des infrastructures pour la marche et le vélo (% du réseau cyclable et de trottoirs atteignant les critères de l'indicateur de performance (Plan Ottawa 2020)
- Nombre d'intersections dotées d'un signal de priorité au TC (Plan Ottawa 2020)
- Capacité du service de TC en km per capita (Plan Ottawa 2020)
- Accès à l'information (% de l'information relative à l'horaire de TC disponible sur Internet) (Plan Ottawa 2020)

Indicateurs démographiques, socio-économiques et urbanistiques

Démographie

- Population totale
- Population par secteur (Transport 2040, Vancouver)
- Nombre et taille des ménages au total (OD 2003) et par secteur (Plan mobilité durable, Québec)
- Pourcentage de la population dans les régions métropolitaines (Washington State 2026)
- Âge médian (Transport 2040, Vancouver)
- Profil d'âge de la population (nombre de personnes par groupe d'âge) (Transport 2040, Vancouver)
- % population âgée de 65 ans et plus (transport 2040, Vancouver)
- Densité démographique : résidents par km², mi² ou par hectare (Newman 2007; Plan 2030, New Jersey)
- Densité d'emplois dans la zone de résidence (Spissu 2009 rapporté par Barla 2010)
- Indice de défavorisation (Pampalon)

Économie

- PIB per capita (Litman 2010)
- Taux de chômage (BC Sprawl Report 2004)
- Revenu moyen des ménages (Plan 2035, San Francisco Bay Area)
- Proportion de la population qui dispose du service Internet (Litman 2010)
- Répartition des dépenses des ménages (excluant l'impôt) (Transport 2040, Vancouver)
- Pourcentage du budget des ménages consacré au transport (Newman & Kenworthy 2007)
- Dépenses de mobilité personnelle par personne par classe de revenu (TERM 2000)
- Portion de ménages à faibles revenus qui dépensent plus de 20 % de leur budget pour le transport (Litman 2010)
- Pourcentage du PIB consacré au transport (Newman & Kenworthy 2007, CE 2009)
- Taux de récupération des frais d'utilisation du TC (revenus/budget d'opération) (ATC 2010)
- Coût unitaire en passager-km par mode (CCMM, 2006 tiré de SECOR Conseil)
- Densité de l'emploi : nombre d'emplois par km² (ATC 2010)
- Proportion de l'emploi de la RMR dans le district d'affaires central (%) (ATC 2010)
- Nombre de travailleurs résidant dans la région (San Francisco Bay Area 2035)
- Nombre d'emplois dans la région (San Francisco Bay Area 2035)



- Nombre de travailleurs provenant de l'extérieur de la région (San Francisco Bay Area 2035)
- Prix moyen de l'essence à la pompe (ADEC STO 2006)
- Prix de l'essence à la pompe et taxes par type d'essence (TERM 2000)
- Tarif moyen du TC
- Contribution du transport au PIB (en %) (CE 2007)

Aménagement urbain

- Âge des maisons du quartier comme proxy de la forme urbaine (Craig 2002, King 2005 et Berrigan 2002, rapporté par Mead 2006)
- Densité urbaine (vs étalement) (Litman 2008)
- Indice d'étalement de la population (Lamalice)
- Densité résidentielle (nombre d'unités résidentielles par mi²) (Brownstone 2009, rapporté par Barla 2010)
- Proportion d'unités d'habitation qui sont de type unifamilial (BC Sprawl Report 2004)
- Hectares de rues, routes et allées par 1 000 habitants (BC Sprawl Report 2004)
- Kms d'infrastructures d'aqueduc et d'égout par 1 000 habitants (BC Sprawl Report 2004)
- Superficie d'espaces verts par 1 000 résidents (hectares) (Gov. NZ, Indicators quality of life)
- Indice composé d'étalement urbain (Kirk, U Minnesota 2010)
- Indice d'étalement urbain (densité, mixité, connectivité, centralité, Ewing 2002)
- Étalement urbain (poids relatif de la population par zone et densité de la population (personnes/hectare par zone) (Bussière 1994) même chose pour les emplois)
- Densité d'emplois dans le commerce de détail dans un rayon d'un mille du domicile (Greenwald TRR 1780)
- Indice piétonnier du quartier (pedscore, Greenwald TRR 1780)
- Connectivité (intersections par mi² dans le secteur ou longueur moyenne des pâtés de maisons ou ratio distance directe / distance sur le réseau) (Handy 2002) ou nombre d'intersections avec plus de 3 « bras » par km² dans un rayon de 1 km of household buffer, Frank 2004) ou pourcentage d'intersections 4 directions dans un rayon d'un quart de mille du domicile (Boarnet 1998, rapporté par Mead 2006)
- Mixité (distance entre domicile et magasin le plus près ou fraction de la superficie consacrée à chaque usage) (Handy 2002, Frank 2004)
- Mixité (nombre de commerces dans la zone d'habitation) (Cervero 2006, rapporté par Barla 2010)
- Mixité des usages (commercial, résidentiel, parc) dans un rayon de 500m du domicile (Potoglou 2008, rapporté par Barla 2010)
- Nombre d'individus dans le ménage qui travaillent à plus de 6 km (Potoglou 2008, rapporté par Barla 2010)
- Proportion de la main-d'oeuvre qui travaille dans la subdivision de recensement (municipalité) où elle habite (Pembina Institute 2008)
- Pourcentage d'emplois localisés au centre de la ville (Miller 2008 rapporté par Litman 2010)

- Expansion géographique de la zone urbanisée comparée au taux de croissance de la population (Miller 2008 rapporté par Litman 2010)
- Nombre de services publics à moins de 10 minutes de marche du domicile (Litman 2007)
- Nombre d'emplois à moins de 30 minutes de navettage (Litman 2007)
- Nombre moyen de services majeurs à distance de marche du domicile (Jeon 2005, Litman)
- Distance moyenne de marche entre les services publics et le domicile (Jeon 2005)
- Nombre de magasins d'alimentation dans un secteur donné, accessibles par transport actif (Baltic 21)

3.6.2 Indicateurs d'input (ressources investies)

- Proportion des coûts reliés au transport, défrayés par des fonds publics (Litman)
- Proportion des coûts de transport défrayés directement par les usagers (Litman 2010)
- Portion des coûts des routes et stationnements défrayés directement par les usagers (Litman 2010)
- Dépenses annuelles d'une autorité organisatrice de transport 1) totales, 2) d'exploitations, 3) d'immobilisations (CCMM 2004)
- Investissements dans les infrastructures de transport per capita, par mode (TERM 2000)
- Taux de taxation des véhicules et de leur usage (CE 2009)
- Dépenses per capita (investissements) en transport 1) routier, 2) collectif (ATC 2010)
- Dépenses municipales pour les routes per capita (ATC 2010)
- Sources de financement (répartition en %) (ATC 2010)
- Investissements 1) pour de nouvelles infrastructures routières, 2) l'entretien, la réfection et l'opération, 3) le TC, 4) les dépenses d'opération et d'entretien du TC (New Jersey 2030)
- Part des taxes dans le prix du carburant (UITP 2030)
- Coût du stationnement (pour courtes et longues périodes) au centre-ville (UITP 2030)
- Portion du PIB consacrée au TC (UITP 2030)
- Portion du PIB consacrée à l'ensemble du système de transport (UITP 2030)
- Recettes des passages en TC/coût total du TC (UITP 2030)
- Investissements d'infrastructures et d'équipement dans les projets municipaux de transport : 1) multimodal routes, incluant marche et vélo, 2) TC (dollars per capita par an)
- Investissements d'opération dans les projets municipaux de transport : 1) multimodal routes, incluant marche et vélo, 2) TC (dollars per capita par an) (Plan Ottawa 2020)
- Pourcentage des investissements d'infrastructures provenant des impôts fonciers plutôt que de sources plus équitables pour 1) routes, 2) installations et flotte de TC, 3) infrastructures pour la marche, 4) infrastructures et installations pour le vélo (Plan Ottawa 2020)

3.6.3 Indicateurs de mobilité des personnes

- Nombre total de passagers, passager-km, passager-km per capita, passager-km par PIB pour chaque mode et chaque motif de déplacement (TERM 2000)
- Nombre de voyageurs/heure (Stambouli 2007)
- Nombre de personnes traversant un espace urbain de 3,5 m de large/heure (UITP 2003)
- Passagers-km et véhicules-km (Office national de l'énergie 2009)

- Véhicules-km parcourus chaque jour par des véhicules de tourisme par résident (ATC 2010)
- Automobiles-km à l'heure de pointe du matin (Transportation 2025, Londres)
- Véhicules-km à l'heure de pointe du matin (Transportation 2025, Londres)
- Véhicules-km quotidien per capita en auto sur un an (Plan Ottawa 2020)
- Véhicules-km parcourus chaque jour par résident (ATC 2010)
- Voyageurs-kms par habitant ('000s km) OCDE 2005
- Voyageurs-kms par route (millions) OCDE 2005
- Véhicules-km et véhicules-minutes par 1 000 habitants (Anderson 1996)
- Nombre total de km parcourus (NRTEE Canada)
- Distance parcourue pour se rendre au travail (km)
- Distance médiane pour se rendre au travail (ATC 2010)
- Distance moyenne par déplacement par mode (CE 2007) et par destination (UK)
- Distance moyenne parcourue en auto par personne par jour (The Big Move, Toronto 2008)
- Distance parcourue en auto solo en régions urbaines les jours de semaine (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Distance totale parcourue par ménage par an (en auto, bus, vélo) (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Part modale de chaque mode pour l'ensemble des déplacements quotidiens (%) ou pour se rendre au travail 1) sur 24 heures et 2) à l'heure de pointe du matin (CCMM 2004)
- Part modale des déplacements vers le centre-ville (Transport 2040, Vancouver)
- Part modale des déplacements de personnes selon les motifs, à l'heure de pointe du matin et sur 24 heures (Plan mobilité, Québec)
- Part modale des déplacements à pied à l'heure de pointe du matin (Plan Ottawa 2020)
- Pourcentage de transfert modal de l'auto vers le TC, la marche et le vélo (Transportation 2025, Londres)
- Proportion des déplacements motorisés en passagers-km faits en TC (Newman 2007)
- Nombre et proportion de déplacements impliquant 2 modes ou plus (Jeon 2005)
- Nombre et proportion de déplacements par motifs sur 24 heures et à l'heure de pointe du matin (CCMM 2004)
- Nombre de déplacements quotidiens per capita (ATC 2010)
- Nombre de déplacements en TC per capita (ATC 2010)
- Nombre de déplacements en TC par année (ATC 2010)
- Nombre quotidien de déplacements 1) en auto, 2) en TC, 3) non motorisés (San Francisco Bay Area 2035)
- Nombre de déplacements en traversier (passagers) (Washington State 2026)
- Nombre de navetteurs du TC à l'heure de pointe du matin (The Big Move, Toronto 2008)
- Nombre de déplacements à l'heure de pointe du matin (millions d'autos et TC) (Transportation 2025, Londres)
- Passagers-km en TC (bus, métro, rail, DLR, tram) à l'heure de pointe du matin (Transportation 2025, Londres)
- Nombre d'occupants d'un véhicule privé moyen à l'heure de pointe du matin (The Big Move, Toronto 2008)

- Proportion de déplacements de navettage en auto en occupation simple (Washington State 2026)
- Nombre et % de déplacements impliquant deux modes ou plus (Ontario, rapporté par Gilbert 2000)
- Nombre de déplacements courts par personne par an, par mode (moins d'un mille, 1-2 milles, 2-5 milles) (UK 1997)
- Passagers-km voyagés en TC global et vs tous modes (Environ Canada)
- Nombre de véhicules-mille parcourus (Washington State 2026)
- Nombre de milles parcourus par jour, globalement et per capita (San Francisco Bay Area 2035)
- Longueur et durée du trajet quotidien par mode, destination et localisation (urbain, banlieue, rural) (TERM 2002)
- Taux d'occupation des véhicules : proportion de déplacements impliquant plus d'un passager (Ramani TTI 2009) (TERM 2000)
- Pourcentage de navetteurs voyageant seuls au travail (Miller 2008) (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Durée moyenne de navettage (San Francisco Bay Area 2035)
- Temps moyen consacré aux déplacements autres que de loisirs par les résidents (Litman)
- Temps consacré au transport actif par les résidents (Jeon 2005) ?
- Temps moyen consacré aux déplacements par jour (Banque mondiale 2004)
- Temps moyen par déplacement de passager (CE 2007)
- Temps total passé dans les transports (heures/habitant/année) (PROPOLIS)
- Heures-véhicules par km² (Cox IEM 2006)
- Durée moyenne de navettage par personne par jour (The Big Move, Toronto 2008)
- Proportion d'enfants allant à l'école à pied (Litman 2007)
- Pourcentage approximatif d'enfants de 11 ans ou plus qui vont à l'école à pied ou à vélo (The Big Move, Toronto 2008)
- Nombre d'abonnés en parcs de stationnement publics (CERTU 2001)
- Achalandage annuel d'une autorité organisatrice de transport (CCMM 2004)
- Déplacements en TC sur corridor multimodal fortement achalandé par le transport des marchandises, sur corridor suburbain de navettage, sur corridor de loisirs, au centre-ville (New Jersey 2030)
- Utilisation de véhicules électriques (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Nombre de déplacements à vélo par an (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Nombre de passagers de rail urbain par an (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Pourcentage de déplacements automobiles se produisant dans les périodes de pointe du matin et de l'après-midi (Plan Ottawa 2020)
- Pourcentage de déplacements en TC se produisant dans les périodes de pointe du matin et de l'après-midi (Plan Ottawa 2020)

3.6.4 Indicateurs de mobilité des marchandises

- Total de tonnes, tonne-km, tonne-km per capita, tonne-km par PIB pour chaque mode et chaque groupe de produits (TERM 2000)
- Marchandises par route en tonnes-kms (millions) OCDE 2005

- Part modale pour le transport de marchandises (selon le poids ou la valeur des biens) (CE 2005)
- Total de Tonne-kms (Gilbert 2003)
- Tonnes-kms par unité de PIB (tonnes-kms par \$) OCDE 2005
- Pourcentage du fret transporté par la route (Ramani TTI 2010)
- Nombre de livraisons par semaine et par zone (CERTU 2001)
- Facteur de charge des camions en % de la capacité totale (TERM 2000)
- Volume annuel de trafic de conteneurs au port (en millions d'équivalent 20 pieds) (Transport 2040, Vancouver)
- Évolution des déplacements de camions versus population (Washington State 2026)
- Nombre de trains de fret par jour (Washington State 2026)
- Nombre de camions par catégorie (léger, moyen, lourd) (Washington State 2026)
- Par modale du rail et du transport maritime côtier interrégional (tonnes-km) (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Volume annuel de fret sur la route (tonne-kms) (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Nombre de navires de fret arrivant au port par an et tonnage total (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Nombre quotidien de déplacements commerciaux en camion (San Francisco Bay Area 2035)

3.6.5 Indicateurs d'impacts

Impacts sur l'accessibilité

- Proportion de résidents ayant accès à un service de TC à moins de 500 mètres du domicile (Jeon 2005; TERM 2000) ou à moins de 400 mètres (McCormack, Australie 2007)
- Proportion de navetteurs qui peuvent se rendre au travail en 45 minutes ou moins par TC (The Big Move, Toronto 2008)
- Proportion de navetteurs qui peuvent se rendre au travail en 45 minutes ou moins en auto (The Big Move, Toronto 2008)
- Distance moyenne entre le domicile et l'arrêt de TC le plus près (km ou m) en milieu urbain et en milieu rural (Banque mondiale 2004)
- Pourcentage de la population qui habite à moins de 2 kms d'un service de TC rapide (The Big Move, Toronto 2008)
- Temps de marche nécessaire pour l'accès au TC (Spissu 2009 et Van 2007, rapportés par Barla 2010)
- Accessibilité au centre-ville (minutes par voyage) (PROPOLIS)
- Consommation de carburant per capita vs densité urbaine (mesure d'accessibilité aux modes non motorisés en milieu urbain, NRTEE Canada)
- Pourcentage de navetteurs dont le trajet au travail en auto est de 5 km ou moins (BC Sprawl Report 2004)
- Changement dans le nombre d'emplois accessibles par TC en 45 minutes (Transportation 2025, Londres)
- Réduction de l'encombrement (crowding) du TC (rail et métro) à l'heure de pointe du matin (Transportation 2025, Londres)
- Usage de TC spécialisé (passagers de TC spécialisé per capita par an) (Plan Ottawa 2020)



Impacts sur la santé et la sécurité

Impacts du transport collectif et du transport actif

- Nombre de pas associés au TC (Morency et al 2008; Villanueva et al 2008)
- Nombre de minutes supplémentaires de marche (Besser & Dannenberg 2005)
- Pourcentage de l'activité physique quotidienne recommandée (Morency et al 2008; Greenberg et al 2005)
- Volume d'activité physique (Lamallice)
- Niveau de l'indice de masse corporelle (IMC) (Sallis et al 2004)
- Niveau de tension artérielle (Sallis et al 2004)
- Niveau de cholestérol (Hu et al 2001)
- Niveau de triglycérides (Hu et al 2001; Sallis et al 2004)
- Risque d'obésité (Frank et al 2004)
- Risque d'accident vasculaire cérébral (Hu et al 2005)
- Risque de maladie cardiovasculaire (Hamer & Chida 2007)

Impacts de la pollution de l'air découlant du transport sur la santé

- Nombre de visites à l'urgence pour cause d'asthme et nombre d'hospitalisations de courte durée pour cause d'asthme (Friedman et al 2001)
- Prévalence de l'asthme
- Développement des poumons chez l'enfant (Kunzli et al 2003)
- Risque de cancer (Beck et al 2003)
- Visites à l'urgence pour cause d'asthme (Jaffe et al 2003; Norris et al 1999; Tolbert et al 2000)
- Risque de mortalité (Burnett et al 1998)
- Risque de naissance prématurée (Whilhelm & Ritz 2003)
- Nombre et pourcentage de la population résidentielle exposée au bruit élevé de la circulation (seuil ou catégories de décibels) (Ramani TTI 2010; EST OCDE 2000; EEA 2002)
- Nombre de km d'infrastructures de transport terrestre par classe de niveaux sonores (CERTU 2001)
- Nombre et pourcentage de la population exposée à des valeurs excédentaires de polluants atmosphériques (TERM EEA 2002)
- Nombre d'années de vie perdues (Gudmundsson 2010)
- Nombre d'admissions à l'hôpital pour 1) problèmes respiratoires, 2) bronchite chronique, 3) crise d'asthme chez l'enfant ou 4) chez l'adulte, 5) problème cardiovasculaire (Gudmundsson 2010)
- Bronchite chronique (Gudmundsson 2010)
- Mortalité pour toutes causes 1) à court terme, 2) à long terme (Gudmundsson 2010)
- Mortalité cardiaque à court terme (Gudmundsson 2010)
- Mortalité par cancer du poumon (Gudmundsson 2010)
- Nombre de personnes exposées à des concentrations dangereuses pour la santé de polluants atmosphériques, là où l'impact des émissions provenant du transport est important (New Zealand Transport Strategy 2008)



Impact de la pollution par le bruit sur la santé

- Nombre de personnes exposées à des niveaux de bruit dangereux pour la santé (New Zealand Transport Strategy 2008)

Impact de la sédentarité liée à l'usage de l'automobile

- Risque d'embonpoint ou d'obésité (Lindstrom 2007; Wen & Rissel 2008, Frank et al 2004; Wen et al 2006)
- Nombre de pas en réserve et de calories non dépensées (Morency et al, 2007, 2009)

Impacts sur la sécurité

- Nombre d'accidents de transport, décès, blessés, accidents polluants (terre, air, eau) (TERM 2000)
- Taux de mortalité par 100 millions de mille-passagers (National Safety Council 2006)
- Taux de mortalité annualisé par 100 millions de passagers-déplacements (Beck 2007)
- Nombre de blessés et de décès par 1 000 habitants (ATC 2010)
- Nombre de blessés piétons et cyclistes par 100 000 habitants
- Nombre de blessés et de décès par 1 000 véhicule-km (ATC 2010)
- Nombre annuel de collisions fatales (Washington State 2026)
- Nombre de collisions dues au comportement du conducteur (Washington State 2026)
- Décès de la route dus à l'alcool (par million de VMT) (Washington State 2026)
- Nombre de collisions avec des animaux sauvages par unité de temps (Jeon 2005)
- Pourcentage de milles de voies soumis à la surveillance/monitoring de circulation (Ramani TTI 2009)
- Nombre d'accidents dans une ville impliquant un piéton/cycliste ou une auto (PROSPECTS)
- Sécurité perçue du quartier : proportion de résidents qui se sentent en sécurité lorsqu'ils marchent seuls dans leur quartier 1) durant le jour, 2) le soir
- Nombre de décès sur la route (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Nombre de blessés graves sur la route (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Nombre annuel moyen de collisions fatales 1) totales, 2) impliquant piétons, 3) impliquant cyclistes (San Francisco Bay Area 2035)
- Nombre de personnes tuées ou blessées en TC versus dans tous les accidents de la route (UITP 2003)

Impacts sur l'environnement

Impacts sur la consommation d'énergie

- Consommation totale d'énergie pour le transport en pétajoules (Gilbert 2003) ou en millions de barils de pétrole par jour (EST OCDE 2000)
- Consommation annuelle d'énergie provenant du transport des passagers par personne (Gigajoules) (The Big Move, Toronto 2008)
- Part de l'énergie consommée par mode de transport en % (TERM 2000)
- Kilojoules/passager/km (Gagnon, Hydro-Québec 2006; UITP 2003)
- Litres de carburant/personne/an (Kenworthy & Laube 2001, Newman 2007) ou par jour (ATC 2010)

- Btu/passager/mille (Bradley 2007)
- Btu/véhicule-mille et Btu/passager-mille (APTA 2002 ; U.S. PIRG Education Fund, 2008)
- Consommation (tonne/1000 hab/an) de matières fossiles par les transports (Nicolas et al., 2003)
- Part de l'essence sans plomb dans l'ensemble des ventes, en % (TERM 2000)
- Nombre de véhicules avec des alternatives à l'essence (TERM 2000)
- Consommation totale de gaz naturel et de gaz de pétrole liquéfié pour le transport routier en kilotonne d'équivalent huile (ktoe) et % de chacun (TERM 2000)
- Efficacité énergétique des nouvelles automobiles (litres/100 km et \$/litre) (Environ Canada)
- Énergie consommée par passager-km (UITP 2003)
- Quantité de carburant économisé grâce au TC et au transport actif (en litres de pétrole) (UITP 2003)

Impacts sur la qualité de l'air et les GES

- Émissions de CO₂ provenant du transport globalement et par mode (en tonnes/an : UITP 2003 et ATC 2010; en gr/km : EPE/ADEME 2005; en gr/passager/mille : Bradley 2007; Vincent 2006; en tonnes per capita : ATC 2010) (TERM 2000)
- Proportion de polluants réglementés de l'air provenant du transport (Washington State 2026)
- Émissions VOCs, CO, NO_x, SO_x, PM₁₀ et CO₂ pour les différents TC (bus, train, SLR...) et VP (auto, SUV) (gr/veh-mille, (APTA, 2002) par passager-km ou tonne-km et par mode (TERM 2000)
- Émissions totales de polluants/déplacements-kms (UITP 2003)
- Nombre de personnes exposées aux émissions de NO_x et CO par 1 000 habitants (Maoh 2009)
- Concentration cumulée par heure de NO₂ au-dessus 100 ppb (parties par milliard) (UK)
- Qualité de l'air : Émissions quotidiennes de NO_x, CO et VOC par mille de routes (Ramani TTI 2009)
- Comparaison entre le transport public et le véhicule privé (émissions polluantes) (APTA, 2002)
- Émissions de GES (US DOT 2002) (US Emissions Inventory 2006) (Ressources naturelles Canada 2005)
- Concentration de benzène, CO₂ dans l'air, régions urbaines (ig/m³) (Environ Canada)
- Concentration horaire d'ozone en banlieue (Baltic 21)
- Concentration annuelle moyenne de particules fines dans l'air au centre-ville (Baltic 21)
- Émissions de GES du secteur des transports (en Kt de CO₂) OCDE 2005
- Émissions de GES du secteur des transports par unité de PIB (Kgs de CO₂ par 1\$ du PIB) OCDE 2005
- Émissions de GES du secteur des transports par habitant (tonnes de CO₂ par personne) OCDE 2005
- Intensité énergétique des transports de voyageurs (en gr de CO₂ par vkm, OCDE 2005) (en mégajoules par passager-km ou par tonne-km et par mode, TERM 2000)
- Intensité énergétique des transports de marchandises (gr de CO₂ par tkm) OCDE 2005

- Part du tonnage de CO₂ qui provient du secteur des transports (%)
- Taux de réduction des émissions de CO₂ (%)
- Proportion de la flotte de véhicules répondant aux normes pour le bruit et les émissions polluantes (TERM EEA 2002)
- Compliance aux émissions standards : proportion de la flotte automobile équipée de convertisseurs catalytiques (TERM 2000)
- Fréquence des violations des standards de pollution de l'air (Litman 2010)
- Îlots de chaleur urbains (zone urbanisée qui présente une température estivale plus élevée (de 5 à 10 Celsius) que son environnement immédiat (Yves Baudouin, UQAM)
- Émissions annuelles de CO₂ par type de véhicule parcourant une distance de 16 000 km (en tonnes) (Transport 2040, Vancouver)
- Réduction des émissions de CO₂ provenant du transport (% de tonnes) (Transportation 2025, Londres)
- Émissions de GES provenant du transport domestique (intérieur) (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Émissions de CO₂ provenant des véhicules légers par km (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Émissions de CO₂ par jour (tonnes) (San Francisco Bay Area 2035)
- Nombre de jours par an excédant les standards nationaux pour PM₁₀ et PM_{2.5} (San Francisco Bay Area 2035)
- Émissions de particules grossières (PM₁₀) et de particules fines (PM_{2.5}) par jour (San Francisco Bay Area 2035)

Impacts sur l'utilisation du territoire

- Mètres d'emprise au sol des infrastructures de transport par mode (Stambouli 2007)
- Hectares consacrés aux nouvelles routes par unité de temps (TERM 2000)
- Proportion de l'espace consacrée aux infrastructures de transport (routes, rail, canaux, aéroports) (TERM 2000)
- Kms de routes par 100 km² de territoire (EST OCDE 2000)
- Surface pavée pour routes et stationnements per capita (Litman)
- Importance des surfaces de 100 km² non séparées par des routes (Baltic 21)
- Surface imperméable (asphaltée) per capita (Litman 2010)
- Pourcentage de la surface du pays consacrée aux routes et au rail (TERM 2002)
- Taille moyenne des surfaces du territoire non fragmentées par des infrastructures majeures de transport (en km²) (TERM 20002)
- Conservation et espaces verts (% du territoire et ratio hectares par 1000 habitants) (Chevalier et Sénécal, INRS 2008)
- Fragmentation de l'espace urbain (Lamalice)
- Consommation de l'espace par la population automobile (Lamalice)
- Hectares de rues, routes et allées par 1 000 habitants (BC Sprawl Report 2004)
- Qualité des espaces publics : création de zones 30 (CERTU 2001)
- Terres développées au cours de la période (San Francisco Bay Area 2035)

Impacts en termes de déchets et de recyclage

- Nombre de véhicules ou de pneus en fin de vie jetés au rebut annuellement (Jeon 2005)

- Poids des pneus jetés au rebut annuellement (tonnes) (EEA TERM 2002)
- Proportion des pièces de véhicules en fin de vie consacrées au recyclage (Baltic 21)
- Proportion de vieux pneus 1) reconditionnés, 2) utilisés comme source d'énergie ou 3) consacrés au recyclage chaque année (EEA TERM 2002)

Impacts sur l'économie

- Coûts d'opération par mille-passager (Litman 2004) ou km-passager (ACTU 2003)
- Coût de la mobilité en fonction des dépenses, en passager-kilomètre (\$/pass.-km) pour les ménages, les entreprises et le milieu public (Nicolas et al., 2005; Nicolas et al., 2001).
- Bénéfices (\$) des principaux effets d'un gain de 2 % de la part modale du TC (CCMM, 2006)
- Estimation annuelle des économies dues aux transports publics (U.S. PIRG Education Fund, 2008)
- Réduction annuelle des coûts de transport par ménage en dollars (Litman 2004; McCann 2000 cités par Litman 2008 p. 25)
- Valeur des propriétés (références nos 30 et 33 dans APTA Benefits 2007; Diaz 1999; Kilpatrick 2007; Brinckerhoff 2001; Stambouli 2007)
- Coûts d'opération par mille-passager (Litman 2004) ou km-passager (ACTU 2003)
- Économie de carburant dans le temps par type de véhicule (efficacité énergétique)
- Niveau d'absentéisme au travail
- Taux de roulement des employés
- Retombées économiques en dollars (CCMM 2004)
- Taux de fuite relié au TC (CCMM 2004)
- Pertes économiques liées à la congestion (CCMM 2004)
- Coût du dernier mille pour le transport des marchandises
- Internalisation des coûts externes : proportion des coûts externes et des coûts d'infrastructure couverte par les revenus en transport (TERM 2000)
- Coûts externes de transport per capita, globalement et par mode (TERM 2000)
- Changement réel dans le prix du transport de passagers par mode (TERM 2000)
- Coût médian des émissions polluantes (peut être mis en rapport avec les émissions polluantes par mode) (ADEC, 2006)
- Valeur des accidents évités par type (peut être mis en rapport avec le nombre d'accidents et de morts... \$/mort, \$/blessé...) (ADEC, 2006)
- Coûts des services médicaux (Edwards 2008)
- Coûts des accidents per capita (Litman 2010)
- Coût des soins de santé pour des problèmes causés par la pollution (Ernst et al 2003)
- Coût relié au décès lors d'un accident automobile (Maoh 2009)
- Valeur horaire des temps de déplacement attribuée pour différents modes (ADEC, 2006)
- Taux de fuite, impacts économiques générés par l'utilisation d'un mode au lieu d'un autre (\$=> balance commerciale) (CCMM, 2004)
- Recettes gouvernementales provenant des activités générées par les autorités organisatrices de TC (CCMM 2004)
- Nombre d'emplois générés par le TC (CCMM 2004)
- Nombre d'emploi dans le transport des marchandises

- Recettes et dépenses d'exploitation des entreprises de camionnage (Stat Can 2005)
- Croissance du PIB attribuable aux investissements en transport (Transportation 2025, Londres)
- Nombre et proportion d'emplois créés par les investissements dans le secteur du TC versus les emplois créés dans la construction de routes et d'autoroutes (UITP 2003)
- Comparaison entre le coût du passage en TC et le coût du péage urbain à l'heure de pointe et hors des heures de pointe (UITP 2003)
- Productivité du secteur du TC : coûts totaux de TC/nombre total de passagers-kms (UITP 2003)
- Ratio avantages/coût des projets de développement de TC (UITP 2003)
- Taux de variation des coûts d'opération de TC par passager-km dans le temps (UITP 2003)

Impacts sur la congestion

- Coûts externes de la circulation des personnes en fonction de différents modes (Vodoz et al, 2004)
- Comparaison des coûts de la congestion des transports publics et des véhicules privés (TTI, 2007) en temps (hrs*\$), carburant (litre*\$), GES (coûts attribués aux émissions de GES supplémentaires causées par la congestion routière) (TC, 2007)
- Coûts de congestion économisés grâce au transport collectif (économies par passager mille en \$, économies par dollar de subvention) (Harford 2006)
- Coût de la congestion en proportion du PIB (CCMM, 2006)
- Coûts de congestion en % du PIB régional (réf dans CCMM 2004)
- Délai de congestion per capita (Litman 2010)
- Pourcentage annuel des déplacements urbains effectués dans des conditions de congestion (Jeon 2005)
- Pourcentage de déplacements accusant du retard en raison de la congestion (Scottish Government, national indicator)
- Coûts reliés au temps supplémentaire de transport (pertes de temps excessives pendant les périodes de congestion) (TC 2006, MTQ)
- Coûts de fonctionnement des véhicules en situation de congestion (carburant, huile, usure des pneus, entretien et réparations) (TC 2006, MTQ)
- Coût associé à la pollution supplémentaire émise lors de conditions de congestion (TC 2006, MTQ)
- Véhicules-heures de retard (TC 2006, Gourvil 2004)
- Véhicules-heures de délai par année per capita (San Francisco Bay Area 2035)
- Nombre annuel d'heures de retard par passager (TTI 2009)
- Quantité totale de carburant gaspillé en situation de congestion (gallons)
- Vitesse moyenne de déplacement en milieu urbain (km/heure) (Newman 2007)
- Vitesse moyenne des véhicules de TC (véhicule-km par véhicule-heure) (Plan Ottawa 2020)
- Délai de déplacement (en %) en période de pointe par densité de population (comparativement aux périodes sans encombrement) (Cox IEM 2006)
- Délais (véhicules-heure) à l'heure de pointe du matin (Transportation 2025, Londres)



- Personnes-heure en période de congestion à l'heure de pointe de l'après-midi (New Jersey 2030)
- Nombre de jours de trafic lent (Washington State 2026)
- Coûts totaux découlant de la congestion par an (New Zealand Transport Strategy 2008)
- Vitesse moyenne du TC à l'heure de pointe et hors de l'heure de pointe (UITP 2003)
- Vitesse du TC comparativement à la vitesse des véhicules privés (UITP 2003)
- Proportion de circulation automobile évitée grâce à des mesures de contrôle d'accès ou de péage urbain (UITP 2003)
- Congestion en dehors des heures de pointe (volume/capacité) en mi-journée (Plan Ottawa 2020)

Impacts sur les infrastructures

- Nombre de ponts considérés déficients structurellement ou fonctionnellement (New Jersey 2030)
- Pourcentage de longueur de routes en mauvais état (Washington State 2026)
- Pourcentage de ponts en bon état (Washington State 2026)
- État de la chaussée (pavement condition index) (San Francisco Bay Area 2035)
- Pourcentage du millage effectué sur des routes en mauvais état (San Francisco Bay Area 2035)

4 Les approches et systèmes d'évaluation

Bien que très intéressantes, les listes d'indicateurs sont souvent difficiles à utiliser de façon pertinente par leur manque de structure, de hiérarchisation et leur redondance parfois non perceptible à première vue. Leur exploitation est donc souvent organisée sous forme d'outil d'aide à la décision. Cette section présente certaines approches d'évaluation (Extrait : proposition de recherche Louiselle Sioui, disponible en totalité sur le site de partage d'information de la Chaire).

Les catégories retenues pour les systèmes d'indicateurs ont été déterminées en fonction de leur objectif de création:

- Suivi de politiques de développement durable, à l'échelle nationale (Stratégie du Québec, Ifen);
- Suivi de politiques des transports durables, à l'échelle nationale (Stratégies et plans du MTQ, TERM);
- Liste d'indicateurs à l'échelle de la région métropolitaine (indicateurs pour le Plan de gestion des déplacements de la région montréalaise, les PDU et l'UITP);
- Aide à la réflexion de différentes politiques et prospection, intégrant l'utilisation du sol et se basant sur les modèles en quatre étapes (SUSTAIN, PROPOLIS, SIMBAD) ou autre (I_SUM).

Les stratégies et plans d'action du Québec sont inclus alors que les indicateurs qui y sont proposés sont très succincts et peu développés. Ils serviront principalement à titre de positionnement par rapport à un ou plusieurs autres systèmes d'indicateurs plus développés.

Bien entendu, de multiples travaux séparés portent sur le développement d'indicateurs particuliers estimant différents impacts des transports, par exemple spécifiquement l'accessibilité, le bruit et la qualité de l'air. Ces derniers ne sont pas à négliger pour le développement d'indicateurs, mais ce ne sont pas des systèmes d'indicateurs, et c'est pourquoi ils ne sont pas recensés dans ce document. Cependant, ils le seront lors des revues de littérature subséquentes concernant des indicateurs mesurant des impacts spécifiques.

4.1 Échelle nationale

4.1.1 Développement durable

Les politiques nationales de développement durable abordent toujours la question des transports, par l'entremise des orientations, objectifs et cibles formulés. Dans la présente section, les projets d'indicateurs évoqués sont ceux découlant de la stratégie de développement durable du Québec (Gouvernement du Québec, 2009b, Tableau 4) et ceux de l'Institut français de l'environnement (2010).

Puisqu'il s'agit de politiques générales de développement durable, les liens avec le transport sont souvent indirects. D'ailleurs, dans la stratégie québécoise, la thématique des transports n'est jamais nommée en soit. Pourtant, les transports sont touchés par plusieurs des objectifs de la stratégie, sans toutefois qu'un indicateur relatif au transport y soit relié. En fait, seul un indicateur a trait au transport, soit l'achalandage du transport en commun dans l'orientation sur



l'aménagement durable du territoire. Toujours au niveau national, mais pour l'IFEN, seul l'indicateur sur la consommation de ressources (Tableau 5) a trait aux transports.

Tableau 4. Stratégie gouvernementale de développement durable 2008-2013 (Québec)

Stratégie gouvernementale de développement durable 2008-2013		
Gouvernement du Québec, Québec		
Objectif(s) : Contribuer à instaurer un nouveau cadre de gestion au sein de l'administration publique pour que l'exercice de ses pouvoirs et de ses responsabilités s'inscrive dans la recherche d'un développement durable.		
Objet(s) d'analyse de durabilité : État (nation)		
Forme : Série d'objectifs liés à des indicateurs		
Méthodologie générale de sélection des indicateurs : 9 orientations → 29 objectifs gouvernementaux → indicateur(s) pour chacun des objectifs		
Exemples :		
Orientation	Objectif gouvernemental	Indicateur
(3) Produire et consommer de façon responsable	(6) Appliquer des mesures de gestion environnementale et une politique d'acquisitions écoresponsables au sein des ministères et des organismes gouvernementaux.	Taux de réduction de la consommation de carburant dans les ministères et organismes
	(7) Promouvoir la réduction de la quantité d'énergie et de ressources naturelles et matérielles utilisées pour la production et la mise en marché de biens et de services.	Consommation finale de produits pétroliers, de gaz naturel et d'électricité
(6) Aménager et développer le territoire de façon durable et intégrée	(20) Assurer l'accès aux services de base en fonction des réalités régionales et locales, dans un souci d'équité et d'efficience	Achalandage du transport en commun
(7) Sauvegarder et partager le patrimoine collectif	(22) Assurer la protection de la mise en valeur du patrimoine et des ressources naturelles dans le respect de la capacité de support des écosystèmes	Émissions de gaz à effet de serre, de dioxyde de soufre

Le transport étant une problématique parmi d'autres en développement durable, il est logique que les politiques globales de développement durable aient peu d'indicateurs liés directement aux transports. Souvent, le lien (indirect ou direct) avec les transports met l'accent sur l'objectif de « décarbonisation » des transports, en omettant ses nombreux autres impacts sur l'environnement (qualité de l'air, bruit, etc.), la qualité de vie (santé, accessibilité, sécurité, etc.) et l'économie.

Les indicateurs envisagés sont principalement des indicateurs d'état de la situation globale, donc très agrégés. Ceci ne permet pas de représenter la complexité des phénomènes, de cibler les problèmes et d'aider à la compréhension.

Ces constatations ne sont pas très étonnantes en soi : une politique nationale se veut très globale et le développement durable se veut aussi un concept très large. Il est donc attendu qu'on ne réfère pas explicitement aux transports dans ces politiques. Cependant, le lien entre des thématiques plus large et le transport aurait pu être plus direct. Par exemple, une orientation portant sur la santé de la population aurait pu avoir plusieurs indicateurs, dont un ayant trait à la marche et au vélo.



Tableau 5. Ifen (France)

Ifen : Institut français de l'environnement
France
Objectif(s) : Niveau européen : Évaluer et suivre la mise en œuvre de la stratégie de l'Union européenne en faveur du développement durable (2001) Niveau national : Évaluer et suivre la mise en œuvre de la stratégie nationale de développement durable (2003, révisée en 2006) Niveau territorial : Agir de façon cohérente et coordonnée à l'intérieur du territoire français
Objet(s) d'analyse de durabilité : État (nation)
Forme : Série d'indicateurs
Méthodologie générale de sélection des indicateurs : Européen : 3 niveaux d'indicateurs → Premier niveau : 11 indicateurs-phares National : 15 indicateurs phares → 4 de contexte + 27 indicateurs complémentaires Territorial : 8 thèmes → orientations → 50 indicateurs au total (dont certains 1 ^{er} niveau)
Exemples : Européen et national : Un seul indicateur a lien aux transports, soit l'évolution de la consommation d'énergie des transports par rapport au PIB.
Note : Des indicateurs ont aussi été développés à l'échelle territoriale. Ces derniers sont forts différents.

4.1.2 Transports durables

D'autres politiques publiques portant sur la durabilité abordent directement la question des transports. À l'échelle nationale, c'est notamment le cas de la Stratégie de développement durable du Ministère des transports du Québec 2009-2013 (MTQ, 2009b), le projet TERM (AEE, 2009) pour l'Union Européenne et le STPI à Winnipeg (Gilbert, et al., 2002).

Tableau 6. Stratégie et Plan d'action de développement durable du Ministère des transports du Québec (MTQ)

Stratégie de développement durable du MTQ 2009-2013
Ministère des transports du Québec, Québec
Objectif(s) : Intégrer les 16 principes et les orientations à la mission du ministère en définissant ses propres objectifs.
Objet(s) d'analyse de durabilité : État (nation)
Forme : Série d'objectifs liés à des indicateurs
Méthodologie générale de sélection des indicateurs : 6 orientations → 14 objectifs → Actions → Indicateurs de suivi, cibles et partenaires impliqués Les objectifs ministériels sont mis en relation avec les objectifs gouvernementaux.
Exemples : <u>Objectif gouvernemental 20</u> : Assurer l'accès aux services de base en fonction des réalités régionales et locales, dans un souci d'équité et d'efficience <u>Objectif ministériel relié 8</u> : Favoriser le transport collectif et actif <u>Action ministérielle reliée 8.1</u> : Mettre en œuvre les programmes prévus dans la <i>Politique québécoise du transport collectif relevant du Ministère</i> Indicateurs de suivi : <ul style="list-style-type: none"> - % d'augmentation de l'achalandage du transport en commun - % de l'augmentation de l'achalandage du transport adapté - Nombre des initiatives incitant au transport actif - Quantité d'émissions de GES qui peut être potentiellement évitée et réduite

Dans le cas de la stratégie et du plan d'action du MTQ, ils se collent à celle du gouvernement, et les objectifs restent très politiques. Ainsi, les indicateurs servent davantage au suivi de l'action politique (indicateur d'intervention) et portent peu sur l'état de la situation. Seuls les indicateurs d'un objectif sur quatorze portent sur les transports collectifs et actifs (Tableau 6).

En Europe, c'est le projet TERM qui retient l'attention. Étant donné que ce projet vise à uniformiser les indicateurs requis pour l'ensemble des États de l'Union européenne, les indicateurs ne sont pas formulés en fonction d'objectifs d'une stratégie ou d'une norme, mais plutôt en fonction de thématiques générales (domaines). Ceci favorise la formulation d'indicateurs d'état de la situation et de comportements de mobilité, toutefois très agrégés (Tableau 7).

Tableau 7. TERM (Europe)

TERM : Transport and Environment Reporting Mechanism for the EU
Agence européenne pour l'environnement (AEE), Europe
Objectif(s) : S'assurer que les politiques influençant le transport et l'environnement vont dans la direction de la durabilité
Objet(s) d'analyse de durabilité : États (nation)
Forme : Système d'indicateurs
Méthodologie générale de sélection des indicateurs : 7 questions-clés → 7 domaines → 7 groupes d'indicateurs (31 indicateurs au total) [en 2000]
Exemples : <u>Question-clé</u> : Les politiques d'aménagement du territoire et des transports sont-elles mieux coordonnées en vue d'intégrer la demande en transport et les besoins d'accès ? <u>Domaine</u> : Accessibilité et planification spatiale <u>Indicateurs</u> : <ul style="list-style-type: none"> - Moyenne du temps et de la distance de déplacement par passager par mode, par motif et par lieu - Accès aux services de transport : nombre de véhicules motorisés par ménage, % de personnes résidant à moins de 500m d'un point d'entrée de transport en commun

Le TERM (AEE, 2000) identifie plusieurs problèmes méthodologiques et de cueillette de données. L'insuffisance d'informations et l'incohérence entre les données créent des statistiques incomplètes ou de qualité médiocre (AEE, 2002). À cause de cela et de la vaste couverture géographique du TERM, depuis 2000, le nombre d'indicateurs a été réduit pour accorder la priorité aux travaux relatifs aux données et évaluations. Le TERM (AEE, 2002) souligne les problèmes relativement aux données : la progression vers un système de transports plus durable requiert une meilleure intégration des aspects environnementaux dans tous les domaines de la politique de transport, ainsi que l'obtention d'une image claire et quantitative du secteur et de son développement (AEE, 2001).

Selon le Centre pour un transport durable à Winnipeg (Gilbert, et al., 2002), la mesure du progrès se fait trop par rapport aux objectifs des politiques de l'Union européenne, présumant par défaut qu'ils sont consistants avec la durabilité. Ces derniers ont donc développé leur propre système d'indicateurs (Tableau 8).



Tableau 8. STPI (Winnipeg)

STPI: Sustainable Transportation Performance Indicators
Le centre pour un transport durable, Winnipeg
Objectif(s) : Mesurer le progrès vers la durabilité en transport
Objet(s) d'analyse de durabilité : État (nation) Union internationale des transports publics,
Forme : Série d'indicateurs
Méthodologie générale de sélection des indicateurs : 7 thèmes majeurs → 14 indicateurs de base; autres à ajouter à court et long termes
Exemples : <u>Question-clé :</u> Les systèmes de transport, la forme urbaine et l'utilisation du sol changent-ils de façon à réduire l'effort de transport ? <u>Domaine:</u> Accessibilité, forme urbaine et utilisation du sol <u>Indicateurs :</u> Initial : Superficie de sol urbain par capita Exemple de supplément à court terme : Mixité des usages Exemple de supplément à long terme : Part de la population urbaine and des emplois desservis par le transport en commun

4.2 Échelle régionale

4.2.1 Suivi politique et comparaison

À l'échelle régionale, il n'existe pas de série d'indicateurs pour évaluer la mobilité durable de Montréal. Seuls quelques indicateurs – 6 –, non reliés spécifiquement aux orientations et objectifs, sont énoncés dans le *Plan de gestion des déplacements de la région métropolitaine de Montréal* (MTQ, 2000). Or, ce plan n'est pas spécifiquement lié au développement durable, car la Loi sur le développement durable (Gouvernement du Québec, 2006) n'était pas encore en vigueur à l'époque. Tel que montré dans le Tableau 9, ce sont principalement des indicateurs de comportements de mobilité. De plus, bien que le document mentionne l'importance du transport des marchandises dans la problématique montréalaise, aucun indicateur n'en tient compte. Ces grosses lacunes vis-à-vis des thématiques de la durabilité en transport sont bien sûr reliées au fait que ce n'est pas un plan relatif à la mobilité durable, bien que le concept soit mentionné dans le document. Cela montre d'ailleurs le besoin de se doter de tels indicateurs.

De surcroît, ces indicateurs sont très agrégés, bien que découlant de l'enquête Origine-Destination de 1993 qui aurait pu fournir des données beaucoup plus détaillées. Cependant, ces données ont permis d'établir des cibles pour 2016.



Tableau 9. Plan de gestion des déplacements de la région métropolitaine de Montréal

Plan de gestion des déplacements, région métropolitaine de Montréal
Ministère des transports du Québec, Québec (2000)
Objectif(s) : Il s'agit de doter Montréal d'un système de transport conforme à ses aspirations en matière de développement économique, tout en assurant à sa population une bonne qualité de vie et des moyens de transport efficaces.
Objet(s) d'analyse de durabilité : Agglomération
Forme : Série d'indicateurs
Méthodologie générale de sélection des indicateurs : 4 orientations → 4 Objectifs → Interventions prioritaires → Indicateurs sous forme de résultats attendus
Tous les indicateurs [Tendance de la cible associée]: <ul style="list-style-type: none"> - Déplacements totaux (en transport en commun et en automobile) [–] - Déplacements en automobile (une seule personne) [↓] - Déplacements en covoiturage [↑] - Déplacement en transport en commun [↑] - Nombre de véhicules-kilomètres [↓] - Nombre d'entreprises de plus de 50 employés ayant un programme-employeur

Les systèmes d'indicateurs suivants, provenant d'Europe, sont beaucoup plus complets relativement aux questions de durabilité. Il s'agit des indicateurs développés pour les Plans de déplacements urbains (CERTU, 2001), en France, et ceux développés pour l'UITP (UITP, Date inconnue). La première série a été développée dans le but de donner aux agglomérations françaises des outils pour évaluer leur plan de déplacement (Tableau 10), alors que la seconde série a été développée pour comparer des villes entre elles (Tableau 11).

Tableau 10. Observatoire de PDU (France)

Indicateurs pour les Plans de déplacements urbains (PDU)
Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU)
Objectif(s) : Développer un ensemble d'indicateurs relatifs aux thématiques des PDU permettant aux instances politiques de faire le suivi du PDU (mise en œuvre des actions, effets des actions, degré d'atteinte des objectifs)
Objet(s) d'analyse de durabilité : Agglomération
Forme : Série d'indicateurs
Méthodologie générale de sélection des indicateurs : 19 domaines → 233 indicateurs Les 19 domaines ont été identifiés à partir des lois, normes et PDU en vigueur.
Exemples : <u>Domaine 15</u> : Accessibilité aux grands équipements <u>Exemple d'indicateur prioritaire (no 15-176):</u> Type et nombre de services de transports collectifs desservant un grand équipement <u>Exemple d'indicateur non-prioritaire (no 15-182):</u> Adéquation entre les horaires des services de transports collectifs et les horaires des utilisateurs d'un grand équipement

Chaque indicateur proposé pour le PDU est rattaché à un ou plusieurs domaines, ainsi qu'à un objectif (classé ou non prioritaire selon la législation), ce qui permet de hiérarchiser les indicateurs. De plus, pour chaque thématique, des informations concernant le périmètre de recueil



des données et la périodicité d'actualisation sont fournies. Or, dans les indicateurs de l'UITP, ces hiérarchisations ne sont pas disponibles, et impliquent donc que les villes fassent les estimations pour tous les indicateurs, tâche qui peut devenir contraignante et exhaustive. Les détails sur le périmètre étudié pour chaque indicateur n'y sont pas spécifiés, ce qui peut avoir par la suite un impact majeur sur la faisabilité de comparaison des villes entre elles.

Tableau 11. UITP (International)

Indicateurs pour l'UITP : Union international des transports publics
Union international des transports publics
Objectif(s) : 1. Construire une base de données afin de renforcer les arguments en faveur du transport collectif; 2. Comparer les villes entre elles; 3. Alimenter les recherches futures sur l'analyse du transport urbain.
Objet(s) d'analyse de durabilité : Systèmes de transport des agglomérations
Forme : Série d'indicateurs
Méthodologie générale de sélection des indicateurs : 15 catégories → 120 indicateurs
Exemples : <u>Domaine 3 :</u> Infrastructures publiques de transport <u>Indicateurs :</u> - Longueur de routes réservées au transport public par 1 000 habitants - Longueur des routes réservées au transport public par hectare urbain - Installations de "Park&Ride" par 1 000 habitants - Installations de "Park&Ride" par hectare urbain

Si les 120 indicateurs de l'UITP semblent peu nombreux comparé aux 233 pour les PDU, notons que l'UITP n'intègre pas, entre autres, les volets urbanisme et accessibilité alors que celui des PDU le fait. Par contre, alors que les indicateurs de l'UITP sont très axés sur les comportements de mobilité et la recension des infrastructures et parcs de véhicules, plusieurs indicateurs sont relatifs à l'économie et aux dépenses pour chaque mode dans ceux des PDU. Il semble d'ailleurs que, pour l'échelle régionale, le nombre d'indicateurs soit beaucoup plus élevé qu'à l'échelle nationale.

4.2.2 Aide à la décision et prospection

Les systèmes d'indicateurs suivants se distinguent des précédents, axés sur le suivi des actions politiques et de l'état actuel, en étant tournés vers l'aide à la décision, la comparaison de scénarios et la prospection. Les indicateurs de suivi de l'action ne seront donc pas abordés dans les systèmes suivants. Il semble aussi que les indicateurs développés pour le suivi de la mise en œuvre de politiques soient davantage concis, basés sur des données plus agrégées et plus facilement disponibles. Propolis (Lautso, 2004, Tableau 12), SUSTAIN (Maoh & Kanaroglou, 2009) et SIMBAD (Nicolas, et al., 2009, Tableau 14) se basent sur des modèles intégrés transport et utilisation du sol, tels que TRANUS et IMULATE. Selon Wegener (2004 dans Maoh & Kanaroglou, 2009), 20 modèles opérationnels urbains intégrés existent dans le monde, mais leur capacité à étudier les différents aspects de la mobilité durable est actuellement limitée (Buliung, Kanaroglou & Maoh, 2005 dans Maoh, 2009). Ces systèmes cherchent donc à ajouter des modules aux présents modèles afin d'estimer des indicateurs relatifs à la mobilité durable.



Les indicateurs produits sont beaucoup plus désagrégés que ceux typiquement utilisés pour le suivi politique (souvent des découpages compatibles avec ceux des recensements canadiens). Cela permet de produire des cartographies pour plusieurs des indicateurs, permettant ainsi de cibler certaines problématiques plus locales. Par contre, l'utilisation de ces modèles fait que les estimations des indicateurs reposent sur les calculs d'estimation des déplacements selon la procédure séquentielle classique, et dépendent donc de leurs hypothèses et fiabilité. Parfois, ces modèles n'intègrent pas les déplacements en transport actif, ainsi que très peu de données sur les réseaux de transport collectif. Ainsi, par exemple, SUSTAIN estime la plupart des indicateurs à partir du réseau routier et de la circulation automobile, évacuant du même coup les transports collectifs et actifs.

Tableau 12. Propolis (Europe)

Propolis: Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability
Association for European Transport, Europe
Objectif(s) : Rechercher, développer et tester des politiques intégrées de transport et d'utilisation du sol, des outils et des méthodes d'évaluation détaillées, afin de trouver des stratégies urbaines à long-terme et durables, et de démontrer leurs effets dans les villes européennes.
Objet(s) d'analyse de durabilité : Agglomérations
Forme : Indice et système d'indicateurs
Méthodologie générale de sélection des indicateurs : 3 piliers → 9 thèmes → 35 indicateurs
Méthodologie générale de calcul des indicateurs : Basé sur les résultats de modèles en transport et en utilisation du sol (MEPLAN, TRANUS et IRPUD)
Exemples : <u>Thème :</u> Accessibilité et circulation (Domaine social) <u>Indicateur :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Temps total de transport par personne - Niveau de service des transports en commun et des modes actifs - Accessibilité au centre-ville - Accessibilité aux services - Accessibilité aux espaces verts



Tableau 13. SUSTAIN (Hamilton)

SUSTAIN, the sustainability indicators module
Chercheurs universitaires canadiens (McMaster University)
Objectif(s) : Développer un système de support décisionnel qui tient compte des interactions entre les changements de forme urbaine et les comportements de mobilité.
Objet(s) d'analyse de durabilité : Agglomérations
Forme : Indice et système d'indicateurs
Méthodologie générale de sélection des indicateurs : Sélection parmi ceux de Propolis, en fonction des données disponibles et de IMULATE 3 piliers → 8 thèmes → 21 indicateurs
Méthodologie générale de calcul des indicateurs : Basé sur les résultats de modèles en transport et en utilisation du sol (IMULATE)
Exemples : <u>Thème 5 :</u> Accessibilité (Domaine social) <u>Indicateurs :</u> Temps moyen de trajet, par le réseau routier, entre tous les lieux et le centre-ville Accessibilité potentielle moyenne aux services, par le réseau routier <u>Thème 8 :</u> Coûts (Domaine économique) <u>Indicateurs :</u> Montant total dépensé pour entretenir les infrastructures routières

Tableau 14. SIMBAD (Lyon)

SIMBAD : Simuler les MoBilités pour une Agglomération Durable
Laboratoire d'Économie des Transports, Lyon, France
Objectif(s) : Développer un modèle prospectif (outil de simulation) voulant rendre compte des dimensions environnementales, économiques et sociales des trafics qui s'y réalisent, pour les politiques à l'échelle de l'agglomération.
Objet(s) d'analyse de durabilité : Agglomération
Forme : Indice et système d'indicateurs
Méthodologie générale de sélection des indicateurs (décompte approximatif) : 6 Indicateurs synthétiques (agrégé en 3 zones) ; Mesure de l'évolution globale de la ville : 3 indicateurs Mesure de l'interface Urbanisme/Transports : 4 indicateurs Mesure des coûts induits : 7 indicateurs Mesure des services produits : 9 indicateurs TOTAL approximatif : 23
Méthodologie générale de calcul des indicateurs : Localisation des activités et des ménages : module URBANSIM [modèle à choix discret] Génération, Distribution et Répartition : modèle LET et FRETURB (marchandises) [Modèle à 4 étape] Affectation des trafics : modèle DAVISUM
Exemples : <u>Thème :</u> Services produits : Accessibilité sociale <u>Indicateur :</u> Distance quotidienne par modes de transport, selon une typologie de personnes

I_SUM (Rodrigues da Silva, et al., 2010, Tableau 15) a un objectif semblable aux trois autres systèmes, par l'objectif d'aide à la décision, la formulation d'un indice et l'attribution d'une pondération. Cependant, ses particularités sont l'utilisation d'une démarche participative auprès des parties prenantes pour la sélection des indicateurs, et un accent moindre sur les possibilités de cartographie et de désagrégation tout en gardant l'importance de l'interaction entre urbanisme et transport.

Tous, y compris I_SUM, insistent sur les liens entre urbanisme et transport, argumentant que la mobilité durable ne peut être évaluée sans toucher à l'urbanisme (Nicolas, et al., 2009). Dans SIMBAD, les auteurs discutent particulièrement de l'importance entre l'espace et les comportements de mobilité. Ils prévoient estimer leurs indicateurs selon trois niveaux d'agrégation spatiale, soit l'aire urbaine, trois zones concentriques [centre, 1^{ère} couronne, aire urbaine], et 296 communes. Dans le même ordre d'idées, l'OCDE (2006) affirme que l'organisation spatiale influe tant sur les distances de transport que sur la répartition modale.

Tableau 15. I_SUM (Brésil)

I_SUM : Index of sustainable urban mobility
Chercheurs universitaires brésiliens et portugais (Université de São Paulo et Université de Minho)
Objectif(s) : Développer un outil de support pour la gestion de la mobilité et pour la formulation des politiques publiques
Objet(s) d'analyse de durabilité : Agglomération
Forme : Indice et système d'indicateurs
Méthodologie générale de sélection des indicateurs : Démarche participatives identifiant 55 alternatives → classées en 9 domaines Démarche participatives identifiant 96 points de vue fondamentaux → classés en 37 thèmes Démarche participatives identifiant 645 indicateurs + 2 700 indicateurs de la revue de littérature → réduits en un total de 87 indicateurs, sans égard à la disponibilité des données
Méthodologie générale de calcul des indicateurs : Ne repose pas sur un modèle de procédure séquentielle classique. Les indicateurs ressemblent davantage à ceux développés pour le suivi politique à l'échelle régionale (UITP, PDU).
Exemples : <u>Thème :</u> Accessibilité aux systèmes de transport <u>Indicateurs :</u> - Accessibilité au transport en commun - Frais de transport - Transports collectifs pour personnes à mobilité réduite

Excepté SIMBAD, une pondération des indicateurs est effectuée pour le calcul d'un indice global. Dans l'ensemble, le ou les indicateurs se voient désigner un poids égal. Puis, une pondération des thèmes contenant les indicateurs, puis des domaines du développement durable contenant les thèmes, est assignée. Les pondérations peuvent être définies différemment selon le contexte et sont flexibles et peuvent être changés au besoin dans le temps. Les indicateurs sont normalisés entre 0 et 1. Les valeurs minimales et maximales utilisées pour la normalisation sont issus de scénarios extrêmes dans le cas de Propolis et de SUSTAIN, alors qu'ils sont basés selon des standards nationaux ou internationaux dans le cas d'I_SUM.

4.3 Résumé des systèmes d'indicateurs présentés

En somme, les systèmes d'indicateurs développés pour le suivi politique sont en phase avec les stratégies, normes ou règlements qui s'appliquent, à l'échelle nationale ou régionale. Ils comprennent bien souvent des indicateurs de suivi de l'action (programmes, subventions, etc.), et ceux qui portent sur les comportements de mobilité ou les impacts demeurent agrégés pour l'ensemble de la région étudiée (nation ou agglomération). Les indicateurs sociaux (accessibilité, équité, sécurité) sont généralement très peu développés, restant souvent limités à la question des

accidents et de leurs victimes. Il est fort peu probable que ces systèmes puissent être utilisés pour la comparaison de la durabilité de scénarios d'intervention en transport, ou pour aider à la réflexion chez les décideurs. Cependant, ils semblent fort utiles pour un suivi de l'état de la situation et la comparaison entre nations ou agglomérations différentes.

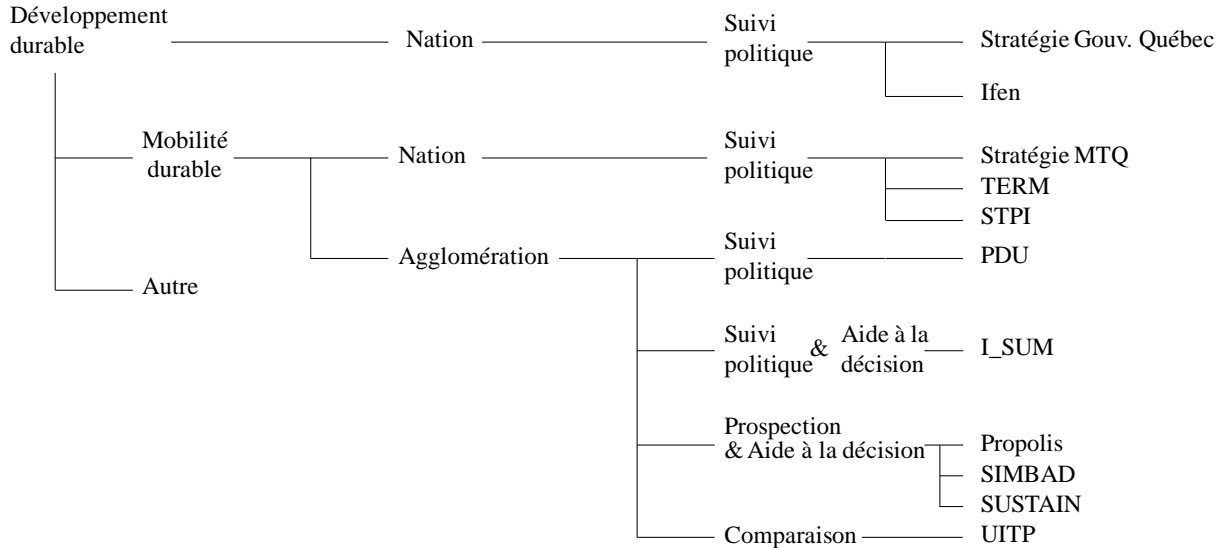


Figure 2. Catégorisation des divers systèmes d'indicateurs

Les autres systèmes d'indicateurs ciblant davantage l'aide à la décision, et également la prospection, la comparaison de scénarios ou la construction d'un indice synthétique, font ressortir les liens entre urbanisme et transport et les avantages de la désagrégation et la cartographie. Ceux qui produisent un indice synthétique attribuent une pondération aux indicateurs et semblent convaincus de l'utilité d'un tel indice; ils mentionnent toutefois que les poids attribués sont subjectifs et peuvent être changés au gré de l'utilisateur.

4.4 Synthèse

Il est évident que plusieurs réflexions sont menées en vue d'assurer une meilleure cohérence à la démarche d'évaluation des impacts de différentes stratégies et politiques. C'est aussi dans les objectifs de la Chaire que d'arriver à proposer un cadre d'évaluation structuré en vue de mieux soutenir le processus de décision en transport. À la fois l'inventaire des indicateurs ainsi que les systèmes développés ailleurs permettent de réfléchir aux propriétés et fonctionnalités importantes d'un cadre d'évaluation. C'est à la lumière de ces travaux que des développements sont effectués par l'équipe de la Chaire afin d'articuler un ou plutôt des systèmes d'évaluation adaptés au Québec mais surtout capables de soutenir les besoins d'évaluation à différents niveaux de résolution et de complexité. Ceci permettra de contribuer à une analyse et évaluation plus objective de différents types de projets, plans et politiques.

5 Les chaînes de causalité

Une chaîne de causalité se définit comme une séquence ordonnée d'événements dans laquelle chaque événement de la chaîne cause l'événement suivant (Joumard et Gudmundsson, 2010). Ces chaînes permettent de décrire des systèmes complexes sous la forme de diagrammes illustrant les liens de causalité entre d'une part, des interventions et les objectifs qu'elles poursuivent et d'autre part, leurs impacts directs ou indirects, intermédiaires ou ultimes, de même qu'entre les impacts eux-mêmes, offrant ainsi la possibilité de les hiérarchiser.

Les chaînes de causalité sont donc très pertinentes pour modéliser un ensemble de relations complexes, ainsi que pour estimer l'impact potentiel ou évaluer l'impact réel d'interventions (Joffe et Mindell, 2006). De ce fait, elles facilitent la comparaison entre différentes interventions au chapitre des impacts produits et peuvent aider à sélectionner les interventions les plus propices à l'atteinte des objectifs visés et contribuer à mettre au point la stratégie d'intervention la plus efficiente et la plus intégrée possible.

Une fois définie, la chaîne de causalité aide à sélectionner l'ensemble des indicateurs pertinents pour le modèle et qui seront en soutien à la prise de décision (Marsden et Snell, 2009). À chaque maillon de la chaîne peuvent être associés un ou des indicateurs ayant pour but de mesurer le degré d'atteinte des objectifs poursuivis et/ou leurs impacts, qu'il s'agisse d'évaluer le processus – ce qui relève du monitoring – ou les impacts des interventions réalisées. Un impact sera dit indirect s'il n'était pas directement visé par les objectifs.

**Enjeux → objectifs → stratégies → Interventions → impacts intermédiaires → impacts ultimes
impacts indirects**

Il importe de bien distinguer les mesures d'output (les éléments ajoutés au système de transport pour atteindre les objectifs visés et qui se rattachent plutôt à l'intervention) des mesures d'impact (le changement produit par les interventions effectuées). Les mesures d'output serviront surtout à évaluer le processus d'implantation.

À l'étape de l'intervention, il faut aussi distinguer les indicateurs d'input des indicateurs d'output, les premiers ayant trait aux coûts et aux ressources servant à concrétiser les éléments d'output.

**Objectif → indicateurs d'output → indicateurs d'impact intermédiaire → indicateurs d'impact
indicateurs d'input**

Par sa simplicité, l'exemple suivant permet d'illustrer ce schéma de façon concrète. Il est tiré des faits réels qui se sont déroulés lors des Jeux olympiques d'été à Atlanta en 1996 (Friedman et al, 2001).

Enjeux

Faire face à la demande accrue en transport durant les Jeux olympiques d'été d'Atlanta et à ses conséquences en termes de congestion et de pollution de l'air au centre-ville

Objectifs

Réduire la congestion et la pollution de l'air par ozone (O₃) au centre-ville
Assurer l'accessibilité aux sites olympiques dans un délai raisonnable

Stratégies

Mettre en place un système de transport collectif 24/7 durant la période des Jeux
Mettre en place une série de mesure visant à limiter la congestion

Interventions

Ajout de 1 000 bus
Utilisation du télétravail
Fermeture du centre-ville aux voitures privées
Modification des horaires de travail
Avertir le public des problèmes potentiels de congestion et de qualité de l'air

Impacts intermédiaires

Diminution du trafic
Hausse du nombre de passagers du TC
Baisse de la vente d'essence

Impacts ultimes

Directs

Diminution de la congestion
Diminution des polluants atmosphériques (O₃ et PM₁₀)
Amélioration de l'accessibilité aux sites olympiques

Indirects

Diminution des hospitalisations et visites à l'urgence pour cause d'asthme

5.1 Étapes de création du système d'indicateurs pertinents pour la prise de décision

Les chercheurs du DISTILLATE Project de l'Université de Leeds ont proposé l'approche suivante pour la création d'un système d'indicateurs (Marsden et Snell, 2009).

1	Définir les objectifs à atteindre
2	Lier les objectifs aux impacts Après avoir défini les objectifs visés, il est nécessaire d'identifier les indicateurs clés d'impact qui permettront de mesurer le degré d'atteinte de ces objectifs.
3	Lier les impacts ultimes aux impacts intermédiaires Les impacts intermédiaires retenus – et leurs indicateurs – dépendent des stratégies prévues pour atteindre les objectifs visés.
4	Lier les éléments d'output aux impacts intermédiaires Une fois les stratégies identifiées, les indicateurs d'output sont sélectionnés de façon à permettre d'estimer la mise en place des interventions.
5	Prioriser les indicateurs du système



Suivant l'exemple illustré ci-haut, les indicateurs possibles se présentent comme suit :

Indicateurs pour les interventions : mesures d'output

Nombre de bus ajouté et période d'opération couverte sur 24 heures
Nouveaux corridors de bus
% entreprises du centre-ville offrant le télétravail ou des horaires flexibles
Superficie du centre-ville fermé aux voitures privées
Mesures visant à limiter l'accès au centre-ville
Horaires modifiés pour les livraisons au centre-ville
Mesures d'avertissement du public au sujet des problèmes potentiels de circulation et de qualité de l'air

Indicateurs d'impacts intermédiaires

Volume de trafic bidirectionnel sur 24 heures à 4 sites (2 autoroutes et 2 routes locales)
Volume de trafic bidirectionnel durant une heure à l'heure de pointe du matin à 4 sites (2 autoroutes et 2 routes locales)
Nombre de déplacements en TC (bus et rail) par jour
Nombre de gallons d'essence achetés

Indicateurs d'impacts ultimes

Durée moyenne de déplacement à l'heure de pointe du matin (min/km)
Concentration maximale par heure pour O₃, PM₁₀, CO, NO₂, SO₂
Nombre d'hospitalisations et de visites à l'urgence pour cause d'asthme par jour

5.2 Diagrammes illustrant les chaînes de causalité

Les Britanniques sont ceux qui ont le plus développé l'approche reposant sur les chaînes de causalité. Dans le cadre de la préparation des plans locaux de transport exigés en Grande-Bretagne depuis le début des années 2000, les conseils régionaux ont été invités à illustrer les liens entre les objectifs poursuivis, les interventions réalisées et les impacts attendus sous la forme de chaînes de causalité. Celles-ci peuvent avoir pour point de départ les interventions à effectuer ou bien les objectifs à atteindre. Les six exemples suivants proviennent du plan local de transport de la région du North Lincolnshire pour la période 2001/2002 à 2005/2006 et ont pour point de départ les interventions à réaliser. Ces exemples permettent aussi de voir qu'un type d'intervention peut répondre à plusieurs objectifs à la fois et que ces objectifs se rattachent à l'une ou l'autre des dimensions de la mobilité durable. Précisons enfin qu'il n'y a pas une façon unique de représenter les relations causales pour une situation particulière.

5.2.1 Exemples de chaînes de causalité basées sur le type d'intervention réalisée

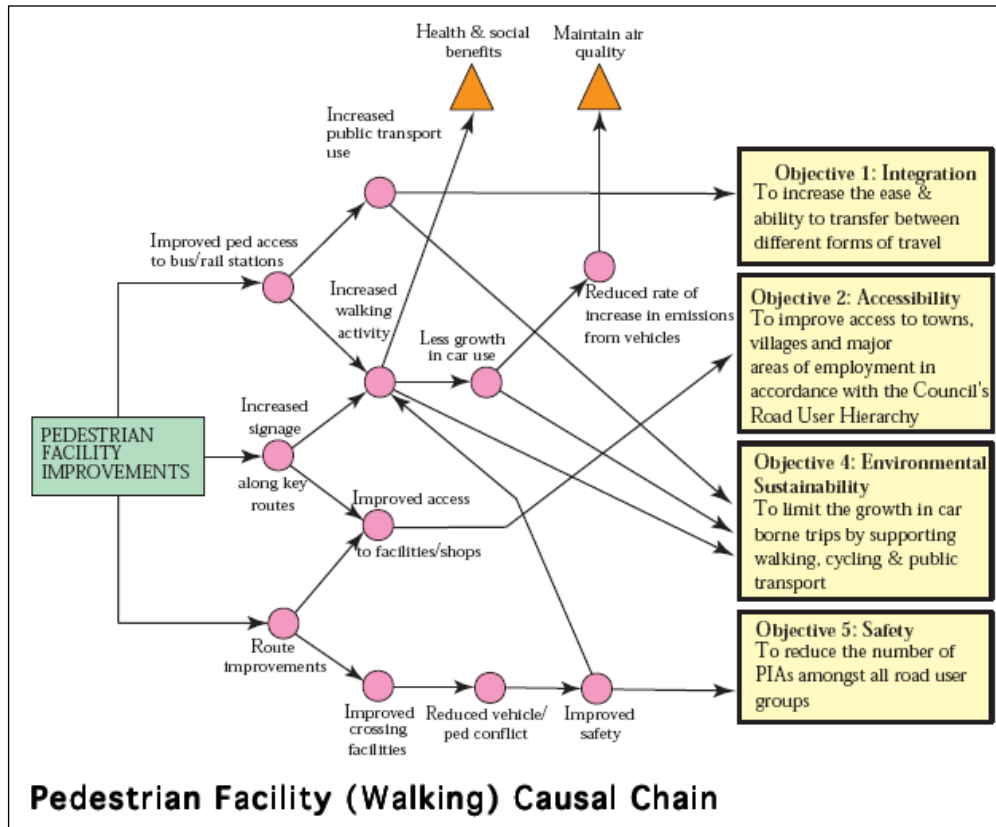


Figure 3. Exemple: chaîne de causalité pour les installations piétonnes (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)

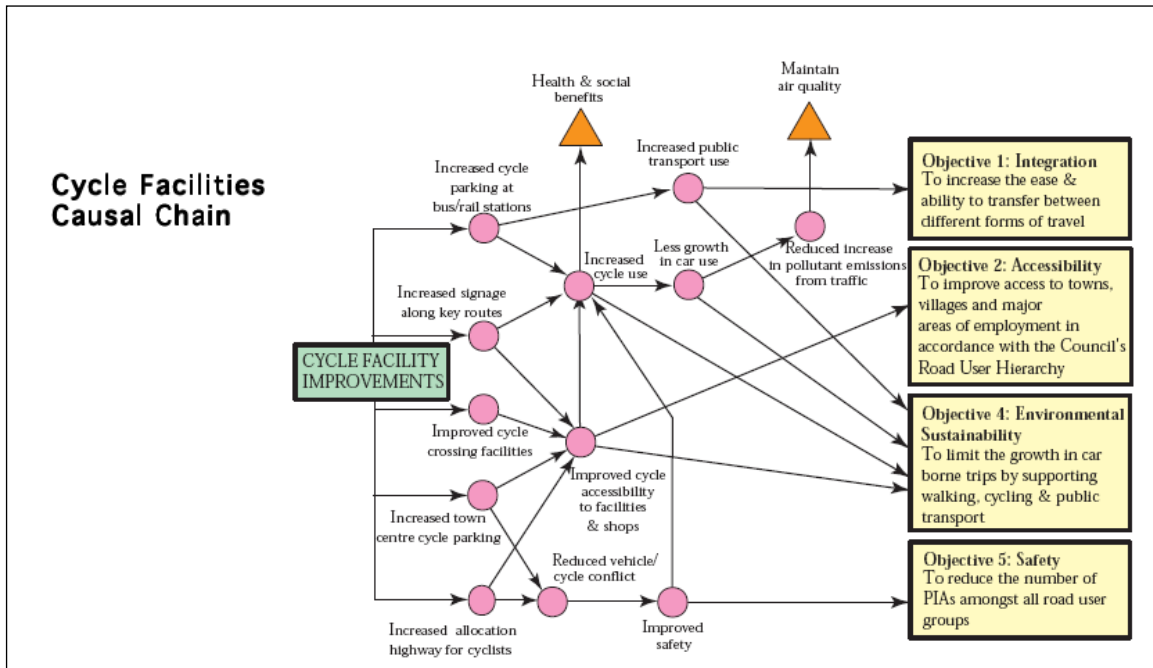


Figure 4. Exemple: chaîne de causalité pour les installations cyclistes (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)

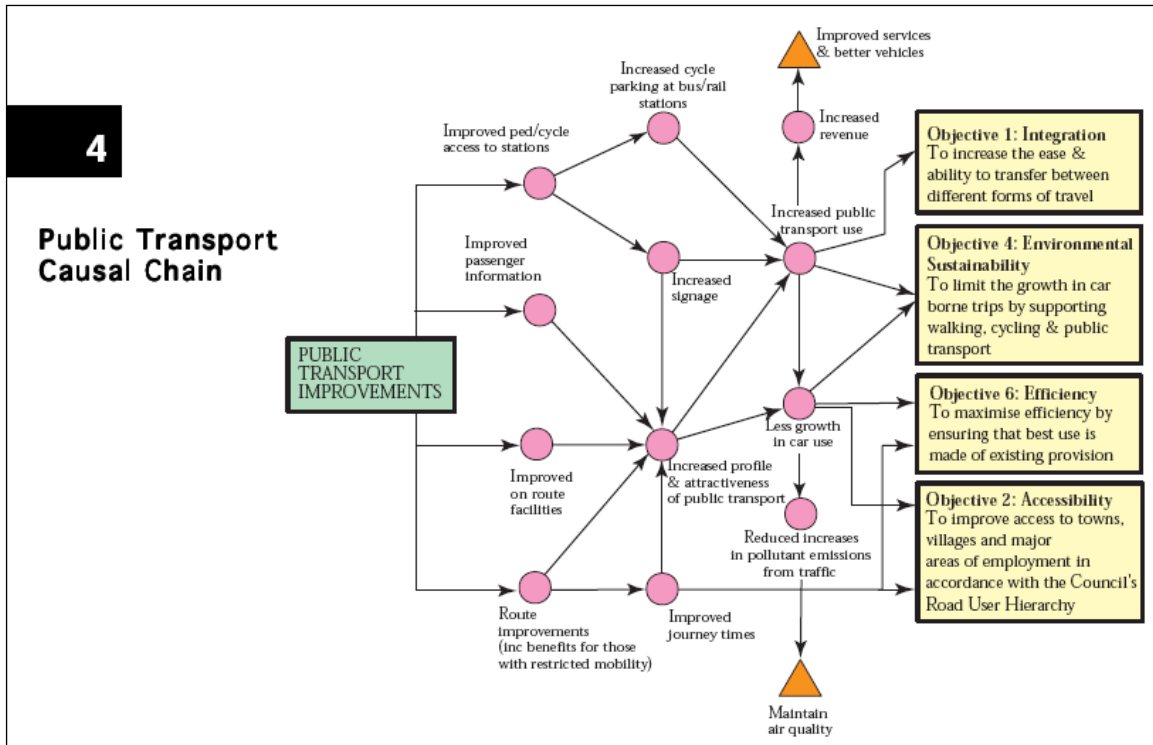


Figure 5. Exemple: chaîne de causalité pour le transport en commun (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)

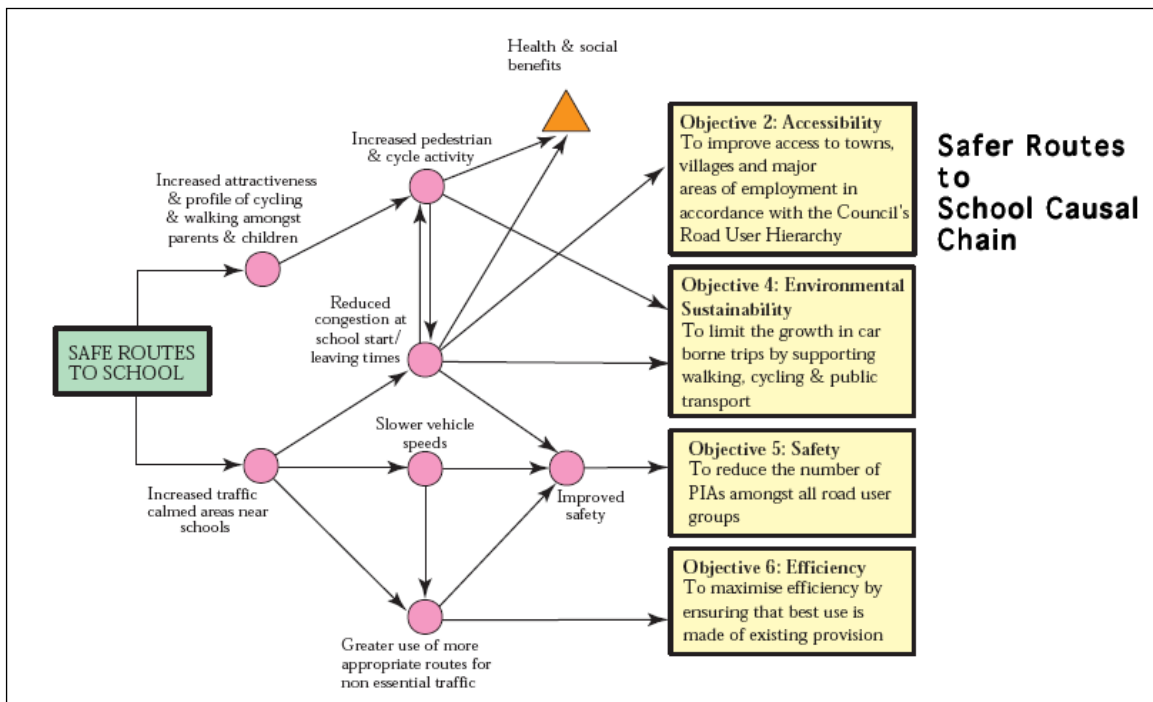


Figure 6. Exemple: chaîne de causalité pour des accès plus sécuritaires vers les écoles (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)

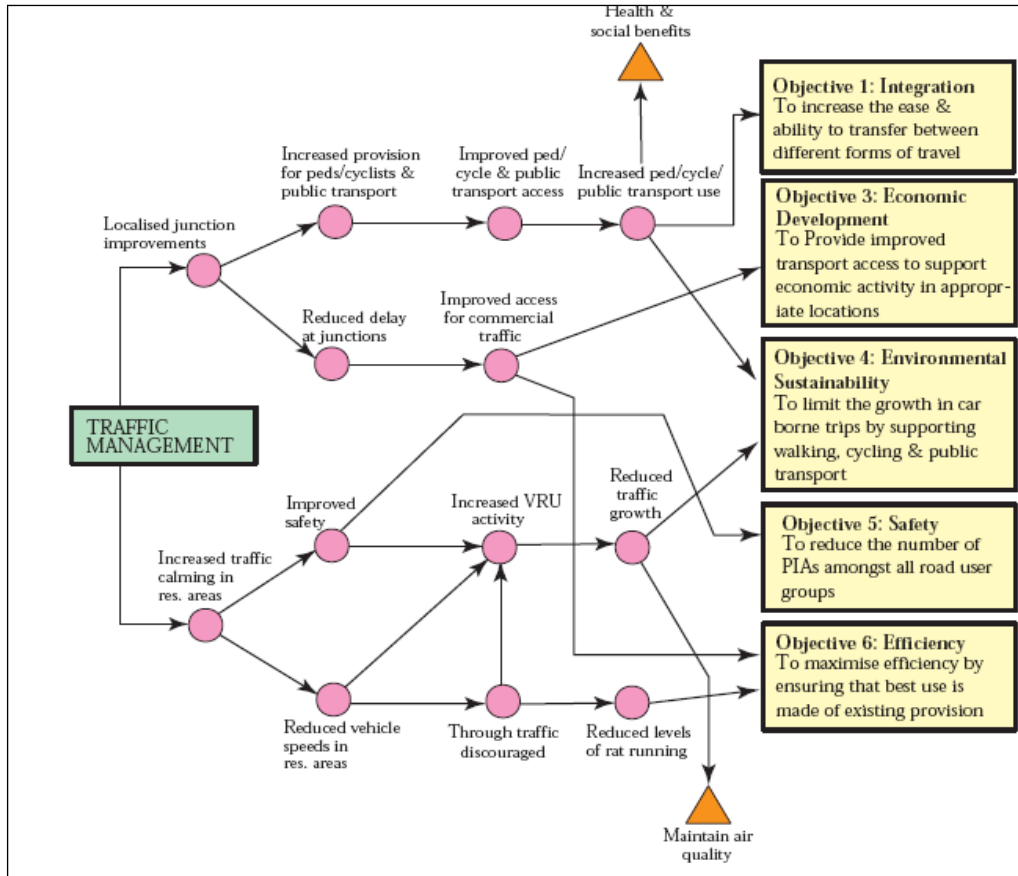


Figure 7. Exemple: chaîne de causalité pour la gestion de la circulation (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)

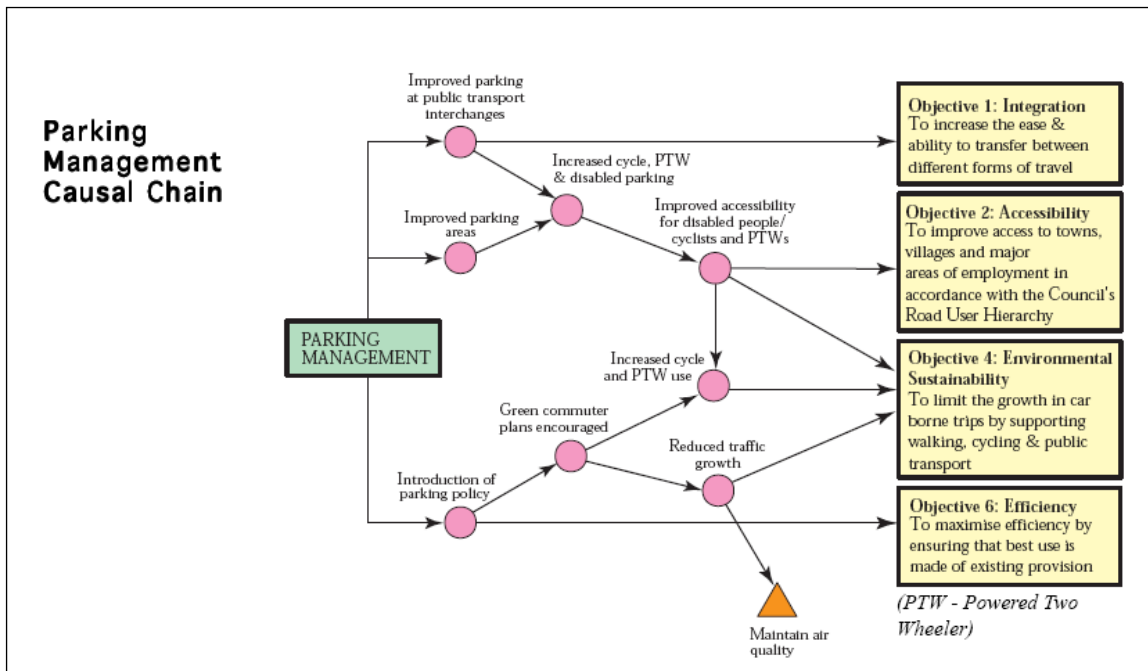


Figure 8. Exemple: chaîne de causalité pour la gestion des stationnements (Source: North Lincolnshire Council, Local Transport Plan, Technical Annex, 2001)

5.2.2 Exemple de chaînes de causalité basées sur l'objectif poursuivi

La chaîne de causalité suivante – proposée par le Department for Transport de Grande-Bretagne – est basée sur l'objectif de rendre la marche agréable, sécuritaire et commode. En plus des mesures à mettre en place et des impacts attendus, les indicateurs de performance qui serviront à mesurer le degré d'atteinte de l'objectif visé ont aussi été intégrés à la chaîne. Cette approche permet d'intégrer les indicateurs à la prise de décision.

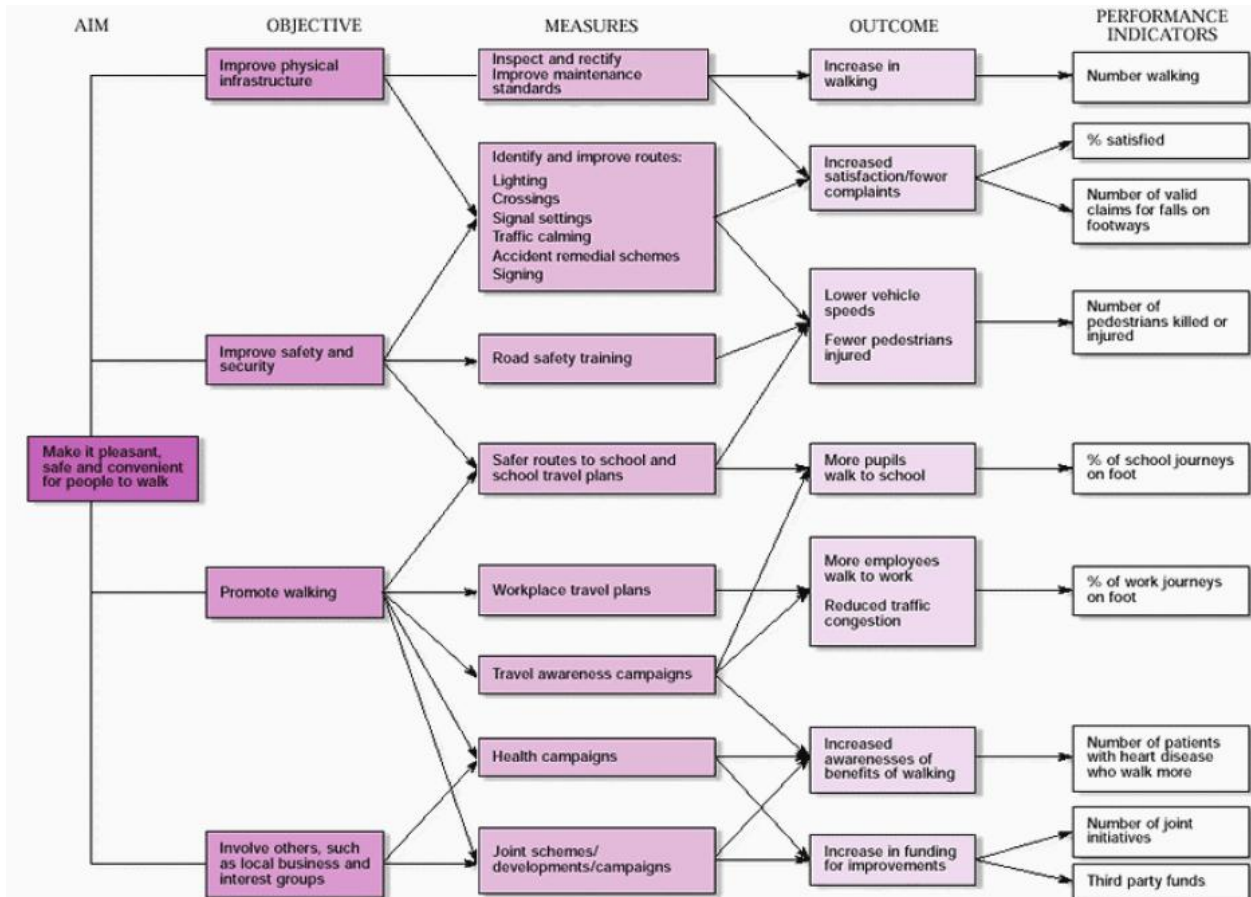


Figure 9. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif de rendre la marche agréable, sécuritaire et commode (Source: Department for Transport, Traffic Advisory Leaflet 2/00, London, 2000)

Les six exemples suivants sont tirés du Plan local de transport 2006/2011 de la région d'Essex en Grande-Bretagne et sont basés sur l'objectif poursuivi. Les objectifs étaient ici d'améliorer l'accessibilité aux services de transport, de réduire la congestion, d'améliorer la qualité de l'air, de rendre les routes plus sécuritaires, d'améliorer l'entretien du réseau routier et d'assurer une bonne qualité de vie. Une chaîne de causalité est illustrée pour chaque objectif.

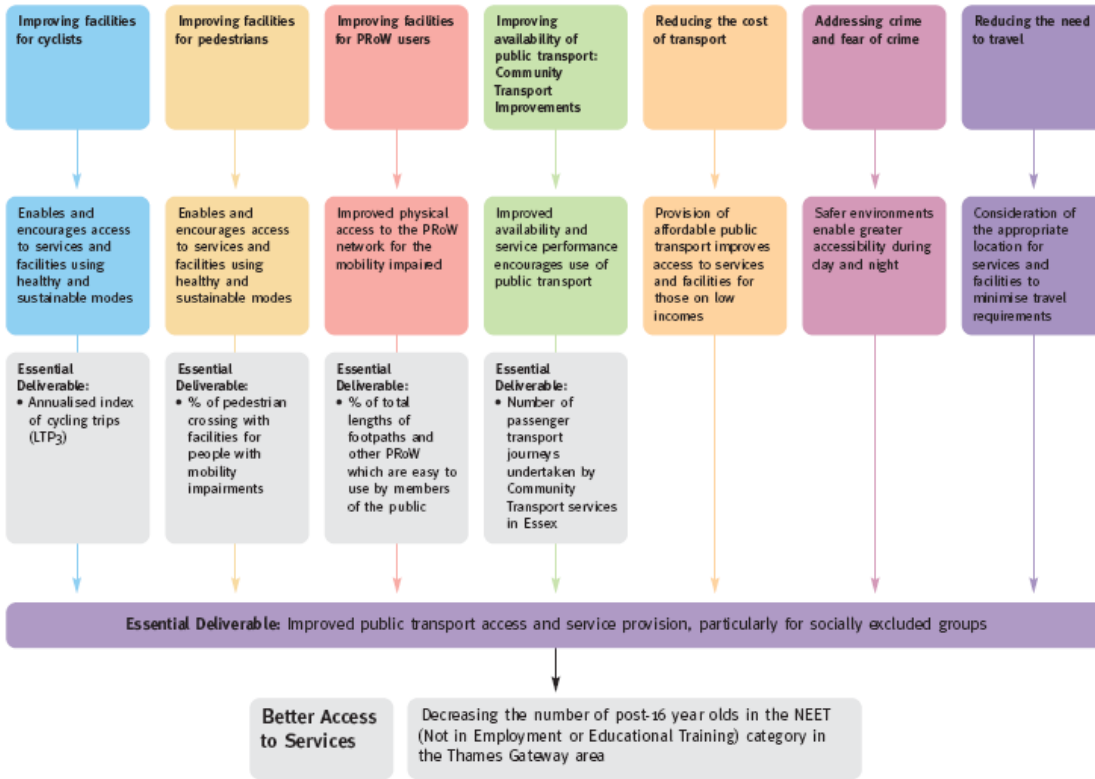


Figure 10. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif d'améliorer l'accessibilité aux services de transport (Source: Essex County Council, 2006)

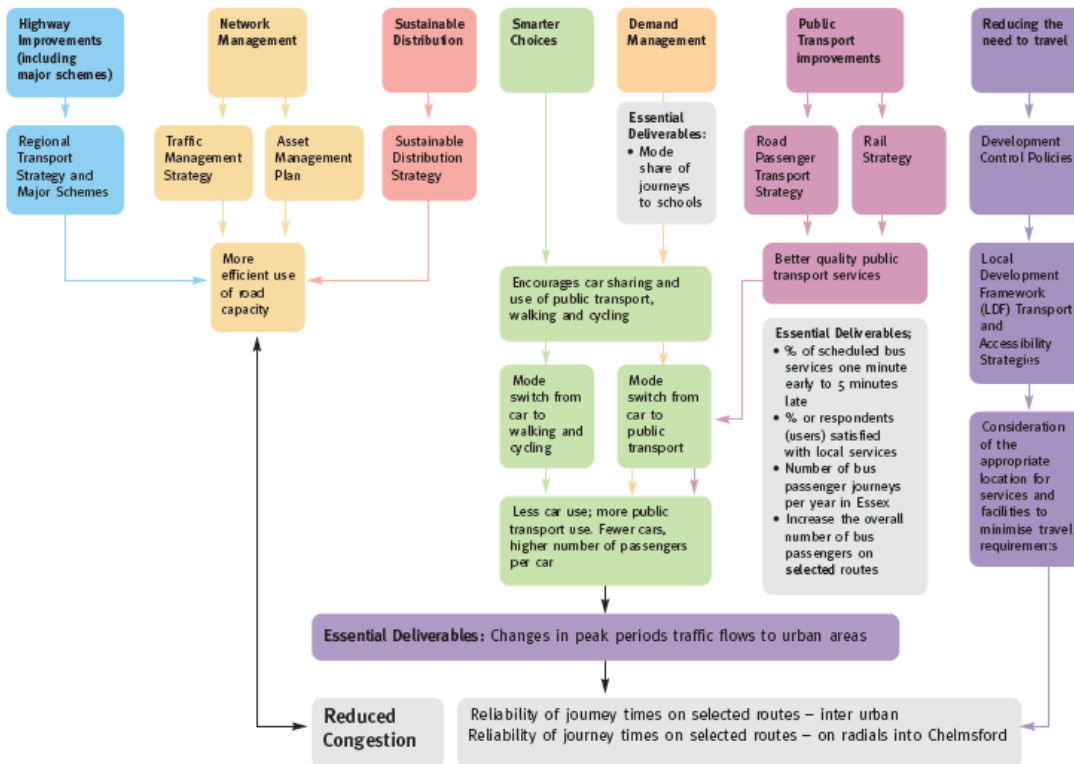


Figure 11. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif de réduire la congestion (Source: Essex County Council, 2006)

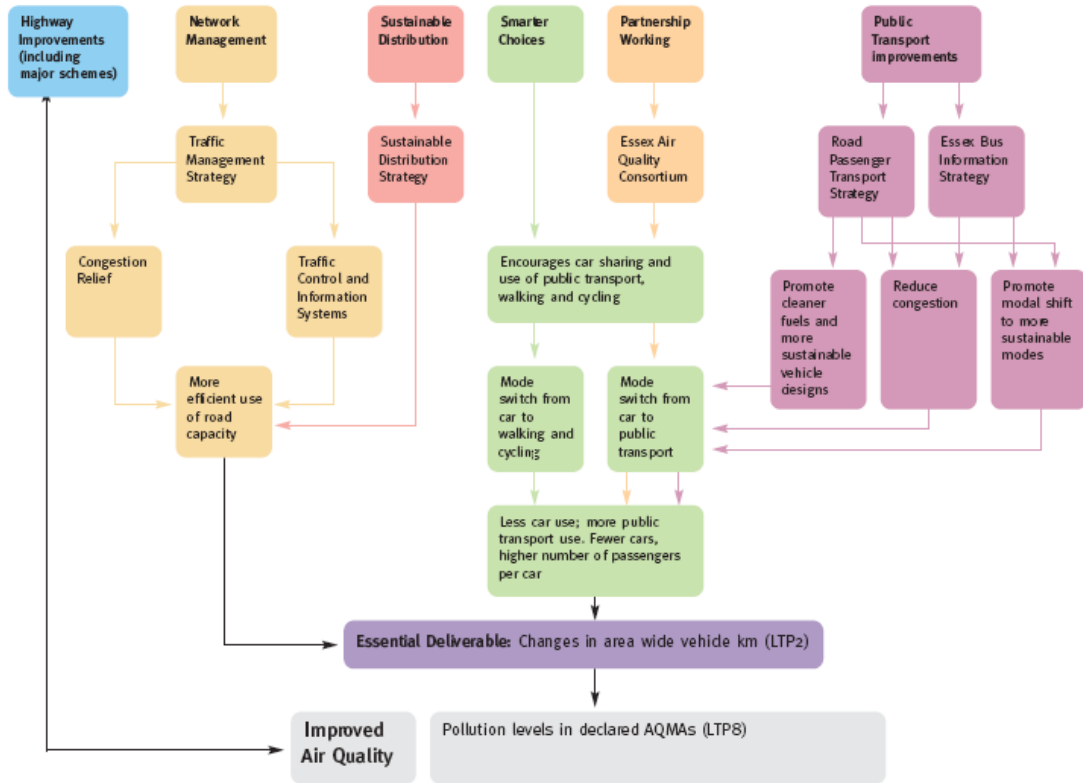


Figure 12. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif d'améliorer la qualité de l'air (Source: Essex County Council, 2006)

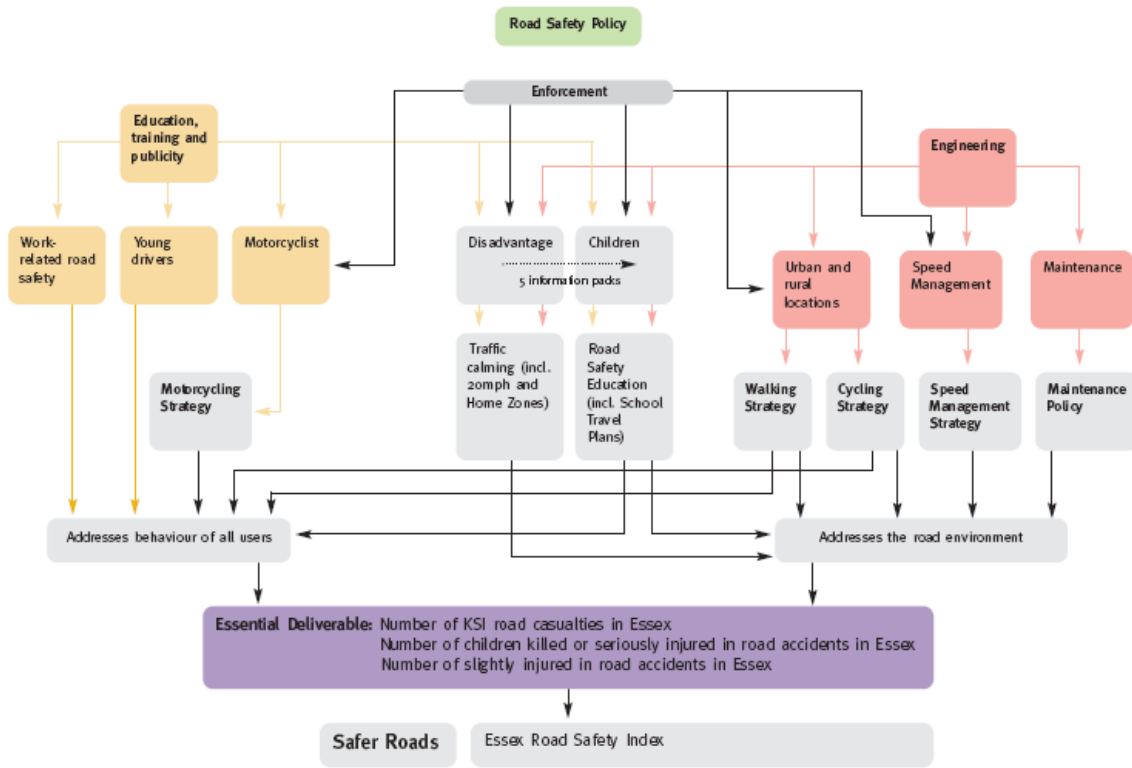


Figure 13. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif d'avoir des routes plus sécuritaires (Source: Essex County Council, 2006)

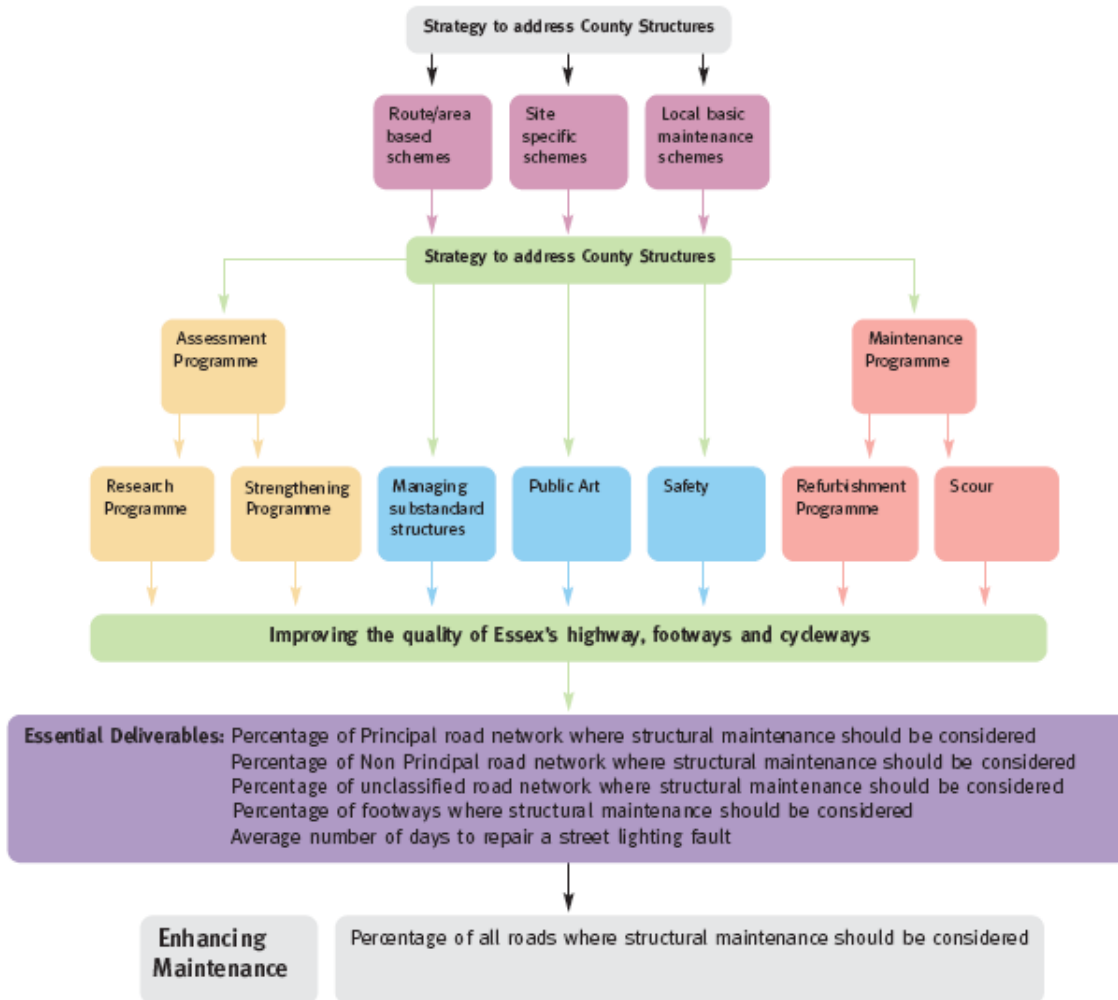


Figure 14. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif d'améliorer l'entretien du réseau routier (Source: Essex County Council, 2006)

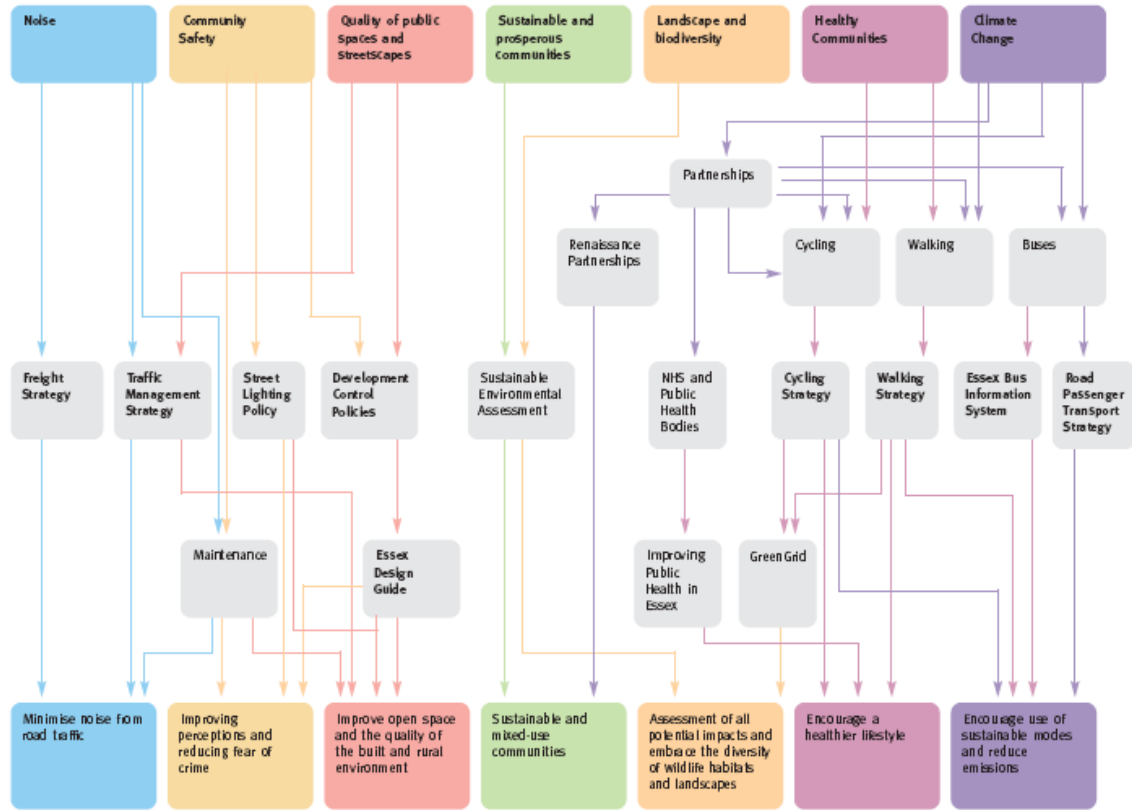


Figure 15. Exemple: chaîne de causalité liée à un l'objectif global d'assurer la qualité de vie (Source: Essex County Council, 2006)

5.2.3 Exemple de chaîne de causalité basée sur l'enjeu envisagé

Enfin, l'exemple suivant, basé sur un des enjeux envisagés par les autorités responsables des politiques de transport, provient du Plan local de transport de la région de Plymouth en Grande-Bretagne pour les années 2001 à 2006. La chaîne de causalité présentée ici est en lien avec l'économie, qui constitue un des enjeux auxquels les autorités de la région souhaitaient répondre.

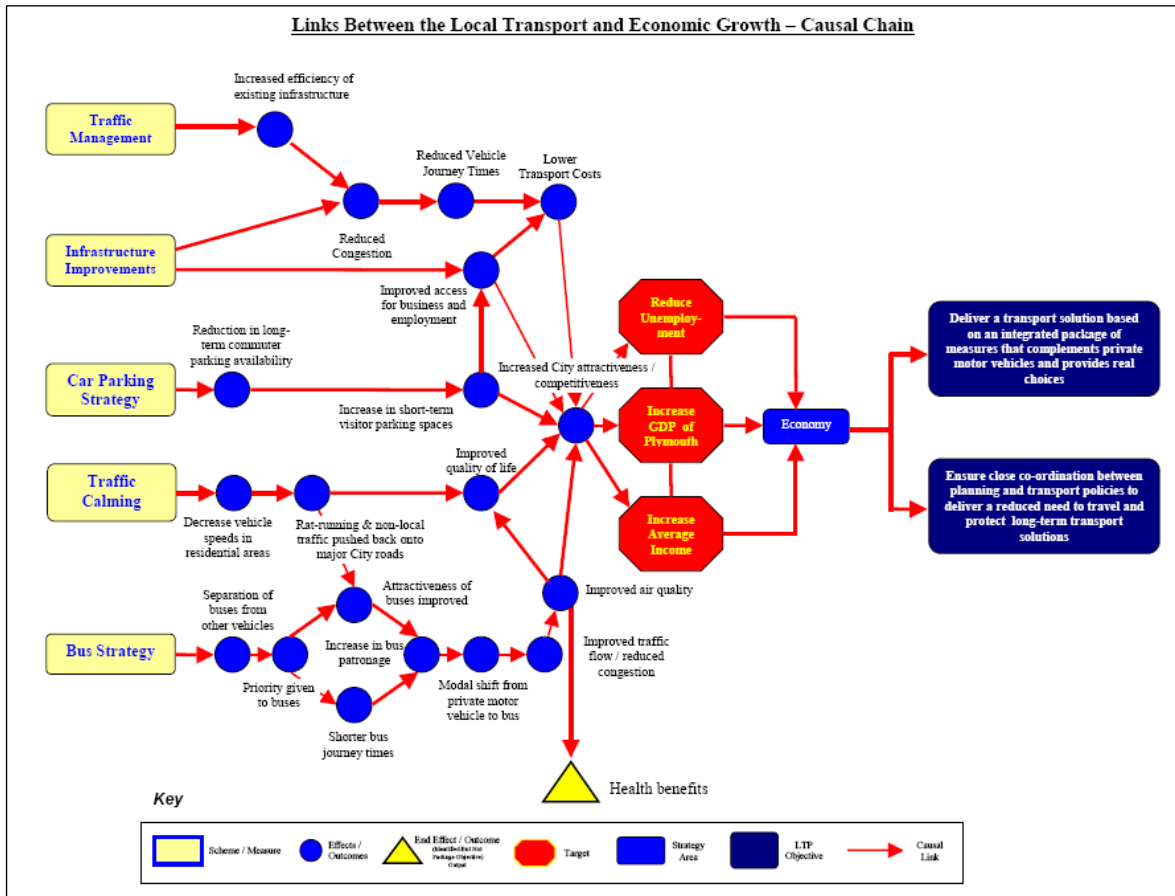


Figure 16. Exemple: chaîne de causalité liée à un enjeu économique (Source : Plymouth City Council. Local Transport Plan 2001/2006.)

5.2.4 Chaînes de causalité, visualisation des impacts et sélection de stratégies

Une stratégie d'intervention a souvent des impacts multiples et très diversifiés. Même si elle est mise en place pour répondre à un objectif en particulier, elle est susceptible de répondre également à d'autres objectifs.

Les chaînes de causalité offrent la possibilité de visualiser de façon simultanée les impacts des diverses options disponibles pour atteindre les objectifs visés et ainsi de choisir les plus prometteuses à la fois en termes d'ampleur et d'éventail des impacts. Par exemple, les options suivantes envisagées pour le transport des personnes permettraient de réduire les émissions de GES et la dépendance au pétrole. Cependant, l'éventail des impacts varie considérablement d'une option à l'autre, ce qui peut conduire à privilégier une stratégie plutôt qu'une autre, surtout dans une optique de prise en compte des trois dimensions de la mobilité durable.



Quelques interventions visant à réduire les émissions de GES et la dépendance au pétrole

Stratégies		Impacts	
Changer source d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> ↘ pétrole 	<ul style="list-style-type: none"> ↘ émissions GES ↘ pollution de l'air 	
Optimiser trajets (STI)	<ul style="list-style-type: none"> ↘ déplacements ↘ kilométrage 	<ul style="list-style-type: none"> ↘ consommation d'énergie ↘ congestion ↘ pression sur infrastructures ↘ coûts de transport 	<ul style="list-style-type: none"> ↘ émissions GES ↘ pollution de l'air
Augmenter le taux d'occupation des autos	<ul style="list-style-type: none"> ↘ déplacements ↘ véhicules 	<ul style="list-style-type: none"> ↘ consommation d'énergie ↘ congestion ↘ pression sur infrastructures ↘ coûts transport 	<ul style="list-style-type: none"> ↘ émissions GES ↘ pollution de l'air
Transfert modal - personnes	<ul style="list-style-type: none"> ↘ déplacements solo ↗ transport collectif ↗ marche et vélo 	<ul style="list-style-type: none"> ↘ consommation d'énergie ↘ congestion ↘ pression sur infrastructures ↘ coûts de transport ↘ accidents ↗ activité physique ↗ accessibilité financière 	<ul style="list-style-type: none"> ↘ émissions GES ↘ pollution de l'air ↘ obésité ↘ problèmes santé ↘ fardeau des ménages ↘ pollution sonore
Aménagement du territoire	<ul style="list-style-type: none"> ↘ déplacements ↘ kilométrage ↗ transport collectif ↗ marche et vélo 	<ul style="list-style-type: none"> ↘ consommation d'énergie ↘ congestion ↘ pression sur infrastructures ↘ coûts de transport ↘ accidents ↗ activité physique ↗ accessibilité financière ↗ accessibilité géographique 	<ul style="list-style-type: none"> ↘ émissions GES ↘ pollution de l'air ↘ obésité ↘ problèmes santé ↘ fardeau des ménages ↘ pollution sonore
Système de péage	<ul style="list-style-type: none"> ↘ déplacements ↘ véhicules 	<ul style="list-style-type: none"> ↘ consommation d'énergie ↘ congestion ↘ pression sur infrastructures 	<ul style="list-style-type: none"> ↘ émissions GES ↘ pollution de l'air



Parmi ces stratégies, le transfert modal et l'aménagement du territoire offrent des potentialités plus vastes que les autres: elles répondent non seulement aux objectifs de réduction des GES et de dépendance au pétrole, mais aussi en partie aux enjeux de congestion, d'accessibilité, de santé, de sécurité, de qualité de vie, de même qu'à des enjeux économiques et environnementaux. Le schéma présenté ne précise toutefois pas l'ampleur des effets; celle-ci peut aussi s'avérer déterminante lors du choix des options à privilégier.

Une stratégie destinée à répondre à un objectif donné peut aussi avoir des impacts non souhaités et peu compatibles avec les principes de mobilité durable. C'est ce qui s'est produit avec la filière du bioéthanol destiné à contrer la dépendance aux énergies fossiles. D'où l'utilité de lister au préalable tous les impacts possibles d'une stratégie envisagée, afin d'écarter les options contre-productives.

Énergie → bioéthanol ↗ culture maïs ↗ prix aliments à base de maïs ↗ fardeau des ménages
↗ déforestation
→ ↘ pétrole → ↘ GES

5.3 Quelques exemples concrets

Les exemples qui suivent sont tirés d'expériences récentes réalisées dans plusieurs municipalités à travers le monde et relatées dans la littérature. Le choix ne repose sur aucun parti pris et le détail des mesures mises en place et des impacts qui en résultent n'est pas nécessairement exhaustif. La prudence s'impose donc dans l'évaluation qui pourrait être faite des résultats observés. Le but de l'exercice est avant tout d'illustrer de façon schématique les liens existant entre les objectifs, les mesures d'interventions et les différents types d'impact. Il ne s'agissait pas d'évaluer la pertinence ou l'efficacité des interventions mises en place.

5.3.1 Impact de la mise en place du système de péage urbain à Londres

Cet exemple est issu d'un rapport témoignant des impacts de l'implantation d'un système de péage urbain à Londres (Transport for London, 2004)

Objectif principal

- Contrer la congestion

Objectifs secondaires

- Opérer un transfert modal vers le transport collectif
- Accroître les déplacements piétonniers
- Améliorer la fiabilité des déplacements automobile (en termes de temps)
- Rendre plus efficiente la distribution des biens et services

Intervention

- Mise en place, en février 2003, d'un système de péage urbain



Output

- Installation de 688 caméras de circulation à 203 sites dans la zone anti-congestion de 8 km² pour photographier les plaques des autos entrant dans la zone
- L'entrée dans la zone de péage est de 5£ (environ 12\$ canadien) par jour entre 7h00 et 18h30 les jours de semaine et une amende de 130 \$ est chargée automatiquement aux contrevenants
- Recettes provenant du péage et des amendes → en partie consacrées à l'amélioration du transport collectif, mais aussi à la couverture des coûts d'exploitation du système

Impact intermédiaire

- 550 000 paiements d'entrée dans la zone par semaine

Impacts (après un an)

- Congestion réduite de 30 %
- Volume de circulation réduit de 15 %
- Hausse de 23 % de l'offre de bus dans la zone de péage
- Hausse de la clientèle des bus de 38 %
- Réduction de 12 % des émissions de NO, NO₂, PM₁₀ et de 19% des émissions de CO₂
- Réduction de 20 % de la consommation d'essence
- Fiabilité accrue du système de bus dans la zone et dans le grand Londres: diminution de 30 % dans le retard des bus
- Hausse de 6 % de la vitesse des bus
- Réduction de 65 000 à 70 000 déplacements automobile dans la zone, durant les heures de péage (de 50 à 60 % ont été transférés au transport collectif)
- Pas de changement dans le niveau de bruit dans la zone
- Qualité de vie accrue pour 40 % des résidents de la zone (leur perception)
- Accélération du déclin des accidents dans la zone

Tableau 16. Synthèse : mise en place du système de péage urbain à Londres

Objectif principal	Objectifs secondaires	Impacts (après un an)		
↘ congestion	↗ transfert modal	↘ 70 000 déplacements auto	↘ 30 % congestion	↘ 30 % retard bus
	↗ marche	↘ 15 % trafic		↗ 6 % vitesse bus
	↗ fiabilité déplacements			
	Améliorer distribution	↘ 20 % carburant	↘ 12 % émissions NO, NO ₂ , PM ₁₀	
			↘ 19 % émissions CO ₂	
		↗ 23 % offre de bus	Transfert modal au TC	
	↗ 38 % clientèle bus			
		↗ qualité de vie pour 40 % des résidents		



5.3.2 Impacts de la mise en place du programme “Cash for commuters” à Atlanta

Impacts de la mise en place du programme « Cash for commuters » à Atlanta (Schrank et Lomax, 2007 et Center for Transportation and the Environment, 2004).

Objectifs

- Réduire la congestion
- Réduire la quantité d’émissions découlant du transport

Intervention

- Fournir un incitatif financier (3 \$ par jour et jusqu’à 60 \$ par mois) aux navetteurs afin de les inciter à délaisser le transport solo vers le travail au profit d’un mode alternatif de déplacement (transport collectif, covoiturage, marche, vélo, télétravail)

Impacts après un an et demi

- Diminution de la part modale du transport solo (passée de 84 % à 53 %)
- Diminution du nombre d’espaces de stationnement requis
- Diminution du nombre de déplacements
- Diminution du degré de frustration des navetteurs
- Diminution des retards au travail

Tableau 17. Synthèse : mise en place du programme « Cash for commuters » à Atlanta

Objectifs	Intervention	Impacts après 18 mois	
↘ congestion	Incitatif \$	↘ part modale transport solo	↘ stationnements
↘ émissions		↘ déplacements	↘ congestion ↘ retards au travail ↘ frustration des navetteurs

5.3.3 Impact de la mise en place d’une ligne de bus rapide dans la ville de Québec

Synthèse des impacts de la mise en place d’une ligne de bus rapide à Québec (Dubé et al., 2009 et Dib, 2006).

Objectif principal

- Améliorer accessibilité aux pôles d’emplois et aux principaux centres d’activité

Intervention

- Mise en place d’un service d’autobus à desserte rapide sur les axes les plus fréquentés en 1992

Impact direct

- Meilleure accessibilité



Impacts indirects

- Hausse de la valeur foncière des propriétés résidentielles unifamiliales dans l'axe du Métrobus entre 1986 et 2004 (7,4 % de plus que les autres résidences)
- Hausse correspondante des recettes fiscales municipales (plus de 5 millions de dollars en 12 ans)

Tableau 18. Synthèse : mise en place d'une ligne de bus rapide à Québec

Objectif	Intervention	Impact direct	Impacts indirects
↗ accessibilité	3 corridors bus rapide	↗ accessibilité	↗ valeur propriétés ↗ recettes fiscales

5.3.4 Impact de la mise en place d'un train léger sur rail à Ottawa (O-Train)

Synthèse des impacts de la mise en place d'un train léger sur rail à Ottawa (Transports Canada, 2005)

Objectifs

- Évaluer la faisabilité d'utiliser un corridor ferroviaire existant pour du transport collectif rapide
- Accroître la part modale du TC
- Améliorer l'intégration du TC avec les autres modes et l'accessibilité des différentes clientèles

Interventions

- Amélioration de la ligne ferroviaire du CP pour accommoder le O-Train
- Révision du système de signalisation et installation d'un nouveau système de freinage
- Mise en service de trois trains Bombardier sur le tronçon de 8 km au sud d'Ottawa
- Construction de 5 stations de train et une station de bus

Impacts

- 6 200 passagers par jour après un an d'opération
- Transfert modal : le train permet de retrancher 600 véhicules par jour dans le corridor à l'heure de pointe
- Accessibilité améliorée au campus de l'Université Carleton
- Coûts potentiels évités pour l'achat de bus : environ 10,7 millions de dollars
- Diminution de la consommation d'essence (40 % moins par km pour le train que pour le bus)
- Ponctualité accrue (99 % à l'heure pour le train comparativement à 70 % pour le système de transport en général)



Tableau 19. Synthèse : mise en place d'un train léger sur rail à Ottawa

Objectif	Interventions	Impacts après 1 an
Faisabilité	Améliorer corridor	6 200 passagers/jour en train
train rapide	Ajouter 3 trains	Transfert modal auto vers TC
↗ part modale TC	5 stations trains	↘ carburant
↗accessibilité au TC	1 station bus	↘ retards
↗ intégration TC- autres modes		↗ accessibilité

5.3.5 Impact de la mise en place de quartiers aménagés selon les principes du nouvel urbanisme (favorables à la marche) dans trois villes canadiennes (Calgary, Toronto et Montréal)

Synthèse des impacts de la mise en place de quartiers aménagés selon les principes du nouvel urbanisme (SCHL, 2010)

Objectifs

- Améliorer l'accès aux destinations quotidiennes
- Améliorer la connectivité et les routes pour piétons
- Offrir un plus grand choix d'habitations
- Réduire la superficie de terrain par habitation

Interventions

- Aménagement de quartiers caractérisés par une plus grande densité, une plus grande diversité d'habitations, une plus grande mixité, plus d'espaces verts et autres aires publiques ouvertes, plus de trottoirs, un plus faible recul des immeubles par rapport à la rue, des rues plus étroites, une plus grande connectivité piétonnière, moins d'espaces de stationnement.

Impacts (comparativement à des quartiers aménagés de façon traditionnelle)

- Le paysage des rues rend la marche plus agréable
- Les rues du quartier sont considérées plus sécuritaires pour les déplacements à pied ou à vélo
- Fréquentation accrue des espaces verts et autres aires publiques
- Plus grand sentiment d'appartenance au quartier
- Plus d'interactions sociales avec le voisinage
- Plus de déplacements à pied ou à vélo vers les commerces et les services
- Fréquence plus élevée de promeneurs
- Moins de déplacements en auto et de km parcourus en auto
- Part modale de la marche accrue
- Part modale inchangée pour le transport collectif



Tableau 20. Synthèse : mise en place de quartiers aménagés selon les principes du nouvel urbanisme

Objectifs	Interventions	Impacts
↗ accessibilité	Aménagement selon nouvel urbanisme	Marche + agréable
↗ connectivité		Rues + sécuritaires
↗ diversité d'habitations		↗ connectivité
↗ densité		↗ accessibilité
		↗ fréquentation espaces verts
		↗ fréquentation aires publiques
		↗ sentiment appartenance
		↗ transport actif
		↗ interactions voisinage
		↗ courses faites à pied
		↘ part modale marche
		↘ déplacements auto
		↘ km parcourus en auto

6 Projets de recherche : état d'avancement des thématiques spécifiques

Ce chapitre présente l'état d'avancement des différents travaux de recherche menés par les étudiants et supervisés par l'équipe de chercheurs de la Chaire. Il faut rappeler que les étudiants disposent d'un certain degré de liberté académique dans la formulation et le choix des orientations. Ils sont supervisés mais assurent évidemment une part importante dans la réalisation des projets. Aussi, il faut garder à l'esprit que les projets ne sont pas tous au même niveau d'avancement et que les étudiants ont des niveaux de maturité scientifique différents. Tous ces aspects sont appelés à évoluer et les contributions finales seront plus approfondies et mieux structurées. Les textes ci-dessous témoignent d'une compréhension actuelle et seront renouvelés avec la progression des étudiants et thématiques. La formation de personnel hautement qualifié est au cœur du mandat de la Chaire et les implications étudiantes assurent justement une relève bien au fait des problématiques actuelles.

6.1 Pour une approche pragmatique et opérationnelle de la mobilité durable : concepts, méthodes outils

- Étudiante : Louiselle Sioui (doctorat)
- Supervision : Morency
- État : Examen de synthèse réussi, recherche en cours (fin prévue : décembre 2012)
- Financement : Boursière CRSNG / FQRNT

6.1.1 Introduction

Alors que la société et la sphère politique souhaitent intégrer le développement durable, il devient impératif de développer des outils et des techniques permettant de le rendre concret pour les décideurs. Cette problématique touche particulièrement le secteur des transports : alors que les déplacements sont indispensables aux relations humaines et commerciales, ils génèrent toutefois de nombreux impacts négatifs sur l'environnement et la société. Ainsi, en plus des indicateurs de mobilité traditionnels, le développement d'indicateurs devient indispensable afin d'évaluer différents scénarios d'intervention et les progrès en regard du concept de durabilité.

Ce projet de recherche s'intéresse donc à la fois aux réflexions substantielles concernant la mobilité durable et aux méthodes pragmatiques de concrétisation de ce concept. Dans un premier temps, au niveau des systèmes d'indicateurs, seront abordés : l'identification des thématiques reliées au concept, la sélection et la pertinence des indicateurs, les liens de causalité entre une intervention et les indicateurs adéquats, l'identification des types de besoins par les décideurs. Dans un second temps, la sélection de quelques thèmes ou indicateurs particuliers permettra d'étudier : (1) les différentes méthodologies existantes, leur applicabilité dans le contexte montréalais et leur niveau de simplification méthodologique en fonction du type d'usage visé; (2) le développement de méthodologies mettant en valeur différentes bases de données de la région de Montréal; et (3) la relation entre les choix de limites et de résolution spatio-temporelles et le type d'intervention envisagée.

La suite de ce document présente de façon plus détaillée la problématique du concept de développement durable dans le contexte des transports au Québec. Puis, la méthodologie générale des différents aspects abordés dans le projet de recherche est énoncée. Enfin, les démarches en



cours et les résultats obtenus jusqu'à ce jour sont présentés, suivis de l'échéancier général de réalisation du projet de recherche.

6.1.2 Problématique

La planification des transports s'est passablement transformée depuis les années 1980. Auparavant, la construction de nouvelles routes et autoroutes était associée à la compétitivité économique (Vigar, 2000) et à la création de richesse (Guy et Marvin, 1999 dans Evans et al., 2001). Alors que le temps de trajet était du temps perdu considéré comme de l'argent (Banister, 2008), augmenter la rapidité de l'automobile était primordial. On prévoyait l'augmentation de la demande, et on estimait ainsi l'augmentation nécessaire de la capacité du réseau routier (Evans et al., 2001), soit la logique du « Prévoir et fournir » (Banister, 2008). Or, plusieurs villes ont commencé à faire face à des problèmes de congestion routière, et plusieurs régions à devoir non seulement construire de nouvelles routes mais aussi entretenir celles construites dans les années antérieures (Vigar, 2000). Ainsi, les décisions ont basculé tranquillement de cette logique à celle de gestion de la demande (Owens, 1995 dans Vigar, 2000) selon laquelle la stabilisation des temps de parcours est plus importante que leur réduction, et ce, afin que les individus puissent disposer d'un réseau fiable dans lequel il est possible de prévoir son temps de déplacement (Noland et Polak, 2002).

Parallèlement, les impacts négatifs de l'augmentation de la présence des routes commencent à déranger. Avant les années 1980, les revendications étaient plutôt individuelles et s'opposaient au bruit causé par les nouvelles installations routières (Button, 1995 dans Vigar, 2000). Le discours est devenu plus collectif avec la naissance des groupes de pression environnementaux, notant principalement les problèmes de pollution atmosphérique et l'utilisation de ressources non renouvelables. S'amplifiant, ce mouvement a rapidement adopté le concept de développement durable issu de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations Unies, « un développement qui répond aux besoins sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (CMED, 1987). Ce n'est que dans les années 2000 que les groupes sociaux font leur entrée dans le mouvement des transports durables, mettant de l'avant les problématiques d'iniquité d'accès aux lieux publics, de maladies respiratoires et cardiovasculaires liées à la pollution atmosphérique et d'obésité des individus.

Au Québec, suite à la montée progressive de l'intérêt mondial et national porté au concept de développement durable, la volonté de l'intégrer au processus décisionnel n'a cessé de croître. Afin de concrétiser cette volonté au niveau de toutes les instances décisionnelles, le Gouvernement du Québec s'est doté d'un Plan de développement durable en 2004. Ceci a enclenché une série de mesures : la Loi sur le développement durable adoptée en 2006, suivie d'une stratégie en 2007 ainsi que d'un plan d'action en 2009. Ces documents stipulent que chaque organisme gouvernemental doit se doter d'une stratégie et d'un plan d'action. Cela oblige à définir les enjeux, à exposer les orientations et les axes d'intervention prioritaires et à spécifier des objectifs mesurables. De plus, ces organismes doivent prévoir des mécanismes pour assurer le suivi des progrès envers les objectifs préalablement définis. Le Ministère des transports et les autorités de transport ne sont pas épargnés par ces nouvelles mesures. Pour eux, il devient ainsi urgent d'établir non seulement un plan, des orientations et des objectifs en regard du développement durable, mais aussi des indicateurs permettant d'évaluer le progrès envers ces derniers, de déterminer des cibles réalistes à atteindre et d'évaluer l'effet probable des interventions proposées. Or, ces préoccupations soulèvent diverses problématiques : la sélection



adéquate des indicateurs de mobilité durable, l'utilisation d'une méthodologie reconnue et adaptée aux besoins des décideurs, ainsi que la valorisation des données disponibles.

6.1.3 Méthodologie

Objectifs du projet de recherche

Les principaux objectifs du présent projet de recherche sont de (d'):

- Clarifier la pertinence de la durabilité en transport et la fonction des outils permettant de l'intégrer;
- Identifier les défis méthodologiques reliés à l'estimation d'indicateurs de mobilité durable;
- Examiner les différentes façons d'exprimer et d'organiser les indicateurs;
- Explorer les possibilités d'élaborer un processus d'aide à la décision basé sur un système d'indicateurs adaptatifs pour différents types d'interventions, selon l'échelle et la nature du projet.

Sources de données

Les sources de données principales sont les :

- Recensements canadiens;
- Enquêtes Origine-Destination;
- Parc de véhicules;
- Réseaux de transport collectif, actif, routier, d'autopartage et de vélopartage;
- Données de cartes à puces et de transaction;
- Données GPS;
- Comptages routiers et de transport en commun
- etc.

Méthodologie générale

De façon générale, ce projet de recherche se découpe en deux volets : un de substance et un technique.

Le volet de substance consiste en une réflexion sur le rôle et la forme des indicateurs de durabilité en transport. Concrètement, cela se traduira par :

- l'identification des thématiques de la mobilité durable, des catégories d'interventions possibles par les décideurs, des catégories d'indicateurs et des types d'usage des indicateurs par les décideurs;
- la mise en relation des indicateurs entre eux;
- la représentation des liens de causalité entre les interventions possibles par les décideurs, les thématiques de la mobilité durable et les indicateurs.

Le volet technique consiste à étudier l'impact des hypothèses de calcul des indicateurs sur ces derniers. Tous les indicateurs ne pouvant être analysés, environ quatre seront choisis :

- Consommation de pétrole, émission de gaz à effet de serre et émission de polluants atmosphériques
- Équité d'accès



- Économique : dépenses des ménages

La même approche d'analyse sera suivie pour ces différents thèmes :

- Revue de littérature sur les méthodologies et les hypothèses simplificatrices;
- Analyse de la sensibilité de l'indicateur en fonction des hypothèses simplificatrices (exemple : répartition du parc automobile, vitesses sur les tronçons routiers, etc.);
- Analyse de la sensibilité de l'indicateur en fonction de l'approche : globale et zonale, par segment de population, par corridor
- Analyse de la sensibilité spatiale de l'indicateur pour différents niveaux de résolution et limites géographiques en fonction de l'échelle et la nature du projet
- Analyse de la sensibilité temporelle de l'indicateur pour différents niveaux de résolution et plages temporelles en fonction de l'échelle et la nature du projet
- Élaboration d'un processus systématique de détermination du choix de la résolution et des limites spatio-temporelles, des hypothèses simplificatrices et de l'approche en fonction des types d'usage par les décideurs, l'échelle et la nature du projet

Les indicateurs estimés seront le plus possible désagrégés, couplés avec des données socio-démographiques, afin de permettre de visualiser cartographiquement les variations spatiales et temporelles. Des modèles statistiques seront estimés et validés, assistés par des méthodes de fouille systématique de données (data mining). Aussi, des méthodes issues des statistiques spatiales et de géostatistique seront utilisées pour synthétiser les dynamiques particulières à chaque localisation spatiale.

6.1.4 Résultats obtenus et discussion

Revue de littérature générale

Une revue de littérature générale a été réalisée dans le cadre de la proposition de recherche reliée à l'examen de synthèse. Cette dernière porte sur :

- le changement de paradigme en planification des transports, de 1980 à aujourd'hui;
- les nouvelles exigences en termes de durabilité pour les décideurs québécois;
- la définition et l'ambiguïté du concept de développement durable;
- le développement durable appliqué aux transports;
- les définitions d'un indicateur, et les rôles et applications des indicateurs de développement durable;
- les principes de sélection et de conception des indicateurs (forme, catégories, problématiques de redondance et d'interdépendance); et
- un survol des systèmes d'indicateurs existants.

Pour plus de détails, consulter la proposition de recherche *Pour une approche pragmatique et opérationnelle de la mobilité durable : concepts, méthodes et outils*, déposée le 9 août 2010 et disponible via le site Moodle de partage d'information de la Chaire.

Catégorisation des interventions

Les interventions possibles par les décideurs sont multiples. Elles visent habituellement un seul mode de transport. Les modes sont regroupés dans la Figure 17 sous les types actif, semi-actif comme le transport en commun et motorisé.

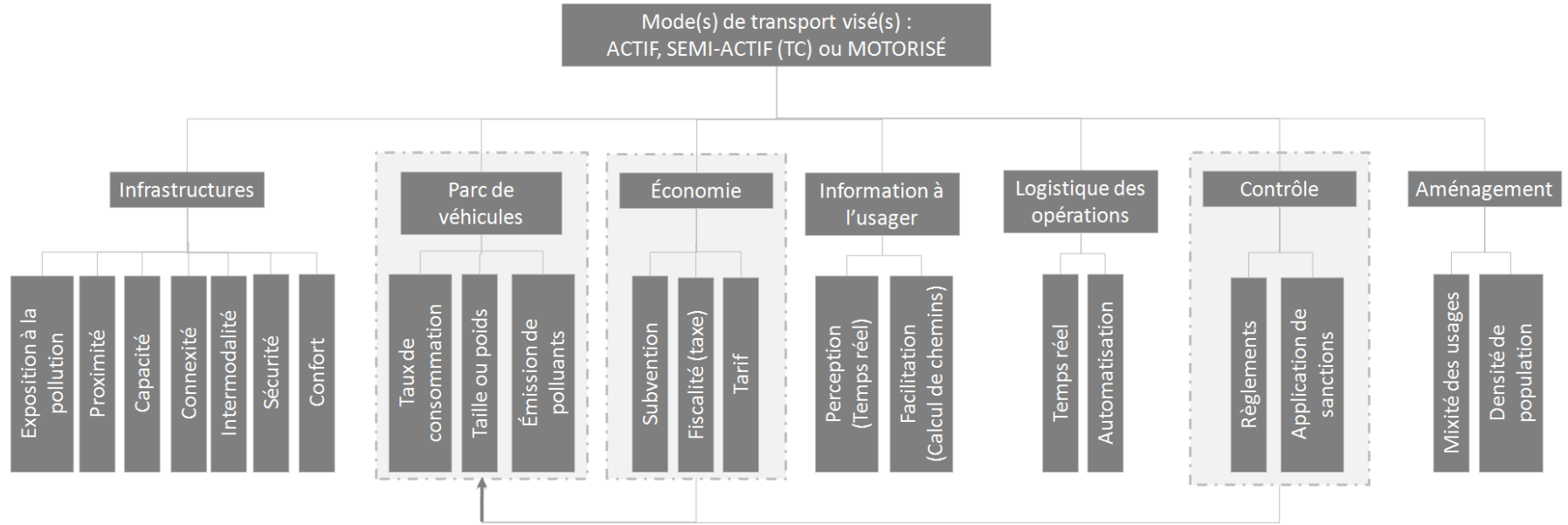


Figure 17. Catégories d'interventions possibles par les décideurs

Les principales catégories d'intervention identifiées sont celles visant la modification de l'offre de service (infrastructures, niveau de service) des réseaux de transport, du parc de véhicules, de l'aménagement du territoire, de l'information à l'utilisateur, des avantages économiques, de la logistique des opérations et du contrôle de l'État vis-à-vis la loi et les règlements. La catégorie « parc de véhicules » est particulière car une modification du parc peut découler d'autres interventions, tels une norme, une sanction, un incitatif fiscal ou un standard fixé par une instance politique.

Catégorisation des thématiques de mobilité durable

Les principales thématiques de la mobilité durable sont représentées à la Figure 17 : consommation de ressources naturelles (renouvelables et non renouvelables), contribution au réchauffement climatique, production de polluants, santé publique, économie globale et des ménages, accessibilité, utilisation du sol et équité.

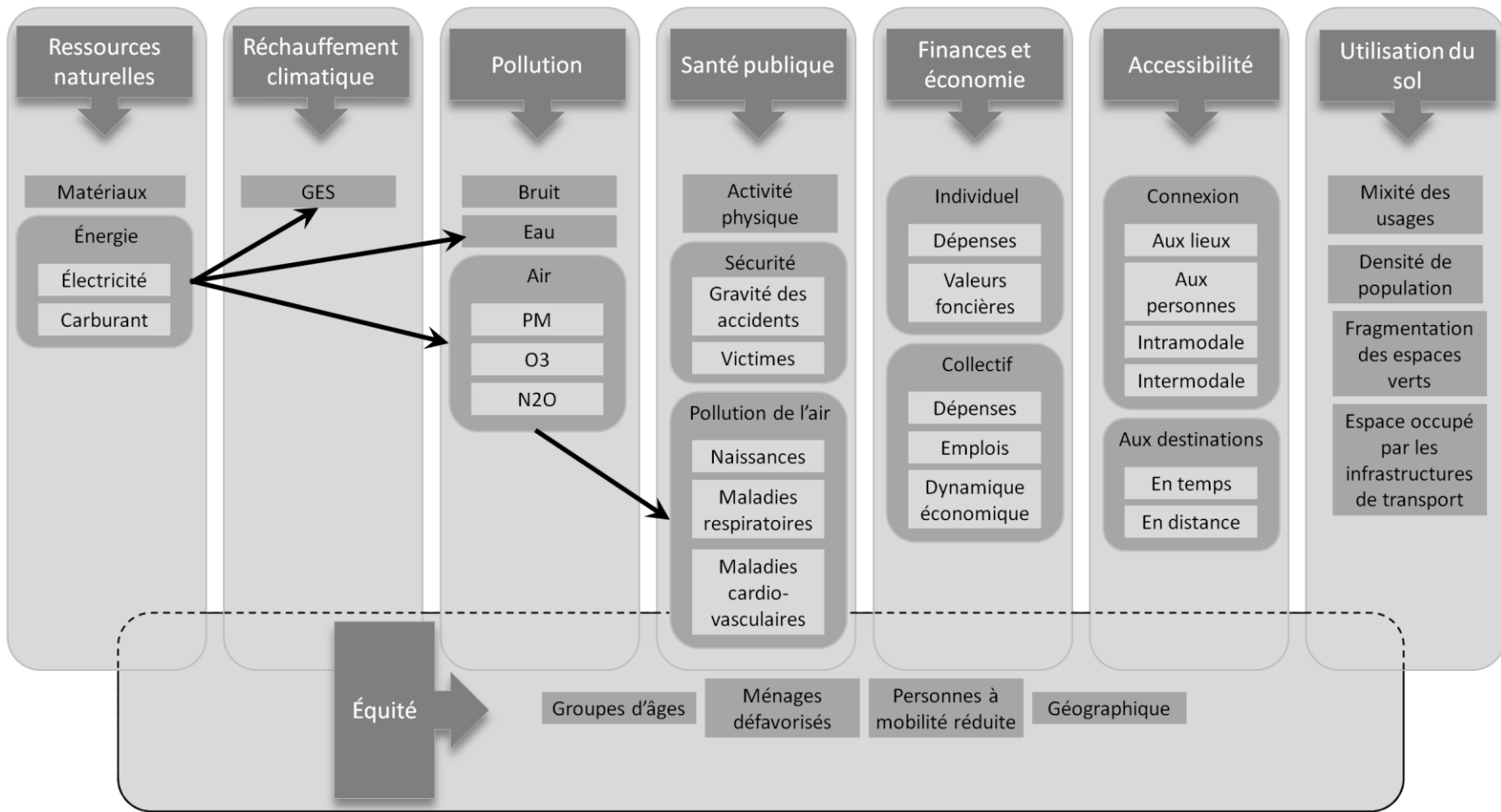


Figure 18. Thématiques et sous-thématiques de la mobilité durable



Ce portrait n'est pas exhaustif pour deux raisons. En premier lieu, les thèmes de bonne gouvernance et de saine gestion (transparence, planification, intégration, participation, communication, etc.) inhérents au développement durable ne sont pas inclus dans ce schéma. Il a été choisi de n'inclure que les thématiques qui découlent d'impacts des comportements de mobilité, auxquels s'intéresse ce projet de recherche. Les interventions visant à améliorer la gestion et la gouvernance n'influencent pas le comportement de mobilité des personnes (et/ou des marchandises). De ce point de vue, les indicateurs mesurant l'état de la gouvernance et de la gestion sont reliés davantage aux pratiques des gestionnaires. C'est pourquoi ils ne sont pas considérés dans le cadre de cette étude. En second lieu, les sous-thématiques inscrites sont celles qui focalisent l'attention actuellement. Ainsi, il manque certains impacts négatifs ayant peu d'attrait présentement, comme par exemple la pollution de l'eau et la proportion de matières recyclées, de produits toxiques éliminés et de déchets produits provenant des véhicules de transport en fin de vie utile. Aussi, la liste des polluants atmosphériques pourrait être allongée.

De plus, la notion d'équité est disposée horizontalement, car elle interpelle les autres thématiques. Par exemple, s'intéresser à l'équité géographique et sociale de la répartition de la pollution dans l'air est directement relié à la sous-thématique sur les polluants atmosphériques.

Finalement, quelques flèches ont été tracées sur la Figure 18, afin de montrer les relations de causalité qui existe entre les différentes sous-thématiques. Ainsi, les problèmes de santé publique attribués à la mauvaise qualité de l'air découlent en partie des émissions de polluants des véhicules motorisés.

Catégorisation des indicateurs de mobilité durable

Tout d'abord, il est nécessaire de distinguer les indicateurs de mobilité durable de ceux du suivi des actions : ces derniers servent plutôt à rendre compte de l'avancement des actions entreprises et à surveiller l'exécution des tâches (OCDE, 1999). Par exemple, si un des objectifs du plan de transport est d'augmenter le kilométrage de voies cyclables de 10 km, un indicateur de suivi des actions pourrait être le niveau de mise en œuvre de ce 10 km prévu.

Tel qu'expliqué précédemment, le schéma montre que les thématiques de bonne gouvernance et de saine gestion sont incluses dans le développement durable, mais exclues des impacts des comportements de mobilité.

Globalement, les indicateurs reliés à la mobilité se divisent en trois types. Premièrement, les interventions proposées par les décideurs auront une incidence sur l'état des systèmes visés. Ces indicateurs dits d'état permettent de caractériser l'offre pour chaque type d'intervention possible. Ainsi, si une intervention vise l'augmentation de capacité d'un réseau de transport, l'étendue de desserte, la densité de desserte et/ou la fréquence du mode risquent d'être augmentées, du moins dans un secteur et à un moment de la journée en particulier. Un autre exemple pourrait être la mise en place d'un système d'information à l'utilisateur en temps réel, qui se manifestera par la présence de ce nouvel outil pour un bassin de population ou en un territoire définis.

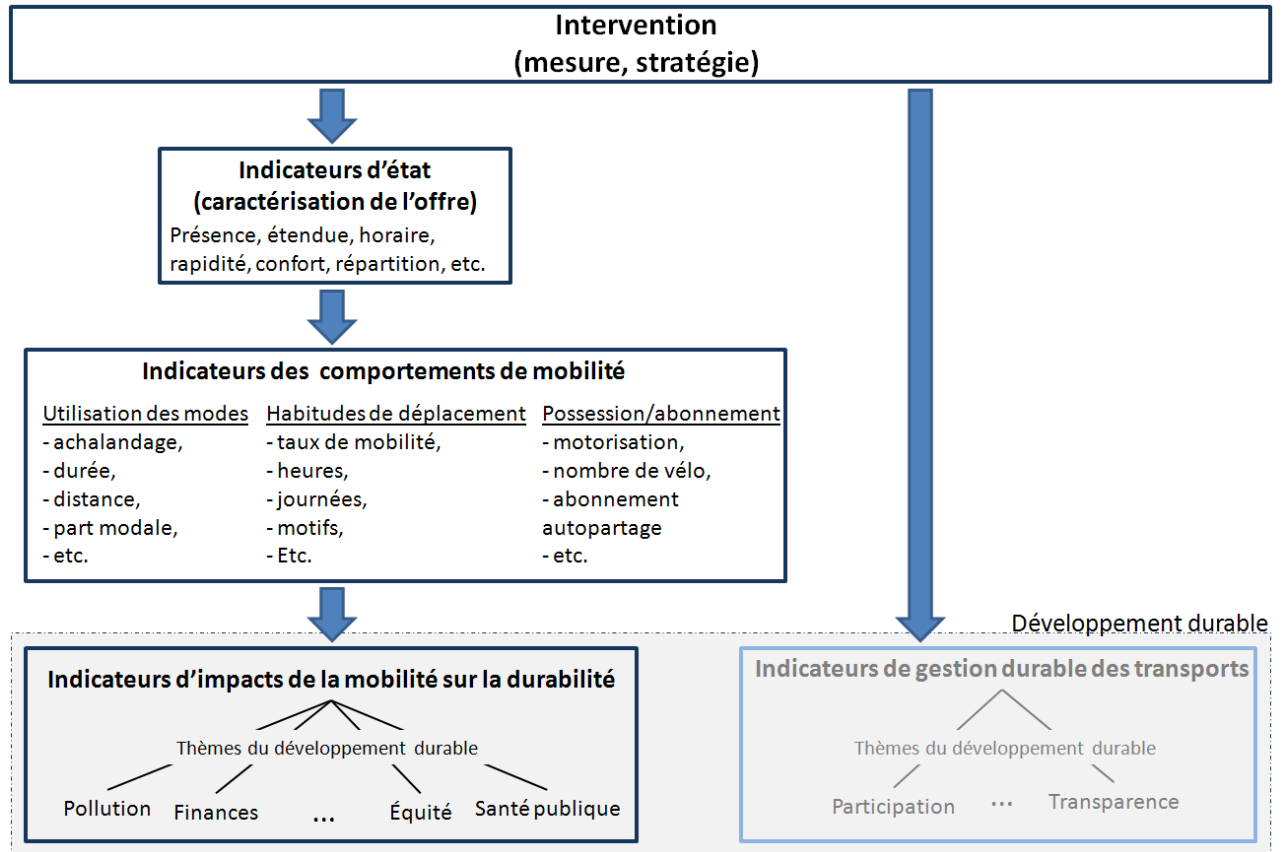


Figure 19. Schéma des catégories d'indicateurs en mobilité durable

Ensuite, ces modifications d'états des systèmes ont forcément un impact sur le comportement de mobilité des personnes. L'envergure des changements de comportement peut varier grandement d'une intervention à l'autre. Ainsi, les indicateurs de comportement de mobilité servent à refléter la demande : à quantifier l'utilisation d'un moyen de transport (en nombre, en distance, etc.), à analyser les habitudes de déplacement (heures, motifs, nombre de déplacements, etc.) et à caractériser la possibilité d'utilisation d'un mode par la possession du véhicule ou l'abonnement au service correspondant.

Finalement, des changements dans les comportements de mobilité modifient l'ampleur et parfois la nature des impacts sur la durabilité. Par exemple, une intervention visant l'amélioration des infrastructures d'un mode actif peut engendrer une augmentation de l'activité physique attribuée au mode de transport utilisé. La Figure 19 n'énumère pas tous les thèmes de la mobilité durable, qui sont plutôt présentés à la Figure 18.

Actuellement, dans les plans de transport durable, les trois types d'indicateurs ont tendance à être mélangés. Il est vrai que dans certains cas, le progrès d'un indicateur de comportements de mobilité (exemple : augmentation de la part des déplacements à vélo) entraîne implicitement un progrès des indicateurs d'impacts (exemple de thème: activité physique). D'ailleurs, il demeure très intéressant de garder des indicateurs de chaque type, car cela permet d'améliorer l'analyse quant à l'attribution du progrès aux interventions pertinentes. De plus, il est fort intéressant de bonifier l'interprétation en



accompagnant ces indicateurs par d'autres dits socio-économiques (distribution démographique, taille des ménages, taux de motorisation, taux de chômage, revenu des ménages, etc.) et d'occupation du territoire (densité résidentielle et d'emplois, valeurs foncières, etc.). Par exemple, une diminution de la quantité d'émissions de GES peut être attribuée à une meilleure performance des véhicules, à une diminution de la motorisation des ménages, à une diminution du taux de mobilité, etc.

Catégorisation des types d'usage

Travaux en cours.

Liens de causalité

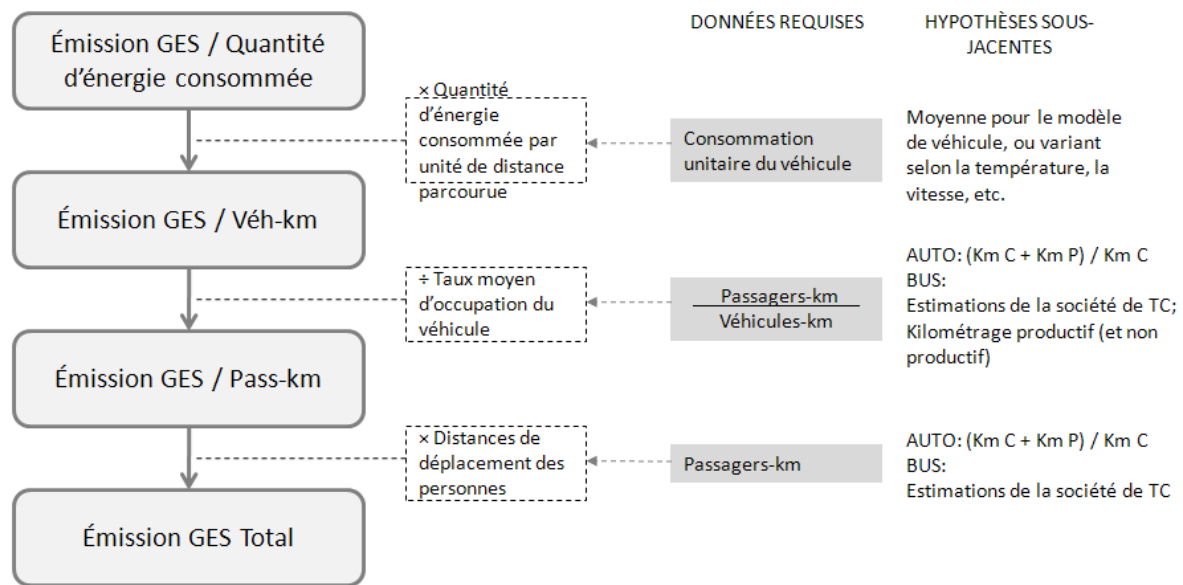
Travaux en cours.

Revue de littérature sur les méthodologies de calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES)

Travaux en cours sur :

- les outils existant pour calculer les GES;

Pour un modèle k du mode i :



Définitions:

- i : un mode a un taux d'occupation unique
- k : un modèle de véhicule a une émission de GES unitaire [en distance] unique (par conséquent une consommation unitaire unique ou un type de carburant unique)

- les facteurs d'émissions pour différents polluants et en fonction de la vitesse et du poids du véhicule.

Autre : Relation taux d'occupation et consommation d'essence des passagers

Alors qu'il est relativement facile, pour un individu, de comparer une automobile à une autre en regardant leur consommation d'essence respective, la comparaison est beaucoup



moins évidente pour un décideur qui doit comparer entre l'automobile et l'autobus. Dans ce dernier cas, il ne suffit pas de comparer directement la consommation de carburant d'une automobile à celle d'un autobus: la prise en compte des taux d'occupation de chacun s'avère essentielle.

La consommation d'essence d'un passager à l'intérieur d'un véhicule, pour parcourir un kilomètre, peut être estimée en divisant la consommation d'essence du véhicule (l/km) par le nombre de passagers à l'intérieur du véhicule. Si 7 usagers du transport en commun parcourent un kilomètre dans un autobus hybride (0,45 litres d'essence par kilomètre), chacun consomme 0,064 l/kilomètre. Dans le cas de 8 passagers dans le bus, chacun consomme 0,056 l/km, et ainsi de suite jusqu'à pleine capacité du bus. Selon cette logique, il est possible d'affirmer que 8 passagers d'un autobus hybride consomment chacun assurément moins de carburant qu'un conducteur seul dans sa Smart consommant 0,059 l/km. On dira dans ce cas qu'il y a équivalence en termes de consommation d'essence par passager-kilomètre.

Voici une situation plus réaliste pour la grande région de Montréal : en considérant que le parc automobile est constitué de véhicules consommant en moyenne 9,2 litres d'essence/100 km (en 2003 selon ATUQ, 2010) et que le taux d'occupation moyen des automobiles est de 1,25 (en 2003 selon ATUQ, 2010), une minimum de 8,8 passagers est requis dans l'autobus standard.

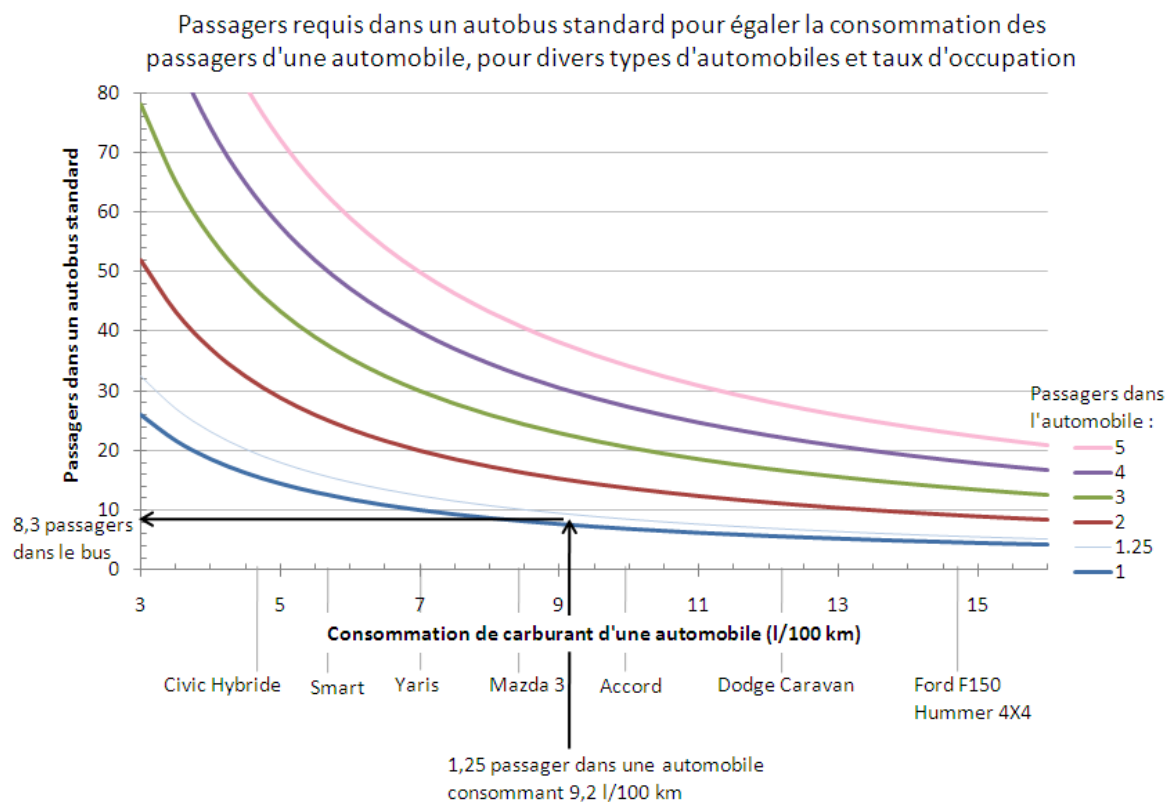


Figure 20. Nombre de passagers dans une automobile et un autobus pour s'équivaloir en termes de consommation d'essence



Pour plus de détails, consultez l'article *Parabole théorique : dans l'automobile ou l'autobus, quel passager consomme moins de carburant?* de la revue Routes et Transports de l'AQTR (mars 2011).

Les limites de cette analyse proviennent de la précision des consommations d'essence, qui varient selon la charge et la vitesse du véhicule. Pour l'automobile, les consommations d'essence correspondent à celles en ville selon l'Office de l'efficacité énergétique (2009). En ce qui a trait aux consommations des autobus en ville, elles proviennent de documents publics de la Société de transport de Montréal (STM, 2009; Marchal, 2009). Pour les autobus hybrides biodiesel-électrique et standards, les valeurs de consommation de carburant sont issues d'essais à 18 km/h (excluant le système de chauffage d'appoint, incluant le temps d'arrêt avec moteur en marche).

Il serait toutefois possible de transposer cette expérience au train ou à une société de transport en commun. Pour les autobus, il serait intéressant d'obtenir les consommations et les kilométrages productifs et non productifs par véhicule. Ainsi, le nombre d'usagers par autobus pourrait être estimé plus de façon plus réaliste pour une société de transport en particulier.

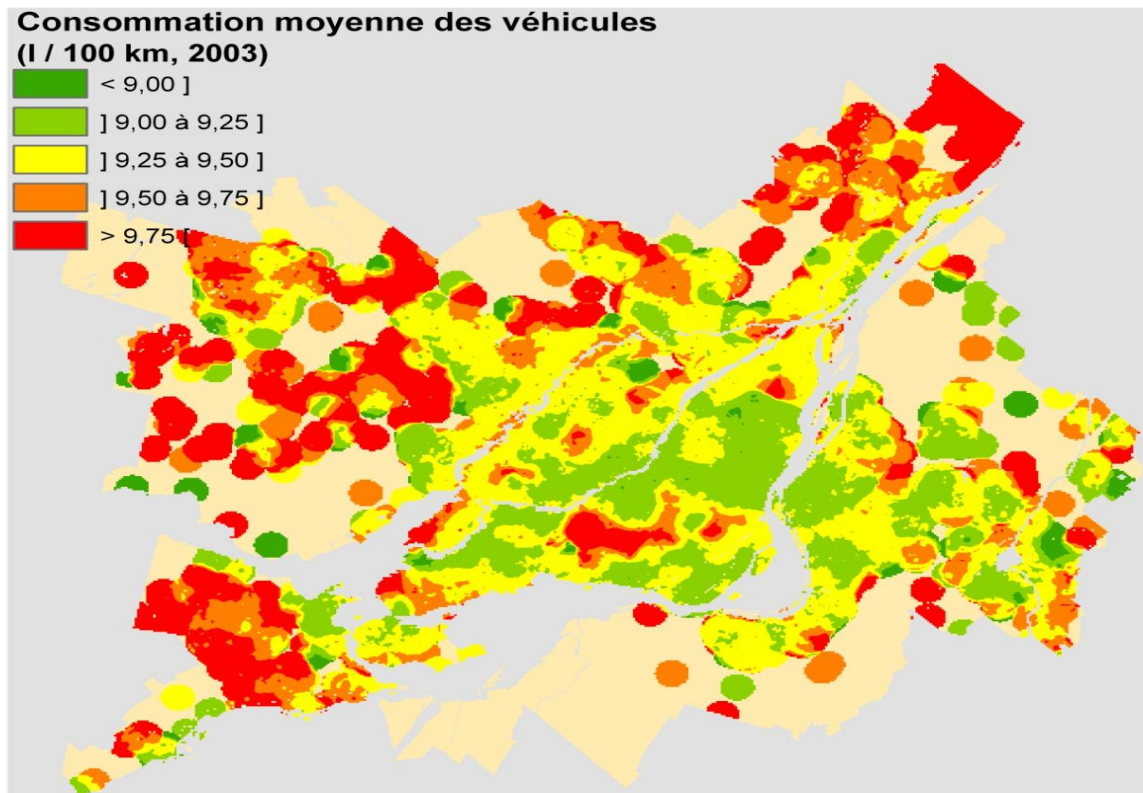
Autre : Variation spatiale de la consommation des véhicules immatriculés

La Société d'assurance automobile du Québec (SAAQ) a fourni des données sur le nombre de véhicules immatriculés au Québec dans le cadre d'une étude de l'Association des Transports Urbains du Québec (ATUQ) sur la contribution des sociétés de transport collectif au développement durable (ATUQ, 2010). Pour chaque code postal et chaque catégorie de poids, la base de données contient le nombre total de véhicules particuliers immatriculés. À chaque catégorie de poids est ainsi associée une liste de véhicules fournie par la SAAQ (marque, modèle et sous-modèle).

Pour attribuer une consommation d'essence moyenne à chaque code postal, il est d'abord nécessaire d'attribuer à chaque catégorie de poids, les modèles de véhicules les plus populaires qui y sont inclus. Pour l'étude de l'ATUQ, cette étape a été effectuée manuellement à partir des Guides automobiles des années 2000. Bien évidemment, la disponibilité de données détaillées sur la consommation moyenne (ainsi que les émissions) des véhicules par RTA (région de tri d'acheminement) permettra d'éliminer cette étape plus subjective (par le biais de la SAAQ par exemple). La consommation d'essence en ville attribuée à chaque modèle de véhicule provient de l'Office de l'efficacité énergétique (2009). Ainsi, pour obtenir la consommation d'essence propre à chaque catégorie de poids, une moyenne non pondérée a été calculée à partir des modèles les plus populaires précédemment déterminés. Finalement, pour obtenir la consommation d'essence propre à chaque code postal, une moyenne pondérée par le nombre de véhicules immatriculés par catégorie de poids a été calculée.

Le fait que les données soient disponibles pour chaque code postal permet de les spatialiser. La Figure 21 est un exemple de spatialisation de la consommation des véhicules de promenade pour la grande région métropolitaine de Montréal, développée hors du cadre de l'étude de l'ATUQ. Dans ce cas, la difficulté pour réaliser la cartographique vient du fait que le fichier qui permet d'établir les limites géographiques des codes postaux pour 2003 n'est pas disponible. Seules les coordonnées des centroïdes des codes postaux de 2009 sont disponibles, ce qui nécessite le recours à une méthode

d'interpolation. L'interpolation permet d'attribuer une valeur aux points situés entre plusieurs autres points dont la valeur est connue, soit dans ce cas les centroïdes. La méthode d'interpolation et les paramètres choisis influencent grandement les valeurs attribuées aux divers endroits sur la carte. À la Figure 21, la méthode de pondération inverse à la distance a été utilisée, pour laquelle l'exposant a une valeur de 1 et le rayon de considération autour des centroïdes de codes postaux 1 500m.



Estimé à partir du nombre de véhicules immatriculés par type et par code postal en 2003 (données de la SAAQ).
Méthode d'interpolation : Inversed Distance Weighted
(Exposant : 1 ; 1 500 m de rayon autour de la localisation géographique des codes postaux de juillet 2009 selon Recensement Canada)

Figure 21. Distribution spatiale de l'estimation de la consommation moyenne des véhicules de promenade, à partir des données d'immatriculation par code postal pour 2003 (SAAQ)

Grâce à la spatialisation, il devient possible et intéressant de tenter de relier les variations de consommation moyenne des véhicules à certaines variables, par exemple au revenu des ménages, au zonage (agricole, industriel, résidentiel, etc.) et à la distance relative au centre-ville. En effet, sur la carte ci-haut, on discerne déjà en rouge (consommation d'essence la plus élevée) Westmount, l'aéroport Montréal-Trudeau et les couronnes (particulièrement celle du Nord).

Des travaux sont à réaliser afin d'étudier la possibilité et l'intérêt d'intégrer ces données aux estimations de certains indicateurs, notamment celui sur les émissions de gaz à effet de serre.



6.1.5 Échéancier de réalisation

- Printemps 2011 :
 - Relations de causalité,
 - Stage de recherche à l'ENTPE,
 - Début : Catégoriser les types d'usage par les décideurs,
 - Revue de littérature sur la consommation d'essence, les émissions de GES et de polluants atmosphériques,
- Été 2011 :
 - Expérimentations pour les indicateurs de consommation d'essence et d'émissions de GES et de polluants atmosphériques,
 - Revue de littérature sur les méthodes de calcul d'indicateurs du thème No2 (accessibilité et équité d'accès?)
- Automne 2011 :
 - Revue de littérature sur les méthodes de calcul d'indicateurs du thème No2 (accessibilité et équité d'accès?)
 - Expérimentations pour les indicateurs du thème No2
- Hiver 2012 :
 - Revue de littérature sur les méthodes de calcul d'indicateurs du thème No3 (économie des ménages?)
 - Expérimentations pour les indicateurs du thème No3
- Printemps et été 2012 :
 - Rédaction et dépôt de la thèse



6.2 Potentiel du vélo (extrait du mémoire)

- Étudiant : François Godefroy (maîtrise)
- Supervision : Morency
- État: terminé
- Financement : Vélo Québec / Chaire Mobilité

La première étape dans l'évaluation du potentiel du vélo consiste à analyser les facteurs déterminant du choix modal du vélo. Une telle estimation a été menée avec la création d'un modèle permettant de déterminer la probabilité qu'un individu effectue un déplacement en vélo en fonction d'une série de variables. Dans notre cas, l'utilisateur a deux options possibles : soit d'effectuer son déplacement en vélo, soit d'utiliser un autre mode de transport. Ceci justifie le choix d'utiliser un modèle LOGIT pour modéliser les différents scénarios puisque ce type de modèle est adapté pour évaluer la relation entre une variable dépendante de type binaire et une série de variables indépendantes.

Le modèle proposé dans cette étude permet de modéliser les déplacements déclarés dans l'enquête Origine-Destination tenue en 2008 et concerne l'ensemble des déplacements réalisés par les résidents de l'île de Montréal. Grâce aux nombreuses informations contenues dans cette table de données, il est possible de modéliser les déplacements cyclistes en fonction de plusieurs types de variables explicatives.

Finalement, le modèle développé dans cette étude repose sur une méthodologie similaire à celle élaborée par Morency et al. (2011) dans l'estimation des déterminants du choix modal de la marche dans la grande région de Montréal d'après les données de l'enquête Origine-Destination de 2003. Les grandes lignes de la méthodologie de construction du modèle vont être résumées ici brièvement et sont tirées de Morency et al. (2011).

6.2.1 Définition du modèle

Le modèle de choix discret de type LOGIT élaboré repose sur le postulat voulant que l'utilisateur tente de maximiser son utilité U parmi une série d'alternative. Ceci signifie que l'individu n va choisir entre deux alternatives indépendantes i et j de telle sorte que :

$$U_{ni} > U_{nj}, \forall i \neq j$$

Par conséquent, si on considère, dans notre cas, que l'alternative i est de faire le déplacement en vélo et que l'alternative j représente les autres choix modaux, on obtient :

$$y_{ni} = \begin{cases} 1 & \text{si } U_{ni} > U_{nj}, \quad \forall i \neq j \\ 0 & \text{dans tous les autres cas} \end{cases}$$

Ainsi, l'objectif du modèle consiste à expliquer le comportement observé y_{ni} grâce à une série de variables indépendantes.

Deux types de résultats ont été extraits du modèle LOGIT. Tout d'abord, des rapports de cotes (« odds ratio ») sont calculés et permettent d'évaluer la probabilité qu'un individu effectue un déplacement en vélo par rapport à un groupe de référence. Ensuite, des coefficients de probabilité sont calculés permettant de prédire, en fonction des attributs particuliers d'un individu, la probabilité qu'il effectue son déplacement en vélo par rapport aux autres modes. Cette probabilité se calcule comme suit :

$$Probabilité_{déplacement_vélo} = \frac{1}{1 + e^{-(const.+coef.1*(1\ ou\ 0)+ \dots+coef.n*(1\ ou\ 0)}}$$

Définition des variables

Comme pour de nombreux systèmes de transport, de très nombreuses variables peuvent influencer le choix d'un individu d'effectuer son déplacement en vélo. Les Tableau 21 et Tableau 22 récapitulent les variables retenues dans notre recherche. Elles permettent de caractériser quatre aspects différents : le profil de l'individu, les caractéristiques du déplacement, le quartier et les conditions météorologiques lors du déplacement. Ces variables sont considérées généralement comme étant les facteurs majeurs influençant les déplacements en vélo.

Tableau 21. Description des variables du modèle LOGIT

Type de variable	Nom des variables	Descriptions
	VELO	Variable dépendante : 1 déplacement en vélo; 0 autres modes
Variables socio-démographiques	RM20K	Revenu du ménage de moins de 20 000\$
	R2060K	Revenu du ménage entre 20 000\$ et 60 000 \$
	R60100K	Revenu du ménage entre 60 000\$ et 100 000 \$
	R100KP	Revenu du ménage de plus 100 000\$
	MEN1P	Ménage d'une seule personne
	MEN0A	Ménage sans automobile
	P517A	Personne âgée entre 5 et 17 ans
	P1844A	Personne âgée entre 18 et 44 ans
	P4559A	Personne âgée entre 45 et 59 ans
	P60AP	Personne âgée de plus de 60 ans

Tableau 22. Description des variables du modèle LOGIT (suite)

	PCOND	La personne dispose d'un permis de conduire
	SEXE	La personne est un homme
Caractéristiques du déplacement	DOMCVM5KM	Distance entre le domicile et le centre-ville de moins de 5 km
	DOMCV510KM	Distance entre le domicile et le centre-ville entre 5 km et 10 km
	DOMCV1015KM	Distance entre le domicile et le centre-ville entre 10 km et 15 km
	DOMCV15PKM	Distance entre le domicile et le centre-ville de plus de 15 km
	DISV1MKM	Déplacement de moins de 1 km
	DISV13KM	Déplacement entre 1 et 3 km
	DISV35KM	Déplacement entre 3 et 5 km
	DISV5PKM	Déplacement de plus de 5 km
	DEPLNUIT	Déplacement effectué entre 22h et 6h du matin
	MOTIF_TR	Déplacement pour motif travail
	MOTIF_ET	Déplacement pour motif études
	MOTIF_RET	Déplacement pour motif retour au domicile
	MOTIF_LR	Déplacement pour motif loisirs
	MOTIF_MA	Déplacement pour motif magasinage
MOTIF_AU	Déplacement pour motif autre	
Caractéristiques des quartiers	DENSPOP_DOM	Densité moyenne de population dans le secteur du domicile
	KMORI1	Moins de 1 km de piste cyclable dans le secteur d'origine
	KMORI110	Entre 1 et 10 km de piste cyclable dans le secteur d'origine

	KMORI1020	Entre 10 et 20 km de piste cyclable dans le secteur d'origine
	KMORI20P	Plus de 20 km de piste cyclable dans le secteur d'origine
	KMDES1	Moins de 1 km de piste cyclable dans le secteur de destination
	KMDES110	Entre 1 et 10 km de piste cyclable dans le secteur de destination
	KMDES1020	Entre 10 et 20 km de piste cyclable dans le secteur de destination
	KMDES20P	Plus de 20 km de piste cyclable dans le secteur de destination
	DENSINTER	Densité d'intersections dans le secteur du domicile
	TORMOYSEC	Tortuosité du réseau dans le secteur du domicile
Conditions météorologiques	TEMP0M	Température moyenne de la journée de déplacement inférieur à 0°C
	TEMP020	Température moyenne de la journée de déplacement entre 0°C et 20°C
	TEMP20	Température moyenne de la journée de déplacement supérieur à 20°C
	PLUIE0	Aucune précipitation lors de la journée de déplacement
	PLUIE05	Entre 0 et 5 mm de précipitations lors de la journée de déplacement
	PLUIE50	Plus de 5 mm de précipitations lors de la journée de déplacement
	VENT	Présence de rafale de vent de plus de 30 km/h lors de la journée de déplacement
	NEIGESOL	Présence de neige au sol lors de la journée de déplacement

Plusieurs informations complémentaires sont fournies pour les variables suivantes :

- variables des conditions météorologiques : toutes ces données sont issues du site Internet de Environnement Canada (2010);
- variables sociodémographiques et des caractéristiques des déplacements : toutes ces valeurs sont directement extraites de la table de données de l'enquête Origine-Destination;



- variables des caractéristiques des déplacements : l'intersection des rues Peel et Sainte-Catherine est considérée comme le point de référence pour calculer les distances du centre-ville.
- variables des caractéristiques des quartiers :
 - KMORI et KMDES ont été calculées avec le logiciel ArcGIS et les données des pistes cyclables en 2010 fournies par Vélo Québec ont été utilisées;
 - TORMOYSEC : représente le ratio entre la distance parcourue sur le réseau et la distance à vol d'oiseau. Le calcul de la distance sur le réseau a été réalisé par le calculateur développé par Chapleau et Trépanier (2002). Les données utilisées dans cette étude sont identiques à celle calculées par Morency et al. (2011);
 - DENSINTER : la densité d'intersection a été calculée grâce aux fonctionnalités du logiciel ArcGIS et les données proviennent des couches de données de Statistiques Canada fournies sur le site Internet du CREPUQ (<http://ivt.crepuq.qc.ca/>).

Échantillon de données

Le modèle construit repose sur les données provenant de l'enquête Origine-Destination de Montréal tenue en 2008. La table de données ne contient que les enregistrements concernant les résidents de l'île de Montréal. Précisons aussi que les enregistrements des résidents non mobiles ont été exclus. La table de données finale est composée de 145 953 enregistrements de déplacements (tous mode confondus), dont 2 883 enregistrements de déplacement à vélo (avant pondération).

Par ailleurs, l'analyse des corrélations a montré que certaines variables explicatives ne sont pas indépendantes. Ainsi, lorsque deux variables possèdent un fort degré de corrélation (indicateur de Pearson supérieur à 0,4), l'une d'entre elles a été exclue de l'étude (Tableau 23). Les variables omises servent de référence dans le calcul des coefficients du modèle.

Tableau 23. Listes des variables corrélées pour l'évaluation du potentiel du vélo

Variable 1	Variable 2	Coefficient de corrélation	Variable conservée
Denspop_dom	Densinter	0,78	aucune
Densinter	Domcv15pkm	0,40	Domcv15pkm
Denspop_dom	Domcv15pkm	0,49	Domcv15pkm
Neigesol	Tempm0	0,50	Tempm0
pcond	P517a	0,59	P517a
Motif_et	P517a	0,48	P517a
Motif_tr	Motif_ret	0,43	Motif_tr
P1844a	P4559a	0,50	P1844a
Kmori110	Kmori1020	0,50	Kmori110
Kmori1020	Kmori20p	0,56	Kmori110
Kmdes110	Kmdes1020	0,50	Kmdes110
Kmdes1020	Kmdes20p	0,56	Kmdes110

6.2.2 Résultats du modèle

Tout d'abord, précisons que le modèle a été programmé et exécuté avec le logiciel STATA. La rapidité de compilation des résultats a permis d'effectuer de nombreuses simulations afin d'obtenir le résultat le plus significatif. Toutefois, il ne sera présenté ici qu'une seule exécution du modèle. Les résultats de la modélisation sont présentés dans le Tableau 25.

Comme il a été expliqué précédemment, le modèle LOGIT permet de calculer les coefficients de probabilité d'effectuer un déplacement en vélo en fonction de variables explicatives par rapport à des groupes témoins. Par conséquent, pour chaque type de variables, l'une d'entre elle agit comme référence. Par exemple, les variables « domcv510km », « domcv1015km » et « domcv15pkm » ont été intégrées au modèle et la variable « domcvm5km » agit comme référence à ce groupe de variables. De plus, plusieurs variables ont été exclues du modèle final puisqu'elles n'étaient pas



significatives étant donné que la valeur p-value calculée pour ces variables était supérieure au niveau de signification de 0,05.

Par ailleurs, précisons que le test statistique du Khi2 révèle que le modèle est significatif (qu'au moins une variable contribue à la prédiction de la probabilité modélisée) et toutes les variables incluses dans le modèle ont des p-value calculées inférieures au niveau de signification fixé à 0,05. Bien que le coefficient de détermination soit aussi estimé, son interprétation n'est pas aussi directe que dans le cas des régressions linéaires : il témoigne néanmoins de la qualité de la relation entre les variables. Étant donnée la taille de l'échantillon, ce coefficient est acceptable. En outre, Les principaux faits saillants issus des rapports de cotes sont les suivants :

- Les personnes vivant seules dans un ménage ont une probabilité 1,17 fois plus élevée de réaliser leur déplacement à vélo que celles habitant dans un ménage de deux personnes et plus;
- Les ménages sans automobile ont une probabilité 2,35 fois plus élevée d'effectuer un déplacement à vélo que les ménages possédant au moins un véhicule;
- Les enfants âgés entre 5 et 17 ans ont une probabilité 0,68 moins importante d'accomplir un déplacement à vélo par rapport aux personnes de plus de 45 ans, contre une probabilité 1,68 plus élevée pour les personnes âgées entre 18 et 44 ans;
- Les hommes ont une probabilité 1,99 fois plus grande d'effectuer un déplacement à vélo que les femmes;
- Un déplacement d'une distance comprise entre 1 et 3 km a une probabilité 2,65 fois élevée d'être accompli à vélo qu'un déplacement de plus de 5 km;
- Un déplacement pour motif travail a une probabilité 1,4 fois plus grande d'être accompli à vélo que pour un autre motif;
- Les personnes résidant entre 5 et 10 km ou entre 10 et 15 km ou à plus de 15 km du centre ville ont des probabilités respectives de 0,68, 0,25 et 0,29 fois moins grandes de faire un déplacement à vélo que les personnes résidant à moins de 5 km du centre-ville.
- Un déplacement dont l'origine est située dans une zone sans infrastructure cyclable a une probabilité 0,67 fois moins élevée d'être effectué à vélo par rapport à un secteur possédant des infrastructures cyclables. (même constat si la destination est située dans une zone sans infrastructure avec une probabilité de 0,64).
- Un déplacement réalisé lors d'une journée sans pluie a 1,46 fois plus de chance de s'effectuer à vélo par rapport à une journée avec des précipitations.
- Un déplacement réalisé alors que la température moyenne est inférieure à 0°C a une probabilité 0,28 fois moins grande d'être accompli à vélo par rapport au groupe de référence. Lorsque la température est supérieure à 20°C la probabilité augmente à 1,46.
- Un déplacement accompli lors d'une journée avec des rafales de vent à plus de 30 km/h a une probabilité 0,90 fois moins élevée d'être réalisé à vélo par rapport à un jour sans vent.



Tableau 24. Résultats obtenus du logiciel STATA à partir du modèle LOGIT pour l'explication des déplacements en vélo

Wald chi2(17) = 2922,67 Prob>chi2 = 0,000		Log likelihood = -331958,4 Pseudo R2 = 0,1200		Nb obs. = 149543	
<u>Variables explicatives</u>	<u>Coef.</u>	<u>Odds Ratio</u>	<u>z</u>	<u>P> z </u>	<u>Valeur moyenne</u>
men1p	0,1566402	1,169575	3,01	0,003	0,1511
men2p	Ref				0,8489
men0a	0,8579281	2,35827	18,85	0,000	0,1833
men1a	Ref				0,8167
p517a	-0,3856293	0,6800225	-4,91	0,000	0,1501
p1844a	0,5192917	1,680837	11,81	0,000	0,4033
p4559a / p60a	Ref				0,4466
sexe	0,6889105	1,991544	16,53	0,000	0,4847
sexe2	Ref				0,5153
domcv510km	-0,373497	0,6883231	-8,46	0,000	0,4056
domcv1015k	-1,374231	0,2530342	-16,5	0,000	0,1820
domcv15pkm	-1,206123	0,2993557	-13,67	0,000	0,1791
domcvm5km	Ref				0,2333
disv1mkm	0,5950499	1,813121	9,1	0,000	0,2108
disv13km	0,9751219	2,65149	17,13	0,000	0,2513
disv35km	0,6647706	1,944044	10,43	0,000	0,1579
disv5pkm	Ref				0,3800
vent	-0,1043329	0,9009253	-2,52	0,012	0,5792
vent1	Ref				0,4208
temp0m	-1,239414	0,289554	-20,47	0,000	0,3079
temp20	0,3822955	1,465645	2,16	0,031	0,0062
temp020	Ref				0,6859
pluie0	0,3796103	1,461715	8,81	0,000	0,5415
pluie05 / pluie50	Ref				0,4585
motif_tr	0,3425277	1,408503	6,98	0,000	0,1871
Autres motifs	Ref				0,8129
kmori1	-0,4000879	0,6702611	-2,35	0,019	0,3255
Kmori110/kmori1020/kmori20p	Ref				0,6745
kmdes1	-0,437	0,6459714	-2,55	0,011	0,2596
Kmdes110/kmdes1020/kmdes20p	ref				0,7404
_cons	-3,527269				

Parallèlement à ces faits saillants, le modèle permet aussi de calculer la probabilité qu'un individu réalise un déplacement en vélo en fonction de ces attributs. Deux exemples vont illustrer les prévisions qu'il est possible de calculer.

On recherche la probabilité qu'un homme de 42 ans vivant seul, se déplaçant pour se rendre à son travail lors d'un jour d'été ensoleillé où le mercure dépasse les 20°C, effectue son déplacement à vélo. Précisons qu'il ne possède pas d'automobile et que le déplacement est de 4 km. Dans ce cas, la probabilité se calcule comme suit :

$$P_{depl_vélo} = \frac{1}{1 + e^{-(-3.53+(0,16*1)+(0,86*1)+(0,52*1)+(0,69*1)+(0,66*1)+(0,38*1)+(0,38*1)+(0,34*1)}}$$

Les coefficients multipliés par 0 ont été omis de l'équation pour faciliter la lecture. Le résultat de l'équation donne une probabilité pour cet individu de 61,3 % de réaliser son déplacement en vélo.

Maintenant, on recherche la probabilité que cet individu effectue le même déplacement, mais lors d'un jour d'automne où le thermomètre indique 8°C et il pleut. Dans ce cas, l'équation donne une probabilité que l'individu effectue son déplacement à vélo de 42,6 %.

Pour conclure, la construction d'un tel modèle permet de déterminer les facteurs influençant le plus les individus de l'île de Montréal dans le choix d'utiliser le vélo pour se déplacer. Il ressort que la possession d'une automobile, la distance du déplacement, la distance entre le domicile et le centre-ville ainsi que les conditions météorologiques sont les facteurs influençant le plus l'usage de la bicyclette comme mode de transport.

6.2.3 Évaluation du potentiel du vélo

Le second type d'analyse mené a pour but d'estimer les volumes de déplacements convertibles en déplacements cyclistes. Dans cette étude, l'intérêt porte uniquement sur les déplacements effectués en automobile (conducteur et passager) réalisés par les résidents de l'île de Montréal. La démarche globale consiste alors à extraire l'ensemble des déplacements en automobile puis à exclure les déplacements ne répondant pas aux critères de transfert. Il faut alors passer en revue chacun des déplacements de l'enquête Origine-Destination de 2008 pour déterminer le potentiel du vélo.

Méthodologie d'estimation du potentiel du vélo

La méthodologie proposée requiert alors trois étapes à mener successivement (Figure 22. Méthodologie d'estimation des volumes de déplacements transférables). La première étape consiste à faire l'extraction des déplacements en automobile de la table de données de l'enquête Origine-Destination.

Dans la seconde étape, il faut déterminer les critères de transferts modaux retenus. Dans la troisième étape, les déplacements automobiles sont injectés dans un processus opéré séquentiellement permettant de déterminer si le déplacement est transférable.

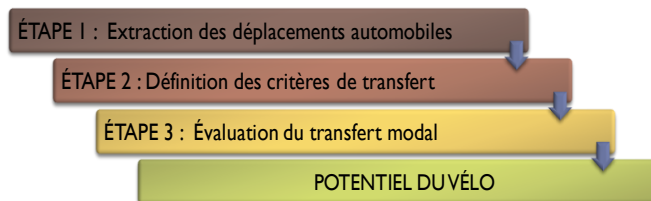


Figure 22. Méthodologie d'estimation des volumes de déplacements transférables



Échantillon de données

L'évaluation du potentiel du vélo de cette étude n'est effectuée que pour les déplacements des résidents de l'île de Montréal. Dans la table de données de l'enquête Origine-Destination, on recense 2 883 déplacements cyclistes et 80 262 déplacements en automobile (avant pondération). C'est à partir de ces échantillons de données que nous estimerons le potentiel du vélo. Précisons également que le fichier des chaînes de déplacements a été utilisé pour cette estimation du potentiel du vélo. Ce fichier a été compilé grâce aux travaux de Valiquette (2010).

Critères de transferts modaux

Dans la revue de littérature, il a été présenté plusieurs études ayant accompli des estimations similaires à celle que nous réalisons. Ainsi, les critères de transferts retenus pour convertir un déplacement motorisé en déplacement cycliste s'inspirent de ces recherches.

Pour être transférables, les déplacements motorisés devront répondre aux exigences des critères de distances, puis à celle des critères spécifiques. En effet, afin de rendre l'estimation de ce potentiel plus réaliste, deux estimations seront réalisées. Dans un premier temps, l'évaluation tiendra uniquement compte des critères de distances tandis que la seconde estimation inclura l'ensemble des critères spécifiques.

Critères de distances

Chaque mode de transport possède une distance franchissable, c'est-à-dire une distance qu'il est possible de franchir quotidiennement et dans un temps convenable. Les modes actifs comme la bicyclette et la marche se distinguent des modes motorisés par des distances franchissables beaucoup moins importantes. Cette notion de distance franchissable est alors considérée dans l'évaluation du potentiel du vélo par le concept des *distances seuils*.

Le premier critère permettant d'évaluer si le déplacement est potentiellement transférable consiste à comparer la distance du trajet motorisé avec une distance seuil à vélo. Chacun des déplacements de la table de données devra être inférieur ou égal à la distance seuil (applicable au déplacement) pour pouvoir être transféré. Les déplacements ne respectant pas cette condition seront exclus du potentiel du vélo.

Les distances seuils sont extraites de l'analyse des déplacements actuels des cyclistes. En effet, il faut savoir que les distances de parcours des cyclistes peuvent varier en fonction d'un grand nombre de facteurs comme l'âge de l'individu, le motif du déplacement, l'heure du déplacement ou autre. Du fait des limitations d'échantillon, les distances seuils de notre étude sont segmentées selon les genres et les cohortes d'âge. La définition des groupes pourra changer avec le temps pour mieux représenter les différences comportementales notamment chez les personnes âgées mais ceci exigera la disponibilité d'un échantillon plus important de données. Par ailleurs, la distance seuil est telle que 80 % des cyclistes de l'enquête ont parcouru cette distance ou moins. Le Tableau 25 résume les distances seuils déterminées.

Tableau 25. Résumé des distances seuils calculées par cohortes d'âge et par genre

Cohortes d'âge	Échantillons		Distances seuils (km)	
	Homme	Femme	Homme	Femme
5-12 ans	86	48	2,64	1,78
13-17 ans	79	25	4,48	4,00
18-44 ans	971	671	7,22	5,67
45-59 ans	490	261	7,35	6,67
60 ans et plus	193	59	4,74	3,00

Critères spécifiques

Divers critères, énumérés ci-dessous, sont documentés dans la littérature comme ayant une incidence sur le choix modal étudié. Dans la première estimation du potentiel nous ne tiendrons pas compte de ces critères tandis qu'ils seront ajoutés un à un dans la seconde estimation afin que mesurer leur influence sur le potentiel du vélo :

- **Motif de déplacement « Magasinage » (critère 1):** le principal problème vient de l'impossibilité de transporter de grandes quantités de marchandises en bicyclette.
- **Motifs de déplacement « Raccueillir et chercher quelqu'un » (critère 2):** ces motifs posent un problème du fait que l'on ne peut transporter que difficilement une personne à bicyclette. Par conséquent, ces motifs seront exclus dans la seconde estimation du potentiel du vélo.
- **Les chaînes ouvertes (critère 3):** ce sont les déplacements n'appartenant pas à une boucle, c'est-à-dire qu'aucun trajet en sens inverse n'est enregistré. Ces déplacements posent problème puisqu'ils sous-entendent que si le déplacement est accompli en bicyclette, le vélo devra être abandonné à la destination.
- **Chaînes complexes (critère 4):** les chaînes complexes se définissent comme une suite de plus de deux activités consécutives sans retour au domicile. Lors du calcul du transfert modal, il est important de comprendre le contexte de mobilité dans lequel s'inscrivent les déplacements d'un individu, avant de procéder au transfert. L'exemple suivant illustre la problématique des chaînes complexes. Un individu effectue en automobile la suite de déplacements suivants : un premier déplacement de 2 km pour le travail puis un second de 15 km pour un loisir avant de retourner à son domicile. On s'aperçoit alors que son premier déplacement est transférable tandis que le second ne l'est pas. Or, si cette personne se rend au travail en bicyclette, elle ne peut plus aller à son loisir. Par conséquent,

théoriquement, si un des déplacements de la chaîne n'est pas transférable, on ne doit transférer aucun déplacement de la chaîne.

- **Distance totale de parcours (critère 5):** cette contrainte concerne la chaîne de déplacements et a pour but de limiter la distance totale parcourue quotidiennement par un individu. Par exemple, un individu effectue en automobile huit déplacements de 5 km. Chacun de ses déplacements pris à l'unité est transférable. Néanmoins, ce transfert impliquerait que la personne parcourt 40 km quotidiennement, distance jugée trop importante pour des déplacements journaliers. Une limite de quatre fois la distance seuil est appliquée comme étant la distance totale parcourable quotidiennement. Précisons qu'il est difficile de trouver dans la littérature une distance maximale journalière parcourable pour chaque cohorte d'âge. Plusieurs chercheurs utilisent des contraintes de budget-temps journaliers maximum, mais qui reste très variable selon les recherches (Bonnell, et al., 2005; Monzon & Vega, 2006).

6.2.4 Résultats du transfert modal

Dans ce paragraphe, seront présentés les résultats de l'évaluation du potentiel du vélo d'après les données de l'enquête Origine-Destination de 2008 pour les résidents de l'île de Montréal. Dans un premier temps, l'estimation ne tient compte que des distances seuils tandis que la seconde estimation inclura l'ensemble des critères spécifiques.

Estimation du potentiel du vélo sans critère

Pour cette première évaluation du potentiel du vélo, les résultats sont consignés au Tableau 26. Les trajets en automobile des résidents de l'île de Montréal représentent près de 1 958 350 déplacements quotidiens. En utilisant le critère de distances seuils par cohortes d'âge et de genre (défini au paragraphe 0), il apparaît que 60,4 % des déplacements en automobile sont transférables en vélo, soit près de 1 183 060 déplacements quotidiennement. Plus précisément, 61,3 % des déplacements accomplis en automobile par les hommes et 59,5 % des ceux des femmes sont potentiellement transférables en déplacement cycliste. Ces résultats donnent une première idée du potentiel du vélo sur l'île de Montréal. On s'aperçoit que les volumes de déplacements convertibles sont très importants, et ce, pour toutes les cohortes d'âges (entre 49,5 % et 67,3 % des déplacements par tranche d'âge sont convertibles). Il convient alors d'affiner cette première estimation en tenant compte des autres critères de transfert modal.

Tableau 26. Résultats de l'évaluation du potentiel du vélo en n'incluant que les distances seuils

		Déplacements en automobile	Déplacements transférables	% déplacements transférables
Homme	5-12 ans	64 160	41 470	64,6 %
	13-17 ans	19 240	11 970	62,2 %
	18-44 ans	453 650	273 170	62,2 %
	45-59 ans	289 300	178 540	61,7 %
	60 ans et plus	188 080	116 220	61,8 %
	<i>Sous-total</i>	1 014 430	621 370	61,3 %
Femme	5-12 ans	63 640	33 030	51,9 %
	13-17 ans	23 250	13 260	57,0 %
	18-44 ans	414 810	249 160	60,1 %
	45-59 ans	266 140	179 160	67,3 %
	60 ans et plus	176 080	87 080	49,5 %
	<i>Sous-total</i>	943 920	561 690	59,5 %
TOTAL		1 958 350	1 183 060	60,4 %



Estimation du potentiel du vélo avec critères spécifiques

Cette seconde estimation du potentiel du vélo tient compte des cinq critères présentés au paragraphe 0. Par conséquent, le processus débute sur les résultats de la première estimation auxquels les critères vont être successivement ajoutés.

Le premier critère testé vise à supprimer tous les trajets dont le magasinage est le motif de déplacement. Ceci réduit le nombre de déplacements transférables de 60,4 % à 53,6 %. Dans la seconde étape, les motifs de déplacement « autres » ont été supprimés. Le nombre de déplacements transférables passe de 53,6% à 43.5%.

Par la suite, les déplacements accomplis dans le cadre d'une chaîne ouverte ont été retirés, réduisant le potentiel du vélo à 43,1 %. L'étape suivante est la plus restrictive puisque l'on ne conserve que les déplacements inclus dans une chaîne dont tous les déplacements sont transférables. À ce moment, 26,1 % des déplacements automobiles sont transférables.

Finalement, le critère visant à limiter la distance totale parcourue quotidiennement est appliquée, réduisant le potentiel du vélo à 24,0 % des déplacements réalisés en automobile. Au terme de la procédure, près de 470 400 déplacements en automobile apparaissent comme étant transférables au vélo. Ces déplacements représentent 24,0 % des trajets accomplis quotidiennement en automobile par les résidents de l'île.

Cette estimation révèle le nombre de déplacements qu'il serait possible de convertir en vélo moyennant certaines modifications de comportements de mobilité et aménagements. Finalement, il semble intéressant de spatialiser les résultats afin de visualiser les lieux où la proportion de déplacements transférables est la plus forte. Ainsi, plus on s'éloigne du centre-ville, plus la proportion de déplacements en automobile transférable est faible. Les secteurs municipaux du centre de l'île et proches du centre-ville comme Villerey, Westmount, Hampstead et Plateau Mont-Royal ont des concentrations de déplacements transférables plus importantes que dans les secteurs aux extrémités de l'île. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les déplacements en automobile des résidents des extrémités de l'île sont souvent plus longs que ceux des résidents du centre de l'île rendant impossible leur réalisation en vélo.

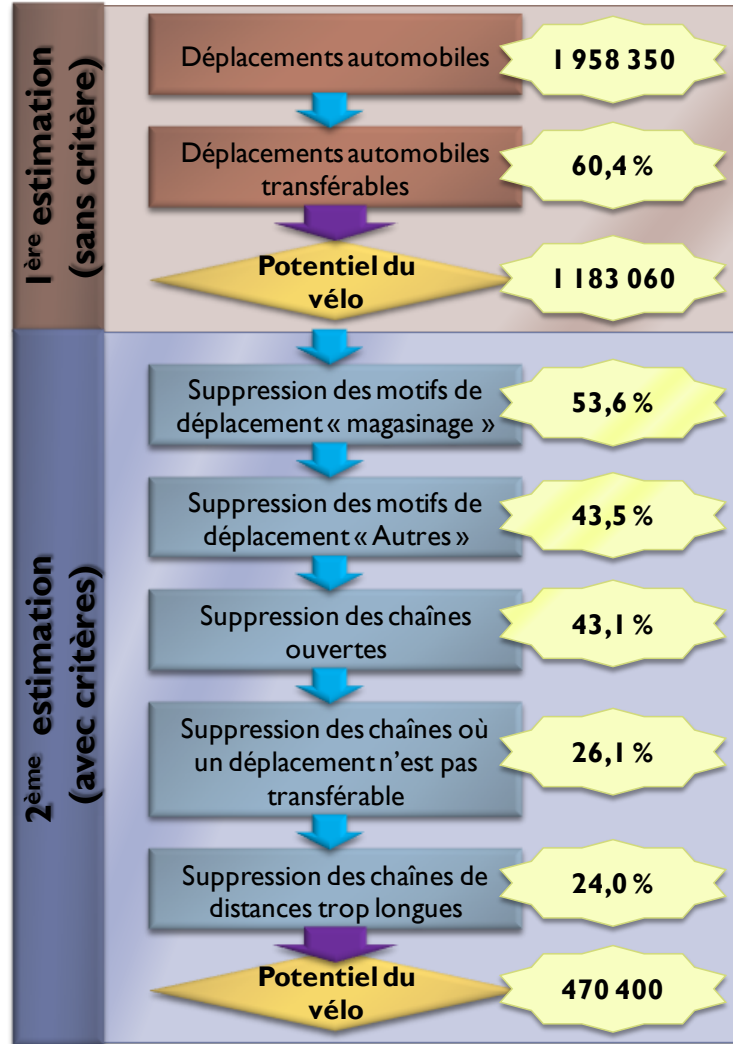


Figure 23. Processus séquentiel d'estimation du potentiel du vélo

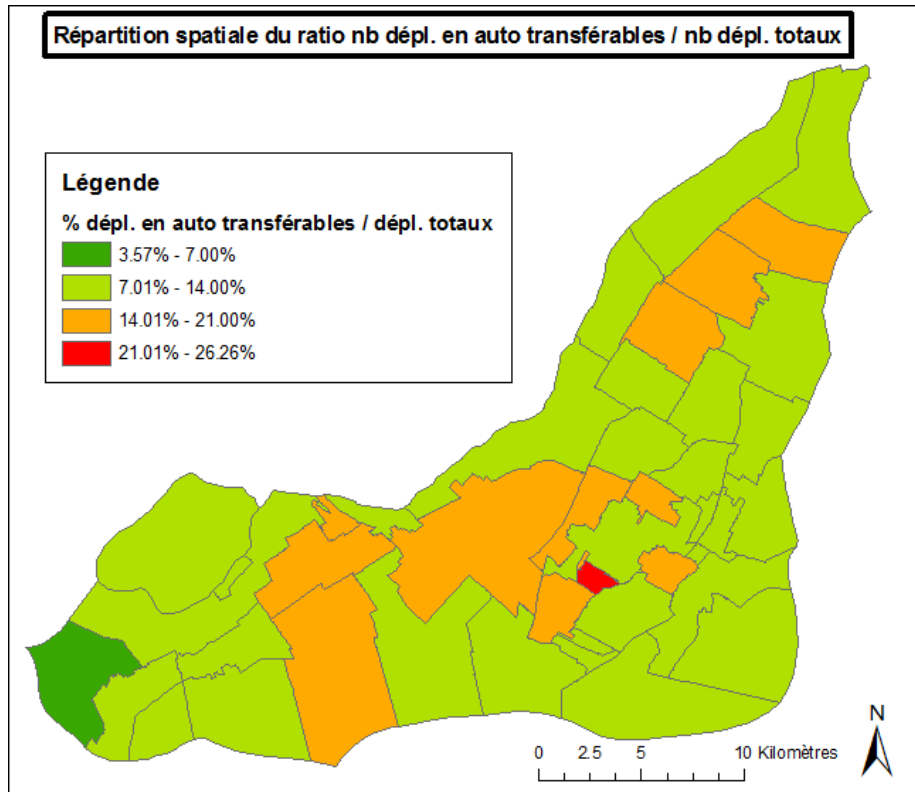
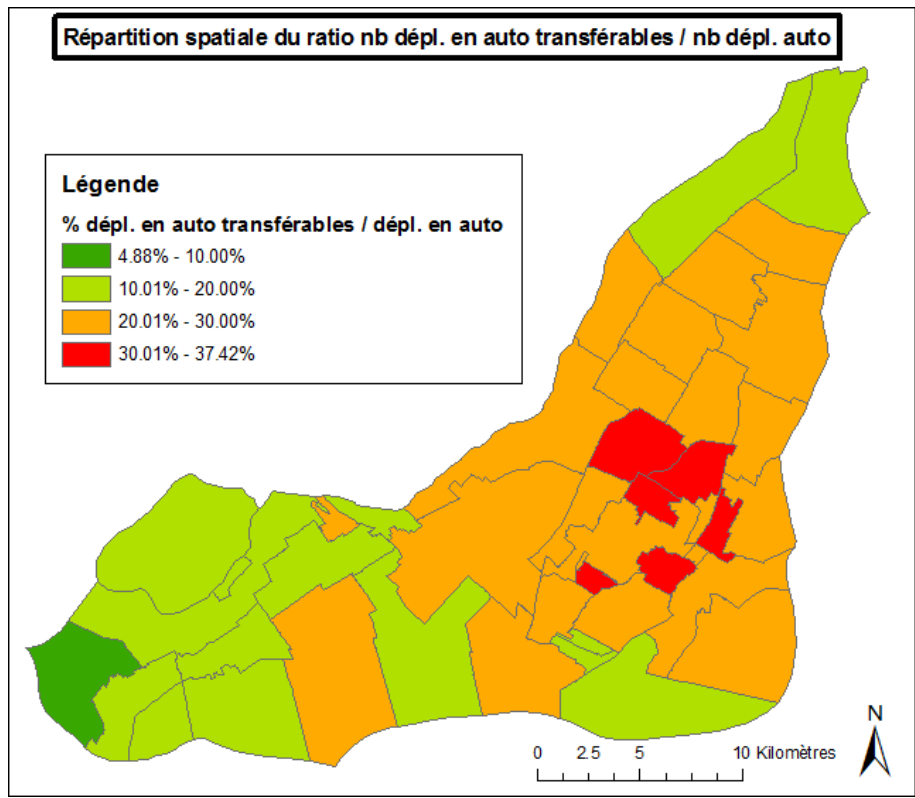


Figure 24. Répartition spatiale du ratio dépl. auto transférables/dépl. auto totaux (haut) et du ratio dépl. auto transférables/dépl. totaux du secteur (bas).



6.2.5 Limites de l'estimation du potentiel du vélo

La première limite identifiée provient de l'abstraction des caractéristiques du réseau routier. En effet, pour pouvoir être réalisés en bicyclette, les trajets doivent non seulement être franchissables, mais aussi réalisables. Par exemple, certains parcours obligeraient l'individu à traverser des autoroutes, des fleuves ou encore des voies ferrées. Ces barrières physiques sont des contraintes majeures pouvant impliquer des itinéraires beaucoup plus longs pour les contourner. Cette abstraction a alors pour conséquence de surestimer le potentiel du vélo. Dans un même ordre d'idées, l'étude proposée ne tient pas compte des limitations physiques des individus. En effet, les personnes doivent avoir la condition physique pour réaliser les déplacements en vélo. Dans le cas des déplacements des personnes âgées ou encore des enfants en bas âge, des inaptitudes physiques pourraient les empêcher d'accomplir les déplacements en vélo, réduisant en même temps le potentiel du vélo. La dernière limite de l'évaluation du potentiel du vélo est liée à la méthode de calcul des distances seuils. Une hypothèse a été posée pour déterminer les distances seuils (distance franchie par 80 % des cyclistes). Ce critère est une limite propre à cette étude, car l'utilisation de distances seuils différentes conduirait à des résultats différents de ceux présentés ici.



6.3 Déterminants du choix modal

- Étudiant : Éric Martel-Poliquin (maîtrise)
- Supervision : Morency et Agard
- État : en cours (fin prévue : mars 2012)
- Financement : Chaire Mobilité

6.3.1 Introduction

Depuis la démocratisation de l'automobile durant les années 1950, la mobilité urbaine s'est grandement accrue et ce, sous plusieurs aspects. En effet, l'augmentation de la vitesse moyenne induite par ce nouveau mode ainsi que la nature individuelle de l'automobile a permis le développement des banlieues en périphérie lointaine du centre-ville. Un fort déclin de la demande en transport en commun s'ensuivit, concordant avec l'augmentation fulgurante du parc automobile. Ce changement d'équilibre est venu augmenter le trafic sur les routes, amenant divers problèmes de congestion et de sécurité routière.

Également, les déplacements en mode actif (marche, vélo) ont subi un déclin dû notamment à l'habitude d'utiliser l'automobile pour se déplacer et ce, quelle que soit la distance à parcourir, ainsi que de l'augmentation de la complexité des chaînes de déplacement et des distances à parcourir quotidiennement. Cette diminution de la fréquence des déplacements en modes actifs a un impact non négligeable sur le niveau d'activité physique quotidien des individus et ainsi, des répercussions sur leur santé. L'augmentation du trafic automobile produit également une quantité importante de gaz à effet de serre et de polluants dans l'air affectant la qualité de l'air, l'environnement et la santé humaine.

C'est donc dans ce contexte et également dans une perspective d'atteinte d'une mobilité plus durable que l'étude des comportements de mobilité s'insère et plus particulièrement, l'étude du choix modal. Une meilleure compréhension des facteurs influençant le choix modal permettra de mieux expliquer les comportements observés actuellement et de mieux prévoir le choix modal dans un contexte où une modification de la compétitivité d'un mode de transport (apparition/disparition d'un mode, augmentation/diminution du coût généralisé d'un mode) est introduite dans un secteur. Mieux comprendre les déterminants du choix modal ouvre également la porte au développement de mécanismes d'influence à la modification du choix modal; en effet, afin d'assurer l'efficacité de telles mesures, il importe de connaître quels aspects sont à viser pour ainsi espérer une réelle modification des comportements de mobilité.

6.3.2 Problématique

L'étude du choix modal doit nécessairement passer par l'étude approfondie des paramètres pouvant expliquer le choix effectué par l'utilisateur. Celui-ci dépend de divers facteurs à la fois subjectifs et objectifs. Du point de vue de l'utilisateur, le choix modal s'effectue en tenant compte de divers facteurs qui sont influencés à la fois par le budget temps, variant selon son statut familial et économique, mais aussi par ses habitudes modales, qui dépendent, elles, de l'accessibilité aux modes et réseaux de transport, du statut social et de ses expériences antérieures. Entre ses deux aspects vient s'insérer



l'attitude de l'utilisateur qui, elle, dépendra de la qualité de l'offre et de ses valeurs (Kaufmann, 1995).

Plus formellement, Kaufmann (1995) définit quatre catégories de variables influençant le choix modal :

« (1) La position des usagers dans les réseaux (soit l'agenda de mobilité, la position sociale et l'accessibilité aux réseaux), (2) les facteurs contextuels (soit le phénomène urbain, le système des transports urbains et les valeurs qui les sous-tendent), (3) les habitudes modales des usagers (soit la position sociale, l'accessibilité aux réseaux et les habitudes modales) et enfin (4) l'attitude vis-à-vis des différents moyens de transport. »

Un vaste ensemble de variables peut donc être examiné afin d'étudier le choix modal. Cependant, plusieurs de ces variables nécessitent des études spécifiques auprès des usagers. Par exemple, la caractérisation pour une région donnée des paramètres attitudinaux des usagers nécessitera un sondage à préférences déclarées qui permettra d'estimer les variables propres à ce sujet. Compte tenu du coût élevé de telles enquêtes (qui restent de plus très ciblées), il semble pertinent de s'attarder d'abord à un ensemble de variables pouvant être dérivées d'enquêtes et de bases de données existantes, notamment les Enquêtes Origine-Destination de la grande région montréalaise. Ceci permet, d'une part, de maximiser l'utilité des enquêtes disponibles et d'autre part, de s'appuyer sur des comportements observés (préférences révélées). La pertinence des enquêtes de préférences déclarées ne doit cependant pas être négligée bien que moins courante dans la culture montréalaise. Il sera utile de les expérimenter en vue d'identifier leurs contributions à une meilleure compréhension des mécanismes décisionnels et des variables plus difficilement observables et quantifiables.

À partir des données disponibles dans les bases de données usuelles dans le domaine de l'analyse des transports (enquêtes O-D, données de recensement) et des données cartographiques sur l'usage du sol, il est possible de discerner trois catégories de variables pouvant être utilisées dans l'étude du choix modal, en plus des attributs typiques décrivant la performance des différents réseaux de transport (temps de déplacement et coût). Celles-ci sont les caractéristiques du quartier, les caractéristiques du ménage et les caractéristiques de la personne.

Caractéristiques du quartier

La littérature fait un vaste état de l'influence des propriétés de l'environnement bâti sur la mobilité. De nombreuses études ont associé diverses caractéristiques décrivant les quartiers avec la mobilité et plus spécifiquement, le processus de choix modal. Voici certaines des variables qui semblent de grand intérêt.

- Distance au centre-ville

De nombreux paramètres décrivant la mobilité urbaine ont des tendances variant en fonction de la distance par rapport au centre-ville. Cette variable est encore très explicative des comportements dans la région de Montréal étant donné l'importance du centre-ville. L'apparition de pôles secondaires ainsi que d'attractivité croissante de petites villes, surtout pour une population de proximité, pourrait changer la donne. De

manière générale, les quartiers plus près du centre montreront une densité plus élevée, ce qui tendra à amener des comportements de mobilité dépendant moins de l'automobile. En effet, la part modale de l'automobile décroît fortement à l'approche du centre-ville au profit d'autres modes tels les transports en commun, la marche et le vélo. Il en va de même pour la possession automobile, qui diminue grandement à mesure que la distance au centre-ville diminue. À l'inverse, les quartiers plus éloignés affichent des parts modales et des taux de possession automobiles très élevés. Il appert donc que la distance au centre-ville est une variable proxy permettant d'expliquer certains comportements de mobilité variant spatialement. La Figure 25, par exemple, montre l'évolution spatiale du nombre d'automobiles par ménage en fonction de la distance au centre-ville. Les variables sont estimées au niveau des 100 secteurs municipaux; évidemment, un autre découpage ferait ressortir davantage la variabilité propre à certains quartiers mieux desservis par le transport en commun mais l'analyse permet néanmoins d'identifier une tendance lourde. On voit clairement que les secteurs les plus rapprochés du centre-ville ont des taux de possession automobile très faibles par rapport aux secteurs éloignés.

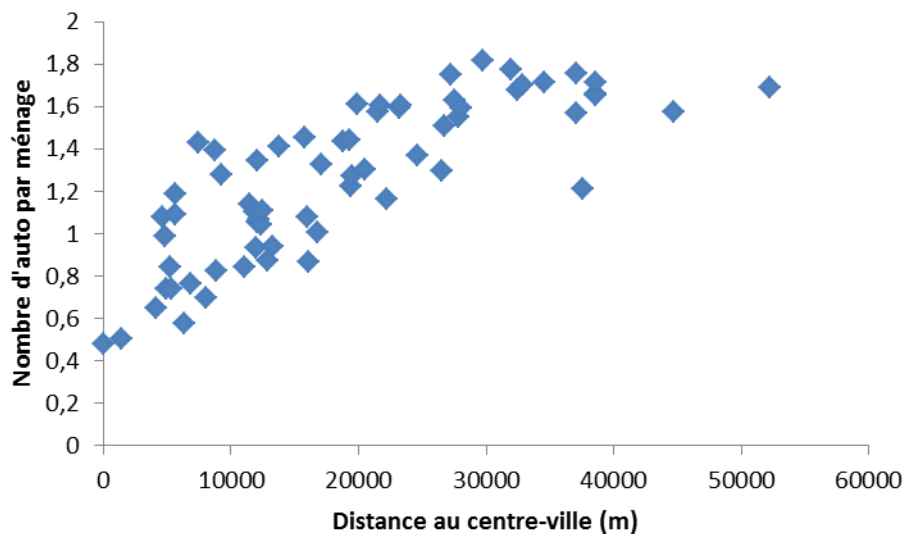


Figure 25. Nombre d'auto par ménage en fonction de la distance au centre-ville du centroïde du secteur étudié (1998)

La distance au centre-ville d'un quartier est souvent exprimée comme étant la distance euclidienne entre le centroïde du quartier et un point central de la région.

- Densité de population

La densité de population d'un quartier s'exprime comme étant le nombre d'habitants du quartier divisé par la superficie totale du quartier. De multiples études ont montré que la densité de population était corrélée au choix modal. En effet, une densité plus élevée viendra généralement favoriser les modes collectifs et actifs et réduire le nombre de déplacements en automobile. (Ewing et Cervero, 2001)

- Densité d'emploi



La densité d'emplois, normalement exprimée comme le nombre d'emplois d'un secteur donné divisé par la superficie du secteur étudié permet une appréciation du nombre de générateurs de déplacements (lieux d'emplois) pour un secteur. Des équipements de transport en commun situés dans des secteurs à forte densité d'emplois vont généralement faire augmenter la part modale des transports en commun pour les déplacements de type travail. Les parts modales de la marche et du vélo vont augmenter similairement (Ewing et Cervero, 2001).

- Mixité des usages

La mixité des usages, soit le degré de variété des usages dans un secteur donné, a notamment un impact sur la part modale des modes actifs. Effectivement, les quartiers affichant une forte mixité des usages verront normalement l'usage des modes actifs augmenter par rapport à des quartiers où les usages du sol sont très homogènes (Ewing et Cervero, 2001).

- Connectivité

La connectivité du réseau routier peut être examinée pour déterminer la facilité de circulation multi-directions dans un quartier. Elle est souvent exprimée en termes de densité d'intersections. Un réseau ayant une plus grande connectivité aura généralement une part modale de la marche plus élevée pour les déplacements courts (Morency et al., 2011)

- Tortuosité

La tortuosité est un indice décrivant le ratio entre la distance d'un parcours sur le réseau et à vol d'oiseau. Cet indice, nécessairement plus grand ou égal à 1, vient donc décrire la façon avec laquelle le réseau routier impose une plus grande distance de parcours pour des origines et destinations données. Une forte tortuosité implique que le chemin qui mène d'un point à un autre dévie beaucoup de la ligne droite; celle-ci peut décourager l'utilisation de différents modes, l'automobile par exemple, dans les quartiers où les piétons ont plus de latitude (chemins piétons, passages) quant à leurs trajets. Les piétons peuvent également bénéficier de raccourcis divers en traversant, par exemple, un parc. (Morency et al., 2011)

- Dimensions fractales

Les dimensions fractales permettent de résumer un ensemble géométrique. Ainsi, l'évolution des paramètres urbains pouvant être cartographiés peut être analysée sous la forme de la variation temporelle de la dimension fractale. Encore exploratoire dans la caractérisation de la structure des réseaux, cette métrique semble pourtant prometteuse. Frankhauser (2008), décrit comment cette méthode peut être appliquée.

Caractéristiques de la personne

Les comportements de mobilité varient en fonction de divers traits définissant les personnes. Certains de ces paramètres sont intrinsèques à la personne (âge, genre) et d'autres sont extrinsèques (possession automobile, statut, possession d'un permis de conduire). Ces paramètres expliquent à la fois la capacité des personnes à utiliser un mode de transport (pas de permis de conduire avant 16 ans, problèmes de mobilité pour

les aînés, longueurs d'enjambée des enfants) et l'attractivité relative des modes de transport (bus peu populaire auprès des hommes, transport en commun peu sécuritaire pour les femmes le soir, motorisation élevée de la tranche d'âge 25-65).

L'observation du taux de mobilité est un bon indicateur pour montrer la corrélation entre l'âge et les comportements de mobilité. En effet, après un plafonnement entre 5 et 20 ans, le taux de mobilité augmente jusqu'à atteindre un maximum vers l'âge de 40 ans. Le taux de mobilité chute ensuite en fonction de l'âge. La Figure 26 montre l'évolution du taux de mobilité en fonction de l'âge pour un extrait de l'Enquête OD de 2003.

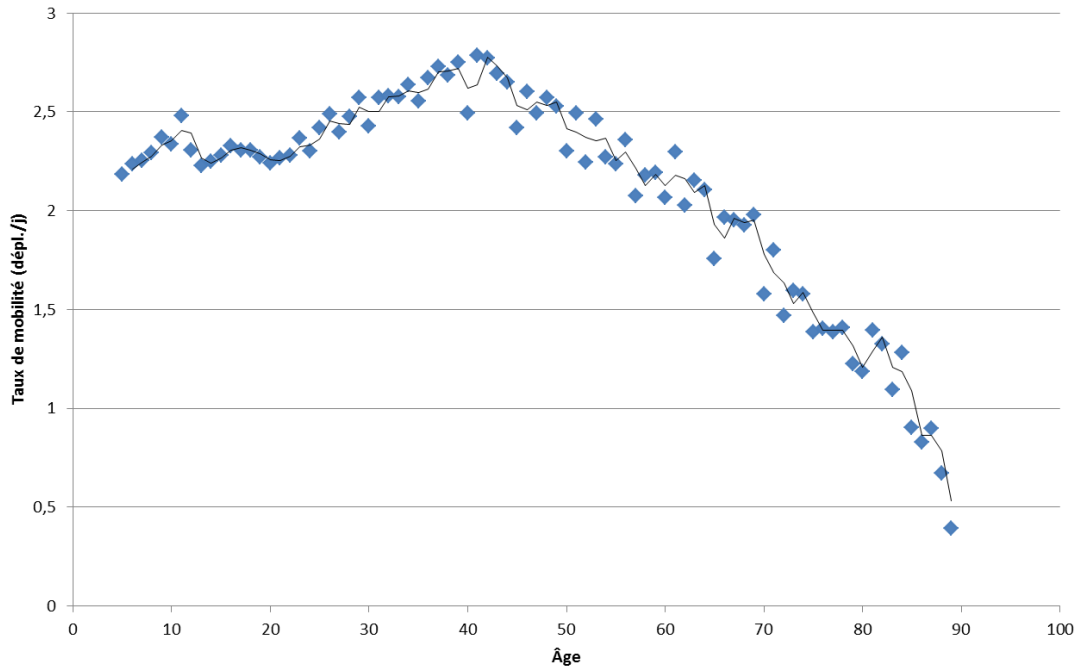


Figure 26. Taux de mobilité en fonction de l'âge

Bien que les paramètres intrinsèques et extrinsèques aient chacun un intérêt lors de l'explication des comportements, il est important de rappeler que les paramètres intrinsèques des personnes sont immuables et deviennent dès lors, peu utiles dans une perspective de création de mesures visant à un changement de comportement de mobilité.

Caractéristiques du ménage

Les caractéristiques du ménage permettent de mieux comprendre les éléments influençant les pratiques individuelles de mobilité. En effet, la taille et le revenu d'un ménage auront un effet sur divers aspects de la mobilité urbaine individuelle notamment à travers la mobilité conjointe et le partage des véhicules disponibles.

- Revenu

Les ménages à haut revenu ont généralement davantage recours aux modes motorisés pour se déplacer; en contrepartie, les ménages les plus pauvres sont ceux ayant la plus faible tendance à utiliser un mode motorisé. De plus, les ménages les plus riches sont les



moins enclins à utiliser la marche comme mode de transport. L'inverse est encore une fois vrai pour les ménages les plus pauvres. (Morency et al., 2011)

- Taille

La taille du ménage a un grand impact sur la complexité des chaînes de déplacement effectuées. En effet, les ménages de grande taille de types familiaux vont souvent faire des chaînes de déplacements complexes, souvent conjointes, dues particulièrement à la présence d'enfants dans le ménage. Cet impact est davantage ressenti par les femmes qui doivent souvent assumer plusieurs tâches supplémentaires lorsque de jeunes enfants composent le ménage.

Des chaînes complexes viennent notamment rendre les modes collectifs et actifs moins intéressants et ceux-ci viennent rapidement se faire supplanter par la voiture individuelle, celle-ci offrant une grande liberté tant au niveau des itinéraires que de la flexibilité horaire et de la possibilité de transporter des objets lourds tout en déplaçant plusieurs passagers.

6.3.3 Méthodologie

L'étude des déterminants du choix modal sera basée essentiellement sur l'analyse de données provenant d'enquêtes sur la mobilité dans la région métropolitaine de Montréal, plus particulièrement, celles des enquêtes Origine-Destination. Ces enquêtes conduites environ tous les 5 ans permettent, en plus de faire un portrait de la mobilité métropolitaine, de suivre l'évolution de la mobilité dans la grande région montréalaise et ainsi mieux comprendre les déterminants du choix modal.

Les données des enquêtes OD contiennent, en plus de la description détaillée des déplacements effectués sur une période de 24h, une description détaillée des personnes ayant effectué ses déplacements. Ces personnes étant organisées par ménages, il est possible de déterminer les propriétés de chacun des ménages interviewés.

En se basant sur le concept selon lequel, si un déplacement a été effectué, celui-ci est « possible », l'ensemble des déplacements de l'enquête sera analysé afin de déterminer les paramètres pouvant expliquer les choix de modes ayant été effectués. Cette analyse permettra une description du marché actuel des différents modes de transport à Montréal.

Principales étapes de réalisation

Cette section décrit les principales étapes à réaliser lors de cette étude sur le choix modal. Cette section se verra enrichie à mesure que les travaux progresseront mais témoignent de la compréhension actuelle de la nature des travaux à réaliser.

- Description du marché actuel

Le premier volet de cette étude est de caractériser le marché des modes de transports actuels. Pour ce faire, il importe de décrire la situation actuelle, comprendre les déterminants expliquant cette situation et de bien comprendre le marché potentiel de chacun des modes étudiés.

→ Description des distances parcourues



Une étape préliminaire à cette étude et de déterminer quelles sont les distances parcourues par différents types d'individus, classés selon divers paramètres, notamment, l'âge, le sexe et leur secteur de résidence. Cet exercice assez simple permet de déterminer quelles sont les distances moyennes parcourues et ainsi que les distributions de distances types pour chaque mode. Ceci permet de déterminer quelles sont les potentiels de chaque mode en les décrivant sous forme de distance de déplacement probable. Pour cette étude, on a déterminé que la distance correspondant à 80 % des déplacements effectués par un mode serait dite distance seuil et témoignerait des distances qui peuvent être réalistement parcourues avec ce mode. Un concept similaire doit être développé pour la distance seuil minimale (distance en deçà duquel un mode n'est plus intéressant).

→ Description des parts modales selon la distance du déplacement

Une première étape consiste à bâtir un outil permettant d'obtenir un aperçu du marché des parts modales selon diverses dimensions. Il s'est avéré important de décrire les parts modales observées en fonction des distances parcourues. En effet, l'un des paramètres les plus importants lors de la décision de choisir un mode de transport plutôt qu'un autre reste la distance à parcourir. Une telle optique permet d'une part de mieux expliquer les choix effectués en fonction du contexte décisionnel, mais également de mieux comprendre le potentiel de chaque mode et leur domaine respectif de compétitivité. Il apparaît évident que la marche ne peut être une option viable que sur de courtes distances par exemple. Toutefois, cette distance change selon les propriétés des individus.

L'exercice consiste ensuite à regarder l'influence qu'ont diverses variables sur la distribution spatiale des parts modales. Ceci permet donc de comprendre l'effet que chaque variable a sur le choix modal observé et ainsi tenter de déterminer les facteurs ayant un impact significatif.

→ Description des potentiels de chaque mode

Cette étape consiste à évaluer le potentiel de chacun des modes. Ceci consiste à déterminer de manière séquentielle quels déplacements ont le potentiel d'être effectués par un mode. En prenant l'exemple du vélo, il s'agirait donc d'adapter les principes suivants (tirés de Godefroy, 2011) pour les différents modes de transport, certains étant moins contraignants que d'autres :

« Principe 1 : il faut tenir compte des chaînes de déplacements pour vérifier si l'un des déplacements de la chaîne oblige l'utilisation de l'automobile. Si tel est le cas, alors l'ensemble de la chaîne n'est pas transférable.

Principe 2 : la procédure doit être séquentielle c'est-à-dire qu'elle recommence pour chaque nouveau déplacement au départ du domicile de la personne.

Principe 3 : le nouveau temps de parcours calculé avec un des nouveaux modes doit respecter les contraintes de budget-temps de transport journalier de l'individu avec une augmentation maximale de 30 minutes.

Principes 4 : Les motifs de déplacements « magasinage » et « raccompagner/aller chercher quelqu'un » sont exclus des déplacements potentiellement transférables.



Principes 5 : Les déplacements peuvent être transférés selon trois autres modes : la marche, le vélo et le transport en commun. Chacun de ces modes a ses propriétés particulières (distances et vitesses de déplacement) pour les différencier. »

Ce même type de processus doit donc être adapté pour application à chacun des modes à étudier, notamment, la marche et le transport en commun.

→ Classification des utilisateurs des modes

Cette étape consiste à appliquer des méthodes de classification automatique des données (data mining) afin de déterminer des profils types d'utilisateurs de modes de transport. Ceci permettra de révéler si des usagers ayant des profils sociodémographiques similaires ont des comportements de mobilité similaires et ainsi mieux prévoir les comportements auxquels on peut s'attendre d'un usager appartenant à un segment sociodémographique donné.

→ Analyse point à point

Cette étape consiste à analyser des paires de trajets origine-destination similaires effectuées par des personnes différentes et de comparer les choix effectués en termes de modes choisis. On identifie les paires d'OD similaires en déterminant les trajets dont les origines sont à moins de 500 m l'une de l'autre et dont les destinations respectives sont également situées à moins de 500 m l'une de l'autre. Une distance de 500 m est généralement reconnue comme une distance de marche acceptable pour accéder à un mode. Ainsi, des paires OD ayant des origines et des destinations situées mutuellement à moins de 500 m pourraient être considérées équivalentes en termes d'accessibilité et de trajet effectué.

Si des modes différents sont observés pour ces paires, on peut en tirer les caractéristiques des personnes ayant effectué l'un ou l'autre des choix et ainsi caractériser les utilisateurs d'un mode à déplacements quasi-équivalents.

→ Typologie des quartiers basée sur les individus

Cette étape consiste à faire une agrégation des propriétés des individus, des ménages et des équipements de transport au niveau d'une grille de 100 m de maillage. Cette grille devra résumer divers types de propriétés observées notamment : le réseau routier, les réseaux de transport en commun, les zonages et les dimensions fractales de ces éléments. Ceci permettra d'obtenir les principales caractéristiques régissant le choix modal à un niveau de résolution géographique assez fin pour pouvoir discerner les changements de comportement de mobilité au niveau de l'individu.

- Modélisation du marché potentiel

L'ensemble de ces analyses devra permettre le développement d'un modèle probabiliste du choix modal au niveau de l'individu. Le modèle devra notamment être en mesure de modéliser adéquatement les modes alternatifs de déplacement, tels, la marche et le vélo, en plus des modes plus traditionnels (au point de vue de la modélisation du choix modal) que sont le transport en commun et l'automobile.

Résultats attendus

Certains travaux déjà réalisés contribuent à enrichir les connaissances disponibles au niveau du choix modal individuel à Montréal. Les travaux déjà effectués sont particulièrement ciblés au niveau de la description du choix modal observé, notamment aux chapitres de la description des distances parcourues et des parts modales observées en fonction de la distance.

Une première étape réalisée fut de déterminer la distance au-dessous de laquelle 80 % des déplacements sont effectués. Il en résulte que 80% des déplacements effectués dans la grande région montréalaise le sont à l'intérieur d'une distance de 12 km. Ceci tient compte de tous les déplacements bruts pondérés, sans aucune autre considération. Les résultats sont montrés à la Figure 27.

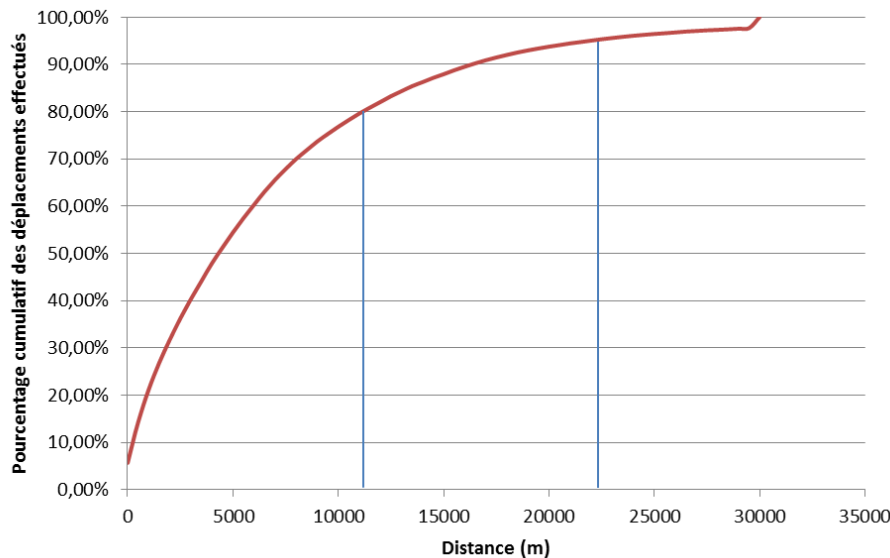


Figure 27. Distance à l'intérieur de laquelle 80% des déplacements sont effectués.

Ce principe de distance correspondant à 80 % des déplacements devra maintenant être appliqué à tous les modes et caractérisés par segments de population.

D'autres analyses au niveau des distances de déplacement ont été effectuées en termes de distances moyennes parcourues par mode et par segment de population. La Figure 28 et la Figure 29 montrent deux extraits de ces analyses, à savoir respectivement, les distances moyennes parcourues à pied et les distances moyennes parcourues pour tous les modes confondus.

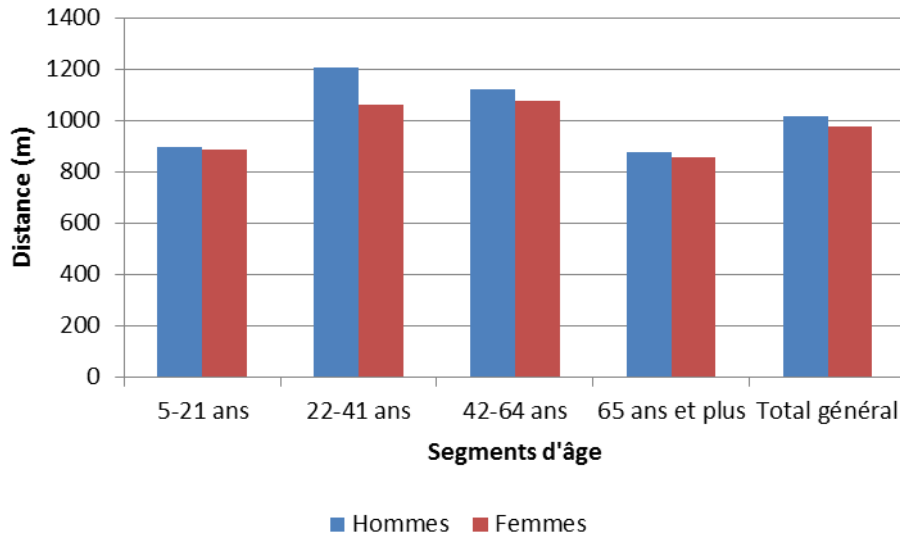


Figure 28. Distances moyennes en mode marche, par segment de population

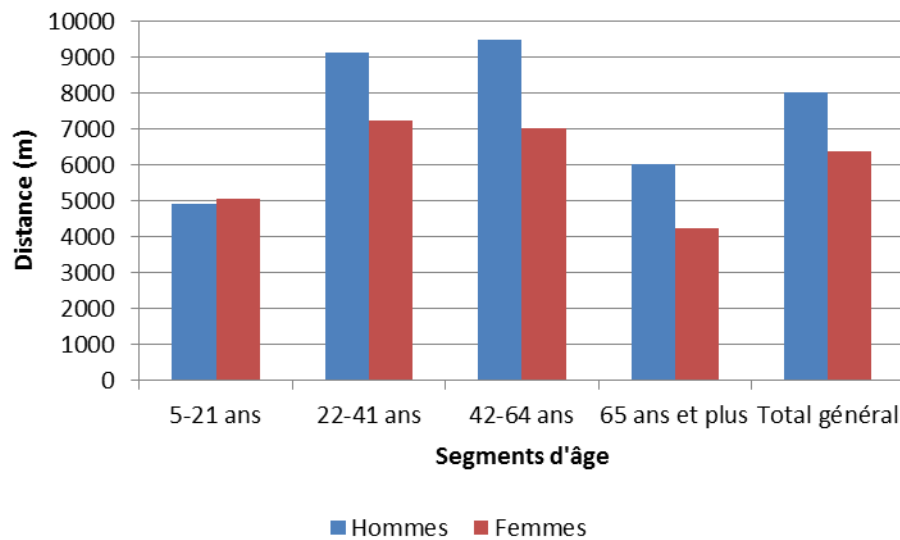


Figure 29. Distances moyennes pour tous modes confondus, par segments de population

Une dernière étape fut de construire un outil permettant de décrire la part modale observée en fonction de la distance et d'un jeu de variables prédéfinies. La Figure 30, la Figure 31 et la Figure 32 montrent la variation de la part modale en fonction de la distance pour différentes valeurs d'une variable choisie, en l'occurrence, le nombre d'automobiles par conducteur, c'est-à-dire, le nombre d'automobiles disponibles dans un ménage, divisé par le nombre de conducteurs.

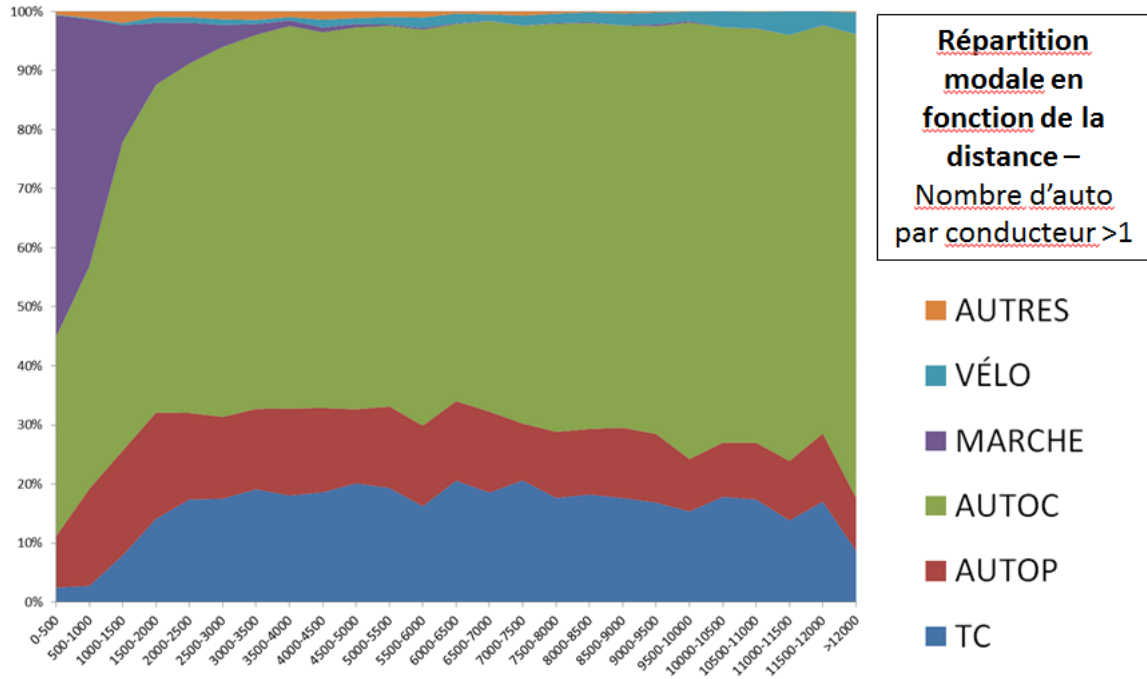


Figure 30. Part modale en fonction de la distance de déplacement, nombre d'auto par conducteur > 1

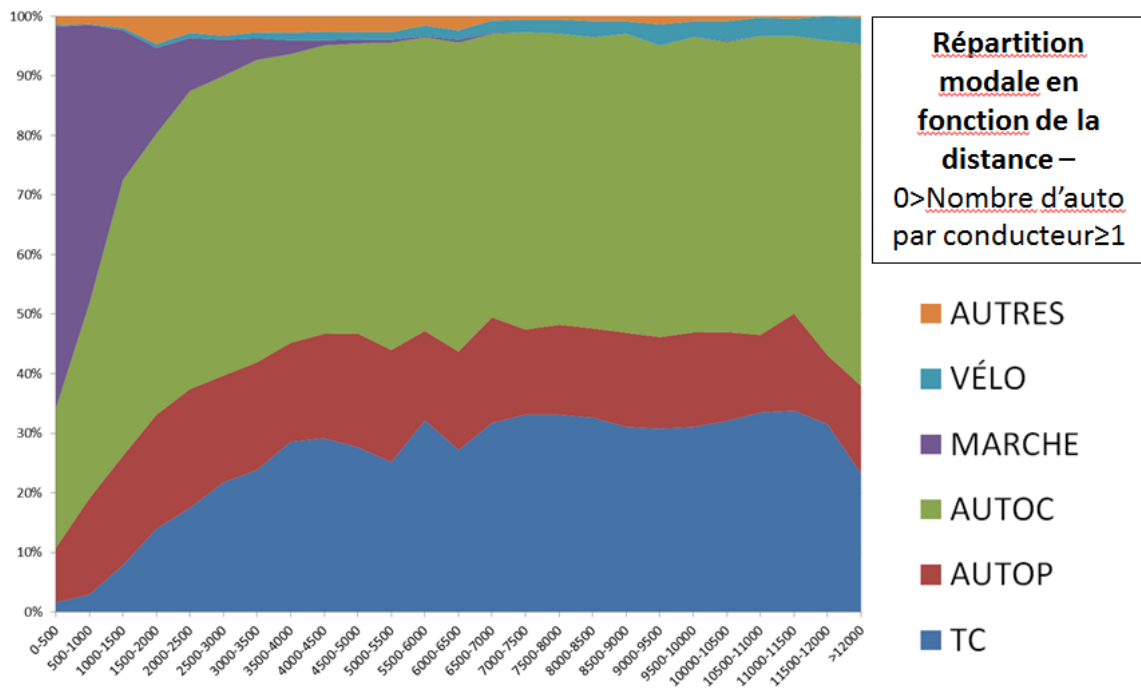


Figure 31. Part modale en fonction de la distance de déplacement, nombre d'auto par conducteur 0 < Nombre d'auto par conducteur ≤ 1

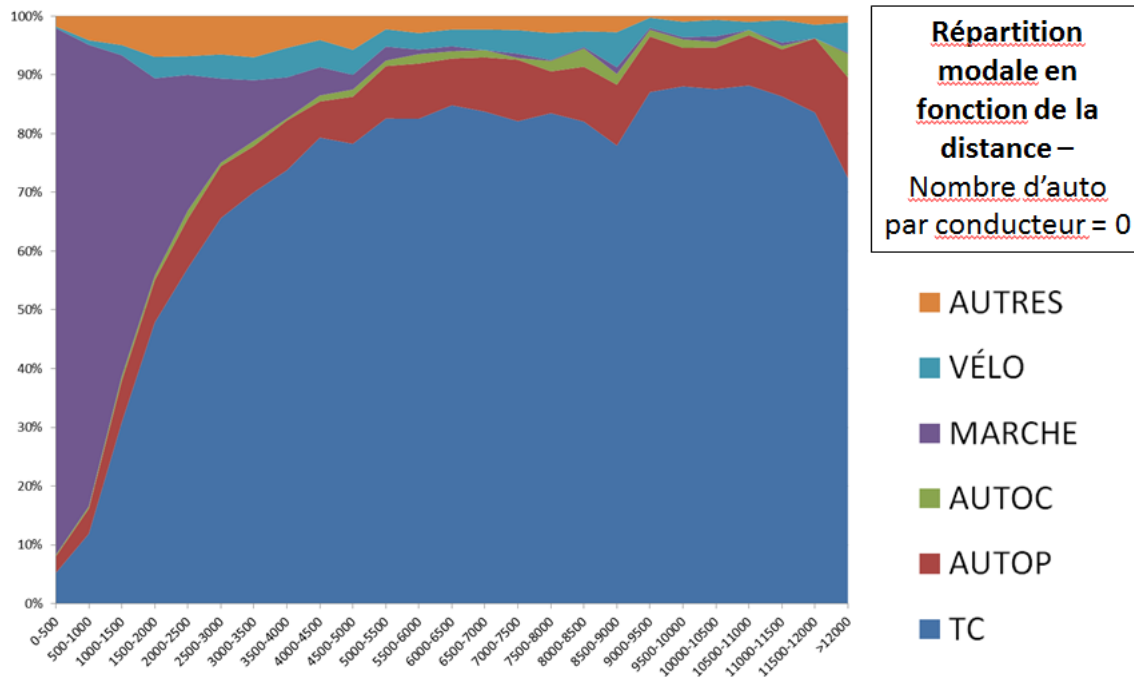


Figure 32. Part modale en fonction de la distance de déplacement, nombre d’auto par conducteur = 0

On remarque rapidement la corrélation entre le niveau d’accès à l’automobile et le choix modal. En effet, les ménages disposant d’au moins autant de voitures que de conducteurs (accès total) affichent des parts modales de l’automobile très élevées, quelle que soit la distance parcourue. On remarque également que le transport en commun plafonne rapidement vers une part modale d’environ 15 %, encore une fois, quelle que soit la distance parcourue. On remarque toutefois que la marche reste dominante pour des déplacements de moins de 1 km.

Pour les ménages en situation de compétitivité pour l’accès à un véhicule, qui ont donc moins d’une voiture par conducteur (accès partiel), on remarque que la part modale des transports en commun y est de 30 %, soit le double de la proportion observée dans les ménages avec accès total à l’automobile.

Finalement dans les ménages avec aucune voiture par conducteur, les transports en commun dominent partout où la marche n’est plus une option réaliste, c’est-à-dire, au-delà de 2 km.

Quelques travaux préliminaires ont été effectués afin de procéder à une classification des types d’usager en utilisant des méthodes de classification automatique (data mining) mais ceux-ci manquent encore de précision afin de pouvoir en tirer quelque conclusion que ce soit.

Également, des tentatives ont été faites afin d’effectuer une analyse point-à-point des déplacements observés mais les méthodes utilisées jusqu’à maintenant se sont avérées non suffisamment performantes afin d’accomplir cette tâche. De nouvelles techniques afin de calculer des matrices de distances point-à-point devront être envisagées à cette fin.



6.3.4 Échéancier de réalisation

Le Tableau 27 suivant montre l'échéancier de projet planifié. Le projet ayant débuté en janvier 2011 (mois 1) devra se terminer en Décembre 2011 (mois 12).

Tableau 27. Échéancier de réalisation – Déterminants du choix modal

Mois (2011)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1) État de l'art	■	■	■	■	■	■						
2) Méthodologie			■	■	■	■	■	■	■	■	■	
3) Rédaction									■	■	■	
4) Soumission											■	■



6.4 Méthodologie de collecte et analyse de données sur les déplacements commerciaux

- Étudiant : Jason Demers (maîtrise)
- Supervision : Morency et Trépanier
- État : en cours (fin prévue : mars 2012)
- Financement : Chaire Mobilité

6.4.1 Introduction

Dans la grande région de Montréal, les enquêtes Origine-Destination, réalisées aux 5 ans, permettent de dresser le portrait et d'analyser l'évolution des comportements de mobilité des personnes. Ces données soutiennent plusieurs exercices de planification au niveau métropolitain. Il n'existe actuellement pas d'équivalent au niveau du transport des marchandises. Pour différentes raisons, l'information disponible est partielle et ne permet pas de structurer des analyses pertinentes sur cette question pourtant critique notamment en milieu urbain.

Ce projet de recherche s'intéresse donc en priorité aux méthodologies de collecte de données sur le transport des marchandises, en particulier aux données qui permettraient initialement d'évaluer justement la contribution des déplacements commerciaux à l'utilisation des infrastructures urbaines. Il n'est donc pas question d'aborder de front toute la complexité du transport des marchandises en ville mais de contribuer à l'avancement des réflexions autour des méthodologies de collecte de données et des possibilités, au moins, d'assurer que les déplacements par camions puissent être intégrés dans les modèles de transport urbains. En outre, l'étude portera sur le mode routier, soient les déplacements effectués par camion seulement.

6.4.2 Problématique

Lorsque l'on compare au volet du transport des personnes, la question du transport des marchandises n'est pas aussi bien documentée; en effet, à l'échelle montréalaise voire du Québec, rares sont les données permettant de faire un diagnostic pertinent. Or, dans le contexte actuel de préoccupations croissantes envers le développement durable, une bonne compréhension des incidences du transport des personnes et des marchandises s'avère essentielle, notamment dans les milieux urbains.

Le développement d'indicateurs de performance permettant de dresser un portrait actuel du transport des marchandises par camions en milieu urbain, d'évaluer les changements en matière de mobilité des biens et éventuellement de mieux comprendre les impacts du transport de marchandises sur le systèmes de transport et la collectivité sont des enjeux que partagent plusieurs autorités. Plus précisément, l'élaboration de politiques, stratégies, l'imposition de cadres législatifs et de réglementations ainsi que l'injection de fonds publics dans les infrastructures de transport nécessite la connaissance, non seulement des enjeux, des processus décisionnels et du comportement du marché, mais aussi des patrons de déplacements des marchandises et véhicules les transportant.

6.4.3 Méthodologie

Le projet de recherche implique les étapes suivantes:

- Dresser l'état de l'art en matière de collecte de données sur les marchandises et le transport par camion;
- Identifier les différentes expériences de collecte de données et modélisation qui ont été réalisées récemment au Québec, notamment dans la grande région de Montréal;
- Expérimenter, selon les possibilités, différentes méthodes de collecte en vue d'en comprendre les potentialités à différentes échelles (enquête générateur par exemple);
- Valoriser différents ensembles de données, selon les disponibilités, afin d'en valider les applications surtout dans une perspective d'enrichissement de la mesure des impacts des déplacements par camion en milieu urbain;
- Formuler des éléments de recommandations quant à différentes méthodologies de collecte de données sur le transport des marchandises : identifier les différentes méthodes, décrire leurs fonctionnalités, évaluer leur applicabilité au contexte montréalais.

6.4.4 État de l'art

Le développement de méthodes de collecte de données en transport des marchandises est un exercice complexe que plusieurs définissent et expérimentent. Les réflexions et constats sur le sujet sont une riche source d'information.

Cette revue de la littérature porte sur les efforts les plus importants de conciliation d'information sur les méthodes et de tentatives de collecte de données. Elle n'est pas nécessairement exhaustive mais vise à identifier les éléments les plus importants. Elle est en développement.

Rapport de l'ATC

En 2010, l'ATC (Association des transports du Canada) a publié les résultats d'une étude visant à proposer un « Cadre de collecte de données de qualité supérieure sur le transport urbain des marchandises ». Deux besoins sont à la source de ce projet : « acquérir une connaissance utile des types de données nécessaires à la résolution des problèmes de transport urbain des marchandises » et « élaborer un cadre d'orientation des futures activités de collecte de données sur le transport des marchandises ». L'effort de concertation important de la part de plusieurs acteurs importants du milieu a mené à d'intéressants constats et recommandations.

Différents constats sont tirés de ce projet :

- On reconnaît d'emblée qu'il « existait de nombreuses déficiences dans les ensembles existants de données, voire des lacunes ». On rappelle qu'une « source exhaustive de données de qualité sur le transport des marchandises » n'existe toujours pas, signe qu'une telle source serait d'une très grande utilité.
- On dénote toutefois quelques municipalités de l'agglomération urbaine de Toronto qui possèdent des données de qualité, en ajoutant cependant qu'elles n'étaient pas à jour (2007) dans bien des cas.

- On relève aussi le fait que les transporteurs et expéditeurs de fret restent réticents à divulguer des renseignements portant sur leurs coûts, sous crainte de nuire à leur compétitivité.
- Il est souligné aussi que « la plupart des villes du monde possèdent trop peu de données nécessaires à l'évaluation de l'efficacité des politiques en place concernant le transport urbain de marchandises ». Un manque d'uniformité dans les données de certains pays en possédant ressort aussi, confirmant la complexité de la collecte et l'analyse de telles données.
- On note parmi les défis que, pour différentes sources de données, il arrive fréquemment que les données soient passablement différentes. Par exemple, elles peuvent être spécifiques à un mode de transport ou à une localisation géographique. Ces différentes données diffèrent d'une source à une autre, les rendant de ce fait moins comparables. D'un même point de vue, les sources de données « ne sont pas nécessairement compatibles au plan des zones de couverture, de la catégorisation par mode, du type de découpages utilisé à l'origine et à la destination ou du niveau de détail ». D'autres défis spécifiques sont cités et les plus pertinents sont énumérés ici :
 - Différences entre zones géographiques;
 - Indications des points d'origine et de destinations à différents niveaux de détails et selon des systèmes de projections différents;
 - Manque d'uniformité des données entre les années où celles-ci sont disponibles;
 - Unités de mesure différentes;
 - Méthodes de collecte de données différentes et qui varient dans le temps;
 - Sources d'échantillonnage qui varient;
 - Informations manquantes au niveau de la chaîne de modes de transport pour les segments multimodes;
 - Objectif visé de la collecte de données qui peut varier (administratif, juridique, fiscal, assurance, autre vs. planification des transports)
 - Données concernant les expéditions internationales mieux tenues que les dossiers sur le trafic intérieur (qualité des données recueillies non-uniforme);
 - Confidentialité des meilleures sources de données;
 - Peu de données sur le transport intermodal;

Sous la forme d'un tableau résumé, les types d'informations sur le transport routier des marchandises qui sont pertinents à la planification du transport urbain de marchandises ont été segmentés sous divers thèmes. Ceux-ci qui sont liés aux déplacements de camions sont montrés dans les tableaux ci-dessous.

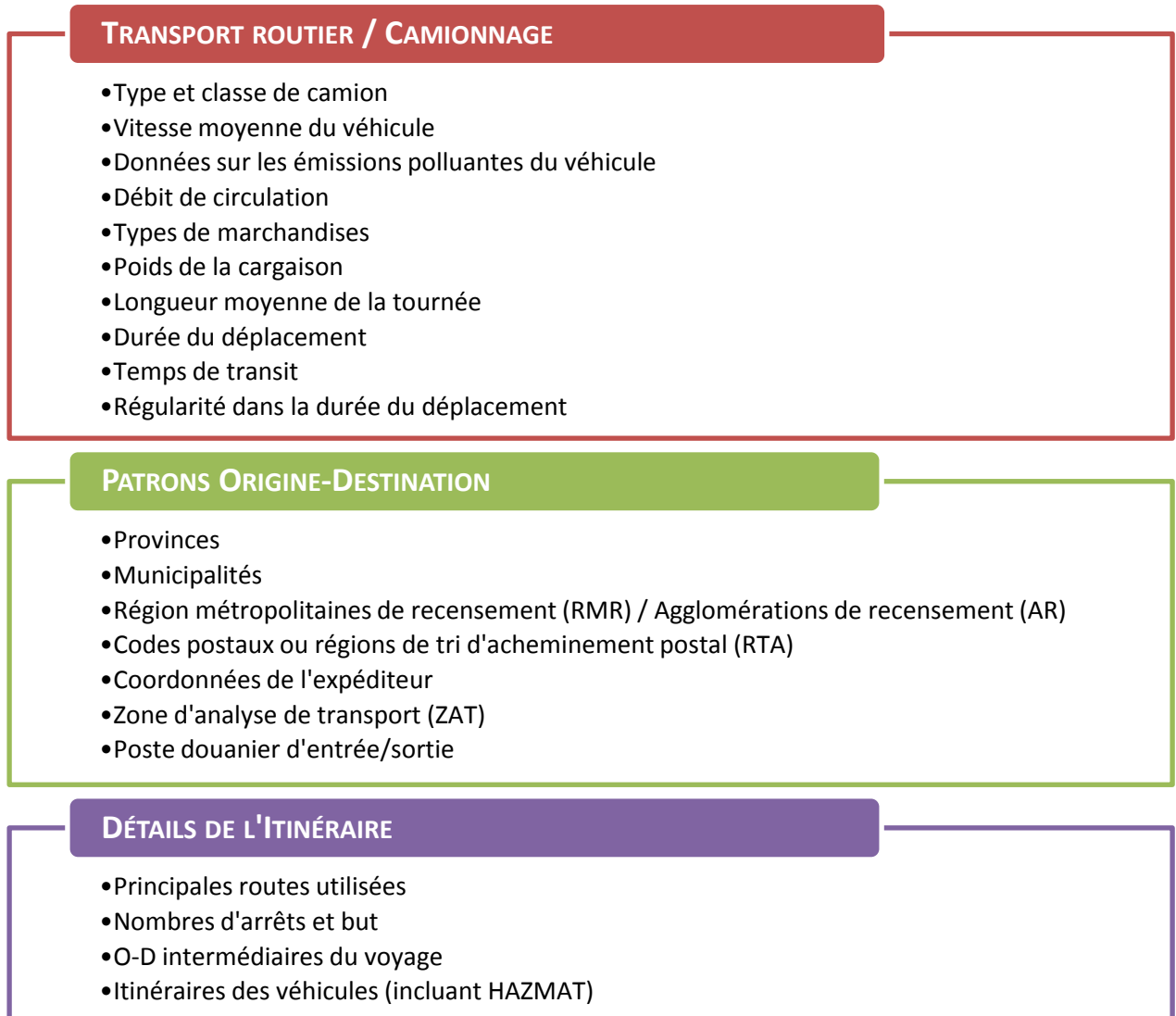


Figure 33. Caractéristiques des données sur le transport routier par camion (extrait du rapport de l' ATC 2010)

De la même manière, on a regroupé ensemble les informations nécessaires pour l'analyse du transport urbain de marchandises dont l'accès est difficile. Ces besoins sont regroupés en deux thèmes :

- les données sur le trafic urbain commercial et le transport des marchandises
- les données décrivant l'interaction entre le transport des marchandises, le réseau de transport et l'aménagement du territoire.

TRAFIC URBAIN COMMERCIAL ET TRANSPORT DES MARCHANDISES

- Nombre, taille et type de véhicules
- Poids, volume et type de marchandises transportées
- Nombre de voyages
- Type de voyages / nombre d'escales / fréquence dans la chaîne de déplacements
- Origine et destination
- Longueur du déplacement (véhicule et marchandise)

INTERACTIONS ENTRE LE TRANSPORT DES MARCHANDISES, LE RÉSEAU DE TRANSPORT ET L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

- Nombre par jour, semaine, mois et année de déplacements par véhicule sur des routes principales et des routes internes à la zone urbaine
- Composition du parc de véhicules mis en circulation
- Répartition temporelle, par jour et par semaine du transport urbain de marchandises
- Origine et destination des déplacements
- Durée des déplacements (incluant en mouvement)
- Durée des activités de chargement/déchargement
- Calendriers et fenêtres de livraison dans les zones urbaine

Figure 34. Besoins en données pour l'analyse du transport urbain de marchandises (extrait du rapport de l'ATC 2010)

Le projet a permis d'identifier les meilleures pratiques et de formuler des recommandations :

- Les pratiques les plus utilisées :
 - En premier lieu, les auteurs du rapport précisent que la méthode d'enquête la plus courante pour traiter du camionnage en milieu urbain correspond au questionnaire transmis par la poste précédé d'un appel téléphonique, cela en raison de sa rentabilité et d'un taux de réponse raisonnablement élevé. On souligne toutefois que les enquêtes postales faites sans appel téléphonique « ne produisent souvent qu'un faible taux de réponse ».
 - L'autre méthode la plus courante est celle des entrevues en bordure de route, qui est particulièrement pertinente dans l'optique d'analyser la question sous l'angle d'une zone géographique. Elles permettent aussi d'obtenir des renseignements complets et ont un taux de réponse très élevé.

- Selon Taylor (1997), les études les plus concluantes et effectives résultent d'une combinaison de plusieurs méthodes d'enquête. On y cerne les enquêtes origine-destination, celles auprès des exploitants de terminaux et celles visant le taux de production de déplacements, les comptages, les questionnaires envoyés par la poste et les enquêtes où des « groupes d'experts » sont enquêtés. Taylor appuie sa remarque par le fait que les caractéristiques de l'industrie varient selon plusieurs facteurs. Selon l'auteur, cette observation signifie que les caractéristiques de la méthodologie d'enquête doivent être choisies attentivement et selon les résultats attendus de l'enquête.
- De plus, les auteurs collaborant au rapport de l'ATC soulignent que les comptages classifiés par tranche horaire sur les artères et collectrices restent nécessaires, tout comme les taux de génération, les données d'exploitation de camions et les études de « dernier kilomètre ». Les extraits provenant de ces données « aideraient grandement à la planification du transport urbain de marchandises ».
- Échantillons
 - L'ATC reconnaît que les déplacements liés à la prestation de services font partie des déplacements classifiés commerciaux et doivent être englobés lorsque des établissements commerciaux sont enquêtés.
 - De son côté, Taylor (2007) attire l'attention sur la nécessité de sur-échantillonner les entreprises de camionnage indépendants ou de petite taille, car ils disposent de moins de ressources que les exploitants de gros parcs automobiles. La disponibilité du chauffeur peut être moindre vu ses tâches d'administration accrues au sein d'une plus petite entreprise.
 - Un constat semblable est soulevé pour les véhicules légers, où les taux de réponse sont « généralement médiocres et extrêmement variables », alors que leur proportion peut par endroits être très élevée. Malgré que leur utilisation est requise pour des « objectifs et tâches différents que ceux des véhicules génériques de transport de marchandises », la nécessité peut parfois être présente de « collecter ces données séparément ou (...) d'obtenir un échantillon plus grand ».
 - En dernier lieu, Morris et al.(1998) soulèvent deux enjeux importants : 1) La cueillette de données à la fois quantitatives et qualitatives et 2) Le respect des exigences de confidentialité des représentants de l'industrie.
- Déroulement des enquêtes :
 - Sous ce thème, c'est Finnegan et al. (2005) qui sont les plus pertinents. Ils se questionnent sur les principaux centres urbains de distribution, qui devraient être examinés et sur l'étude des mesures de coordination qui sont prises par les

entreprises en zone urbaine par rapport au moment de livraison et au type de marchandises livrées. De plus, on suggère « l'affectation d'enquêteurs pour distribuer personnellement les questionnaires aux entreprises situées sur des rues prédéterminées », pour son utilité de collecter les « rétroactions et commentaires du personnel des magasins ».

- Analyse des enquêtes :
 - Il y a de plus des commentaires pertinents qui réfèrent aux activités ultérieures d'analyse d'une enquête. On introduit aussi les notions d'éléments qui « doivent être soigneusement contrôlés et définis clairement », soient la taille et la stratification de l'échantillon, le plan d'échantillonnage, le taux de réponse et la précision de l'enquête. On réitère aussi que l'interprétation et la précision des données basées sur des échantillons doivent être accompagnés d'indications claires et que l'on doit « reconnaître pleinement les limites de ces dernières » (The National Institute for Transport and Logistics, 2005; McKinnon et autres, 2000a).
- Continuité et perspectives des enquêtes
 - Browne (2005) souligne à raison que les enquêtes se déroulant de façon continue ou l'utilisation d'outils semblables pour des enquêtes successives « peut constituer une solution attrayante » en raison de la familiarité développée par les participants avec le processus d'enquête.
 - Les auteurs de l'ATC soulèvent également qu'il existe des sources d'informations pertinentes et utiles probablement sous-utilisées. En effet, s'appuyant sur une étude réalisée dans l'agglomération de Toronto, les auteurs précisent que malgré toutes les lacunes des données dans le domaine, des liens ont été établis « entre les séries historiques de comptage et les facteurs socioéconomiques et démographiques explicatifs ».
 - En terminant, on décrit deux nouveaux processus prometteurs de collecte :
 - Le premier consiste en des enquêtes à préférences déclarées adaptées à la situation, « focalisant sur des situations hypothétiques mais réalistes permettant aux répondants de fournir l'information significative que les analystes mettront à profit pour dégager des relations quantitatives à l'égard des choix comportementaux ».
 - Le deuxième processus constitue pour sa part en un instrument : le moniteur de positionnement global ou GPS. De par sa nature procurant la localisation d'un véhicule en mouvement, il « permet d'obtenir des renseignements précis en tout temps sur le lieu où se trouve un véhicule », en plus d'autres renseignements : itinéraire, temps et vitesse de parcours, nombre d'arrêts, durée d'arrêt, consommation de carburant et émissions. Il est noté que les moniteurs GPS n'enregistrent

cependant aucune information à propos des marchandises transportées ou l'objet des arrêts faits.

Les méthodes de collecte

Il est évidemment pertinent de bien cerner l'ensemble des diverses méthodes de collecte de données pour enquêter le transport de marchandises. Les méthodes peuvent être triées selon les 6 catégories suivantes (Jessup et al. 2004) :

- Enquête par la poste
- Enquête téléphonique
- Enquête en bordure de route
- Enquête combinée par téléphone et par la poste
- Surveillance vidéo
- Moniteur GPS attaché à un échantillon de camions

Un tableau du rapport NCHRP Synthesis 298 (Fischer et Han Myong, 2001) témoigne des avantages et désavantages de chacune des méthodes connues (Tableau 28).

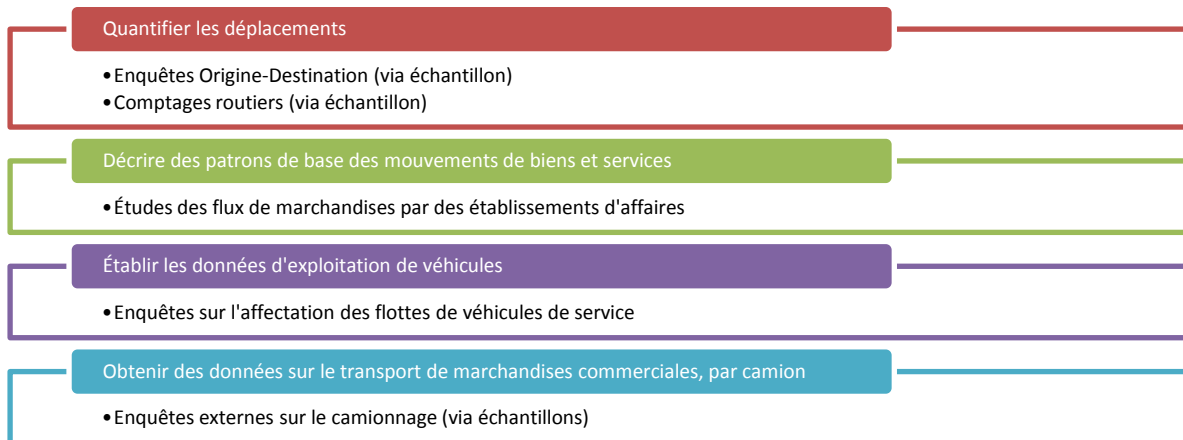
Tableau 28. Méthodes de collectes de données sur le déplacements par camion (NCHRP 298, 2001)

Table 2.4: Truck trip data collection approaches and implementation techniques

Survey Approach	Implementation Technique	Advantages	Disadvantages
Vehicle Classification Counts	Manual Counts (direct observation)	<ul style="list-style-type: none"> • May be more accurate than automated counters. • No traffic disruption. • Low risk to individual observers. 	<ul style="list-style-type: none"> • High personnel requirement • Potential for human error. • No information regarding O-D, trip purpose, route, commodity, etc.
	Automated or Electronic Data Collection (WDM, Loop Detectors, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • No traffic disruption. • Able to collect traffic counts at many sites, efficiently with low labor requirement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Potential for equipment failure. • No information regarding O-D, trip purpose, route, commodity, etc. • Limited to location and availability of electronic transponders.
	Video Surveillance	<ul style="list-style-type: none"> • No traffic disruption. • Better information on type of commodity hauled compared with automated counters. 	<ul style="list-style-type: none"> • High equipment cost requirement. • Potential for equipment failure or recording during adverse weather. • No information regarding O-D, trip purpose, route, specific commodity, etc.
Roadside Intercept Surveys	Roadside Interview	<ul style="list-style-type: none"> • Complete information, especially related to O-D, route, trip purpose, specific commodity, etc. • High response rate • Good sampling control • Ability to expand to total truck traffic population. 	<ul style="list-style-type: none"> • High labor requirement. • Significant risk to survey personnel. • Potential disruption of traffic. • Limited locations where survey may be implemented. • Only captures truck traffic that passes through interview sites.
Travel Diary	Phone Survey	<ul style="list-style-type: none"> • Higher response rate when compared to mail surveys. • Quick turnaround. 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulty obtaining appropriate and correct phone numbers. • Can only call during regular business hours. • Under-representation of out-of-state trucks in sampling frame.
	Mailout-Mailback Survey (owners, operators, or receivers)	<ul style="list-style-type: none"> • Inexpensive 	<ul style="list-style-type: none"> • Low response. • Difficulty ensuring appropriate individual complete survey. • Requires access to vehicle registration list file (DMV or third party list) • Under-representation of out-of-state trucks in sampling frame.
	Combination Phone-Mailout-Mailback Survey	<ul style="list-style-type: none"> • Improved response rate over mail only survey. • Better identification of appropriate survey respondent. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relatively low response. • Follow-up calls may be time-consuming and costly. • Requires access to vehicle registration list file (DMV or third party list). • Under-representation of out-of-state trucks in sampling frame.
	Personal Interview	<ul style="list-style-type: none"> • Complete information 	<ul style="list-style-type: none"> • High labor requirement. • Expensive.

Source: Fischer, Michael J. and Han Myong. "Truck Trip Generation Data: A Synthesis of Highway Practice." NCHRP Synthesis 298, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2001.

Quant au type d'enquête entrepris, l'ATC (2010) suggère les suivantes selon le but de l'étude:



6.4.5 Collecte de données de transport de marchandises au Québec

La collecte de données la plus vaste concernant le transport par camions au Québec se réalise environ aux 5 ans, en parallèle avec l'*Enquête en bordure de route (National Roadside Survey)* que réalise Transport Canada. Depuis les années 1990, cette enquête a été réalisée en 4 occasions : 1991, 1995, 1999 et 2006-2007.

Au Québec, l'enquête de 1999 a été sujette à un important effort de la part des effectifs du Ministère des Transports. Les travaux ont permis de produire le rapport nommé *L'enquête sur les déplacements interurbains de véhicules lourds au Québec* et de documenter les phénomènes de transport des marchandises au niveau de la province. Cette enquête a permis de se pencher sur la génération de déplacements par camions et la simulation des flux de camionnage interurbains (de longue distance) sur le réseau québécois.

Par contre, le but de l'enquête était plutôt de décrire les échanges routiers de commerce entre les grandes régions du Québec et leurs partenaires hors-Québec. Bien que les déplacements interurbains effectués dans les milieux urbains aient été recensés, les mouvements spécifiquement en milieu urbain ne font pas partie de l'univers de données.

Quant à l'enquête de 2006-2007, elle est toujours en exploitation : différentes analyses ont été réalisées.

Plusieurs autres travaux concernant le transport des marchandises au Québec ont été réalisés à partir de sources de données diverses (ex. importations/exportations, relevés de douane, etc.). Aussi, plusieurs travaux traitent du transport interurbain. Or, le projet de recherche vise à analyser le transport des marchandises en traitant des mouvements de véhicules en milieu urbain. Les travaux réalisés au Québec ont tout de même une valeur importante afin de pouvoir comprendre et connaître la situation générale du transport des marchandises, de façon à corrélérer les résultats au niveau urbain.

Voici une liste résumant les collectes de données concernant le Québec qui ont été réalisées depuis les années 90. Cette liste, résumant bien les grands efforts de collecte de données dans le domaine, peut par contre omettre certaines enquêtes dont nous ne connaissons pas l'existence.



Tableau 29 - Inventaire des collectes de données ou enquête sur le transport des marchandises routier concernant le Québec.

NOM DE L'ENQUÊTE	DÉBUT	FIN	ORGANISME
Enquête sur le transport routier de marchandises pour compte d'autrui	1970	En cours	StatCan
Enquête annuelle sur les transporteurs routiers de marchandises	1974	2008 (remplacée)	StatCan
Enquête annuelle sur le camionnage	Remplace l' <i>Enquête annuelle sur les transporteurs routiers de marchandises</i>		StatCan
Enquête trimestrielle sur les transporteurs routiers de marchandises	1988	En cours	StatCan
Enquête sur l'origine et la destination des marchandises transportées par camion (ODMTC)	Remplace l' <i>Enquête sur le transport routier pour compte d'autrui</i> (En cours)		
Enquête annuelle sur les petits transporteurs routiers de marchandises pour compte d'autrui et les chauffeurs contractants	< 1990	2008 (discontinué)	StatCan
Enquête en bordure de route	1991	2006-2007	Transport Canada / MTQ
Enquêtes CUM/MTQ	1992	1992	CUM / MTQ
Border Crossing Data U.S.-Canada	1994	2003	BTS / RITA
Enquête sur l'industrie de messageries et des services locaux de messagers	1997	2008	StatCan
Étude des flux du Bas-Saint-Laurent	1998	1998	Centre qc de logistique app.
Enquête sur les caractéristiques de la logistique et du transport dans le secteur manufacturier	1999	1999	UQAT
Enquête nationale auprès des expéditeurs en matière de transport industriel sur les déplacements	1999	1999	ACTI
Enquête sur les déplacements de camions auprès des établissements manufacturiers de la région de Montréal	1999	1999	Conseillers ADEC inc.
Enquête sur les véhicules au Canada	1999	2009 (abolie)	StatCan
Enquête aux centres intermodaux de Montréal	2010	2010	CITM / MTQ / Ville de Montréal

6.4.6 Montage et exploitation d'une base de données sur les déplacements commerciaux sur le campus de l'Université de Montréal

Au cours des mois de février et mars 2011, le vice-rectorat aux affaires étudiantes et au développement durable de l'Université de Montréal, avec la collaboration des agents de stationnement du campus principal, a mené une enquête aux postes d'entrée du campus afin de connaître l'affluence de véhicules commerciaux sur le campus. Les sections suivantes définissent le processus utilisé ainsi que les résultats obtenus jusqu'à maintenant. D'un point de vue recherche, ce processus de nature pédagogique vise à mieux comprendre les enjeux liés à une collecte de données auprès des générateurs et à expérimenter une méthode de collecte visant spécifiquement à mesurer les quantités de camions circulant aux abords de sites.



Méthode d'enquête

Des fiches d'enquête papier ont été remises aux agents de stationnement des postes Decelles/Queen-Mary (Q_M) et Édouard-Montpetit (É=M) de l'Université de Montréal. Ces fiches contenaient des cases à cocher pour l'intervalle d'heure (30 min.) et le type de camion qui entrait sur le campus. Une fois remplies, les cases donnaient des comptes classifiés pour chaque période de 30 minutes selon le type de camion. Des images représentant les différents types de camions permettaient de mieux les identifier sur la fiche.

Types de camions

Les types suivants pouvaient être reconnus et classés : taxi, mini van, petit camion livraison, petit camion, gros camion, citerne, construction/bennes, bus/autobus, mini bus, poubelles/recyclage et autres.

Durée d'enquête

Selon notre compréhension, des fiches étaient encore distribuées aux employés des guérites en date du 31 mars 2011. Pour le moment, les analyses ont été conduites avec les fiches complétées entre le 21 février et le 8 mars 2011. Normalement, 2 fiches par jour de semaine sont remplies, couvrant la période de 7h à 21h. Certaines périodes ou journées sont manquantes.

Pour un total de 12 jours pour lesquels nous avons reçu des comptes classifiés sur 2 sites différents et ce, de 7h à 21h, soit durant 14h par jour, le nombre total d'heures de couverture possible est de 336 heures. Or, le total du nombre d'heures durant lesquelles nous n'avons pas reçu de comptages s'élève à 71,5 heures. En tout, cela représente 21,3% des heures totales de couverture qui sont manquantes. Le tableau ci-dessous résume les périodes pendant lesquelles les données sont absentes.

Tableau 30 - Périodes de données manquantes

JOUR	DATE	HEURES	SITE	JOUR	DATE	HEURES	SITE
MAR	22 fév.	12h-13h30	É-M	MER	2 mars	12h-13h30	É-M
LUN	28 fév.	7h-21h	É-M / Q-M	VEN	4 mars	12h-13h30	É-M
MAR	1 mars	7h-9h	É-M	LUN	7 mars	7h-21h	É-M
MAR	1 mars	7h-9h30	Q-M	MAR	8 mars	7h-21h	É-M
MAR	1 mars	14h30-21h	É-M				

Saisie des données

Les informations ont initialement été recueillies sur papier. Il a donc été nécessaire de saisir les informations sous forme de base de données afin d'en permettre l'exploitation.

6.4.7 Analyse

Une analyse temporelle a été effectuée à partir de la base de données créée. Pour le moment, seules les données sur les véhicules de marchandises ont été analysées. Les catégories taxi, bus, mini bus ne sont donc pas traitées mais les données sont disponibles et des analyses similaires pourraient aussi être conduites.

Détails

Afin d’obtenir un ensemble de données représentatif d’une semaine typique, les données manquantes ont été imputées à partir des données présentes pour la même période horaire du même type de jour (autre semaine).

Aussi, la journée du 7 mars, un lundi, a été comptabilisée dans les données, afin de remplacer la journée du lundi du 28 février qui n’avait pas été recensée. De plus, étant donné que le mardi avait bien été compilé durant 2 autres semaines, la journée du 8 avril n’a pas été utilisée pour effectuer les analyses. Ceci permet donc d’avoir un portrait des déplacements commerciaux sur une période de deux semaines (jours ouvrables).

Il est à noter que la classification des types de camions dépendait de l’avis de l’agent de stationnement. Étant donné le roulement d’employés aux différents guichets de stationnement sur le campus, le type de classification des employés pouvait différer de période en période. Aucun moyen n’a été pris pour contrer ce biais possible. Il a cependant été noté des nombres anormalement élevés de certains types de camions durant certaines périodes. Par exemple, la catégorie mini van est susceptible d’avoir été mal interprétée en incluant les fourgonnettes de passagers, qu’on voudrait idéalement exclure. Encore une fois, nous n’avons pas corrigé ces valeurs douteuses pour les analyses ci-présentes.

Résultats - illustration

Sur une période de deux semaines soit 10 jours ouvrables, on estime à quelque 5400 le nombre de véhicules commerciaux qui ont accédé sur le campus entre 7h00 et 21h00. Le graphique qui suit résume la distribution temporelle totale de ces véhicules pendant ces dix journées. La distribution temporelle observée est typique des rythmes quotidiens d’activités avec des périodes de pointe vers 8h-10h et 16-19h.

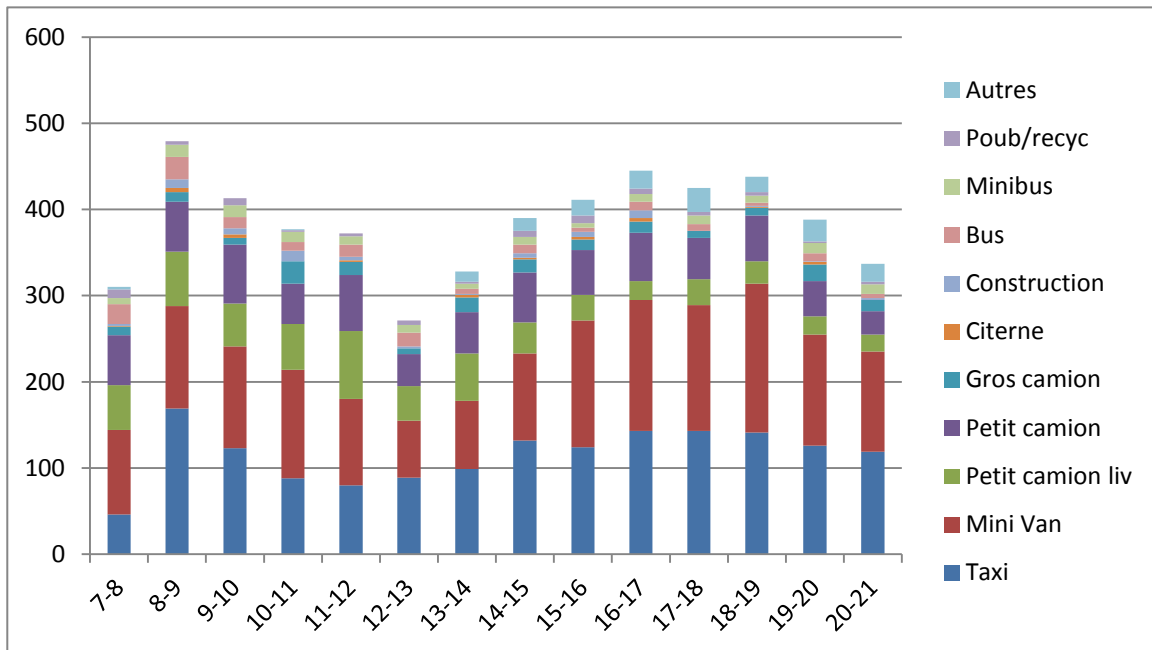


Figure 35. Distribution temporelle des véhicules observés aux guérites sur 10 jours ouvrables

Le diagramme suivant permet aussi d’observer que les deux types de véhicules les plus souvent observés lors de la collecte de données sont les mini vans avec 31% des véhicules et les taxis avec 30% des véhicules.

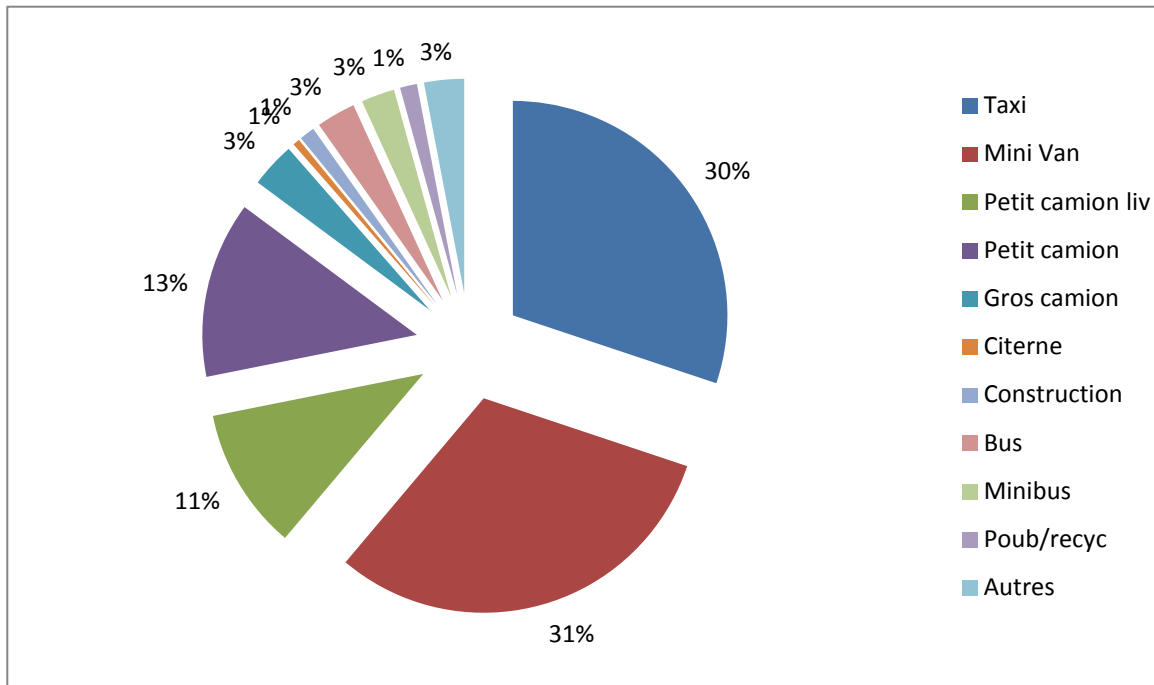


Figure 36. Répartition des véhicules observés aux guérites sur 10 jours ouvrables selon le type de véhicule

En outre, les patrons temporels changent selon le type de véhicule et le type de jour. Les graphiques qui suivent présentent certaines analyses pertinentes pour témoigner de cette variabilité.

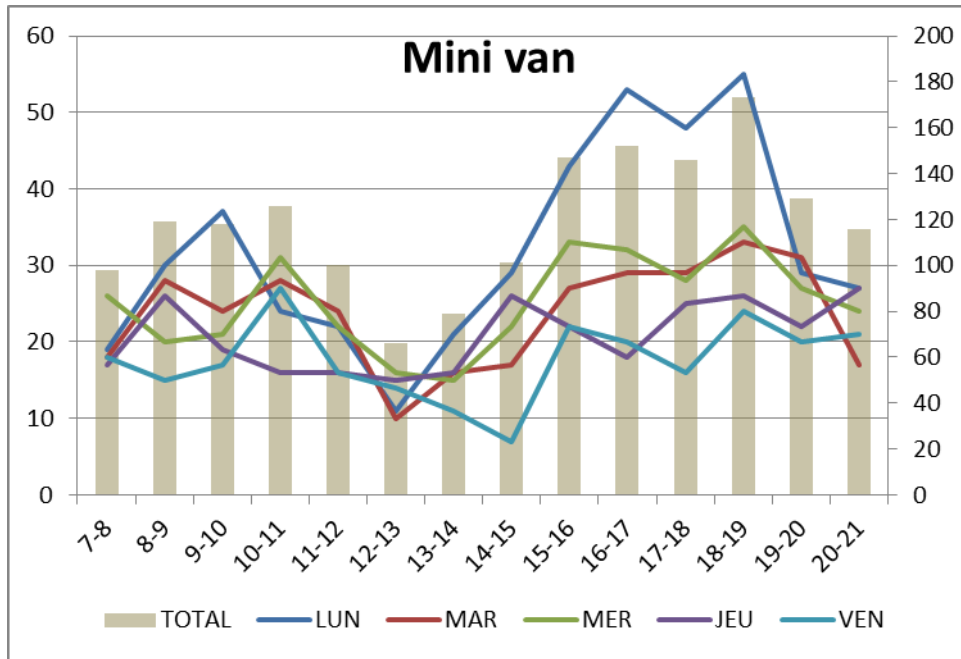


Figure 37 - Répartition horaire des mini vans observés aux guérites par jour de la semaine (sur 10 jours ouvrables)

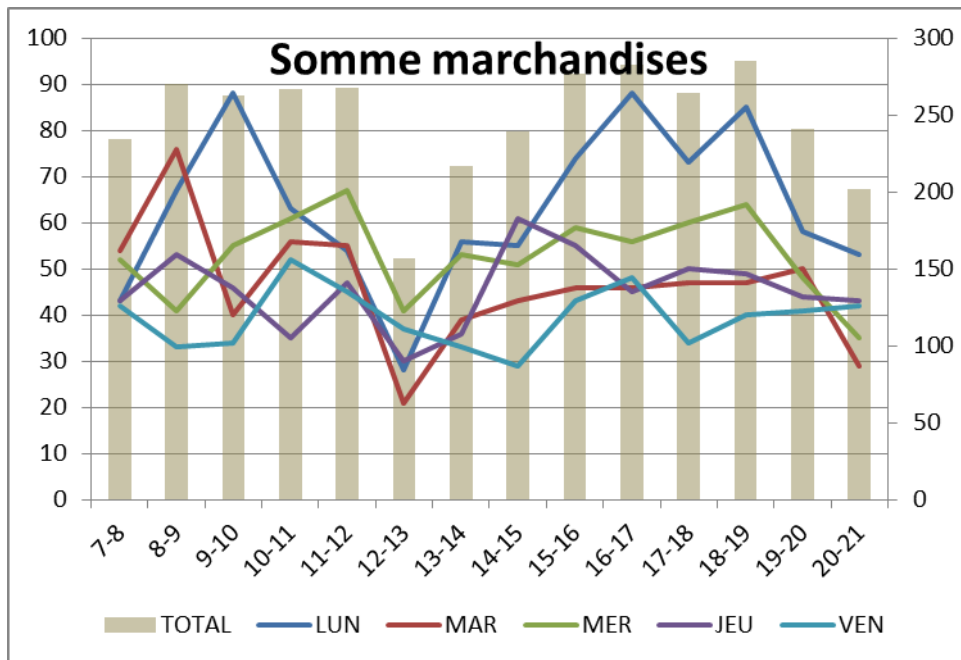


Figure 38 - Répartition horaire de tous les camions de marchandises observés aux guérites par jour de la semaine (sur 10 jours ouvrables)

En somme, le graphique ci-dessous montre les totaux journaliers et indique les proportions de chaque type de véhicule commercial selon ces journées. La variabilité journalière permet de démontrer que le campus constitue une destination plus ou moins fréquente pour certains véhicules selon les journées. On remarque que la moyenne d'un jour de semaine pour le total des flux de circulation sur le campus connaît une diminution notable le mardi par rapport au lundi, pour ensuite reprendre du volume le mercredi et s'estomper graduellement jusqu'au vendredi. En chiffres, la moyenne pour un lundi se situe à 443 véhicules commerciaux, pour un mardi à 325, pour un mercredi à 372, pour un jeudi à 319 et pour un vendredi à 277. À noter que le graphique ci-dessous présente les chiffres pour 2 semaines complètes (10 jours ouvrables).

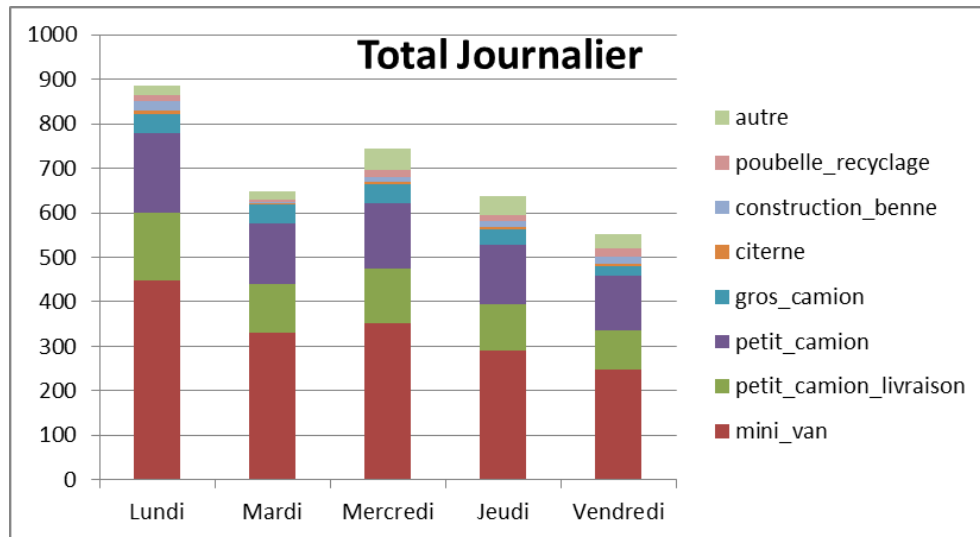


Figure 39 - Totaux journaliers par type de véhicule pour 10 jours ouvrables

Travaux prévus dans le cadre de l'enquête sur le campus

Mentionnons qu'en complément aux analyses précédentes, une enquête de type « plaques » s'est déroulée sur le campus de l'Université de Montréal en date du 6 avril 2011. L'enquête a pour but d'estimer les distances parcourues et les émissions de gaz à effet de serre par les véhicules commerciaux. Les résultats de ces analyses devraient permettre d'améliorer l'état des connaissances de la mobilité générée par les activités de l'Université sur son propre campus.

6.4.8 Guide d'usage en transport des marchandises et modèle orienté-objet

Parallèlement aux autres activités de recherche, l'élaboration d'un guide ou lexique utile à une compréhension plus aisée du domaine étudié ici présente une valeur ajoutée au projet. Le travail d'élaboration permettrait de représenter un univers plus méconnu pour certains acteurs du milieu.

Dans la même veine, un modèle orienté-objet sera aussi élaboré, en tentant d'identifier toutes les entités et processus en présence pour décrire les flux de marchandises (mode, contenu, type de véhicule, type de transporteur, d'expéditeur, de marché, etc.).



6.4.9 Prototypes d'indicateurs clés

Finalement, l'objectif de formulation d'indicateurs clés sur le transport des marchandises par camion en milieu urbain permettra de contribuer au mandat général de la Chaire.

6.4.10 Résultats attendus et discussion

Les parties du projet de recherche n'ayant pas encore été réalisées sont les suivantes : montage et réalisation d'une enquête de type « plaques », exploitation des données de l'enquête réalisée, proposition d'une méthodologie de collecte de données, lexique en transport des marchandises, modèle orienté-objet et prototypes d'indicateurs clés. Les développements, analyses, réflexions et résultats de ces parties seront présentés dans la prochaine année.

Toujours dans le but de rendre ce projet de recherche le plus complet possible, plusieurs démarches ont été entreprises au cours des derniers mois avec différents intervenants du milieu afin d'améliorer la compréhension du domaine et des systèmes et de développer des relations permettant de faire évoluer les travaux. En ce sens, certaines démarches vont bon train et aident à faire progresser le projet. Les renseignements que l'on peut obtenir en œuvrant de plus en plus avec les acteurs du transport des marchandises permettront de faire évoluer le projet et amélioreront toujours notre vision du domaine. Ces démarches doivent donc se poursuivre au fil des travaux réalisés afin de faire en sorte que l'objectif de mobilité durable se transpose aussi dans cette branche des transports.

Les intervenants rencontrés jusqu'à présent ont tous fait savoir que la problématique, quoique bel et bien présente et méritante d'un examen plus approfondi, ne rallie pas toujours la communauté y œuvrant. Bien sûr, il ne faut pas sous-estimer les coûts de telles collectes et le grand nombre d'intervenants de tous ordres à concerter lorsqu'on projette des discussions et solutions. Cela représente des interactions complexes, des niveaux de préoccupations très différents, des enjeux de confidentialité de l'information et une envergure d'efforts de coordination qui semble, pour certains intervenants, démesurée par rapport aux bénéfices escomptés. Les démarches ne sont donc pas faciles, mais en même temps, plusieurs projets sont bien menés à terme et innovent, alors que d'autres n'aboutissent parfois pas. Néanmoins, ce projet de recherche permettra de rassembler un ensemble de connaissances et de mettre à l'épreuve, par des expérimentations simples, certaines méthodes de collecte de données.

6.4.11 Échéancier de réalisation

Ce projet de recherche vise une conclusion en décembre 2011. Un échéancier détaillé des activités de recherche est proposé ci-dessous.

Tableau 31 - Échéancier détaillé des activités de recherche

	AUTOMNE 2010				HIVER 2011				ÉTÉ 2011				AUTOMNE 2011			
MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
<i>Activités</i>																
Rencontres avec intervenants	■				■	■	■	■	■	■	■	■				
Expérimentation des méthodes	■							■	■	■	■	■	■			
Expérimentation de l'exploitation								■	■	■	■	■	■			
Traitement des résultats										■	■	■	■			
<i>Biens livrables</i>																
Sujet de recherche (dépôt)			■	■												
Revue de littérature					■	■										
Résultats des expérimentations								■	■	■	■	■	■			
Proposition méthode de collecte de données										■	■	■	■			
Prototypes d'indicateurs clés										■	■	■	■			
Mémoire de maîtrise													■	■	■	
Mémoire de maîtrise (corrections)															■	■
<i>Événements</i>																
Congrès TRB - Washington					■											
Congrès AQTR - Montréal							■									



6.5 Méthodologie d'analyse des stationnements

- Étudiant : Abdoulaye Diallo (maîtrise)
- Supervision : Morency et Saunier
- État : en cours (fin prévue : mars 2012)
- Financement : Chaire Mobilité

6.5.1 Introduction

Depuis un demi-siècle, la ville a beaucoup changé. La motorisation a marqué d'un sceau indélébile son empreinte sur l'urbain. À ce titre, l'urbanisation et la motorisation ont suscité beaucoup d'attention. Autant au sein de la communauté scientifique qu'au niveau des décideurs politiques et autres acteurs du milieu urbain, les villes et les patrons de déplacement n'ont jamais cessé d'être au cœur des préoccupations. En effet, malgré les progrès de la science et les multiples possibilités offertes par les nouvelles technologies, les problèmes liés aux transports (congestion...), à la mobilité et à l'utilisation du sol (étalement urbain ...) croissent de façon constante, causant ainsi plusieurs nuisances qui sont plus en plus difficiles à ignorer et gérer.

Il faut donc viser une meilleure compréhension intégrée des domaines du transport et de l'utilisation du sol et développer des solutions qui portent à la fois sur ces deux composantes du système urbain. Un des éléments clef qui met en relation ces deux composantes est celui des stationnements. Malgré leur importance dans une région urbaine, ceux-ci sont souvent négligés. En fait, beaucoup de recherches portent sur les véhicules lorsqu'ils sont en mouvement alors que peu s'intéressent à l'espace que les véhicules requièrent lorsqu'ils sont immobiles. Pourtant, on estime que les véhicules passent 95 % de leur temps stationnés (Litman, 2011). Cette réalité n'est pas sans impact sur l'utilisation du sol, car outre l'espace utilisé lors des déplacements, les véhicules exigent des espaces de stationnement aux différents lieux de résidence et d'activités, au moins deux, une à l'origine et une à la destination. Ainsi, au Québec seulement, pour pouvoir stationner les 5,5 millions de véhicules recensés en 2007 (S.A.A.Q., 2003), il a fallu prévoir 231 000 kilomètres carrés d'espaces de stationnement. Avec plus d'un milliard de véhicules dans le monde (Robert, 2008), il s'avère que ce sont, au minimum, 42 millions de kilomètres carrés qui sont consacrés au stationnement¹.

Il va sans dire qu'une bonne gestion urbaine passe par une meilleure compréhension du phénomène de stationnement.

6.5.2 Problématique

Très souvent, le stationnement est associé à des mots tels que : brisure du tissu urbain, îlots de chaleur, insécurité, pollution, congestion automobile, etc. Todd Litman, dans son livre *Parking Management Best Practices* (2006), discute de l'ancien et du nouveau paradigme en matière de gestion des stationnements. Dans l'ancien paradigme, toutes les décisions concernant le stationnement sont orientées en faveur de l'automobiliste et font fi de tous les autres facteurs. Ainsi, un problème de stationnement réfère typiquement à

¹ Ces estimations sont faites sur la base de deux espaces de stationnement par véhicule en négligeant les dimensions des camions, car nous avons pris la dimension de 21 m² (3 m x 7m) pour un espace de stationnement.



un manque d'espaces de stationnement. En outre, les stratégies visent souvent à maximiser le nombre d'espaces, à assurer la gratuité du stationnement voire à le subventionner.

Il faudrait donc aborder cette situation autrement et aborder la question du stationnement selon un nouveau paradigme. Dans le nouveau paradigme tel qu'énoncé par Litman, on a tendance à tenir compte des aspects tels que l'aménagement paysager, les designs favorisant les autres modes de déplacement, la flexibilité d'usage des stationnements, une plus grande cohésion entre les espaces de stationnement et leurs voisinages, etc. Selon cette vision, on part du principe que trop de stationnement peut aussi être nuisible, que l'utilisateur doit payer pour son usage et que la dépendance accrue à l'automobile n'est pas nécessairement souhaitable.

Il a été démontré que, pour accommoder les automobilistes, les politiques de stationnement ont souvent eu comme effet de désavantager certains citoyens, notamment ceux qui ne sont pas motorisés ou qui utilisent moins leurs véhicules (Shoup, 2005b). La révision des politiques de stationnement en vue d'instaurer plus d'équité et peut-être même favoriser les autres modes de déplacement, pourrait être vue comme un moyen efficace de rétablir un certain équilibre en milieu urbain.

Tableau 32. Comparaison entre l'ancien et le nouveau paradigme en stationnement (Litman, 2006)

Ancien Paradigme	Nouveau Paradigme
« <i>Problème de stationnement</i> » veut dire offre insuffisante d'espaces de stationnement.	Il peut y avoir plusieurs types de problème de stationnement, incluant une offre insuffisante ou excessive, des prix trop bas ou trop élevés, une information inadéquate, et une gestion inefficace.
En matière de stationnement, l'abondance de l'offre est toujours souhaitable.	Trop d'espaces de stationnement est aussi nuisible que manque d'espaces.
Le stationnement doit toujours être gratuit, indirectement subventionné (taxes et loyers).	Le plus possible d'utilisateurs devraient payer directement pour stationner.
L'offre de stationnement doit suivre la logique du premier venu premier servi.	Le stationnement devrait être régi afin de favoriser des usages prioritaires et encourager l'efficacité.
Les taux requis de stationnement doivent être appliqués de façon uniforme, sans exception	Les taux requis de stationnement devraient être flexibles et refléter chaque situation en particulier.
Les solutions novatrices doivent être éprouvées en matière d'efficacité et ne seront introduites que si cette efficacité est démontrée et fait consensus.	L'innovation devrait être encouragée. Même infructueuses, les expérimentations fournissent souvent des informations utiles.
La gestion des espaces stationnements n'est utilisée qu'en dernier ressort, que lorsque l'augmentation de l'offre est infaisable.	La gestion de stationnement devrait être largement appliquée pour prévenir les problèmes.
« <i>Le transport</i> » veut dire conduire.	La conduite automobile n'est qu'un autre moyen de transport.
<i>L'étalement urbain est acceptable même souhaitable.</i>	La dépendance à l'automobile et l'étalement urbain peuvent être indésirables.

6.5.3 Intérêts de la thématique du stationnement

Avec la prise de conscience actuelle et les préoccupations liées au développement durable, il devient évident qu'un des problèmes importants auxquels font face les autorités urbaines est celui de la gestion des espaces de stationnement. En effet, le



stationnement relie deux secteurs clefs de la gestion urbaine à savoir, l'utilisation du sol et le transport.

Shoup, en disant: « ... parking is the unstudied link between transportation and land use. », fait ressortir le fait que la problématique du stationnement suscite peu d'intérêt dans le domaine de la recherche. L'urbanisme (outil par excellence pour façonner la forme de la ville) et le transport sont donc reliés par la problématique du stationnement, dont l'importance devient alors évidente. D'ailleurs, il a été démontré que le stationnement peut avoir beaucoup d'impacts sur la gestion urbaine². En effet, la gestion du stationnement peut influencer des domaines aussi larges que le prix des marchandises, la valeur des propriétés, la perception de sécurité des citoyens, la qualité des milieux de vie, etc.

Selon Équiterre, la gestion de l'offre de stationnement peut constituer le levier le plus puissant dont disposent certains arrondissements; il n'est toutefois pas toujours utilisé à de façon efficace (Equiterre, 2009). En effet, le stationnement peut bel et bien être un outil multifonction aidant à la mise en place de plusieurs politiques. En tant qu'outil de gestion, il se distingue par sa flexibilité : il peut en effet soutenir différentes politiques. La gestion du stationnement est donc un outil qui peut servir de catalyseur au succès de diverses mesures de gestion urbaine.

Toutefois, la collecte de données sur la disponibilité et l'utilisation des espaces de n'est pas simple. Par conséquent, les planificateurs et décideurs urbains se retrouvent souvent à prendre des décisions sans disposer de toute l'information nécessaire. Ce projet de recherche s'intéresse notamment à la question des données pertinentes à l'étude des stationnements.

6.5.4 Objectifs

Ce projet de recherche vise à développer une méthodologie d'analyse des stationnements, afin d'évaluer les impacts de certaines interventions, au niveau du stationnement, sur la gestion des transports et des villes.

Pour ce faire, il sera nécessaire de trouver des façons de mieux comprendre et de bien maîtriser ce phénomène qu'est le stationnement.

Il faudra donc, entre autres :

- Proposer une méthodologie d'estimation des capacités de stationnement des quartiers et leur variabilité lors d'une semaine type de déplacement.
- Proposer une méthodologie de validation des capacités dérivées des enquêtes origine-destination par le biais d'outils S.I.G. et d'autres méthodes de collecte de données.
- Étudier des comportements d'utilisation des espaces de stationnement par les voyageurs pour différentes activités et leur évolution dans le temps.
- Interpréter les tendances afin de prévoir les impacts des outils incitatifs, selon leurs types, leurs localisations ou leurs contextes.

² Voir références et autres bibliographies



Sources de données

Le projet de recherche s'appuie avant tout sur les données des enquêtes Origine-Destination régionales. En outre, d'autres données seront utilisées selon les opportunités qui se présenteront. Ainsi, les données potentiellement utilisées seront :

- Données d'enquêtes Origine-Destination de la région de Montréal (réalisées par un consortium de partenaires de la région : AMT, MTQ, STM, STL, RTL, etc.) pour les années 1993, 1998, 2003 et 2008;
- Données de stationnements de la ville de Montréal et de quelques arrondissements;
- Données de régulation et de répartition des autorisations de stationnement dans quelques arrondissements de Montréal;
- Toutes autres données pertinentes (données financières, données de permis de résidents...) permettant de mieux cerner la thématique du stationnement.

Les travaux actuels s'appuient les estimations d'inventaires théoriques pour 1998 et 2003 (selon enquêtes OD), un inventaire des espaces de stationnement de l'arrondissement Plateau Mont-Royal et un relevé d'espaces de stationnement hors rue de l'arrondissement Ville-Marie. La complétude et la validité de ces bases sont en évaluation.

Exemple de processus de validation des données

Toutes les données qui seront obtenues seront mises à contribution, notamment pour développer une méthode de validation des inventaires théoriques obtenus des enquêtes OD. Une collecte de données sur le terrain est aussi envisagée afin d'amorcer le processus de validation. Nous croyons qu'un tel échantillonnage nous permettra de raffiner les estimations. Aussi, des outils SIG seront exploités en complémentarité (ainsi que Google street).

Relevés sur le terrain

En ce qui concerne la méthode de validation, le relevé sur le terrain est une étape importante. Cette étape permettra de compiler des données qui serviront à développer une base de données de validation qui sera comparée aux inventaires théoriques estimés.

Le relevé sur le terrain va s'inspirer de la méthode recommandée par l'ITE qui implique les étapes suivantes :

- Affilier à chaque îlot un numéro (nous proposons une lettre majuscule)
- Affecter à chaque côté d'îlot un numéro. Nous savons que les îlots ont souvent 4 côtés, mais il peut arriver qu'il y ait des îlots de 5 ou 6 côtés, c'est pourquoi il est recommandé de réserver les chiffres de 1 à 6 pour les stationnements sur rues et les autres (7 et plus), pour les stationnements hors rues (ruelles et stationnements intérieurs).

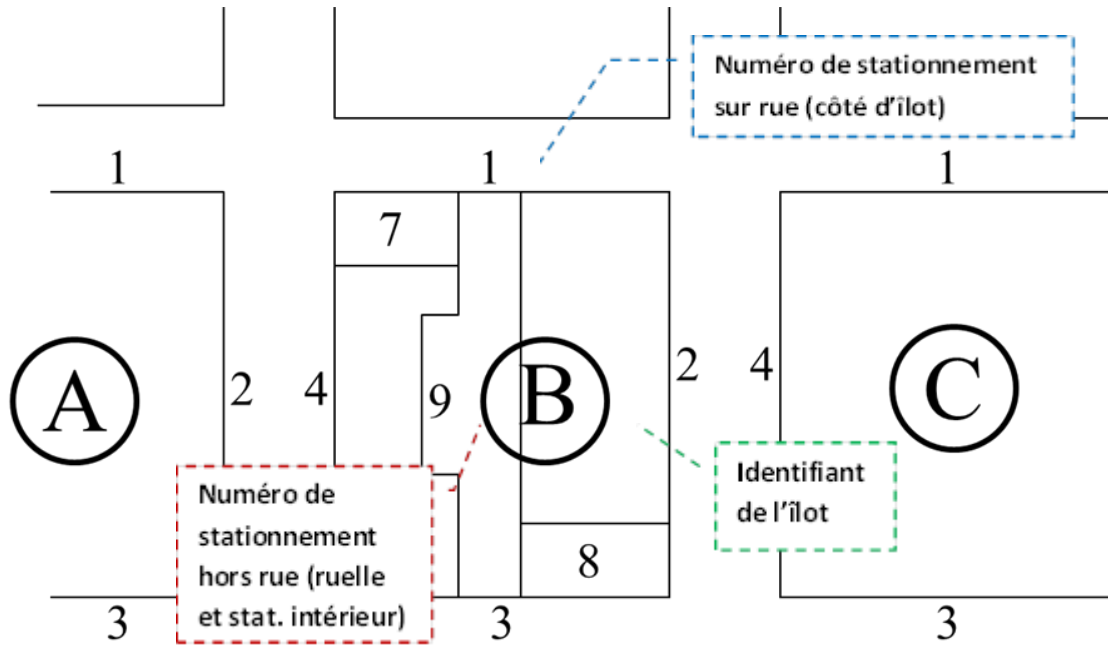


Figure 40. Illustration du code d'inventaire de stationnement inspiré des recommandations de l'ITE

Ce code permettra de faire un relevé en évitant certaines confusions et en facilitant la constitution d'une base de données fiable. Le relevé sera fait sur une fiche conçue selon certaines spécificité, mais aura une allure générale identique à la figure ci-dessous.

Tableau 33. Exemple de fiche d'inventaire pour les relevés sur le terrain

Îlot	Type Stationnement	Inventaire		
		Nb Places	Nb Privé	Commentaires
B	1	16	1	
B	5	7	0	
B	6	3	3	<i>livraison seulement</i>
B	3	16	0	
B				
C				
Fait par:		Jour:		Heure:

Outils SIG

Des cartes et/ou photos aériennes du territoire seront aussi exploitées pour compléter les relevés terrain. Dans le cas où la résolution des cartes ne nous permettrait pas de distinguer clairement les marquages au sol, les standards de l'ITE seront alors considérés

pour les dimensions des places de stationnement et les standards de la municipalité (règlement municipal) seront considérés pour les positions des bornes-fontaines et la fréquence des sorties et accès aux ruelles.

Les standards de l'ITE consistent à considérer les dimensions suivantes :

- Stationnement parallèle : 7 mètres par véhicule
- Stationnement en angle (45° et 60°) : 4 mètres par véhicule
- Stationnement à 90° : 3 mètres par véhicule

Les standards des municipalités varient souvent selon certaines caractéristiques de celles-ci, surtout en ce qui concerne les entrées et les accès aux ruelles. En ce qui concerne les bornes fontaine, en générale, on a une borne-fontaine à chaque 150 mètres (alternativement de chaque côté de rue).

Les figures ci-dessous montrent les possibilités de relevés grâce aux cartes et photos aériennes.

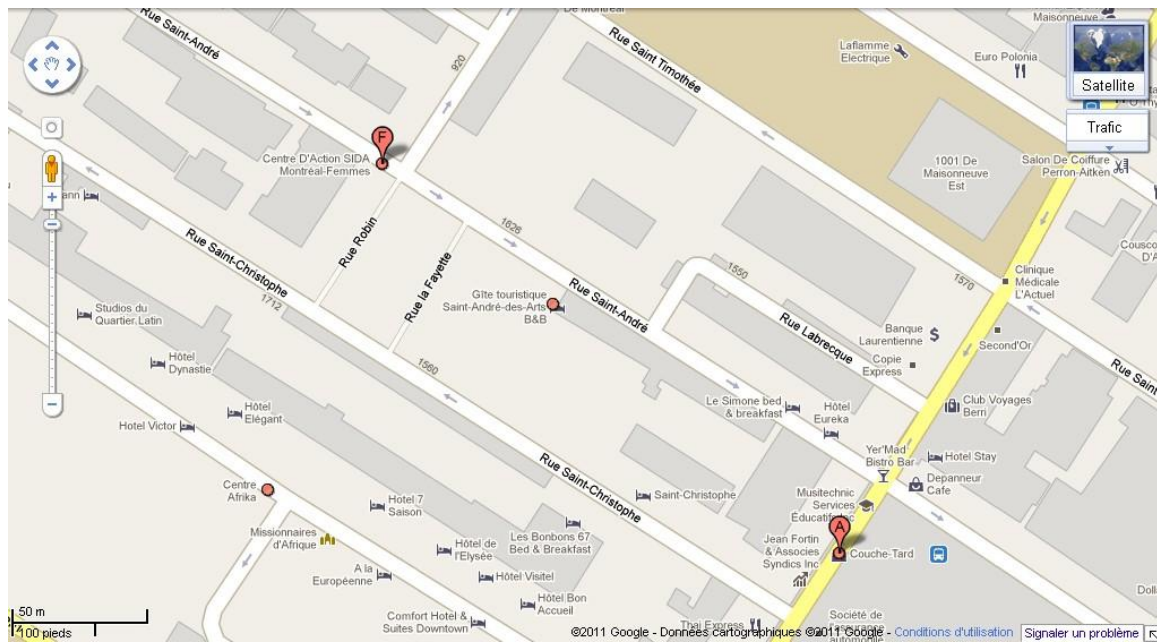


Figure 41. Vue rapprochée d'une carte dynamique

Cette carte nous permet de voir les îlots, les rues et ruelles. Elle hiérarchise également les rues et révèle le gabarit des bâtiments.

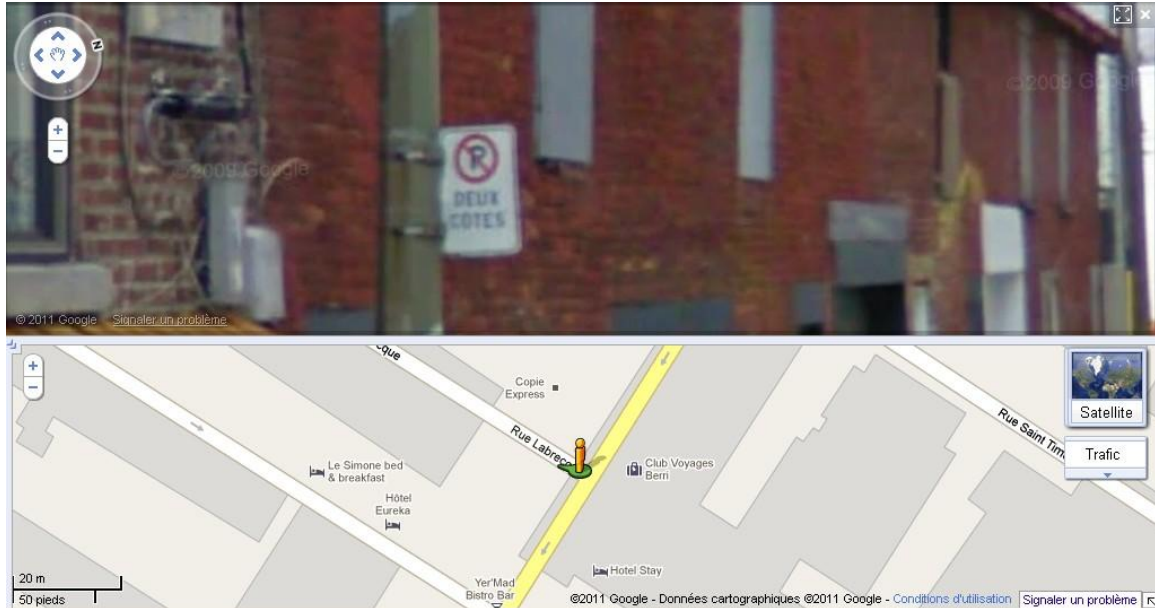


Figure 42. Image d'un panneau à partir d'une carte dynamique

Cette vue nous permet de savoir qu'il est interdit de stationner des deux côtés en tout temps sur la rue Labrecque.



Figure 43. Photo aérienne d'un secteur du centre-ville difficilement praticable à pied

Cette photo aérienne nous permet de voir, calculer et évaluer les places de stationnement dans un secteur difficilement accessible du centre-ville.



Estimations et méthodes de calcul

Estimation de la capacité

Les données recueillies sur le terrain et par le biais des outils SIG nous permettront d'évaluer les capacités des stationnements. Pour évaluer la capacité d'un stationnement pendant une période donnée, la formule la plus appropriée est la suivante :

$$P = \left(\frac{\sum_n NT}{D} \right) \times F$$

Où :

- P est l'offre de stationnement (la capacité en véhicules)
- N est le nombre de places disponibles selon le règlement en vigueur (type de place et restriction de temps)
- T est le temps de disponibilité de N selon le règlement en vigueur dans la période étudiée
- D est la durée moyenne de stationnement pendant la période étudiée
- F est le facteur d'insuffisance. Sa valeur varie de 0,85 à 0,95 et est directement proportionnelle à la durée moyenne de stationnement.

Estimation de la demande de pointe

L'évaluation de la demande est le meilleur complément à une étude de génération. La formule suivante permet de déterminer la demande en stationnement.

$$D = \frac{N * K * R * P * pr}{O}$$

Où :

- **D** est la demande de stationnement
- **N** est le nombre d'unités (locaux pour commerces; appartement pour logements ...)
- **K** est la proportion d'arrivée (destination) dans une période donnée (pointe par exemple)
- **R** est le nombre de personne-destination par jour/unité
- **P** est la proportion de personnes arrivant par automobile
- **O** est le taux d'occupation des automobiles
- **pr** est la proportion de personnes dont la destination primaire est la zone d'étude.

Estimation de la durée

La durée de stationnement est le temps qu'un véhicule reste stationné. Cette caractéristique est une distribution de valeurs individuelles. Tout comme la demande, la durée de stationnement est une des études complémentaires à l'accumulation. La durée moyenne de stationnement est liée au niveau d'urbanisation. En effet, la durée moyenne augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne des centres urbains (Roess, Prassas, &



McShane, 2011). La durée de stationnement permet aussi de savoir si les temps de stationnement permis sont adéquats.

La durée moyenne peut être obtenue en divisant la charge totale (le nombre total de véhicules-heures) par le total des véhicules observés. Toutefois, pour le calcul de la durée de stationnement, la formule suivante est celle qui est recommandée par l'ITE.

$$D = \frac{\sum_x (N_x * X * I)}{N}$$

Où :

- **D** est la durée moyenne de stationnement
- **N_x** est le nombre de véhicules stationnés pour *x* intervalles
- **X** est le nombre d'intervalles
- **I** est la longueur des intervalles
- **N** est le nombre total **observé** de véhicules stationnés.

Estimation du taux de rotation

Le taux de rotation est le nombre moyen de véhicules stationnés par jour dans chaque espace de stationnement. Le taux de rotation permet de savoir le nombre moyen de fois que chaque espace de stationnement est utilisé durant une unité de temps (en général une heure).

Pour obtenir le taux de rotation des stationnements sur rue, la manière la plus efficace est de procéder par un relevé des plaques d'immatriculation. Dans les stationnements hors-rue, il suffit de diviser le nombre total de véhicules ayant stationné durant la période d'étude par le nombre total de places de stationnement.

$$T = \frac{\text{nombre de véhicules à avoir stationné}}{\text{nombre de places de stationnement}}$$

La formule suivante permet également de calculer le taux de rotation.

$$T = \frac{N}{P_s * T_s}$$

Où:

- **T** est le taux de rotation
- **N** est le nombre total **observé** de véhicules stationnés
- **P_s** est nombre total d'espaces de stationnement légal
- **T_s** est la durée de la période d'étude (heure)

Calcul du taux d'occupation

Le taux d'occupation est le ratio du nombre d'espaces de stationnement occupés dans un intervalle de temps par rapport au nombre total d'espaces de stationnement.

$$\text{Taux d'occupation} = \frac{\text{Charge}}{\text{Capacité}} * 100$$



Calcul de la charge (ou véhicule-heure en stationnement)

La charge est l'espace sous la courbe de l'accumulation. Elle est calculée en multipliant le nombre de véhicules observés durant chaque ronde de relevé par le nombre de rondes par heure. La charge est donc exprimée en véhicule-heure

Calcul du taux de violation en stationnement

Le taux de violation en stationnement est obtenu en divisant la somme de toutes les infractions par le nombre total de véhicules stationnés.

6.5.5 Avancement des travaux : illustrations

Les travaux précédents ont déjà permis de proposer une méthodologie d'estimation d'inventaires théoriques à partir de données d'enquêtes OD. En effet, les déplacements faits en automobile comme conducteur sont suivis dans le temps et l'espace et les véhicules qui se retrouvent simultanément dans un quartier, à une période donnée, sont cumulés afin de construire des profils d'accumulation de véhicules (PAV) par type de stationnement, par motif de déplacement et par lieu de résidence.

Méthode

À partir d'une classification des espaces de stationnement par type, des profils d'accumulation de véhicules par type d'espaces de stationnement peuvent être construits pour différents découpages. En outre, l'application de la méthode profite de la disponibilité de nouvelles informations recueillies depuis 1998 pour un ensemble de lieux de destination. En effet, depuis cette enquête, une question sur le type d'espace de stationnement utilisé à la destination a été ajoutée au questionnaire (déplacements faits en automobile comme conducteur). Le Tableau 34 résume les réponses possibles à cette question.

Tableau 34. Code de classification de stationnement par type selon le guide l'utilisateur l'enquête O-D 1998-2003

Code	Type
0*	Ne sait pas/Refus de répondre
1	Rue/Gratuit
2	Rue/Parcmètre (payant)
3	Rue/Vignette
4	Stationnement ou Garage privé
5	Extérieur/Gratuit
6	Extérieur/Payant
7	Extérieur/Subventionné
8	Intérieur/Gratuit
9	Intérieur/Payant
10	Intérieur/Subventionné
11	Stationnement incitatif
12	Kiss and Ride
13	Autre

À partir de cette classification, il est ainsi possible de dresser des profils par catégorie selon une journée type.

Analyses et résultats

Les trois chapitres suivants décrivent une analyse sommaire et quelques résultats obtenus à partir des données actuellement à disposition.

Enquêtes Origine-Destination

Des analyses préliminaires faites sur les données des enquêtes Origine-Destination de 1998 et 2003 ont permis de dégager des résultats qui peuvent mener à certains constats.

Descriptions des données :

Les territoires couverts, pour la question du stationnement, lors des deux enquêtes Origine-Destination ne sont pas identiques. En effet, l'enquête de 1998 couvre 15 municipalités de l'île de Montréal alors que celui de 2003 en couvre 41. Toutefois, les questions et les choix de réponses sont restés identiques et correspondent aux codes de classification présentés précédemment.

Pour les deux enquêtes, les données ont été compilées aux 15 minutes sur une période de 27 heures et $\frac{3}{4}$. Ceci correspond à 1680 enregistrements, pour l'enquête de 1998, et 3977 enregistrements pour celle de 2003. Dans le but de dresser des profils pour des jours types, seules les 24 premières heures seront considérées. Cela ramène les nombres d'enregistrements à 1455 pour 1998 et 3977 pour 2003.



Figure 44. Question sur le stationnement: territoire couvert par l'enquête O-D de 1998 (Morency, saubion, & Trépanier, 2006)

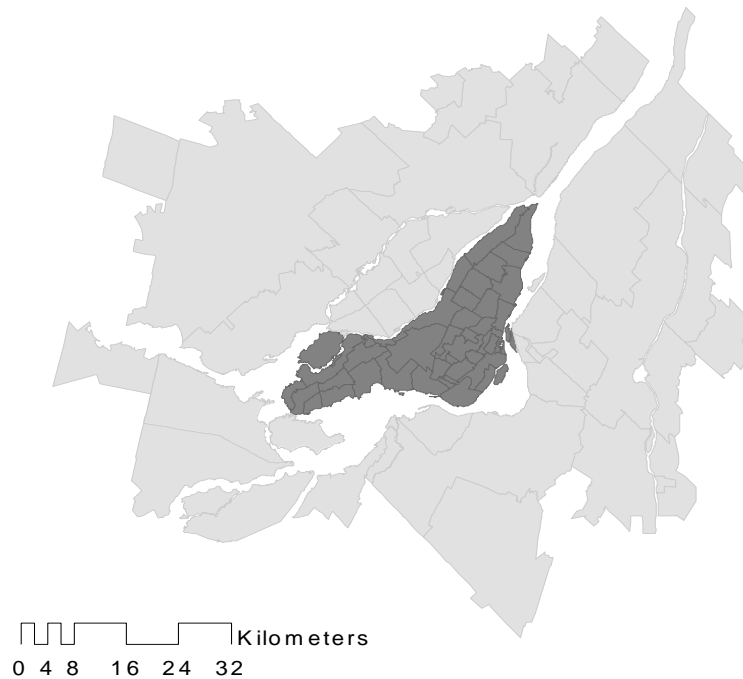


Figure 45. Question sur le stationnement: territoire couvert par l'enquête O-D de 2003 (Morency, et al., 2006)

Analyse des données :

Échelle globale: Les échantillons de données traitées pour le moment concernent essentiellement les véhicules stationnés. Elles informent sur les types de stationnement, les secteurs d'origine des véhicules stationnés et les motifs de stationnement de ceux-ci.

Échelle locale : Une analyse des données à une échelle plus fine permet de faire une étude comparative des stationnements par type, motif et lieu de résidence. En guise d'exemple, le secteur du Centre-ville et un arrondissement en périphérie du centre-ville, en l'occurrence Verdun, ont été choisis.

- TYPE D'ESPACE DE STATIONNEMENT

Les figures qui suivent illustrent le concept de profil d'accumulation de véhicules (PAV) obtenu par un suivi spatio-temporel de tous les déplacements faits en automobile comme conducteur. Des PAVs sont présentés pour deux secteurs différents (Verdun et le Centre-ville) ainsi que sous deux formes différentes : par type et cumulés par type.

Tableau 35. Répartition des types de stationnements dérivés (Centre-ville vs. Verdun)

Type	CV 1998	CV 2003	Verdun 1998	Verdun 2003
Gratuit	39%	45%	90%	91%
Payant	44%	34%	5%	3%
Subv.	17%	20%	5%	6%

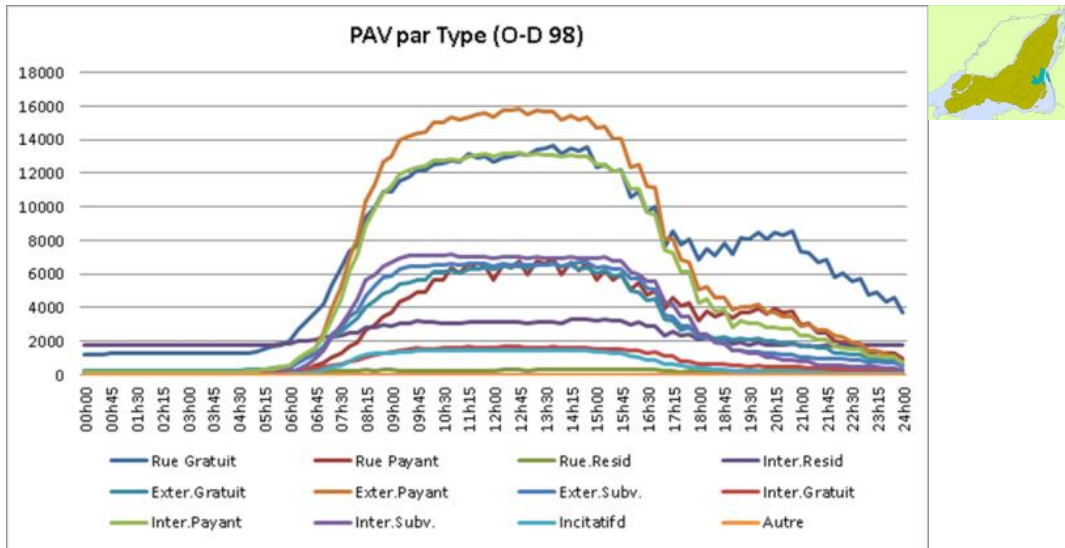


Figure 46. Profil d'accumulation de véhicules selon le type d'espace de stationnement au Centre-ville (O-D 98)

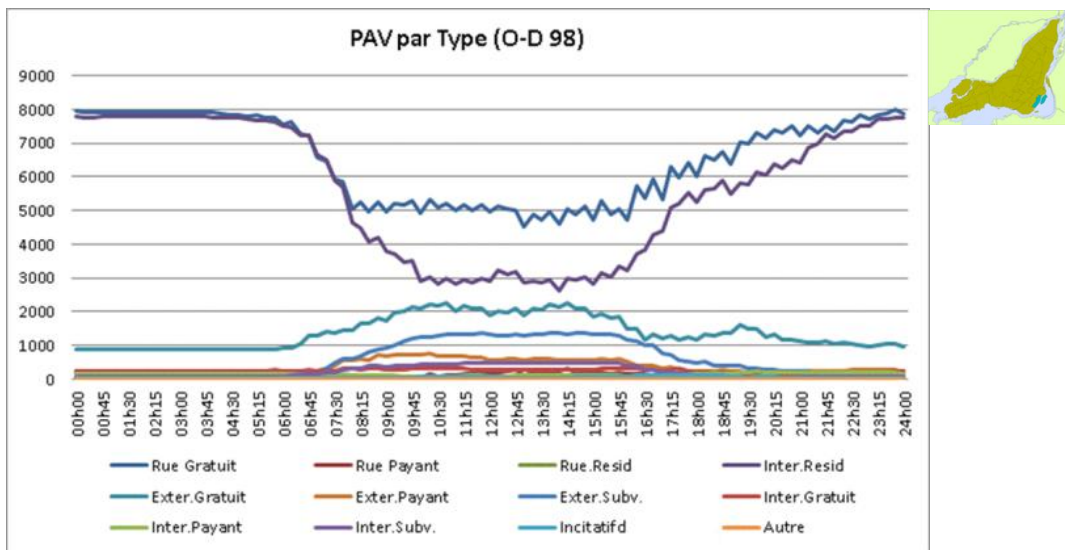


Figure 47. Profil d'accumulation de véhicules selon le type d'espace de stationnement à Verdun (O-D 98)

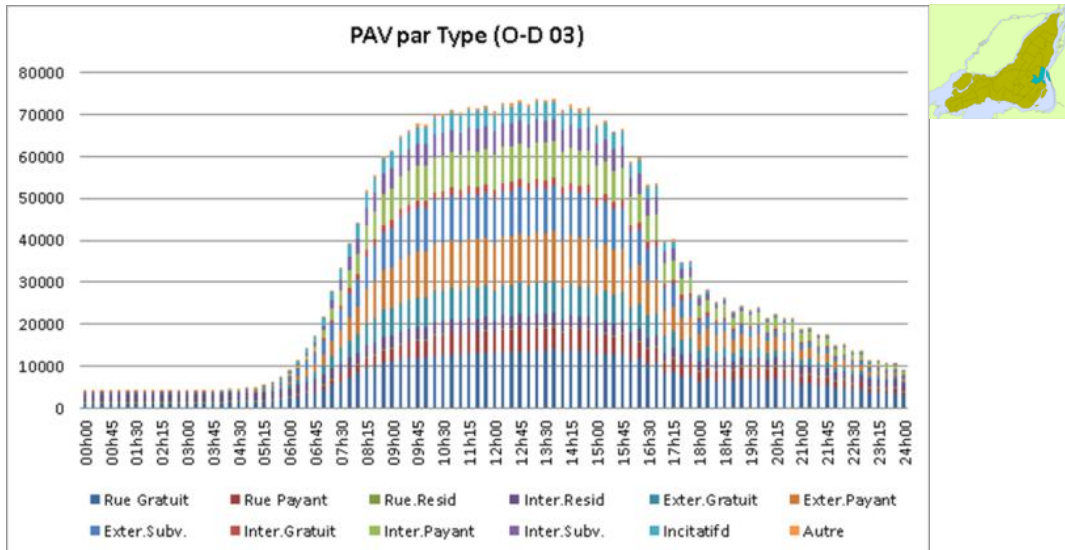


Figure 48. Profil d'accumulation de véhicules CUMULÉS selon le type d'espace de stationnement au Centre-ville (O-D 03)

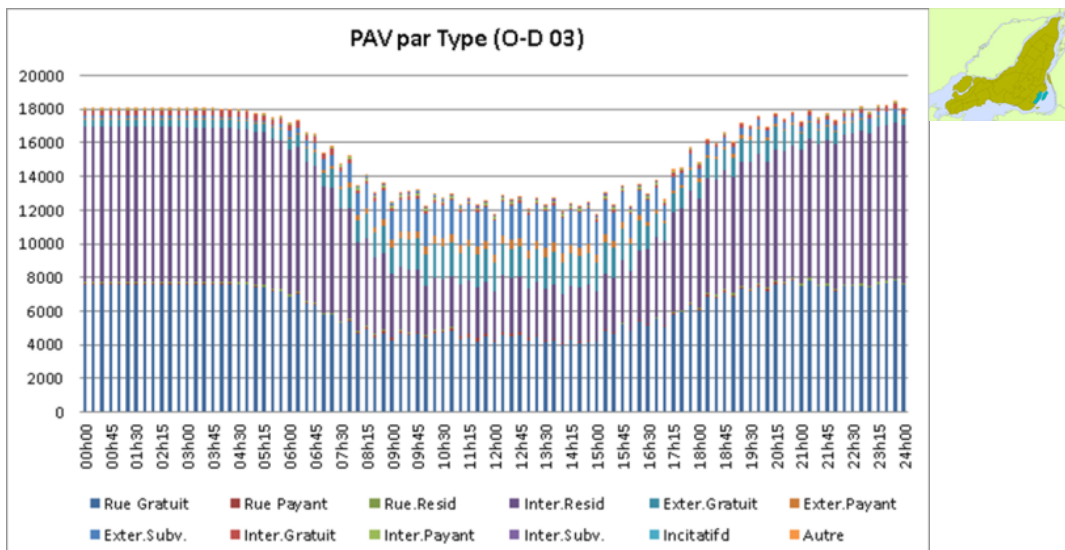


Figure 49. Profil d'accumulation de véhicules CUMULÉS selon le type d'espace de stationnement à Verdun (O-D 03)

Au centre-ville, le type de stationnement le plus élevé en proportion est le type stationnement payant, notamment les stationnements extérieurs payants. Toutefois, cette portion est en décroissance au détriment du stationnement gratuit entre 1998 et 2003. À Verdun, les stationnements gratuits ont de loin les plus grandes proportions à plus de 90% pour les deux enquêtes.

- LIEU DE RÉSIDENCE DES USAGERS

Tableau 36. Répartition des taux de stationnement selon le lieu de résidence des usagers (Centre-ville vs. Verdun)

Résidence	CV 1998	CV 2003	Verdun 1998	Verdun 2003
Résidents	6%	7%	82%	83%
Centre-ville*	2%	1%	0%	0%
Centre de l'Île*	29%	24%	5%	4%
Est de l'île	0%	7%	0%	1%
Ouest de l'Île	15%	18%	5%	4%
Rive-Sud	13%	11%	2%	2%
Rive-Nord	10%	9%	1%	1%
Cour. Nord	13%	10%	1%	1%
Cour. Sud	12%	13%	3%	4%

* sans les Résidents du secteur

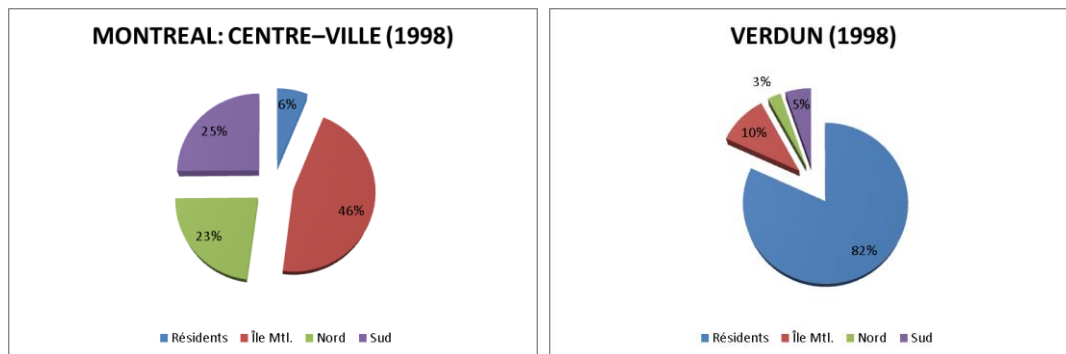


Figure 50. Répartition des proportions selon les lieux de résidences des usagers de stationnements au centre-ville et à Verdun (O-D 1998)

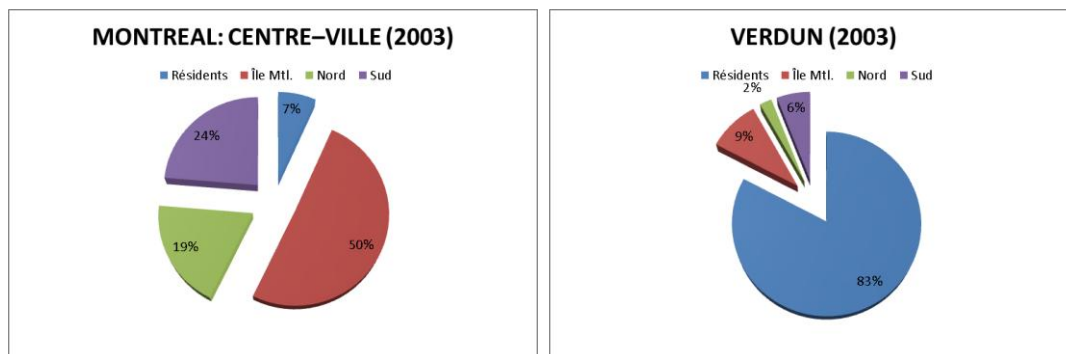


Figure 51. Répartition des proportions selon les lieux de résidences des usagers de stationnements au centre-ville et à Verdun (O-D 2003)

Contrairement à Verdun, la majorité des usagers stationnés au Centre-ville ne sont pas résidents de cet arrondissement. En effet, seulement 6% de ceux-ci sont résidents de

l'arrondissement contre 82% à Verdun en 1998. Entre 1998 et 2003, ces deux indicateurs augmentent de 1 point de pourcentage chacun.

- MOTIF DE STATIONNEMENT

Tableau 37. Répartition des taux selon le motif (Centre-ville vs. Verdun).

Motif	CV 1998	CV 2003	Verdun 1998	Verdun 2003
Travail	75%	76%	16%	16%
Étude	7%	7%	1%	0%
Domicile	7%	8%	76%	79%
Loisir	6%	4%	3%	2%
Magasinage	2%	2%	1%	1%
Autres	4%	3%	4%	2%

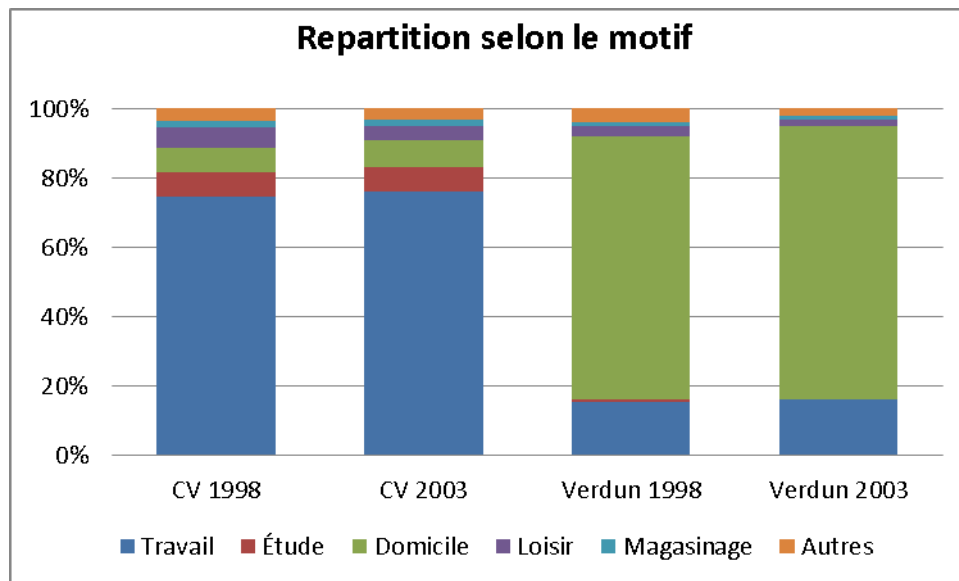


Figure 52. Répartition des taux selon le motif (Centre-ville vs. Verdun)

Le motif travail a la proportion la plus élevée au centre-ville alors que le motif domicile domine à Verdun.

Inventaire des stationnements de l'arrondissement Plateau Mont-Royal

Description des données :

L'inventaire des espaces de stationnement de l'arrondissement Plateau Mont-Royal, consiste en un fichier Excel comptant 17422 enregistrements compilés à partir de données relevées par diverses organisations. Les données de stationnements privés du fichier sont une combinaison des relevés faits par les organisations suivantes : Orthophoto JR en octobre 2006, Genivar en décembre 2006, Axor/schème en octobre



2007 et Stationnement Montréal en novembre 2007. Le fichier est complété par un estimé effectif des stationnements publics.

Analyse et résultats :

Les données de stationnement hors-rue du fichier permettent de entre autres, de faire une localisation géographique des espaces de stationnement (nom de rue et adresse), de classer par type (extérieur, intérieur,...), d'identifier les catégories d'immeubles, leurs affectations et autres attributs.

Tableau 38. Répartition des espaces de stationnement selon l'affectation dans Plateau Mont-royal

AFFECTATION	Total
PUBLIC (non tarifé)	19729
PRIVÉ	15452
STAT PRIVÉ	5771
PUBLIC (Sur Rue Réserve Résidentiel)	5719
PUBLIC (parcmètre)	2904
INSTITUTIONNEL	2247
PRIVÉ (condo)	775
TERRAIN DE STATIONNEMENT	648
PUBLIC (mobilité réduite)	86
PUBLIC (corps diplomatique)	1
Grand Total	53332

Les données de cet inventaire restent à valider, car la diversité des collecteurs de données et par conséquent la diversité probable des méthodes de collectes peuvent être des facteurs favorisant certains biais.

[Données de jalonnement de l'arrondissement Ville-Marie](#)

Description des données :

Les données de jalonnement de l'arrondissement sont 16 enregistrements répertoriant quelques stationnements hors-rue gérés par le privé. Ce fichier donne les endroits où se trouvent les stationnements, les capacités des stationnements, les adresses des entreprises qui les gèrent ainsi que les noms et coordonnées des superviseurs et administrateurs de ceux-ci.

Analyse et résultats :

Malgré la petite taille de ces données, les possibilités qu'elles offrent ne sont pas à négliger. Toutefois, des informations plus complètes permettraient de mieux en profiter. Par exemple, les adresses complètes des espaces de stationnement au lieu de leurs libellés permettraient de les géocoder facilement. Il est à noter également que ces données restent à être validées afin de savoir si les 8075 espaces de stationnement comptés dans cette analyse correspondent à la totalité des stationnements à gestion privée de l'arrondissement Ville-Marie.



6.5.6 Étapes et résultats

Ce projet de recherche est encore à ses débuts mais s'appuie sur une méthodologie d'estimation de capacités de stationnement qui a déjà été appliquée aux données des enquêtes de 1998 et 2003. Les étapes suivantes sont donc prévues:

- Appliquer la méthodologie d'estimation des capacités de stationnement à partir des données de l'enquête OD 2008;
- Proposer une méthodologie de validation des capacités estimées à partir des enquêtes Origine-Destination.
- Développer et estimer une série d'indicateurs permettant de caractériser l'offre et la demande d'espaces de stationnement.
- Étudier des comportements d'utilisation des espaces de stationnement par les voyageurs pour différentes activités et leur évolution dans le temps.
- Étudier la relation entre la disponibilité des stationnements sur les choix modaux.

6.5.7 Calendrier de réalisation

Ce projet de recherche sera étendu sur un peu moins de deux ans. Les trois premiers trimestres seront essentiellement consacrés aux cours magistraux et à la familiarisation au sujet de recherche par le biais de la revue de littérature. Au troisième trimestre, le sujet sera précisé et la collecte des données sera réalisée. Les trois prochains trimestres serviront au traitement et à l'analyse des données, à l'écriture du mémoire et à sa soumission. La correction, le dépôt final du mémoire ainsi que la présentation des travaux seront pour le dernier trimestre, soit celui de l'hiver 2012. Un article sera publié à la fin des travaux de recherche.

Tableau 39. Représentation du calendrier de réalisation du travail de recherche

Activités	2010		2011				2012	
	Été	Automne	Hiver	Printemps	Été	Automne	Hiver	Printemps
Cours								
Revue de littérature								
Conférences								
Précision du sujet								
Aquisition des données								
Traitement des données								
Écriture du mémoire								
Dépôt préliminaire								
Corrections								
Présentation des travaux								

6.6 Mieux mesurer l'accessibilité et l'attractivité des réseaux de transport

- Étudiante : Audrey Godin (maîtrise)
- Supervision : Morency
- État : en cours (fin prévue: mars 2012)
- Financement : Chaire Mobilité

6.6.1 Introduction

De nos jours, les indicateurs, quel que soit le type, sont largement utilisés par les planificateurs urbains. Ceux-ci sont des outils clés permettant de décrire l'état des lieux, visualiser l'impact d'investissements et de politiques ou établir des cibles à différents horizons. Dans le domaine du transport, plusieurs indicateurs sont utilisés tels que part modale des différents modes, consommation d'essence, couverture des réseaux de transport, kilométrage parcouru, etc. En fait, l'importance grandissante de la mobilité durable obligent les planificateurs à recourir à des indicateurs afin d'identifier plus clairement des objectifs à atteindre qui sont, autrement, difficilement quantifiables. Ce projet de recherche s'intéresse à une problématique particulière souvent décrite par différents indicateurs, celle de l'accessibilité à un service, à un lieu.

L'accès à un lieu joue un rôle sur le développement urbain du voisinage, sur l'économie du secteur et sur la qualité de vie des résidents du quartier. L'accessibilité peut donc être un indicateur social, économique, d'attractivité et de performance des différents réseaux. Une définition classique de l'accessibilité est la facilité avec laquelle on accède à une activité à partir d'un lieu donné et d'un mode. Les indicateurs d'accessibilité servent souvent à prévoir l'impact d'investissements majeurs et de nouvelles politiques sur le niveau d'accès pour différentes personnes (Handy and Niemeier 1997; Litman 2007).

Par ailleurs, les services de transport collectif sont actuellement au cœur de plusieurs discussions en raison du rôle possible qu'ils peuvent jouer pour améliorer le niveau de durabilité des comportements de déplacement. La qualité de l'offre de service de transport en commun influence grandement le niveau d'accessibilité. En effet, les zones bien desservies par le transport en commun sont généralement plus denses autant au niveau commercial que résidentiel (et il n'est pas toujours évident de savoir si c'est la densité qui engendre une meilleure offre de transport en commun ou vice-versa). Les quartiers plus denses deviennent plus attractifs pour un certain type de clientèle, influençant ainsi le niveau d'accessibilité des résidents via l'augmentation du nombre d'activités potentielles à proximité (Mercier and Stoiber 2010).

Cette recherche s'intéresse au concept général d'accessibilité mais plus particulièrement à l'accessibilité aux différents réseaux de transport ainsi qu'à l'incidence de la qualité des réseaux de transport sur le niveau d'accessibilité aux lieux d'activités pour différentes clientèles.

Les mesures d'accessibilité ont fait l'objet de nombreuses recherches au cours des dernières années. La première section, présente l'évolution et les différentes méthodologies d'estimation qui existent actuellement. Ensuite, le sujet de la présente recherche est énoncé, incluant d'abord les problèmes relatifs aux mesures d'accès, puis les solutions proposées qui résument grosso modo les objectifs de la présente recherche. La section méthodologie décrit les moyens qui seront employés pour définir des indicateurs cohérents et pertinents. Les résultats attendus sont ensuite présentés. Une conclusion est ensuite proposée.



6.6.2 Revue de littérature

Historique et définition de l'accessibilité

La notion d'accessibilité apparaît en premier lieu en 1959 où elle a été définie comme étant le potentiel de possibilité d'interaction (Hansen 1959), soit . De nombreuses définitions se sont ajoutées, la plus couramment utilisée dans la littérature étant la facilité avec laquelle on accède à une activité à partir d'un lieu et d'un mode de transport (Dalvi and Martin 1976). Geurs et Van Wee, 2004 proposent une revue assez complète de définitions. Dans le présent document, une combinaison de ces deux définitions sera utilisée.

Mobilité et accessibilité

Accessibilité et mobilité sont souvent utilisées indistinctement. Ces termes se trouvent régulièrement côte à côte dans la littérature (El-Geneidy, Cerdá et al. 2009). Il est toutefois important de les définir car ils réfèrent à des concepts bien différents. La mobilité réfère à l'aspect physique du déplacement, soit l'habileté ou la rapidité de partir d'un point pour se rendre à un autre (Hansen 1959; Handy 1994). En d'autres termes, on pourrait dire qu'encourager la mobilité c'est encourager la construction d'autoroutes ou la mise en place de transport collectif à haute performance (Litman 2007). Selon cette compréhension, augmenter la mobilité implique aussi l'augmentation de l'accessibilité, car plus on se déplace rapidement, plus on a de choix de destinations.

Certains s'opposent toutefois à cette vision en énonçant qu'augmenter la mobilité amène une hausse des véhicules-kilomètres parcourus par personne et que ceci va à l'encontre des principes de développement durable. Ceux-ci prônent plutôt l'amélioration du niveau d'accessibilité (Handy 2002). En effet, une meilleure accessibilité se traduit souvent par une utilisation plus judicieuse de l'espace et par une diversification des opportunités d'activités et de résidence. Par conséquent, une amélioration du niveau d'accessibilité est une situation souhaitable dans un contexte de développement durable, l'amélioration de l'accessibilité se traduisant par des impacts positifs sur les 3 pôles du développement durable, soit l'économie, l'environnement et la société (Lamalice and Morency 2009; Gutiérrez, Condeço-Melhorado et al. 2010).

Méthodologie de calcul actuelle

Les indicateurs d'accessibilité ont fait l'objet de nombreuses recherches. Trois articles proposent d'ailleurs une revue des indicateurs et méthodologies de calcul inhérentes : celui de Handy et Niemeier (1997), celui de Geurs et Ritsema van Eck (2001) ainsi que celui de Geurs et Wee (2004). Les paragraphes suivants décrivent trois des quatre principaux groupes de méthodologies de calcul. Un exemple d'application est suggéré pour quelques méthodologies.

Mesures basées sur les infrastructures (Infrastructure-based)

Cette méthodologie réfère principalement à une analyse de la performance du réseau. Elle fournit des indicateurs de type niveau de congestion des infrastructures, de temps total perdu ou de vitesse moyenne sur le réseau. Linneker and Spence 1992 proposent un exemple d'application.

Mesures basées sur les lieux (Location-based)

Celles-ci sont les plus couramment utilisées dans le domaine de la planification des transports. Elles font la description spatiale des activités accessibles à l'intérieur d'un certain seuil de



distance ou de temps. Il existe deux grandes catégories, les indicateurs d'opportunités cumulées ou les indicateurs gravitaires.

Les indicateurs d'opportunités cumulées se veulent simples. Ils font la somme des activités, par exemple le nombre d'emplois, à l'intérieur d'un seuil de temps ou de distance. Ces mesures ne tiennent toutefois pas compte de l'effet de la distance. Un emploi à 10 km a le même poids que celui à 1 km s'ils sont accessibles dans un seuil de 30 min. Plusieurs auteurs proposent des exemples d'application : El-Geneidy et al., 2009, Chen et al., 2010, Mercier et Stoiber (2010).

Les indicateurs gravitaires corrigent l'uniformité en appliquant une mesure de pondération quant à la distance ou au temps d'accès de chaque activité. L'attractivité entre zones dépend donc du nombre de lieux d'activités mais aussi du coût de transport. Des exemples d'application sont proposés par Hansen (1959), Gutierrez et al., (2010), La Mondia et al., 2010, Chen et al., 2010, Mercier et Stoiber (2010).

Mesures « Utility-based »

Cette dernière catégorie se base sur la théorie de l'utilité aléatoire (« random utility theory ») qui est la probabilité qu'un individu fasse un choix en fonction de l'utilité de ce choix par rapport à celle des autres choix. Un exemple d'application est proposé par Geurs et al. (2010).

6.6.3 Problématique

La définition de mesures pour décrire l'accessibilité comporte son lot de difficultés. La littérature affirme régulièrement que la majorité des indicateurs développés à ce jour sont incapables de bien représenter tous les aspects du transport. En fait, ils sont difficiles à mesurer et leur interprétation par le milieu politique est ardue en raison de leur complexité (Mercier and Stoiber 2010).

En effet, l'accessibilité dépend d'une panoplie de facteurs variant selon le mode observé. Par exemple, l'accessibilité du transport collectif réfère non seulement à la durée du trajet entre une origine et une destination, mais aussi à la fréquence du service, à son coût, à la connexité entre les réseaux, à l'heure de la journée, à sa sécurité, au confort du mode, à l'état des terminus, à la distance de marche, à la diversité des lieux couverts et au nombre d'emplois atteints. Celle de l'automobile dépend également de certains de ces facteurs en plus de la performance du réseau routier (niveau de congestion – variation des temps de parcours). Les réseaux cyclables, pédestres et de camion ont aussi leurs particularités. Il est aussi souhaitable de faire référence aux caractéristiques des personnes, soit leur âge, leur mobilité, leur revenu et leurs contraintes de temps pour pondérer le niveau d'accessibilité. En somme, les éléments de l'accessibilité sont multiples, d'où l'intérêt de les caractériser via une série d'indicateur.

Todd Litman énonce les mêmes propos en poursuivant l'hypothèse qu'aucun indicateur à lui seul ne produit un résultat global d'évaluation de l'accessibilité (Litman 2007). Un autre problème rencontré avec les indicateurs globaux est qu'ils ne sont pas sensibles à des améliorations locales du service. De ce fait, il est souhaitable d'estimer plusieurs indicateurs afin d'avoir un portrait plus réaliste de l'accessibilité et d'envisager le développement d'indice global d'accessibilité. Ce dernier pourrait s'intégrer à des modèles de choix modal.

Un autre défi s'ajoute aux calculs d'indicateurs, soit la disponibilité de données opérationnelles reflétant correctement l'offre de transport en commun. Bien que Montréal dispose de grandes enquêtes Origine-Destination, aucune information déclarée n'est disponible à propos des temps de déplacement; ceux-ci doivent donc être estimés à l'aide de modèles.

En raison de la variabilité du stockage des informations opérationnelles autant pour le réseau routier (vitesse, congestion, etc.) que le transport collectif (horaires à l'arrêt, les trajets, les tarifs, les jours de service, etc.), il est difficile de transférer une méthodologie de calcul d'indicateur efficacement. En d'autres termes, la recherche suivante cherche à développer une méthodologie universelle afin de faciliter l'utilisation de ces mesures et favoriser la comparaison entre les territoires.

En résumé, les problématiques soulevées quant aux indicateurs actuels d'accessibilité sont les suivantes :

- Un seul indicateur global d'accessibilité ne peut représenter l'ensemble des aspects de l'accessibilité;
- Les indicateurs actuels sont trop complexes (ou multiples) pour être utilisés efficacement par les preneurs de décisions;
- Les indicateurs sont peu sensibles aux variations de l'offre (améliorations, fréquence accrue, arrêts limités, etc.);
- Les données opérationnelles requises sont difficiles d'accès en continu;
- Les indicateurs sont difficilement transposables (ou comparables) à d'autres villes.

Les sections objectif et méthodologie met en lumière les méthodes proposées pour améliorer le développement d'indicateurs d'accessibilité.

6.6.4 Objectifs

Les recherches à suivre tenteront de pallier les limites mentionnées dans la section précédente en proposant une série d'indicateurs qui permettront d'obtenir un meilleur portrait de l'accessibilité. Un schéma équilibré d'indicateurs mesurerait l'utilisation du sol, la qualité de l'offre et sa variation, l'attractivité des modes et l'équité d'accès (voir Figure 53).

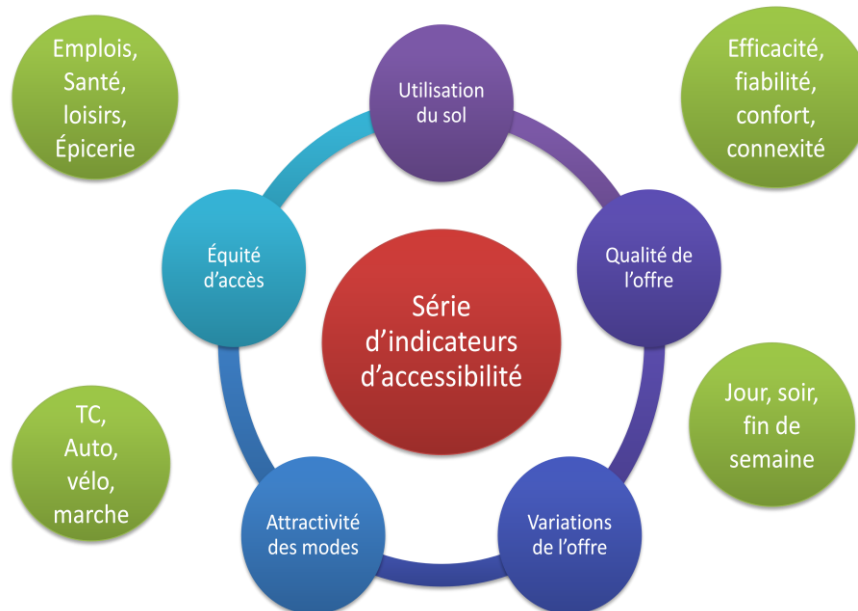


Figure 53. Schéma de la relation entre les composantes et les indicateurs d'accessibilité

Cette série n'est pas, à ce jour, défini, mais plusieurs idées ont été formulées. Une attention particulière sera accordée à la présentation et à la facilité de compréhension des indicateurs. Ils se voudront sensibles à la variation de l'offre selon la période de la journée et du jour de la semaine.

Les recherches portent actuellement sur le développement d'une série d'indicateurs d'accessibilité pour le transport collectif. La section Méthodologie et les suivantes décrivent l'état ces recherches. Or, ce mode ne sera pas le seul exploré quant au développement d'indicateurs. Le souhait est d'étendre la méthodologie au réseau de camionnage, routier et cyclable.

6.6.5 Méthodologie

Les indicateurs à développer se veulent transférables d'une ville à l'autre. De ce fait, l'évaluation de la possibilité de baser une partie de nos mesures sur les données « Google Transit » couramment surnommées GTFS « General transit feed specification » est en cours. Ceci permettrait, entre autres, de faciliter le transfert de méthodologie pour les villes déjà munies de bases de données GTFS. En fait, la structure des bases de données GTFS est commune à toutes les villes. Il s'agit d'une série d'environ 12 fichiers textes avec des structures bien définies. L'ensemble des fichiers renferme des informations géospatiales (coordonnées) et de services (fréquence, trajet, arrêt, horaire, type de mode, etc.). En 2011, près de 450 agglomérations à travers le monde utilisent la technologie Google Transit. La Figure 54 illustre les États, provinces ou pays se servant actuellement des GTFS pour l'une de leurs villes. La Figure 55, quant à elle, identifie les villes européennes empruntant cette technologie.



Figure 54. Pays, États ou provinces munis du système Google Transit par GTFS



Figure 55. Villes munies de GTFS en Europe, <http://www.google.com/intl/en/landing/transit/index.html>

Certaines villes rendent publiques les données opérationnelles GTFS; ceci a pour effet de faciliter le travail des chercheurs, car l'obtention de données est simplifiée, permettant ainsi d'effectuer des essais d'algorithmes de calcul. Comme il s'agit d'un service d'information à l'utilisateur (Google transit), les fichiers GTFS sont mis à jour régulièrement, autre avantage de cette approche. Un autre avantage est le degré de précision des temps de parcours puisqu'ils sont calculés à partir de données réelles d'horaire à l'arrêt.

Polygone d'accès

Mise en contexte

La méthodologie d'estimation des différents indicateurs reste encore à développer. Des réflexions sont en cours, notamment concernant le développement d'un indicateur de superficie d'accès. Il s'agit en fait de créer un polygone dont les extrémités représentent les limites de l'espace auquel une personne peut accéder en une période de temps déterminée (Exemple : 15, 30 et 45 min) en transport en commun, selon une heure de départ et un jour de la semaine. Les temps de parcours seront calculés à partir de données de service réel fournies par l'entremise des GTFS. Ces bases de données sont mises régulièrement à jour, permettant ainsi de visualiser rapidement des améliorations sur le réseau.

Algorithme de calcul

L'algorithme, qui est en cours de développement, nécessite tout d'abord de définir une série de paramètres au choix de l'utilisateur. Ils sont listés ci-après.

- Les coordonnées X,Y de départ, [X0,Y0] (ex. Centre-ville) (à pointer sur une carte par exemple);
- L'heure de départ, [Heure0] (ex. 10h00);
- Le jour de la semaine, [Jour0] (ex. Samedi);
- Le nombre de correspondances maximales allouées, [Corr0] (ex. 3 transferts);
- Le temps de parcours total alloué, [TPmax] (ex. 30 min);
- La distance maximale de marche pour atteindre un arrêt d'autobus, [DistAmax] (ex. 750 m);



- La distance de marche maximale pour atteindre une station de métro ou une gare de train, [DistSmax] (ex. 1000m);
- Temps maximal d'attente par rapport à l'heure de départ, [TAmix]. C'est-à-dire que si TAmix est défini à 30 min et Heure0 à 8h00; une ligne qui n'a pas de service à un arrêt sélectionné entre 8h00 et 8h30 sera définie comme : hors-service.

Suite à la sélection des paramètres, l'algorithme suivra approximativement les étapes suivantes :

- Recherche de tous les arrêts, stations ou gares à l'intérieur des rayons définis par les paramètres DistAmix et DistSmax.;
 - Pour chacun des arrêts ciblés, recenser toutes les combinaisons ligne-direction;
 - Éliminer les combinaisons ligne-direction où le critère TAmix n'est pas respecté;
 - Définir un T0 (temps initial) à l'heure de passage de chaque combinaison arrêt-ligne-direction (ALD0);
 - Trouver le prochain arrêt de la suite (ALD1) et heure de passage T1;
 - Vérifier que $T1 - T0 < TP_{max}$;
 - Si oui, redéfinir toutes les possibilités.
- Continuer sur la ligne (ADL2)
- Observer les options de correspondance (Nouveaux ADL)
- Répéter les opérations jusqu'à ce que $T1 - T0 > TP_{max}$ ou que le nombre de correspondances soit supérieur à Corr0;
 - Enregistrer toutes les possibilités;
 - Créer un polygone d'accès avec les arrêts atteints les plus éloignés de l'origine, tel l'exemple de la Figure 56.

Indicateurs et représentations

À partir de ces polygones, il est possible de calculer une multitude d'indicateurs servant à décrire l'accessibilité :

- Superficie du polygone;
- nombre d'emplois, hôpitaux, écoles, épiceries et autres à l'intérieur du polygone;
- Nombre de lignes empruntées;
- Nombre d'arrêts d'autobus visités, de gares de train ou de stations de métro;
- Kilométrage maximum parcouru;
- Nombre de lignes dont la fréquence est inférieure à TAmix;
- Portion du réseau routier empruntée.

Ces derniers sont fonctions des paramètres définis dans la section 0.

Suite à cette série de calculs, plusieurs représentations des indicateurs sont possibles. La Figure 56, résultant de l'application de l'algorithme, permet une visualisation simple et claire du polygone d'accessibilité en transport en commun en moins de 15 minutes, à partir du lieu désigné par une flèche.



Figure 56. Exemple de polygone avec un temps de parcours de 15 min en transport collectif

Une seconde représentation, plus riche, serait une carte isochrone du temps d'accès à partir d'un point vers le territoire. Une gradation de couleur permettrait de visualiser les variations de temps vers toutes les destinations possibles. Pour ce faire, il s'agit d'appliquer l'algorithme pour une durée variant de 1 à 75 min par exemple à partir d'un pôle d'attraction important tel le Centre-ville de Montréal. Les polygones formeront d'eux-mêmes des isochrones. La Figure 57 montre un exemple de carte isochrone de temps de parcours automobile vers le Centre-ville de Berlin.

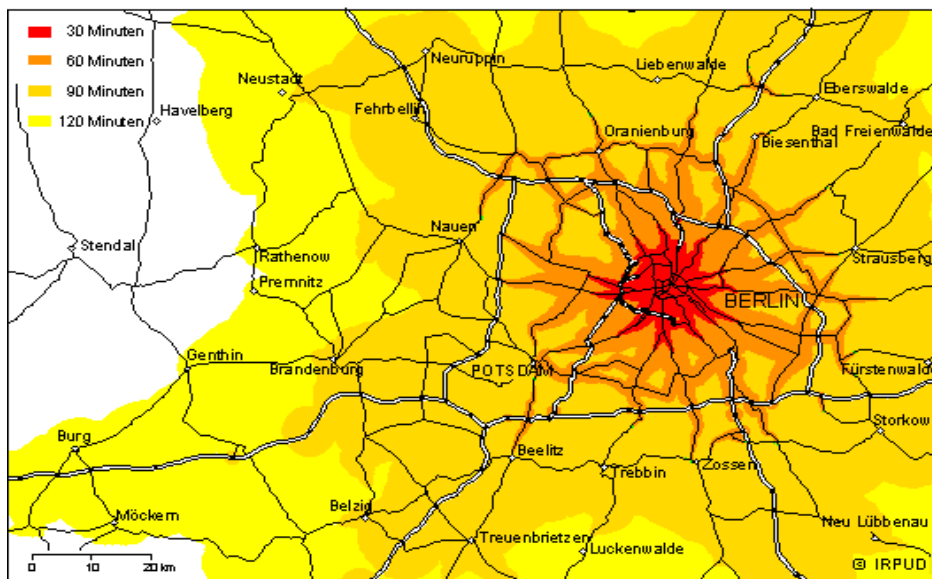


Figure 57. Exemple de carte isochrone, source: <http://www.brrg.de/>

Faire varier les paramètres de base de manière répétitive permet de définir de nouveaux indicateurs. En voici quelques exemples :

- Variation de la superficie du polygone d'accessibilité en fonction de l'heure de la journée;



- Variation du nombre d'emplois à l'intérieur du polygone en fonction de l'heure de la journée
- Variation de la superficie du polygone en fonction du temps de parcours maximum alloué (TPmax) ou du temps d'attente maximum (TAmx).

En outre, les possibilités sont diverses. Le choix dépend des besoins de mesure.

6.6.6 Attendus et discussion

Les difficultés à prévoir quant à la réalisation débutent par la création de l'algorithme. Il risque d'y avoir des problèmes étant donné que les heures de passages aux arrêts sont précisées à la minute. Il arrive parfois que deux arrêts consécutifs ont le même horaire. Cela peut engendrer des complications dans les calculs. Il semblerait aussi que les fichiers soient sujets à quelques anomalies. D'autres problèmes découlent de la rapidité d'exécution des calculs. Les itinéraires possibles en transport collectif peuvent être nombreux dans certains quartiers et un algorithme de ce type peut s'avérer excessivement long à calculer.

Les résultats permettront sans doute de mieux révéler la variabilité de l'offre de transport en commun pendant la journée, notamment dans les secteurs périphériques où les services sont parfois en opération uniquement aux périodes de pointe. Les graphiques de variation du nombre d'emplois en fonction de l'heure ou de superficie du polygone permettront aussi d'identifier des zones où des améliorations au réseau et à l'offre sont souhaitables. Des cartes amèneront peut-être à constater qu'il manque de connexité à certains endroits sur le réseau de nuit par exemple.

L'objectif sera également d'assurer que les indicateurs soient sensibles à des modifications à l'offre. Par exemple, la STM a augmenté récemment ses services en période hors-pointe. Un tel indicateur pourra assister dans l'évaluation des impacts, via des graphiques de superficie d'accès par rapport à l'heure de la journée, des améliorations.

6.6.7 Conclusion

Les indicateurs d'accessibilité de transport collectif peuvent servir pour une panoplie d'analyses liées à l'équité sociale, l'accès à l'emploi, la justification de nouveaux services via des modèles d'accès et bien plus. L'algorithme de type polygone à partir des données GTFS de Google pourra fournir systématiquement une série d'indicateurs pertinents tels que la superficie de ce dernier, le nombre d'emplois accessibles et sa variation dans le temps, le nombre d'arrêts couverts, etc. Les GTFS ont aussi l'avantage d'être universels, assurant ainsi la possibilité de transfert méthodologique. De ce fait, cette recherche risque d'avoir un apport scientifique dans le domaine des indicateurs d'accès, tout comme dans l'analyse des réseaux de transport collectif dans la région montréalaise.

6.6.8 Réalisation

Le dépôt du mémoire est prévu en décembre pour une présentation en mars 2012.



6.7 Analyse exploratoire des comportements d'utilisation du transport collectif à l'aide de données provenant du système de perception par carte à puce de la Société de transport de Montréal

- Étudiant : Jean-Sébastien Marcotte (maîtrise)
- Supervision : Morency et Trépanier
- État : en cours, fin projetée : août 2012
- Financement : Chaire Mobilité

6.7.1 Objectif

L'objectif de cette tâche est de faire un premier débroussaillage des données provenant du système de ventes et de perception OPUS de la grande région de Montréal. À l'aide de données fournies par la STM, nous examinerons les habitudes des gros usagers sur une période de 2 mois. Il s'agit ici de mieux connaître les données disponibles, d'en établir les qualités et les limites (dont l'absence d'une identification précises des lieux de montée, sauf pour le métro).

6.7.2 Fondements

L'étude s'appuie sur des travaux antérieurs effectués par Trépanier, Morency et Agard (2007) sur la variabilité des comportements des usagers de cartes à puce de la Société de transport de l'Outaouais (STO). L'étude avait alors constaté une grande variabilité dans les comportements, proposé une classification de ceux-ci et insisté sur le fait qu'un usager donné ne maintiendra pas nécessairement un comportement stable durant une période donnée. D'autres travaux basés sur les données de cartes à puce de la STO ont également porté sur les comportements des usagers (Pelletier et al. 2011).

6.7.3 Système d'information

Les données disponibles touchent les mois d'octobre et novembre 2010 et ne concernent que les transactions effectuées sur le territoire de la Société de transport de Montréal. La base de données contient en tout 87,2 millions de transactions enregistrées de cartes à puce et de billets cartonnés. Les tables auxquelles nous avons accès sont les suivantes :

- Validation: contient l'ensemble des transactions effectuées sur le territoire de la STM (principaux champs : numéro de série du titre, date et heure, type de transaction, type de support) (87 164 904 enregistrements).
- CEB : contient l'ensemble des points de validations (tourniquets et portes ventaux) situés dans les stations de métro (476 enregistrements).
- Course : contient l'ensemble des courses (voyages) effectuées durant la période visée. Contient aussi des courses artificiellement créés pour le métro (954 895 enregistrements). Cette table informe entre autres sur la ligne et la direction empruntées lors de la transaction.
- Fichier : table qui fait le lien avec le tourniquet utilisé dans les stations de métro (282 281 enregistrements).
- Service : table qui fait le lien entre les courses et les fichiers utilisés (377 287 enregistrements).
- Stations : contient la liste des stations de métro du réseau (68 enregistrements).

La Figure 58 en présente l'évolution sur ces deux mois.

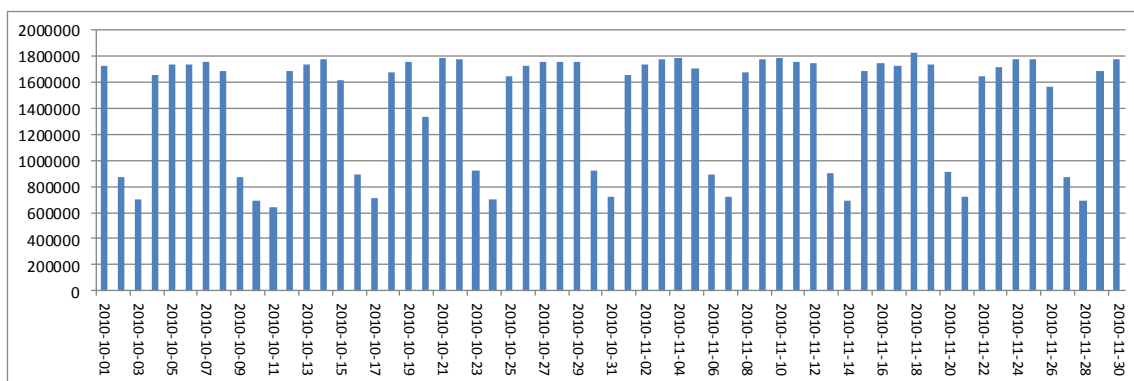


Figure 58: Évolution du nombre de transactions enregistrées dans le système vente et perception de la STM, octobre et novembre 2010

En guise d'expérimentation à court terme, il a été décidé d'extraire de ces données les 636 usagers ayant utilisé le système le plus fréquemment, soit à plus de 500 reprises sur cette période de 61 jours. Il semble très probable que ces cartes aient été utilisées par plus d'un usager. Cet examen privilégié des « super-usagers » nous donne un aperçu des potentialités d'analyse.

6.7.4 Résultats préliminaires d'analyse

Ces analyses comportent essentiellement des statistiques descriptives relatives au type de titre de transport, au nombre de lignes différentes empruntées ainsi qu'aux jours et aux heures d'utilisation.

Des 636 usagers concernés, 409 (64,3 %) sont détenteurs de titre mensuel CAM ordinaire et 18,2 % de CAM à tarif réduit, les autres titres regroupant essentiellement des carnets de billets et des cartes régionales. Le Tableau 40 présente quelques statistiques brutes reliées aux cartes. On y remarque le fort nombre moyen de lignes différentes empruntées, et la relative stabilité du nombre moyen de transactions effectuées en semaine et week-end, quel que soit le type de titre. À noter qu'un déplacement peut engendrer plusieurs transactions car les correspondances comptent pour une transaction. L'analyse des déplacements demande d'examiner plus en détail ces correspondances afin de distinguer les correspondances réelles et celles qui sont « déguisées » en déplacement, c'est-à-dire dans le cas où l'utilisateur effectue une activité à l'intérieur de la période de 2 heures accordée par le système. Cette analyse n'a pas été réalisée pour le moment.

Tableau 40 : Statistiques brutes sur les super-usagers (plus de 500 transactions sur deux mois)

Étiquettes de lignes	Nombre de cartes	Nb moyen de lignes empruntées	Nb moyen de jours d'utilisation	Nb moyen de transactions en semaine	Nb moyen de transactions en week-end
STM CAM hebdo ord.	46	29,1	59,1	432	156
STM CAM ordinaire	409	26,4	59,5	436	145
STM CAM réduit	117	25,9	59,5	432	150
Autres	64	29,7	58,8	444	143
Total général	636	26,9	59,4	435,8	146,1

La Figure 59 présente une répartition des cartes de différents types de titre en fonction du pourcentage de transactions effectuées dans le métro. On y remarque que la plupart de ces super-usagers ont effectué entre 25 et 50 % de leurs transactions dans le réseau du métro. L'utilisation

du métro est plus faible chez les détenteurs de cartes à tarif réduit. Fait anecdotique, 9 de ces usagers n'ont pas utilisé le métro durant la période de 61 jours.

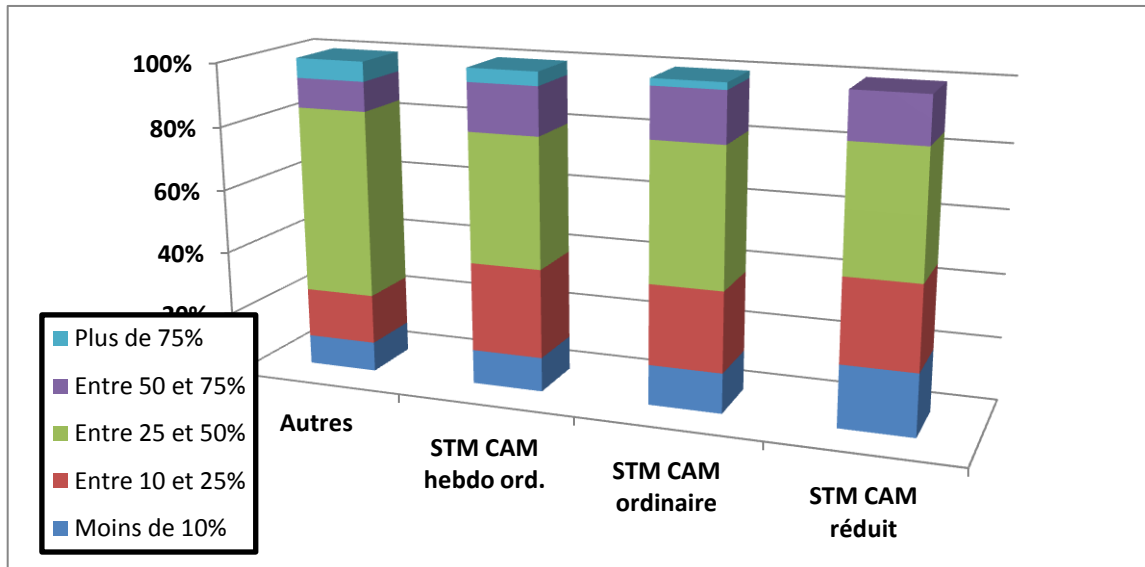


Figure 59: Classification des cartes selon le % d'utilisation du métro (cartes avec plus de 500 transactions durant les mois d'octobre et novembre 2010)

Vu le grand nombre de transactions enregistrées par ces usagers, il apparaît que beaucoup de celles-ci sont effectuées durant les weekends. À la Figure 60, on remarque que la part de cartes ayant enregistré moins de 75 % des déplacements durant la semaine est relativement importante, ce qui signifie que ces usagers effectuent beaucoup de transactions durant le week-end. De rares usagers ont fait moins de 10 % de leurs transactions durant le week-end.

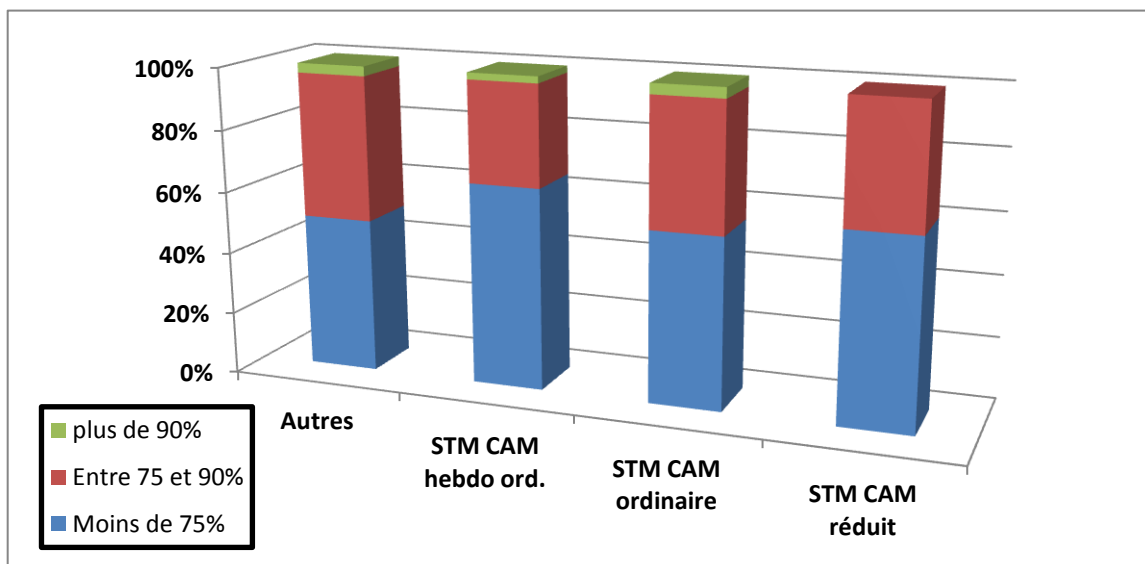


Figure 60: Classification des cartes selon le % des transactions effectuées du lundi au vendredi (cartes avec plus de 500 transactions durant les mois d'octobre et novembre 2010)

La Figure 61 illustre un fait exceptionnel chez ces usagers, soit le nombre non négligeable de ceux-ci qui font la majorité de leurs déplacements la nuit. La figure illustre que ces usagers effectuent la majorité de leurs déplacements en milieu de journée.

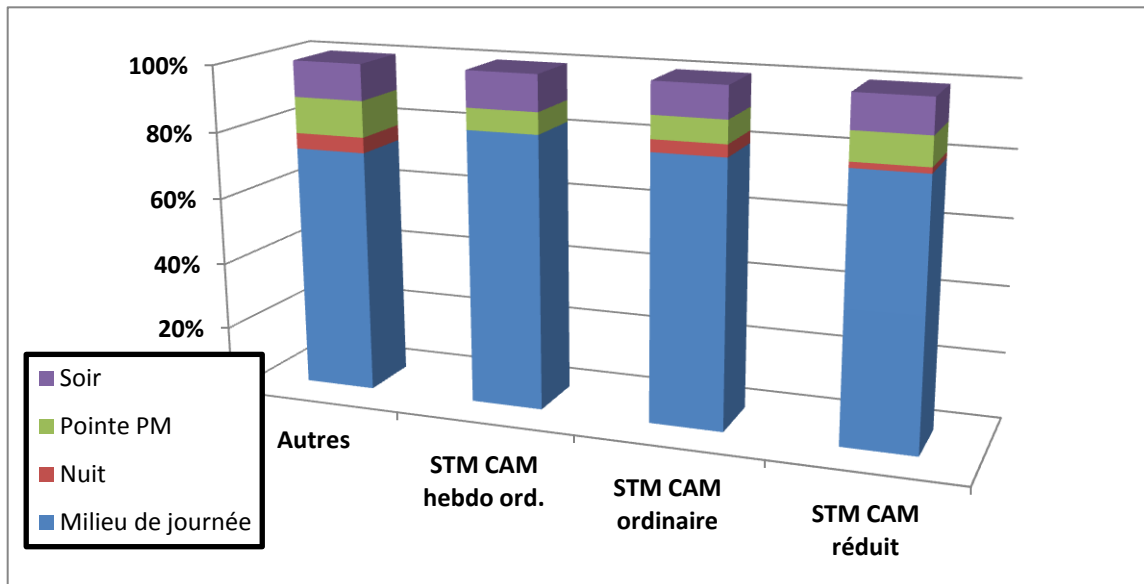


Figure 61: Classification des cartes selon la période dominante d'utilisation dans la journée (cartes avec plus de 500 transactions durant les mois d'octobre et novembre 2010)

Si on examine plus en détail la répartition des transactions en fonction des périodes de la journée (Tableau 41), on y remarque de nouveau la forte proportion de transactions effectuées la nuit, d'où l'intuition que les cartes sont échangées entre usagers. Encore une fois, on remarque la répartition relativement stable entre les différents types de titres.

Tableau 41: Répartition du nombre de transactions en fonction de la période de la journée (cartes avec plus de 500 transactions durant les mois d'octobre et novembre 2010)

	AM (6h00 à 8h59)	MILIEU (9h00 à 15h59)	PM (16h00 à 18h59)	SOIR (19h00 à 23h59)	NUIT (0h00 à 5h59)
Autres	6,4%	42,1%	21,9%	20,0%	9,6%
STM CAM hebdo ord.	7,5%	42,0%	21,3%	20,8%	8,4%
STM CAM ordinaire	8,5%	41,3%	22,4%	19,4%	8,3%
STM CAM réduit	6,0%	44,3%	23,6%	18,7%	7,5%

6.7.5 Résultats préliminaires d'analyse – tous les utilisateurs

Cette section présente quelques résultats concernant des analyses effectuées sur l'ensemble des utilisateurs, pour les mois d'octobre et novembre 2010. Les statistiques compilent des déplacements, c'est-à-dire la première transaction d'une séquence avec correspondance. Cette analyse ne tient pas compte, pour le moment, des déplacements masqués par des correspondances dans le cas d'activités réalisées au travers d'une séquence de transactions. En outre, pour certaines analyses, les cartes TRAMS sont omises car on ne sait pas quelle transaction est la première du déplacement.

La Figure 62 présente un portrait global de la répartition des titres utilisés pour les déplacements. On y remarque la prépondérance des titres mensuels. Les paiements en espèces y sont également enregistrés dans le cas de la STM car le système émet une carte magnétique lors du paiement, et ce titre peut être caractérisé avec les autres.

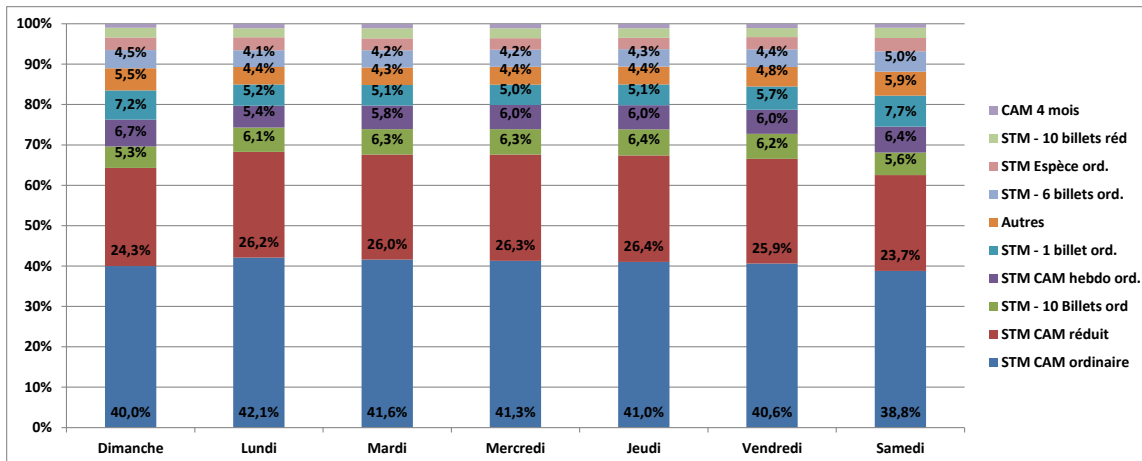


Figure 63: Répartition du nombre de déplacements par jour de semaine et type de titre, octobre et novembre 2010

La Figure 64 permet d’apprécier le nombre moyen de déplacements par jour de semaine. Pour cette analyse, les déplacements effectués les congés fériés du 11 octobre 2010 (Action de grâces) et du 11 novembre 2010 (Jour du Souvenir) ont été omis.

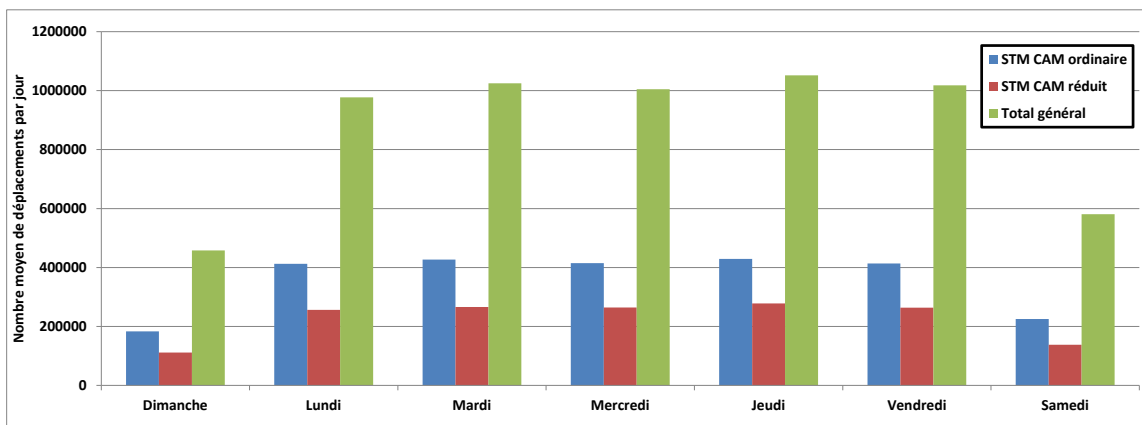


Figure 64: Nombre moyen de déplacements par jour, octobre et novembre 2010 (sans les congés fériés)

À la Figure 65, on dénote une différence quant à la distribution des heures de départ des déplacements entre les jours de semaine et les weekends. Les figures suivantes présentent cette distribution selon le type de titre et les jours concernés. On y remarque en semaine que les déplacements faits avec des titres à tarif réduit ont des pointes AM et PM légèrement devancées par rapport aux autres types de titres. Les week-ends, les usagers suivent à peu près le même comportement, quel que soit leur titre.

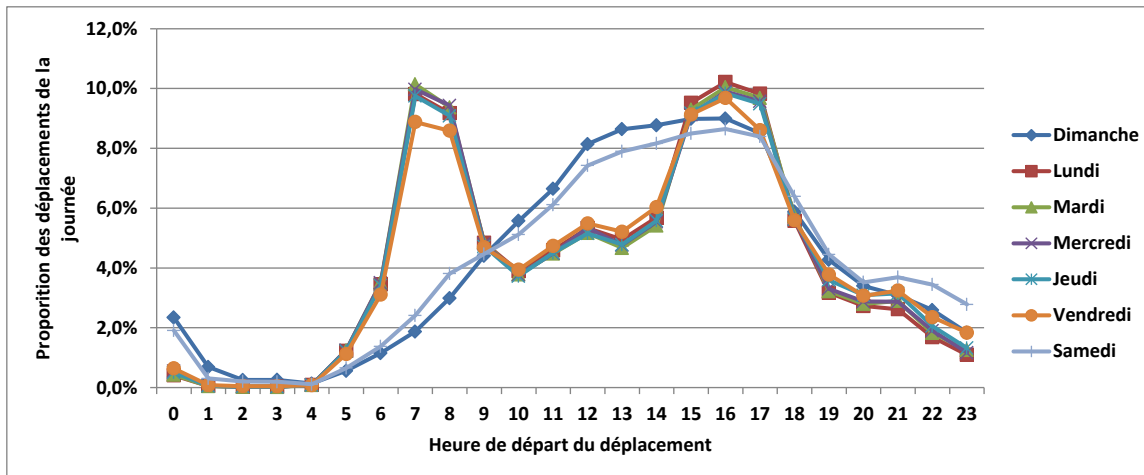


Figure 65: Distribution des heures de départ par jour de semaine, octobre et novembre 2010 (sans les congés fériés)

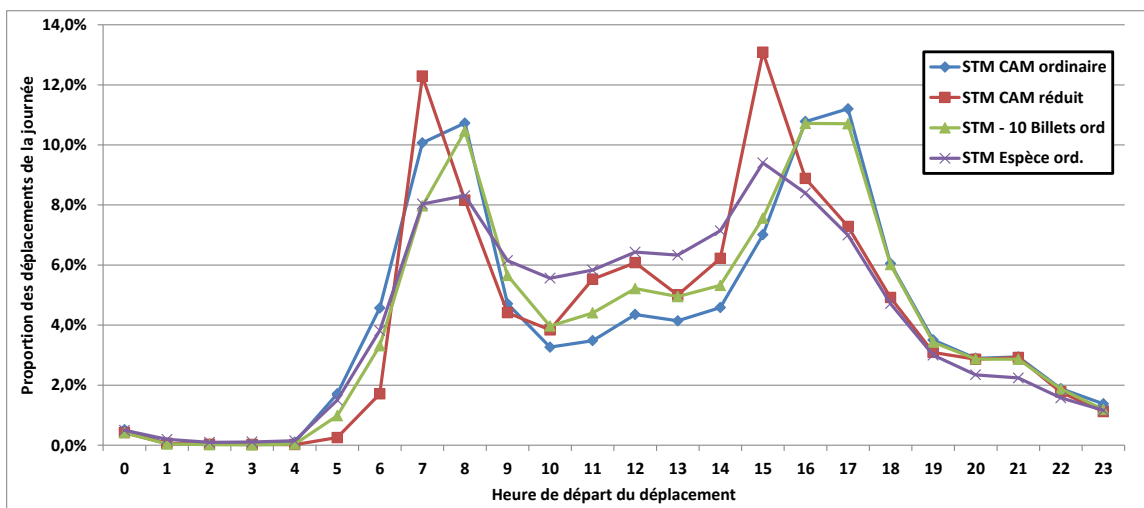


Figure 66: Distribution des heures de départ par type de titre, les jours de la semaine, octobre et novembre 2010 (sans les congés fériés)

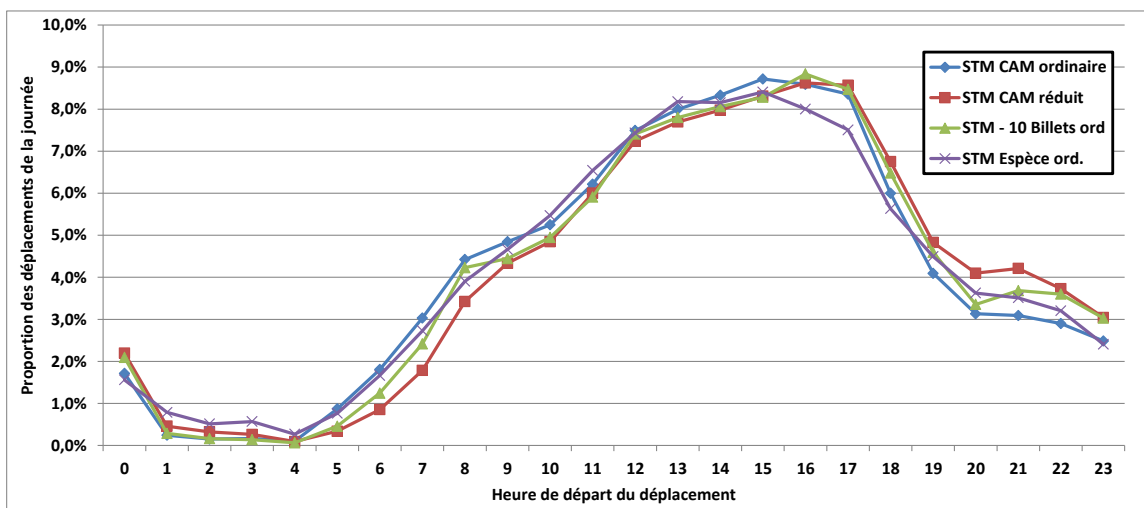


Figure 67: Distribution des heures de départ par type de titre, les dimanches, octobre et novembre 2010

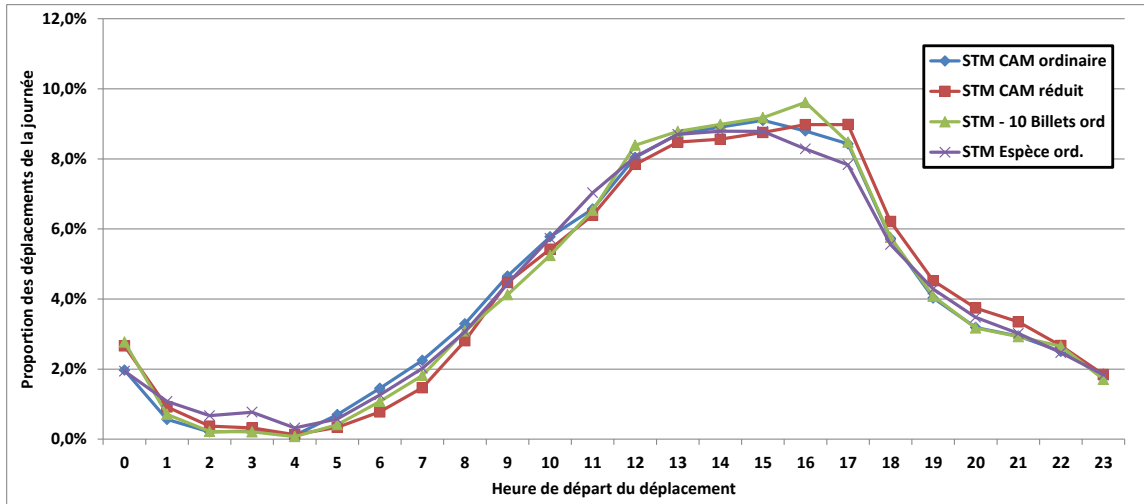


Figure 68: Distribution des heures de départ par type de titre, les dimanches, octobre et novembre 2010

6.7.6 Perspectives

Les résultats préliminaires montrent que, malgré l'absence d'information sur la localisation des montées, il est possible de conduire des analyses sur les comportements des usagers du système de transport collectif montréalais à l'aide de données provenant du système de vente et perception. De plus, le comportement des usagers détonne à première vue par rapport à ceux de la Société de transport de l'Outaouais, par les déplacements plus variés, à des heures plus étendues, notamment la nuit, à une période sans service en Outaouais. Les données de la région de Montréal amènent donc de nouvelles perspectives analytiques.

Dans les prochaines étapes, il est envisagé d'utiliser des modèles statistiques de séries chronologiques et des techniques de « data mining » afin de mieux classifier les comportements et établir des groupes-type d'utilisateur, pour ensuite examiner les variabilités temporelles associées. Nous comptons également étudier l'influence des conditions météorologiques sur l'utilisation du transport en commun, et les possibles transferts de l'autobus vers le métro lors de ces épisodes de mauvais temps. Il serait également intéressant de proposer des méthodes pour compléter l'information sur les transactions, comme par exemple d'essayer de détecter les types d'activités, de distinguer les correspondances réelles des « fausses correspondances » et éventuellement de distinguer les différents usagers sur une même carte.



7 Autres travaux pertinents

7.1 Vieillesse et mobilité : modèle âge-période-cohorte

- Étudiant : Julien Grégoire (maîtrise)
- Supervision : Morency
- État : en cours, fin projetée : juin 2011
- Financement : CRSNG

7.1.1 Introduction

Le vieillissement de la population est un phénomène de société qui affectera la majorité des pays occidentaux au cours des prochaines décennies. Au Québec, la cohorte des baby-boomers modifiera sensiblement la composition démographique en augmentant considérablement en effectifs et en proportion le groupe des personnes âgées. En effet, à l'horizon 2056, les 65 ans et plus représenteront 28 % de la population du Québec comparativement à 14 % en 2006, conséquence de l'augmentation de l'espérance de vie, de l'importance en nombre des baby-boomers et d'un taux de fertilité relativement bas (ISQ, 2009)

Le sujet du vieillissement mobilise de nombreux domaines d'études alors que ses impacts futurs sont encore relativement méconnus. Le thème de la mobilité n'y fait pas exception, alors que les conséquences du vieillissement sur les réseaux de transport soulèvent d'importants questionnements. En effet, au niveau de la planification des transports, afin d'assurer une qualité de vie et une diminution des risques liés à la persistance de l'utilisation de l'automobile, une connaissance approfondie des besoins changeants de cette population est nécessaire (Metz, 2000, Banister et Bowling, 2004).

7.1.2 Problématique

Afin d'étudier efficacement la mobilité de ce groupe, il est important d'en considérer les dynamiques uniques.

Tout d'abord, la mobilité des aînés est sensiblement différente des autres groupes de population, alors que la diminution de l'importance des déplacements travail élimine les contraintes spatio-temporelles reliées à ce motif. Par conséquent, les déplacements des personnes âgées dont les principaux motifs sont le magasinage, les loisirs et la santé sont plus dispersés sur le territoire et à travers la journée (Tacken 1998; Collià, Sharp et al. 2003; Newbold, Scott et al. 2005).

Deuxièmement, les comportements des personnes âgées sont distincts des cohortes précédentes à cause, notamment, de l'amélioration de leurs conditions de santé et de leur qualité de vie. Elles sont globalement plus riches, indépendantes financièrement, en meilleure santé et fortes consommatrices de biens et de loisirs (Pochet 1997; Chen and Millar 2000; Banister and Bowling 2004).

Finalement, les personnes âgées sont un groupe fortement hétérogène alors qu'une grande variété de comportements est observée et causée par diverses conditions. L'une d'entre elles est le vieillissement physique et le déclin des capacités à se déplacer qui peut survenir à tout moment, mais qui commence à devenir plus préoccupante à partir de 80 ans (Alsnih and Hensher 2003).

En somme, il convient de conclure que les personnes âgées ont une mobilité différente comparativement aux autres segments de population, de même qu'aux générations précédentes et

qu'il existe de grandes variations à l'intérieur même du groupe. Par conséquent, la mobilité des personnes âgées nécessite réflexion alors que, à l'instar des autres segments de population, elles se dispersent de plus en plus dans l'espace, demeurent motorisées plus longtemps et font de plus en plus appel à l'automobile pour combler leurs besoins de mobilité (Pochet, 2003, Scott, Newbold et al, 2006; Golob et Hensher 2007).

L'objectif de ce projet est de mieux comprendre le vieillissement de la population et ses conséquences sur les comportements de mobilité. Plus spécifiquement, le projet vise à comprendre l'effet de vieillir sur les habitudes de transport, à quantifier les effets de cohortes et à étudier les effets de sociétés et leurs impacts sur les comportements. L'atteinte de ces objectifs permettra d'accéder à une meilleure compréhension des dynamiques du vieillissement de la population et leurs conséquences sur la mobilité.

7.1.3 Système d'information et méthodologie d'analyse

Cette section présente tout d'abord le système d'information et la base de données utilisée. En deuxième lieu, une présentation de l'approche démographique et du modèle âge-période-cohorte sera effectuée.

Base de données utilisée

L'analyse des tendances se fera à partir des enquêtes Origine-Destination (OD) effectuées dans la Grande région de Montréal (GRM). Pour cette recherche, les données provenant des cinq dernières enquêtes réalisées en 1987, 1993, 1998, 2003 et 2008 (données de semaine seulement) seront utilisées afin d'analyser les grandes tendances de mobilité. Le Tableau 43 présente l'échantillon de la base de données. Uniquement les ménages résidant dans le territoire de l'enquête OD de 1987 seront étudiés.

Tableau 43 : Base de données pour l'analyse du vieillissement

Ind/Enquête	1987	1993	1998	2003	2008
Nb pers.	13 551	13 705	15 174	13 569	20 750
Nb mén.	10 194	10 340	11 404	10 196	15 514
Nb dep.	18 463	24 501	25 277	21 006	30 728

Notions fondamentales à l'analyse démographique

Ce projet de recherche étudie les tendances de mobilité des personnes âgées du point de vue de l'analyse démographique. L'analyse démographique est une méthode permettant de décortiquer les évolutions dans le temps d'un phénomène (tendances) à travers trois effets (Yang 2006) :

- L'effet d'âge, qui correspond au changement des comportements qui sont attribuables au vieillissement d'un individu. Les effets d'âge sont influencés par les changements au

niveau biologique (dégradation de la santé physique), au niveau social (arrivée à la retraite) et au niveau psychologique (changements dans la personnalité, valeurs, attitudes).

- L'effet de période, qui représente les changements fondamentaux de société attribuables à des événements historiques (crises, guerres, famines) ou des tendances (montée du prix de l'essence, changements dans l'offre de transport) qui affectent toute la population simultanément et de la même manière (effet équivalent pour tous les individus)
- L'effet de cohorte, qui correspond à l'influence de l'année de naissance sur les comportements des individus. La cohorte représente l'influence du changement social historique qui survient dans nos sociétés, l'amélioration du niveau de vie, etc. Une cohorte est un groupe de personnes qui a vécu des événements similaires au même âge.

L'estimation de ces effets se fait en combinant deux types d'analyse :

- **L'analyse transversale**, qui permet de comparer les comportements de mobilité des individus pour une année fixe. Ce projet étudiera le comportement des 65 ans et plus agrégés en groupe d'âge de 5 ans.
- **L'analyse longitudinale**, qui effectue le suivi de comportements des différentes cohortes de population. L'application de la méthode des pseudo-cohortes (dérivation d'une année de naissance selon l'âge et l'année d'enquête) permet d'exploiter les données des enquêtes OD pour faire étude longitudinale. Pour ce projet, la cohorte la plus jeune étudiée est celle de 1937 (50 ans en 1987) et la plus vieille est 1907 (80 ans en 1987). L'analyse longitudinale permettra d'effectuer un suivi sur 20 ans des comportements de la majorité des cohortes.

Modèle âge-période-cohorte

Les analyses transversales et longitudinales sont des méthodes d'analyse descriptive d'estimation des effets d'âge, de période et de cohorte. Toutefois, ces analyses ne permettant pas d'analyser l'ampleur des effets et les impacts sur les tendances, l'application d'une méthode d'analyse dite rigoureuse est nécessaire. Cette méthode, appelée modèle âge-période-cohorte (APC), permet de quantifier les effets d'âge, de période et de cohortes.

La formulation du modèle APC se décrit comme suit :

$$V(a, p, c) = u + A(a) + P(p) + C(c) + e(a, p, c)$$

Où :

- $V(a, p, c)$ est la mesure du comportement de l'individu (motorisation, distance des déplacements) d'un individu dont l'âge égal a , appartenant à la cohorte c durant l'année p .
- U : est la constante
- $A(a)$ est l'effet de l'âge
- $P(p)$ est l'effet de période
- $C(c)$ est l'effet de cohorte
- $E(a, p, c)$ est l'erreur du modèle

Il s'agit d'un modèle linéaire à effets additifs et fixes, c'est-à-dire que les effets d'âge sont applicables à toutes les cohortes et périodes et vice-versa. L'estimation des différentes variables sera effectuée à l'aide du logiciel STATA par maximisation de la vraisemblance. Un module spécial nécessaire à la modélisation âge-période-cohorte est utilisé et est disponible gratuitement en ligne : <http://econpapers.repec.org/software/bocbocode/s456754.htm> (Yang, 2004).

7.1.4 Résultats

La présentation des résultats se fera en trois étapes. Tout d’abord, une présentation de l’analyse descriptive, étape nécessaire avant l’estimation d’un modèle âge-période-cohorte, sera effectuée. Cette étape permettra de présenter les différentes tendances étudiées qui feront l’objet d’une analyse âge-période-cohorte dans la deuxième partie. La deuxième partie présente donc les résultats des différents modèles ainsi qu’une analyse des différentes variables explicatives ayant un impact important sur les tendances. Finalement, cette décomposition des tendances en effets âge-période-cohorte et variables explicatives permettra de projeter diverses tendances à l’horizon 2028.

Analyse descriptive

L’analyse descriptive présente l’évolution du taux d’accès à l’automobile, de la non-motorisation et de la part modale du transport en commun.

La Figure 69 présente le taux d’accès à l’automobile qui correspond au nombre d’automobiles par ménage, divisé par le nombre de personnes de 16 ans et plus. Une augmentation importante de cet indicateur est observable entre 1987 et 2008. Celle-ci semble être principalement attribuable à des effets de cohortes alors que des taux d’accès supérieurs sont observés entre chaque cohorte. L’âge semble aussi avoir un impact sur cet indicateur même s’il reste difficile d’établir l’ampleur du déclin attribuable à cet effet.

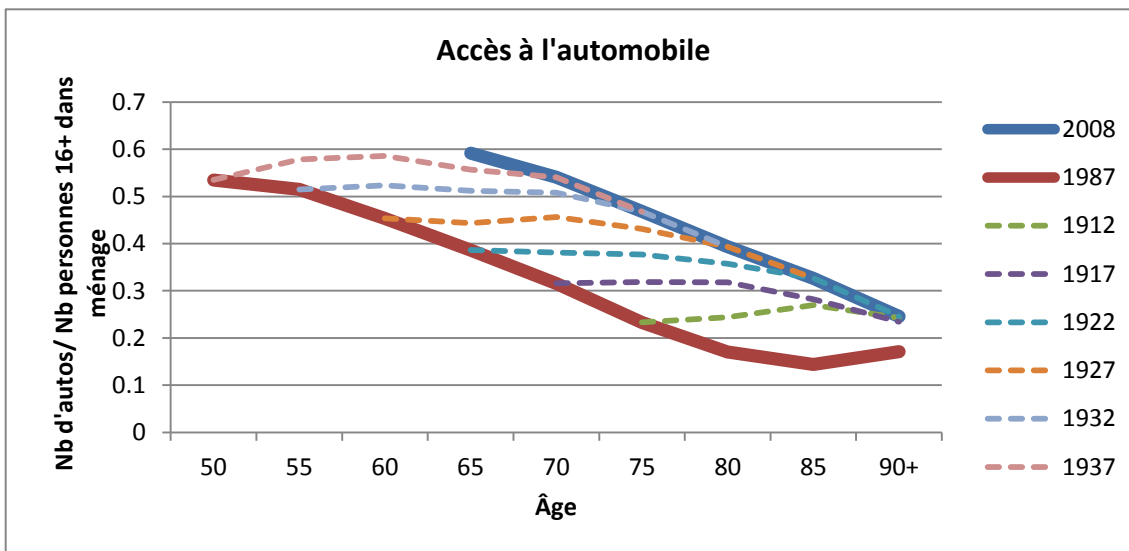


Figure 69. Analyse transversale (traits pleins) et longitudinale (traits pointillés) du taux d’accès à l’automobile

La Figure 70 présente la proportion de personnes qui n’ont pas accès à une automobile. Une diminution importante est remarquée entre 1987 et 2008. Pour les cohortes les plus âgées, l’effet de cohorte semble assez important, alors que l’ampleur de ces effets tend à diminuer pour se stabiliser pour les cohortes les plus jeunes. L’âge semble aussi avoir un impact important alors que dès 60 ans, une augmentation constante de la non-motorisation est observée.

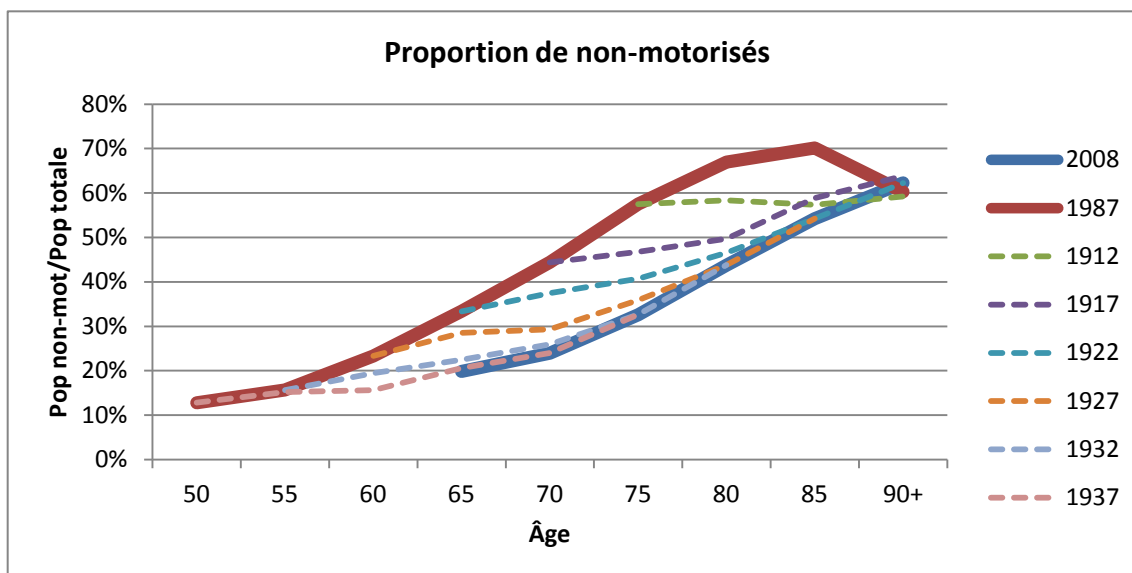


Figure 70. Analyse transversale (traits pleins) et longitudinale (traits pointillés) de la proportion de personnes non-motorisées

La part modale du transport en commun est présentée dans la Figure 71. L'utilisation de ce mode a décliné fortement. Toutefois, les analyses transversale et longitudinale permettent difficilement d'identifier les variations attribuables à des effets d'âge de période ou de cohorte. Il semble que le transport en commun ait subi une baisse importante de sa part modale entre 1987 et 1998, ce qui serait attribuable à des effets période. Toutefois, l'ampleur de ce déclin attribuable à l'effet période ou à combinaison de celui-ci à un autre effet est difficile à évaluer.

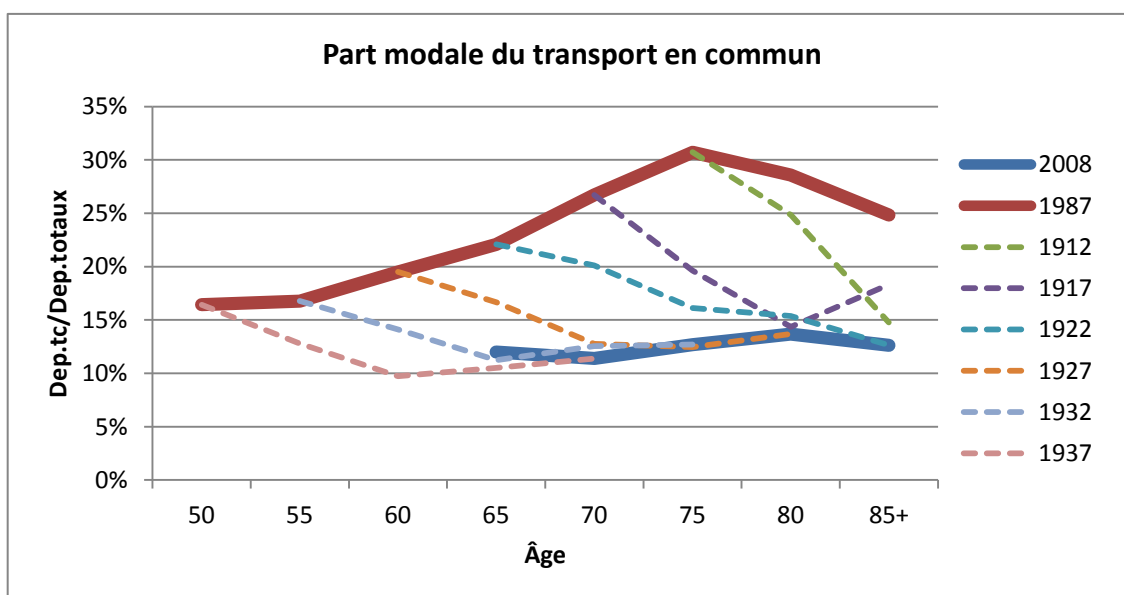


Figure 71. Analyse transversale (traits pleins) et longitudinale (traits pointillés) de la part modale de l'automobile



Application du modèle âge-période-cohorte

L'analyse descriptive a permis de présenter certaines tendances et d'émettre des hypothèses sur les effets APC. Toutefois, l'identification semble plutôt complexe et une modélisation âge-période-cohorte apparaît comme nécessaire. Cette section présente les résultats des estimations âge-période-cohorte ainsi que des différentes variables explicatives qui ont été déterminées comme étant influentes.

L'intégration de variables explicatives supplémentaires permet d'éliminer une partie de la variabilité comportementale attribuable à des effets autres que l'âge, la période et la cohorte. En effet, une analyse préalable a permis d'identifier des variables qui évoluent à mesure que la cohorte vieillit (la proportion de femmes augmente avec l'âge) ou entre les différentes cohortes (la distance au centre-ville augmente pour les cohortes les plus récentes). Par conséquent, afin de ne pas attribuer des effets APC à un phénomène dont la cause serait autre (par exemple une diminution de la motorisation qui ne serait pas due à l'âge, mais à une augmentation de la proportion de femmes dans la cohorte), une intégration de variables explicatives dans le modèle APC est nécessaire.

L'effet des différentes variables sera présenté en rapport à une cohorte de référence (65 ans en 1987 nés en 1922). La méthode utilisée est de garder tous les effets fixes sauf l'effet présenté afin de présenter la variabilité des comportements attribuable à ce dernier.

Taux d'accès à l'automobile

La Figure 72 présente l'estimation des effets APC sur le taux d'accès à l'automobile. Le modèle permet de confirmer l'effet négatif de l'âge sur cet indicateur alors qu'une diminution constante du taux d'accès est observée entre 65 et 90 ans. Pour les cohortes, une stabilisation de cet effet est observée pour celles nées après 1922. Par conséquent, l'augmentation du taux d'accès est principalement attribuable à des effets période qui affectent toutes les cohortes simultanément. Dans une perspective de projection de la mobilité, les effets période tendent à augmenter de façon importante depuis 1987 et une légère stabilisation de cet effet est discernable pour 2008.

Une analyse du taux d'accès à l'automobile en fonction de diverses variables explicatives a permis de conclure que la distance au centre-ville, le sexe, le nombre de personnes dans le ménage (seul ou non) et être un travailleur modifient de façon importante le taux d'accès à l'automobile. L'intégration de ces variables explicatives au modèle permet de comprendre comment l'augmentation ou la diminution de ces variables influencent le taux d'accès à l'automobile. La Figure 73 présente les effets bruts de ces variables. Les effets sont présentés en tant que propriétés de la cohorte (si 10, 20, 30 % des individus dans la cohorte demeureraient seuls par exemple).

La distance au centre-ville semble avoir l'impact le plus important alors qu'une augmentation de cette variable accroît de manière importante le taux d'accès à l'automobile. Ensuite, la proportion de travailleurs et d'hommes dans la cohorte influence aussi positivement la motorisation des individus. Finalement, la proportion de personnes seules diminue le taux d'accès à l'automobile des cohortes.

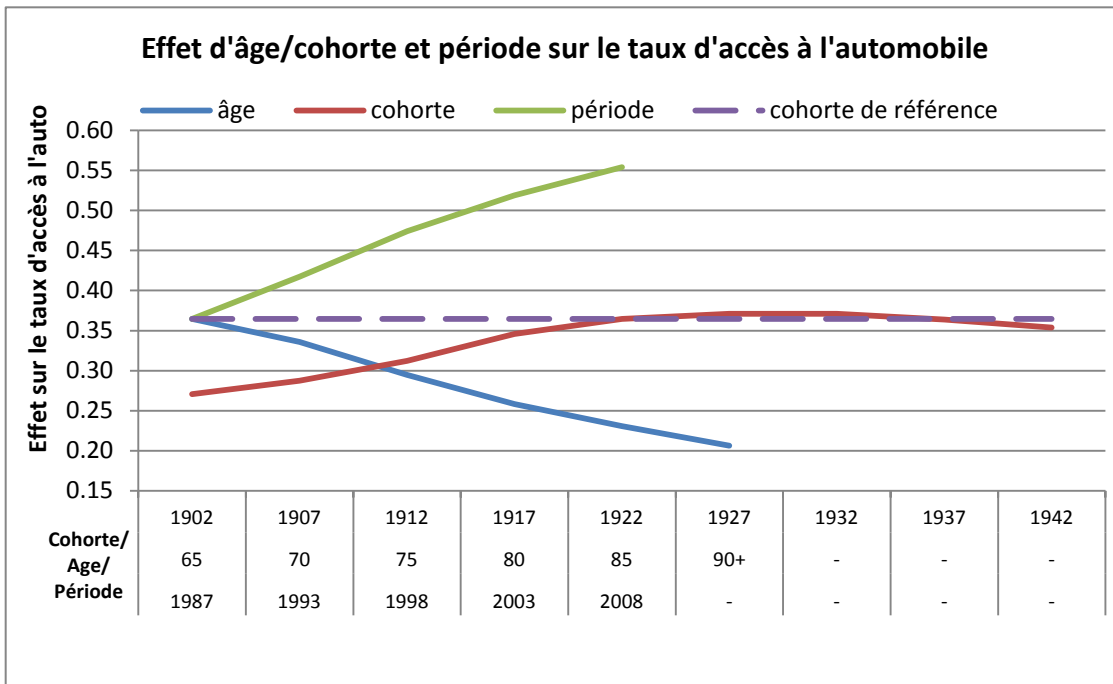


Figure 72. Effets bruts d'âge-période-cohorte sur le taux d'accès à l'automobile

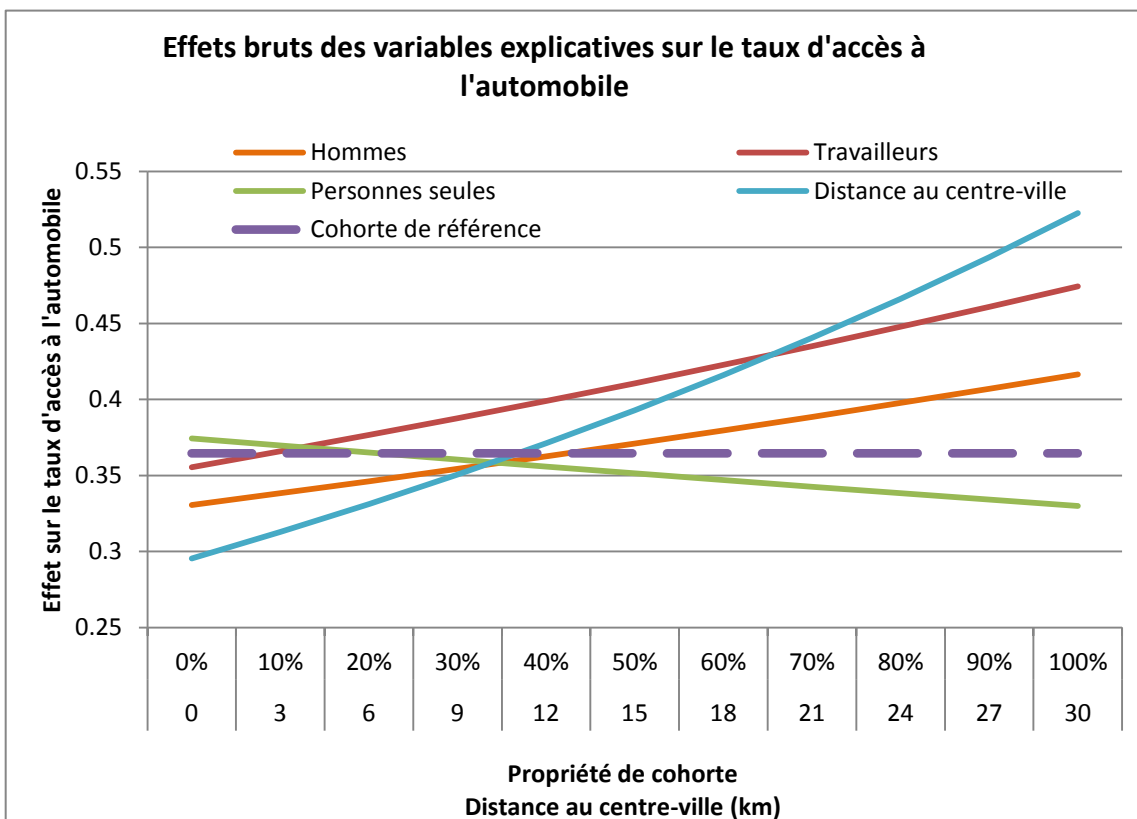


Figure 73. Effet des différentes variables explicatives sur le taux d'accès à l'automobile

Taux de non-motorisation

La Figure 74 présente les effets APC et la Figure 75 les effets des variables explicatives sur le taux de non-motorisation. La variabilité comportementale de la non-motorisation est majoritairement causée par des effets d'âge. Au niveau de la période, une stabilisation de cet effet est constatée après un déclin important entre les années 1987 et 1998. Pour la cohorte, il semble que la diminution de cet effet soit concentrée entre les cohortes de 1912 à 1927 alors qu'une stabilisation des effets des cohortes antérieures et postérieures est observée. Cette décomposition des effets APC laisse supposer que la non-motorisation devrait demeurer sensiblement la même alors que celle-ci ne semble plus affectée par les effets périodes et cohortes.

Toutefois, une analyse des variables explicatives démontre que la majorité d'entre elles a une influence négative sur la non-motorisation. Seule la proportion de personnes seules dans la cohorte influence positivement la non-motorisation. Par conséquent, outre l'effet de l'âge, une diminution de la non-motorisation dans le futur sera attribuable majoritairement à une variation des variables explicatives, plutôt qu'à des effets de cohortes ou de période.

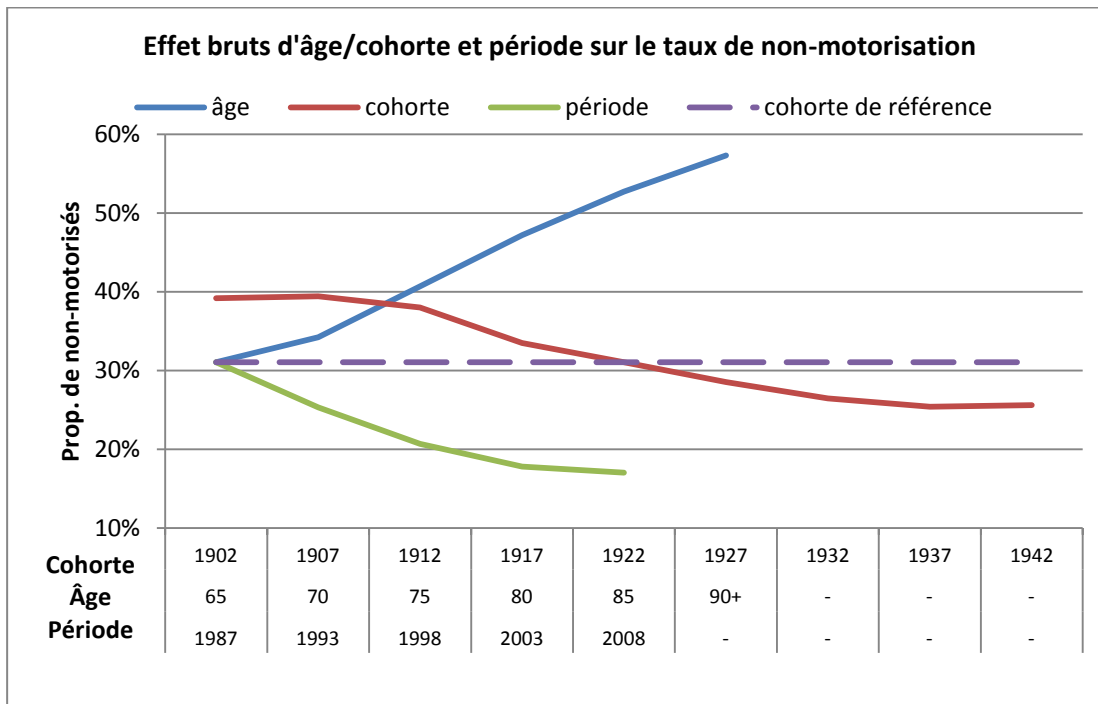


Figure 74. Effets bruts APC sur le taux de non-motorisation

Utilisation du transport en commun

La modélisation de l'utilisation du transport en commun s'est effectuée par un modèle âge-période car les effets cohortes ne sont pas significatifs. La Figure 76 présente les effets bruts du modèle sur la part modale. Le vieillissement a un effet négatif sur l'utilisation du transport en commun, d'une ampleur similaire aux effets de période. Toutefois, le déclin de l'effet période semble être stabilisé depuis 1998, la diminution de la part modale s'étant majoritairement effectuée entre les années 1987 et 1993. Au niveau de l'étude des variables explicatives, la distance au centre-ville ainsi que la motorisation (proportion de personnes motorisées) ont un effet négatif assez fort sur la part modale du transport en commun. La proportion d'hommes et de

personnes seules a aussi un impact négatif sur l'utilisation du transport en commun, mais celui-ci est très faible.

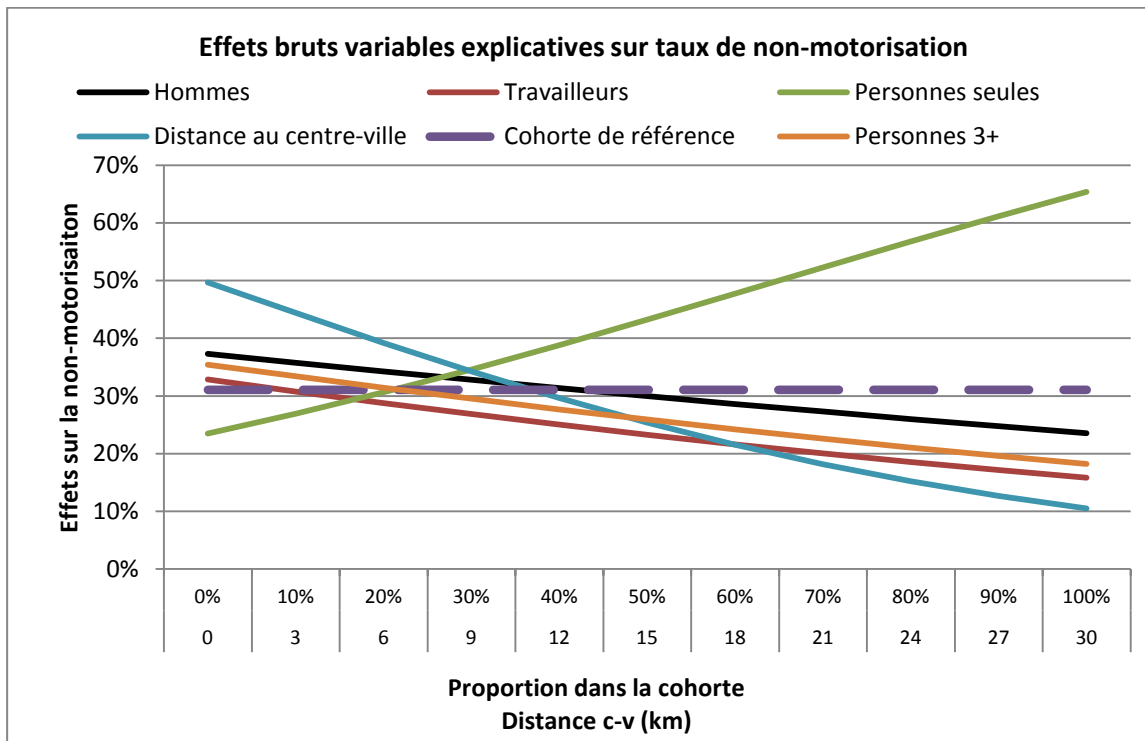


Figure 75. Effets bruts des variables explicatives sur le taux de non-motorisation

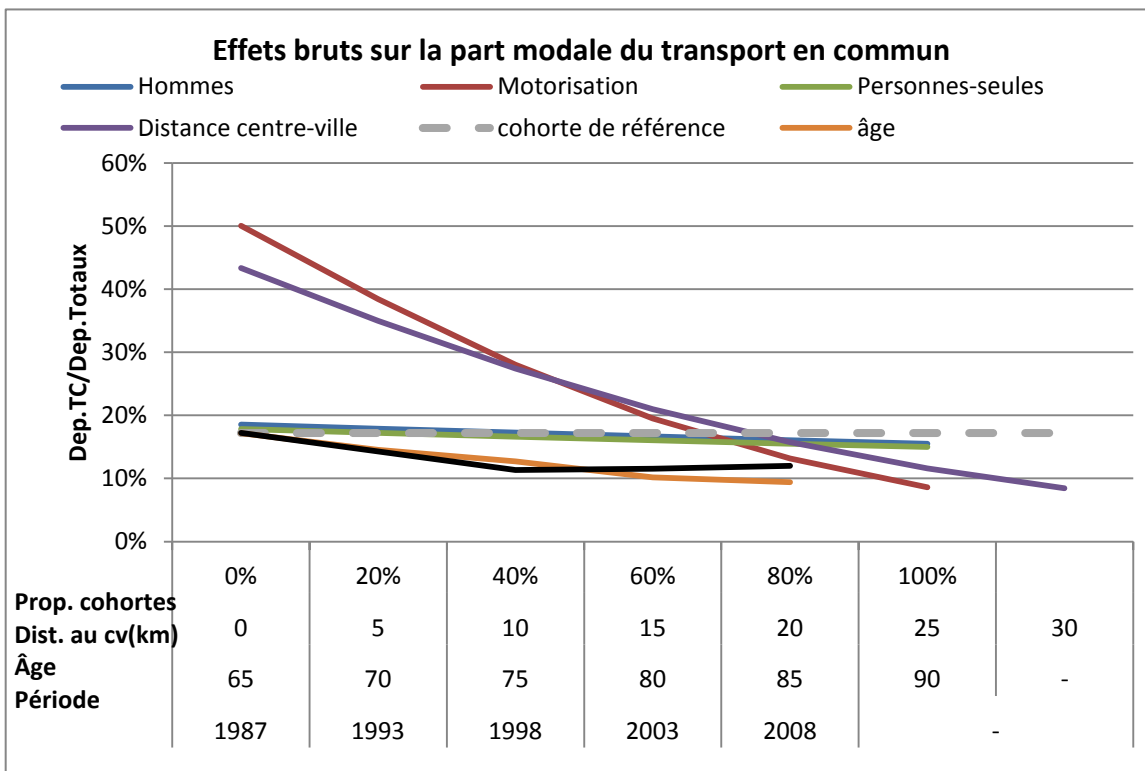


Figure 76. Effets bruts de l'âge, période, motorisation, hommes, personnes seules, distance au centre-ville sur la part modale du transport en commun

Projection de la mobilité

L'analyse des différents effets pour le taux d'accès à l'automobile, la non-motorisation et la part modale du transport en commun permet d'effectuer des projections de mobilité. Dans le cadre de ce projet, les projections se feront à l'horizon 2028 et intégreront toutes les variables explicatives intégrées dans les différents modèles. En effet, étant donné que des variables comme la motorisation et la distance au centre-ville ont un impact très fort sur les comportements étudiés, il est important de projeter aussi ces variables explicatives afin de les intégrer dans les différentes projections.

Les effets d'âge et de cohortes estimés peuvent facilement être intégrés aux projections. Toutefois, il est nécessaire d'émettre des hypothèses sur les effets période. Celles-ci sont prises en extrapolant les tendances observées des effets période.

Dans le cas du taux d'accès à l'automobile, l'hypothèse est que les effets période augmentent tout en tendant à se stabiliser vers 2023. La Figure 77 présente la projection à l'horizon 2028. Le taux d'accès à l'automobile devrait continuer de croître jusqu'en 2028, où l'on aperçoit les premiers signes d'une stabilisation. En somme, le taux d'accès à l'automobile en 2028 représentera presque le double de celui observé en 1987.

Pour la non-motorisation (Figure 78), un léger déclin des effets période a été supposé pour la projection. Les personnes les plus âgées seront encore touchées par la non-motorisation alors que celle-ci augmente toujours fortement avec l'âge. Par conséquent, même si la non-motorisation décline fortement à cause des variables explicatives du modèle, il reste qu'en 2028, environ 40 % des personnes âgées de 85 et 90+ n'auront pas accès à un véhicule. Cette projection laisse supposer de fortes pressions sur les systèmes de transport.

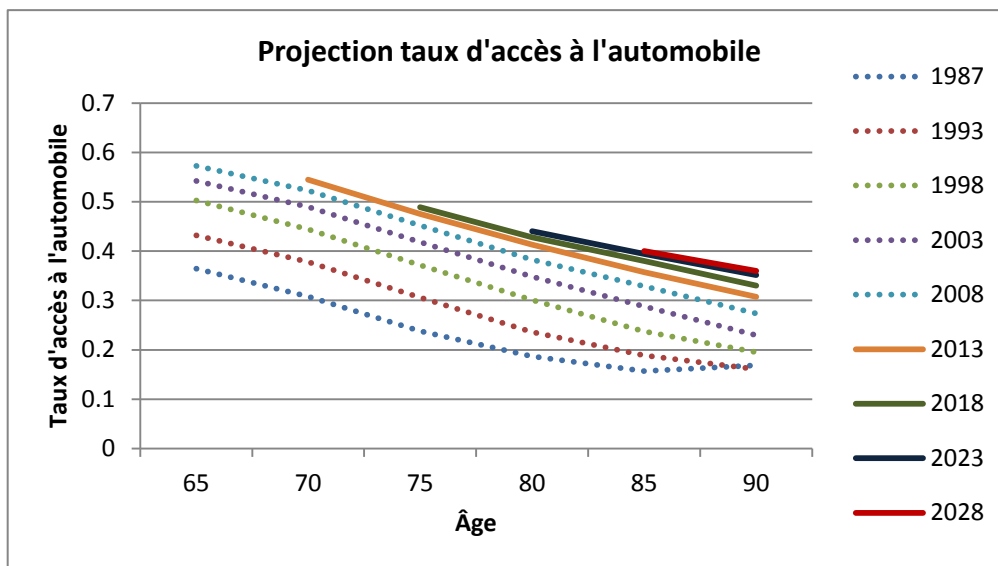


Figure 77. Projection du taux d'accès à l'automobile pour les cohortes de personnes âgées

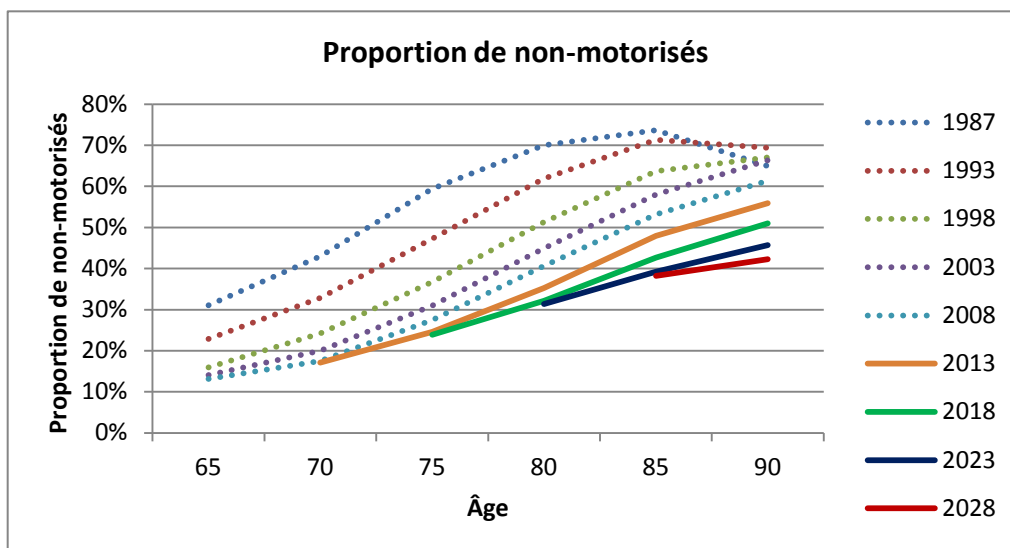


Figure 78. Projection de la proportion de personnes n’ayant pas accès à un véhicule

Finalement, la projection de la part modale du transport en commun est présentée dans la Figure 79. L’hypothèse est que l’augmentation des effets période observée depuis 1998 soit prolongée, laissant ainsi supposer une augmentation de l’utilisation du transport en commun pour toute la population âgée. Toutefois, cette augmentation des effets période ne permet de contrebalancer les effets négatifs jouant en défaveur du transport en commun : augmentation de la distance au centre-ville et motorisation. Par conséquent, le déclin de l’utilisation du transport se poursuit. Cependant, une légère augmentation de l’utilisation de ce mode est perceptible.

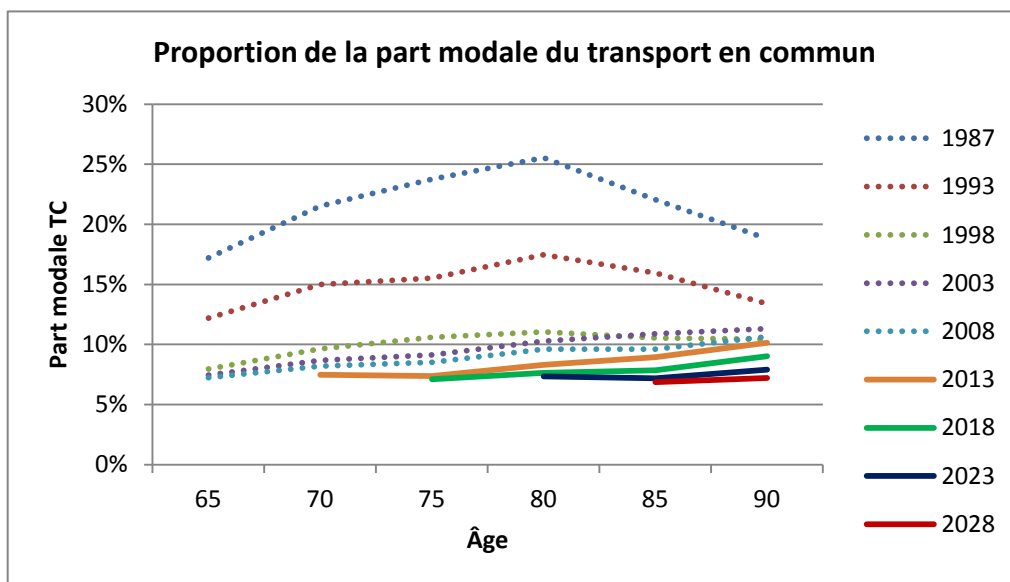


Figure 79. Projection de la part modale du transport en commun

7.1.5 Conclusion

En somme, l’utilisation du modèle âge-période-cohorte permet de mieux comprendre les tendances étudiées. Dans l’optique de mieux comprendre l’évolution d’un comportement de société, ce modèle apporte des outils précieux permettant de quantifier différents effets et leurs



impacts sur la tendance observée. Ce projet sert à démontrer l'utilité d'une telle méthode pour analyser les impacts de différentes tendances de société.

L'analyse du taux d'accès à l'automobile, la non-motorisation et de la part modale du transport en commun a permis de projeter la mobilité à l'horizon 2028. Ces projections permettent de mieux cerner la demande en transport ainsi que les comportements futurs de la population.

Ce projet tire à sa fin. En effet, le mémoire est en cours d'écriture finale alors que le premier dépôt devra se faire à la mi-mai. Si celui-ci est accepté, la présentation du mémoire devrait se faire au début juin. Une dernière partie reste à développer, celle des différents scénarios. En effet, l'utilité de projeter la mobilité dans le futur est aussi de tester l'effet de certaines politiques sur le phénomène observé.

7.2 Outil de collecte de données via Internet

- Étudiant : Pierre-Léo Bourbonnais (maîtrise)
- Supervision : Morency
- État : en cours, fin projetée : décembre 2011
- Financement : MTQ, CRSNG

7.2.1 Introduction

De plus en plus d'articles s'intéressent aux méthodes d'enquêtes en transport ainsi qu'à l'intérêt de combiner plusieurs méthodes d'enquête afin d'améliorer la qualité des échantillons et assurer une meilleure représentativité de la population (Bonnell et al., 2009). De façon classique, les enquêtes transport sont réalisées en face-à-face, par téléphone ou à l'aide de questionnaires papier à remplir soi-même. Toutefois, dans les récentes années, l'augmentation importante des téléphones cellulaires, du nombre grandissant de personnes ne disposant plus de lignes téléphoniques terrestres³ ou n'étant pas listés aux annuaires téléphoniques publics, de la méfiance à l'égard des sondages ainsi que de l'usage répandu de répondeurs et afficheurs, se traduisent par des difficultés accrues de recruter des répondants par le biais de ce médium et d'assurer un taux de réponse satisfaisant. Pendant la même période, l'Internet s'est démocratisé dans plusieurs pays industrialisés : au Québec, 75% des résidents utilisent le Web au moins une fois par semaine (Cefrio, 2009). Par conséquent, plusieurs autorités commencent à considérer Internet comme potentiel outil de collecte de données sur la mobilité.

7.2.2 Contexte

Cette thématique de recherche s'est amorcée avec le développement d'un outil de collecte de données via le Web pour le compte de l'École Polytechnique de Montréal. En effet, dans le cadre des réflexions tenues autour du plan de développement durable de Polytechnique, une enquête sur la mobilité de la communauté a été réalisée afin de recueillir des données permettant de dresser le portrait des comportements de déplacements des étudiants et employés de cette institution universitaire qui est aussi un générateur important du quartier.

Ainsi, à l'automne 2010, l'École Polytechnique de Montréal a mené sa première enquête sur la mobilité auprès de sa communauté (étudiants, employés et professeurs). L'enquête a été réalisée par le biais d'un questionnaire web développé sous la supervision du Pr. Morency. Ce questionnaire exploite notamment les fonctionnalités de Google Maps pour la géolocalisation instantanée des lieux et le monitoring de l'échantillon.



³ Selon Statistiques Canada (2010), 50% des ménages de 18-34 ans n'utilisent que le téléphone cellulaire et n'ont pas de ligne terrestre



Tenue sur une période d'un mois, l'enquête de Polytechnique a permis de recueillir des informations sur la mobilité quotidienne de quelque 1650 répondants, ce qui correspond à un taux d'échantillonnage d'environ 20%.

Le questionnaire web développé pour la tenue de cette enquête reprend grosso modo les questions posées lors des grandes enquêtes régionales tenues cycliquement au Québec : structure du ménage, propriétés et mobilité du répondant. L'expérience de transposition s'est avérée concluante pour le cas d'un grand générateur de déplacements.

Une seconde expérimentation est actuellement en cours en collaboration avec le Ministère des transports du Québec, et ce dans le cadre de l'enquête régionale de Trois-Rivières. Pour le moment, le questionnaire a été adapté pour représenter les besoins d'une enquête régionale mais pour une seule personne. Différents segments de population sont interpellés : les personnes qui refusent de participer à l'enquête téléphonique, les étudiants d'une résidence de Cégep ainsi que des abonnés cellulaires. Dans ce contexte, l'équipe de recherche s'est dotée d'un serveur ainsi que d'un nom de domaine général (www.etude-mobilite.net).



7.2.3 Objectifs

Il y a encore beaucoup de travail à faire pour comprendre l'utilisabilité et la pertinence des interfaces web pour recueillir des complexes données de déplacement, intégrant des composantes et logiques spatio-temporelles. Ainsi, le projet de recherche vise donc à évaluer la faisabilité du web comme outil de collecte de données sur la mobilité ainsi qu'à proposer une méthodologie l'intégration des données provenant de différents média. Les expériences conduites devraient permettre d'évaluer si un tel outil peut être utilisé en complémentarité du processus de collecte typique des enquêtes régionales afin notamment de rejoindre des clientèles actuellement négligées avec la méthode actuelle.

7.2.4 Méthodologie générale

L'outil de collecte de données de mobilité via le Web a été développé en faisant appel à des technologies récentes, notamment les fonctionnalités de géolocalisation offertes par Google. La stratégie choisie, dans les deux cas, a été de viser la collecte des mêmes données que celles obtenues des enquêtes régionales mais en adaptant la forme des questions à une plate-forme web via laquelle les répondants doivent fournir des informations de façon autonome.

7.2.5 Résultats et contributions

Les particularités de l'outil développé découlent des choix suivants :

- Passer d'une déclaration des déplacements à une déclaration des lieux d'activités : afin de limiter la sous-déclaration des déplacements liés à des activités non contraintes, une déclaration des lieux visités pendant la journée a été choisie. Ainsi, chaque répondant est d'abord appelé à dresser la liste (et identifier spatialement) des différents lieux qu'il a visité

pendant la journée d'enquête. Lorsque cette liste est complétée, les modalités de déplacement entre les lieux sont recueillies : séquence modale, motif et circonstances temporelles.

- Profiter des fonctionnalités de géolocalisation offertes par Google Maps : en vue de réduire le fardeau lié au montage d'une base de données de référence, il a été choisi d'utiliser Google Maps comme outil de géolocalisation. Ce choix se justifie aussi par l'usage maintenant répandu de cet outil par la population en général.
- Fournir une rétroaction rapide au répondant : à la fin de l'entrevue, le répondant a accès à des statistiques sur l'enquête (ensemble des répondants).
- Permettre aux répondants plusieurs connexions : l'outil permet à chaque répondant de retourner dans son compte afin de visualiser voire modifier certains éléments de réponse, et ce pendant toute la durée de l'enquête. Dès qu'un répondant accède au site, il peut visualiser ses réponses ainsi que les statistiques à jour du sondage (nombre de répondants par exemple).
- Fournir plusieurs statistiques aux administrateurs en temps réel : l'outil intègre des fonctionnalités de monitoring des entrevues notamment : visualisation des lieux de résidence ainsi que des lieux visités pour chaque répondant, taux de réponse pour différents segments de population, durée moyenne d'entrevue, distribution quotidienne des répondants, classification des répondants, etc.




étude mobilité
ENQUÊTES ORIGINE-DESTINATION
en ligne

Depuis presque 40 ans, de grandes enquêtes régionales dites Origine-Destination (O-D) sont réalisées dans les principales régions du Québec. Ces enquêtes sont typiquement réalisées par le biais du téléphone mais des projets de recherche sont actuellement en cours à l'École Polytechnique de Montréal afin d'évaluer le potentiel du web comme outil de collecte de données: les enquêtes régionales de Trois-Rivières et Québec de 2011 sont utilisées comme banc d'expérimentation.

En complément des enquêtes régionales et pour répondre aux besoins croissants d'évaluer la durabilité des comportements de mobilité, des enquêtes s'effectuent également auprès des communautés de grands générateurs. Une telle enquête a été réalisée en novembre 2010 auprès de la communauté de Polytechnique, sur plateforme web.

En effet, à l'automne 2010, l'École Polytechnique de Montréal a mené sa première enquête sur la mobilité auprès de sa communauté (étudiants, employés et professeurs). Cette enquête a été réalisée par le biais d'un questionnaire web développé par Pierre-Léo Bourbonnais, étudiant à la maîtrise, sous la supervision du Pr. Morency (Chaire Mobilité) et de Hubert Verreault, associé de recherche. Ce questionnaire exploite notamment les fonctionnalités de Google Maps pour la géolocalisation instantanée des lieux et le monitoring de l'échantillon.

Tenue sur une période d'un mois, l'enquête de Polytechnique a permis de recueillir des informations sur la mobilité quotidienne de quelque **1650 répondants**, ce qui correspond à un **taux d'échantillonnage d'environ 20%**.

Le questionnaire web développé pour la tenue de cette enquête reprend grosso modo les questions posées lors des grandes enquêtes régionales tenues cycliquement au Québec: **structure du ménage, motorisation et mobilité du répondant. L'expérience s'est avérée concluante.**



Perspectives

- Rejoindre les ménages sans téléphone résidentiel
- Faciliter et réduire les coûts des enquêtes sur la mobilité
- Simplifier la production de faits saillants et la dissémination des résultats
- Rejoindre les cohortes moins représentées dans les enquêtes OD traditionnelles
- Dresser le portrait et analyser les déplacements des communautés de grands générateurs
- Produire des cartes animées de déplacements pour une ville, une région ou un grand générateur
- Et plus encore...

Pierre-Léo Bourbonnais
lebourbonais@polymtl.ca

Pr. Catherine Morency
cmorency@polymtl.ca

Hubert Verreault
hubert.verreault@polymtl.ca

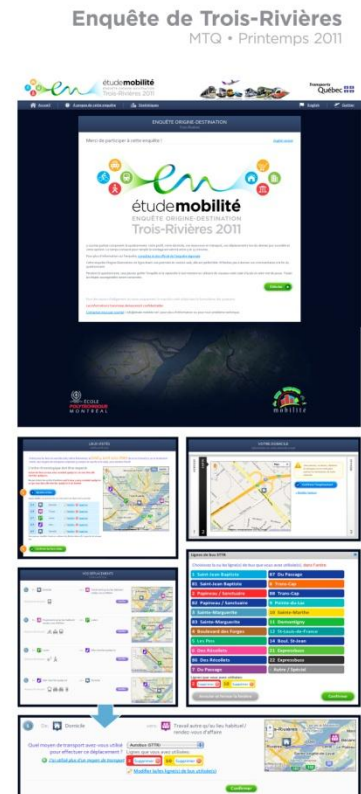


Figure 80. Poster présenté au colloque 2011 de l'AQTR

7.2.6 Calendrier

Le projet de recherche devrait se terminer en mars 2012.

8 Nominations et conférences

Bien que les activités de la Chaire soient encore jeunes, il a été jugé pertinent de faire état des principales activités de la Chaire depuis mai 2010. Cette liste n'est pas exhaustive.

8.1 Nominations et promotions

La professeure Morency a été nommée membre du comité ADB10: Traveler Behavior and Values du Transportation Research Board pour 3 ans. Des détails sur le comité peuvent être trouvés ici : <http://trb-travelbehavior.org/>.

La professeure Morency a été nommée membre du comité d'orientation et de prospective de l'institut de recherche créé par la SNCF, le Forum des vies mobiles.

Les professeurs Morency et Trépanier ont respectivement été promus au rang de professeure agrégée et professeur titulaire.

8.2 Participation à des conférences

Des représentants de l'équipe de recherche ont participé aux congrès suivants :

- 8e Congrès de l'Acfas, Colloque sur la mobilité durable, Montréal, Mai 2010
(http://www.vrm.ca/documents/mobilite_dev_durable.pdf)
 - Sioui, L., Morency, C. Où en sommes-nous dans la conception d'indicateurs de développement durable en transport ?
- Forum de la mobilité durable de l'ATUQ, Montréal, Juin 2010
(http://www.atuq.com/library/images/contentImages/programmefinal_2010_06_11.pdf)
 - Participation de L. Sioui
- Translog 2010 - 2nd Annual International Conference, Transportation and the New Economy – Strategy, Synergy and Solutions, Mc Master University, Hamilton, juin 2010
(<http://mitl.mcmaster.ca/translog/conferences/2010/index.html>)
 - Sioui, L., Morency, C., Estimating the contributions of transit networks to sustainability: a simple illustration
 - Trépanier, M., Morency, C., Paez, A., Pelletier, M.-P. Assessing the commercial use of transit smart card in Montreal
- World Conference on transportation research, Lisbonne, Portugal, juillet 2010)
 - Sioui, L., Morency, C., Trépanier, M. How Carsharing affects the travel behaviours of Households
 - Valiquette, F., Morency, C. Trip chaining and its impact on travel behaviours

- Loustau, P., Grasset, V., Morency, C., Trépanier, M. Comparing floating car data and carsharing GPS data for travel time assessment
- Trépanier, M., Morency, C. Assessing Transit Loyalty with Smart Card Data
- Abreu, J., Morency, C., Daurian, A., Goulias, K.G. Using Structural Equations Modelling to unravel the influence of land use patterns on travel behaviour of workers in Montreal
- Neuvièmes rencontres francophones Est-Ouest de socio-économie des transports, Lisbonne, Portugal, juillet 2010
(<http://www.predit.prd.fr/predit3/agenda.fo?cmd=edit&inCde=37487>)
 - Morency, C., Sioui, L. De la légitimité du transport en commun au Québec: un exemple simple de mesure de ses contributions au développement durable
 - Trépanier, M. L'exploitation des données de cartes à puce à des fins de planification des réseaux de transport collectif urbains
- Atelier Quartiers sans voitures: de la planification à l'action, organisé par la Centre d'écologie urbaine de Montréal, Montréal, septembre 2010
(<http://www.ecologieurbaine.net/quartiers-sans-voitures>)
 - Participation de Louiselle Sioui
- 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C., janvier 2011 (<http://www.trb.org/AnnualMeeting2011/AnnualMeeting2011.aspx>)
 - Paez, A., Trépanier, M., Morency, C. Identifying commercial partners for non-fare policies based on the use of transit smart cards: Geodemographic analysis of Montreal Metro
 - Morency, C., Trépanier, M., Agard, B. Typology of carsharing members
 - Morency, C., Trépanier, M., Godefroy, F. Insights into Montreal's bikesharing system
 - Verreault, H., Morency, C. Transcending the Typical Weekday Using Large-Scale Single-Day Survey Samples
 - Mohsen, N., Trépanier, M., Morency, C. Demographic analysis of public transit route choice
 - Saunier, N., El Husseini, A., Ismail, K., Morency, C., Auberlet, J.-M., Sayed, T. Pedestrian Stride Frequency and Length Estimation in Outdoor Urban Environments using Video Sensors
- Forum de la mobilité durable, Sherbrooke, février 2011
(<http://sts.qc.ca/documents/Progprel-Forum-CMDS2011.pdf>)
 - Participation de Louiselle Sioui
- First T&DI Congress : Integrated Transportation & Development for a Better Tomorrow de l'American Society of Civil Engineers, Chicago, Il, mars 2011
(<http://content.asce.org/conferences/tdicongress2011/index.html>)

- Morency, C., Trépanier, M., Tremblay, V., Poliquin, E. (2011). Insights on the determinants of walk trips using large scale travel survey data
- Saunier, N., Morency, C. (2011). Comparing data from mobile and static traffic sensors for travel time assessment
- Morency, C., Trépanier, M., Saunier, N., Akélaguélo, J.-P. (2011). Enhancing the value of an incidents database with an interactive visualization tool
- EuroCities DATTA final workshop, Lyon, mars 2011
(<http://www.let.fr/fr/actualites/EuroCities%20DATTA%205th%20Workshop%20Lyon%20Program%20v2.pdf>)
- Participation de Louiselle Sioui
- 46^e congrès annuel de l'association québécoise du transport et des routes, Montréal, avril 2010 (<http://www.aqtr.qc.ca/cgi-cs/cs.waframe.content?topic=44557&lang=1>)
- Godefroy, F., Morency, C., Trépanier, M. (2011). Analyse objective du système BIXI à Montréal
- Morency, C., Trépanier, M., Valiquette, F., Yasmin, F., Verreault, H. (2011). Chaînes de déplacements : quelle évolution sur 20 ans?
- Grégoire, J., Morency, C. (2011). Défis reliés à la mobilité changeante d'une population vieillissante
- Nazem, M., Trépanier, M., Morency, C. (2011). Un nouveau modèle de choix d'itinéraire pour différents profils sociodémographiques en transport collectif
- Saunier, C. (2011). Collecte de données sur les mouvements et la sécurité des piétons par caméra vidéo



9 Programme de travail 2011-2012

Les thématiques de recherche abordées cette année sont encore au programme de la prochaine année; d'autres thématiques seront aussi initiées afin d'alimenter la démarche globale de la Chaire. La démarche proposée est similaire à celle du programme de l'an 1 qui s'articulait en deux temps. D'une part les travaux liés à la mise en œuvre de la durabilité en transport et le développement d'outils d'évaluation des impacts des projets, politiques et plans de transport. D'autre part, l'étude plus approfondie de certaines thématiques afin de faire progresser certains questionnements plus spécifiques. Cette approche permet plus facilement d'impliquer des étudiants de recherche. En outre, ces thématiques seront abordées à la fois par des étudiants, les professionnels de recherche de la Chaire et les professeurs-chercheurs.

9.1 Mise en œuvre de la durabilité en transport

Les travaux sur la mise en œuvre de la durabilité en transport se poursuivent. Déjà, les premiers mois ont permis de constituer un bagage de connaissance sur les indicateurs disponibles, les outils permettant d'identifier les interdépendances entre objectifs, stratégies et résultats (chaînes de causalité) ainsi que les systèmes utilisés un peu partout. La seconde grande étape identifier un premier ensemble d'indicateurs pertinents et à développer, pour ceux-ci, des méthodologies adaptées au contexte montréalais à partir des données disponibles (ou potentiellement à recueillir).

Au programme cette année se situent donc les phases d'évaluation critique et de formalisation des indicateurs (section 5.2 des termes de référence) ainsi que de développements méthodologiques permettant de valoriser certaines données disponibles mais actuellement inutilisables pour des fins d'estimation d'indicateurs spécifiques (section 5.3 du même document). À cette étape, les résultats découlant des travaux de recherche (thématiques spécifiques) seront particulièrement pertinents (accessibilité, biais, stationnement par exemple).

9.2 Thématiques complémentaires

En complémentarité des travaux déjà en cours et à la lumière des discussions tenues avec les partenaires, différentes thématiques sont proposées pour les prochaines années :

- GES et qualité de l'air : méthodologies d'estimation et indicateurs
- Biais liés à la méthode d'enquête Origine-Destination montréalaise
- Analyse évolutive des comportements à l'aide de modèles âge-période-cohorte
- Potentialités des fonctionnalités Google Maps pour la planification et l'analyse en transport

9.2.1 GES et qualité de l'air

Pertinence

Au Québec, les émissions de GES attribuables au transport se sont accrues de 22,8 % entre 1995 et 2008, pour atteindre 35,8 millions de tonnes équivalent CO₂ en 2008, ce qui totalisait 43,3 % de l'ensemble des émissions pour cette année (Leblond et Paradis, 2010). D'une année à l'autre, le transport routier est responsable de 75 à 80 % des émissions du secteur du transport. La hausse



des émissions du secteur du transport s'explique par l'accroissement du parc automobile et par l'augmentation de la puissance, du poids et des accessoires des véhicules ainsi que du kilométrage parcouru. Soulignons, entre autres, que la place accrue des camions légers pour le transport des personnes au cours de la période a contribué de façon significative à la hausse des émissions. Dans un contexte de réchauffement climatique, cette situation est préoccupante.

L'estimation du volume d'émissions de GES qui se dégagent de la combustion des carburants fossiles utilisés pour la propulsion des véhicules motorisés permet de suivre l'évolution temporelle des émissions selon le mode de transport (Bradley & Associates, 2007) et la distance parcourue, et de voir dans quelle mesure les normes recommandées sont respectées. Cela permet aussi de déterminer la réduction potentielle qui serait obtenue suite à un transfert modal, en prenant en compte le taux d'occupation des véhicules et leur consommation de carburant (nombre de milles au gallon ou de kilomètres au litre). Cette approche s'avère particulièrement pertinente dans une optique de mobilité durable, étant donné l'existence de modes de déplacement moins ou peu énergivores. L'approche permet également de moduler le volume d'émissions en fonction de la densité urbaine, puisque les déplacements sont plus courts – et la consommation d'énergie plus faible – dans les zones plus denses (Barla et al, 2010, Newman et Kenworthy, 2007). Il en va de même pour la question des polluants venant affecter la qualité de l'air.

Outils et méthodes d'estimation

Plusieurs organismes concernés par le rôle des transports dans la production des GES (notamment l'Agence internationale de l'énergie, le Intergovernmental Panel on Climate Change, l'Office de l'efficacité énergétique du Canada, la Environmental Protection Agency aux États-Unis) ont établi des volumes d'émissions par unité de carburant utilisé, après avoir traduit – en termes d'équivalent CO₂ – les différents composants du carburant susceptibles de produire des GES (CO₂, N₂O et CH₄), auxquels s'ajoutent les HFC des climatiseurs automobiles, car ces éléments n'ont pas le même potentiel de réchauffement planétaire, ni la même durée de vie dans l'atmosphère (Brenn, 2010; Davis et Hale, 2007). Ainsi, par définition, un kg de CO₂ vaut 0,2727 kg d'équivalent carbone, c'est-à-dire le poids du carbone seul dans le composé gaz carbonique (Abrous et Hbiak, 2005). De plus, le nombre de grammes produits par litre varie selon qu'il s'agit d'essence ou de diesel; un litre de diesel produit plus de CO₂ qu'un litre d'essence (2,77 kg par litre pour le diesel versus 2,35 kg pour l'essence), mais il permet de parcourir une plus grande distance.

Mentionnons aussi que les émissions de CO₂ dépendent surtout du type et des caractéristiques de carburant utilisé alors que les émissions de N₂O et CH₄ dépendent du type de carburant et des technologies antipollution utilisés (Environnement Canada, 2009).

Afin d'obtenir l'estimation la plus précise possible du volume d'émissions de GES découlant du transport, une série d'ajustements sont donc nécessaires pour tenir compte à la fois :

- du type et de la quantité de carburant utilisé;
- de la distance parcourue (selon le profil de vitesses sur les trajets);
- du nombre de véhicules en circulation;
- du type de véhicules selon leur puissance, leur poids et leurs accessoires;
- de la capacité et du taux d'occupation des véhicules;
- de l'état de renouvellement du parc de véhicules – les plus récents étant dotés d'une meilleure performance énergétique.



D'autres éléments présents dans les carburants s'ajoutent pour détériorer la qualité de l'air, perturber l'équilibre des habitats naturels et compromettre la santé de la population: il en est ainsi des oxydes d'azote (NO_x), des particules fines (PM_x), du dioxyde de soufre (SO_2), des composés organiques volatils (COV) et de l'ozone (O_3). Plusieurs d'entre eux contribuent par ailleurs aux épisodes de smog (Brenn, 2010).

L'estimation des émissions de GES et des autres polluants de l'air nécessite une connaissance détaillée des flux de circulation. L'enquête O-D constitue une source de données très pertinente à cet effet en ce qui a trait au transport terrestre des personnes, qu'il s'agisse de transport individuel ou collectif.

Les méthodes de calcul des émissions sont cependant fort complexes et leur inventaire – ainsi que l'examen des outils logiciels disponibles à cet effet – est un pré requis essentiel à l'usage qui peut en être fait dans le cadre d'études visant à estimer les variations dans les taux d'émissions.

Il est donc proposé de répertorier ces outils au cours de la deuxième année et de voir lesquels permettent d'atteindre une meilleure validité des résultats. À titre d'exemple, un tel outil – le CELTU ou calculateur d'émissions liées au transport urbain – mis au point et rendu accessible par Transports Canada en 2006, a servi à quantifier les effets du plan régional de transport de Metrolinx (région du Grand Toronto et de Hamilton) sur les taux d'émissions de GES et évaluer leur contribution à l'atteinte des objectifs de l'Ontario en matière de changements climatiques (Transports Canada, 2010). Transports Québec utilisait, pour sa part, le progiciel MOBILE 6.2C – conçu et distribué par la Environmental Protection Agency du gouvernement américain – et qui permettait d'estimer les taux d'émissions polluantes sur le réseau routier sous diverses conditions ambiantes. D'autres outils sont maintenant à l'étude. En France, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie utilise le logiciel IMPACT pour établir les émissions de polluants et de gaz à effet de serre liées à la circulation routière (ADEME, 2011).

9.2.2 Biais liés aux enquêtes Origine-Destination

Contexte

Les enquêtes Origine-Destination montréalaises sont reconnues à travers le monde et les données qu'elles produisent alimentent la plupart des grandes activités de planification régionale. Elles font en outre l'objet de valorisation continue et de nouvelles applications sont développées à chaque année. Cependant, la qualité des données qui en sont issues peut encore être améliorée notamment en portant une plus grande importance aux divers biais. En effet, plusieurs types de biais peuvent interférer avec l'estimation d'indicateurs de mobilité à partir de données d'enquêtes Origine-Destination. Premièrement, un biais est un facteur qui induit ou influence les résultats d'une estimation. Il ne faut pas confondre ce concept avec celui de précision statistique d'une estimation. La précision statistique d'une estimation est uniquement fonction de la taille de la population et de celle de l'échantillon.

Les enquêtes OD montréalaises ont l'avantage d'avoir un grand d'échantillon (environ 5%), ce qui permet d'obtenir une très bonne précision et fiabilité statistique pour plusieurs indicateurs. Cependant, lorsqu'on augmente le niveau de résolution des analyses, la taille de l'échantillon disponible diminue et l'estimation peut devenir moins précise. Une bonne précision statistique ne permet pas d'obtenir toujours une bonne estimation.

L'importance et l'impact de certains biais ont tendance à diminuer avec un grand échantillon. Cependant, avec les enquêtes en continu, qui ont des échantillons beaucoup plus petits, les



différents biais peuvent avoir des impacts plus importants. D'où l'importance d'étudier les impacts de ces biais sur les différentes estimations qui sont habituellement réalisées avec les enquêtes OD.

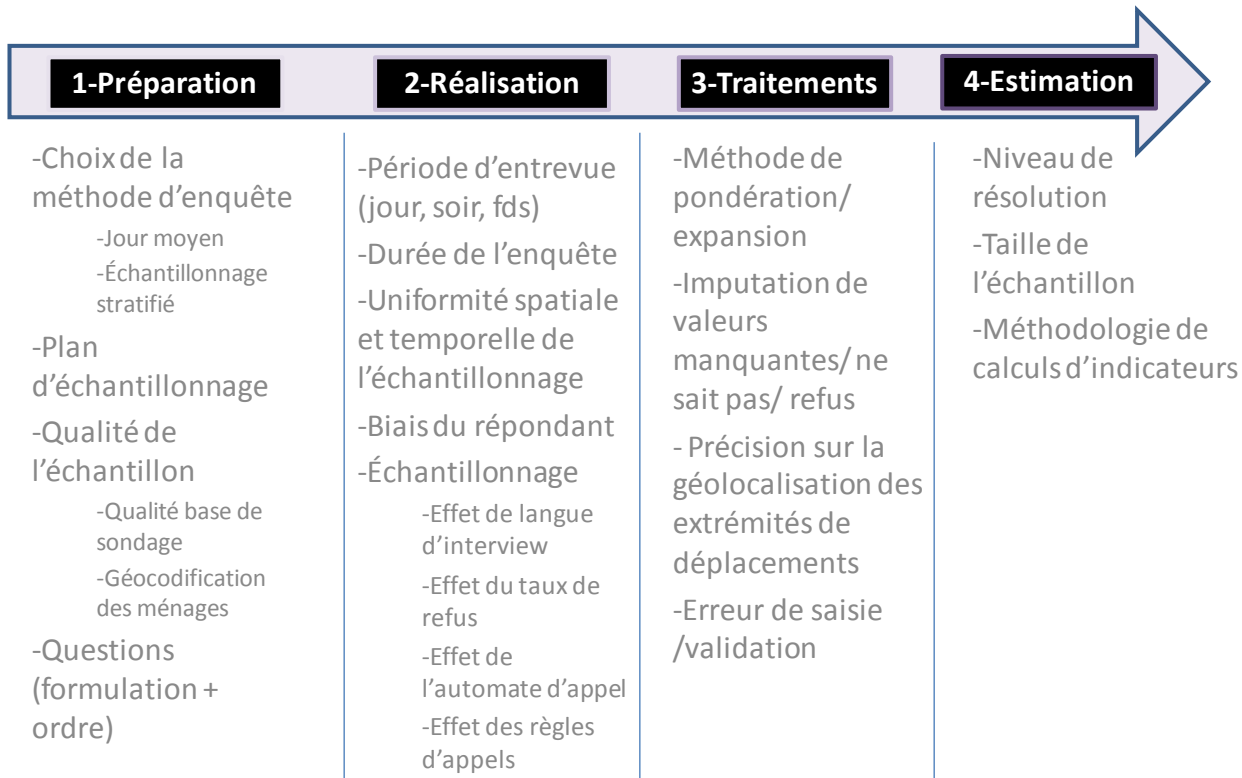
Concepts

Le biais est toujours en lien avec le type d'indicateur qui doit être estimé. Un type de biais peut avoir une grande influence sur un indicateur en particulier et très peu sur un autre. Comme les enquêtes OD sont utilisées à de multiples fins, il est important de tenter de limiter le plus possible les différents biais afin de réduire le risque qu'ils interfèrent avec l'estimation des différents indicateurs.

Il y a quatre types d'erreurs qui peuvent induire un biais dans l'estimation d'indicateurs pour une enquête de mobilité :

1. Erreur d'échantillonnage : erreur qui est lié à la taille trop faible de l'échantillon;
2. Erreur de couverture : erreur lié au fait que l'échantillon ne représente pas adéquatement la population qui est visée; la non-réponse est incluse dans ce type d'erreur;
3. Erreur de mesure : erreur lié à la formulation des questions et à l'interprétation de celles par le répondant; le biais de mémoire et le biais du répondant sont inclus dans ce type d'erreur;
4. Erreur d'entrevue : erreur lié à l'interaction entre l'interviewer et le répondant (l'interviewer ne doit pas interférer dans la déclaration du répondant)
5. Erreur de pondération : distorsion causée par le fait que les chiffres de population de référence ne sont pas complets (sous-dénombrement) ou non synchrones à l'enquête; les distorsions peuvent toucher le niveau de demande estimée ou encore la distribution spatiale de la population.

Ces quatre types d'erreur, qui peuvent induire un biais, se retrouvent dans les différentes étapes de réalisation d'une enquête.



Questions d'intérêt

Le projet de recherche pourra porter sur lune ou plusieurs des perspectives suivantes :

- Évaluation du questionnaire actuel et impacts

Évaluation des questions, des ensembles de réponses ainsi que de la structure du questionnaire en vue d'identifier des pistes potentielles d'améliorations et/ou modifications ainsi que les impacts de ces possibles interventions sur la comparabilité des données recueillies.

- Évaluation du biais du répondant/ non réponse

Le biais du répondant est lié aux différences entre les informations déclarées par les répondants et par les non-répondants à l'enquête. Il est intéressant de comparer ces déclarations pour les répondants et les non-répondants en contrôlant avec l'âge et le genre pour connaître leurs différences. L'évolution dans le temps de ce biais permettrait de déterminer si ce phénomène s'amplifie avec le temps. L'enquête de 1993 fournit une base d'analyse intéressante. En outre, elle pose aussi le problème de constitution d'un univers comparable de données historiques.

- Évaluation de l'impact de la non-réponse

La non-réponse est la partie de l'échantillon qui n'est pas rejointe pendant l'enquête. Ce biais est difficile à évaluer car nous n'avons souvent aucune information sur ceux qui refusent de répondre. L'hypothèse qui est utilisé dans la plupart des cas est que cette partie de l'univers est correctement représentée par la partie de l'univers qui a accepté de répondre et donc que ceux qui refusent ont les mêmes comportements que ceux qui acceptent de participer. Il y a trois types de non-réponse :



- Ceux que l'on rejoint et qui refusent directement;
- Ceux qui n'ont pas été rejoints;
- Ceux qui ne font pas partie de l'échantillon initial (pas de ligne résidentielle ou non inscrits à l'annuaire)

Ce dernier phénomène est de plus en plus important dans notre société comme le démontre la dernière enquête sur le service téléphonique résidentiel de Statistique Canada qui révèle que 50% des ménages de 18 à 34 ans n'ont maintenant aucune ligne terrestre à leur domicile.

- Évaluation des impacts d'un système automatisé d'appels / règles d'appels

Un système automatisé d'appels est utilisé notamment pour augmenter la productivité des enquêteurs et diminuer le temps non-productif mais peut aussi d'offrir d'autres potentialités. Cependant, ce système peut avoir différents impacts sur les enquêteurs, l'échantillon et les répondants. Ces impacts sont, à ce jour, très peu documentés, l'utilisation de tels systèmes étant relativement jeune. Les aspects suivants pourront donc être analysés afin de comprendre l'impact d'un tel système sur les résultats d'une enquête de mobilité :

- Effet sur la non-réponse
- Effet sur la consommation de l'échantillon
- Effet sur la productivité
- Évaluation des règles d'appel sur l'échantillonnage (biais du répondant en fonction du nombre d'appels nécessaires pour le rejoindre, etc.)

9.2.3 Analyse évolutive des comportements de mobilité

Les travaux de J. Grégoire sur l'évolution des comportements de mobilité des personnes âgées à l'aide de modèles âge-période-cohorte ont suscité beaucoup d'intérêt. Il semble qu'une généralisation soit souhaitable à moyen terme. Dans ce contexte, il est proposé d'examiner deux thématiques de recherche à l'aide notamment de cette méthodologie : l'évolution de la mobilité des enfants et jeunes adultes et l'évolution des comportements des ménages en vue d'une généralisation éventuelle à l'ensemble de la population.

D'une part, les enfants et jeunes adultes sont, dans la population, ceux qui semblent avoir connu les modifications comportementales les plus importantes. L'augmentation du nombre d'enfants dans le système scolaire privé ainsi que la part plus importante des femmes sur le marché du travail semblent avoir affecté le système d'activités et les déplacements en découlant de ce segment de population. Il est donc proposé d'examiner plus en détails cette évolution.

D'autre part, les ménages sont souvent négligés dans les études de prévision de la demande. On s'appuie volontiers sur des prévisions démographiques mais les changements structurels des ménages sont plus ou moins bien considérés. Il est donc proposé de faire une analyse évolutive des ménages, par type (taille, motorisation et propriétés des personnes les constituant), ainsi que de leurs comportements en tant qu'entité au sein de laquelle des interactions ont lieu.

10 Références

- Abrous S et Hbiak I. Marché des déplacements interrégionaux et internationaux. Transport et effet de serre. École nationale des ponts et chaussées, DEA Transport, Paris, 2005.
- ADEC. Étude avantages-coûts d'un système de transport rapide en site propre. Document préparé pour la Société de transport de l'Outaouais, Saint-Laurent, 2006.
- ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie). *Émissions réelles – Logiciel IMPACT*. Disponible à : <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=13708>, Consulté le 21 avril 2011.
- American Public Transportation Association (APTA). Public transportation reduces greenhouse gases and conserves energy. Washington D.C., 2008.
- Anderson WP, Kanaroglou PS, Miller EJ, Bullung RN. Simulating automobile emissions in an integrated urban model. *Transportation research Record* 1996; 1520: 71-80.
- Association canadienne du transport urbain (ACTU). Public transit : A climate change solution. Toronto, 2005.
- Association des transports du Canada (ATC). Indicateurs de transports urbains. Quatrième enquête. Ottawa, 2010.
- ATUQ, 2010, *Étude sur la contribution du transport en commun au développement durable*, réalisé par l'Observatoire de la mobilité durable, Université de Montréal, pour le compte de l'Association du transport urbain du Québec.
- Banister, D., 2008, The sustainable mobility paradigm, *Transport Policy*, 15, 73-80.
- Barla P, Miranda-Moreno LF et Lee-Gosselin M. Urban travel CO2 emissions and land-use. Rapport du CDAT 10-05, Université Laval, Québec, 2010.
- Barla P, Miranda-Moreno LF et Savard-Duquet N. Formes urbaines et mobilité : que dit la recherche? Rapport CDAT 10-03, Centre de données et d'analyse sur les transports, Université Laval, 2010.
- Baxandall P. A better way to go. Meeting America's 21st century transportation challenges with modern public transit. U.S. PIRG Education Fund, Washington D.C., 2008.
- Beck LF, Dellinger AM, O'Neil ME. Motor vehicle crash injury rates by mode of travel, United States: Using exposure-based methods to quantify differences. *American Journal of Epidemiology* 2007; 166: 212-218.
- Berrigan D et Troiano RP. The association between urban form and physical activity in U.S. adults. *American Journal of Preventive Medicine* 23 (suppl. 1): 74-79, 2002.
- Besser LM et Dannenberg AL. Walking to public transit. Steps to help meet physical activity recommendations. *American Journal of Preventive Medicine* 2005; 29: 273-280.

- Blais P et Langlois M. La réduction des émissions de gaz à effet de serre et l'aménagement du territoire. Guide de bonnes pratiques. Ministère des Affaires municipales et du Loisir, Québec, 2004.
- Boarnet M et Sarmiento S. Can land-use policy really affect travel behaviour? A study of the link between non-work travel and land-use characteristics. *Urban Studies* 35: 1155-1169, 1998.
- Boillat, P. (2007). De la mobilité à la mobilité durable : politiques de transport en milieu urbain, enviro.07, Université de Genève, Observatoire universitaire de la mobilité, <http://www.unige.ch/ses/geo/oum/doc/Presentation%20Enviro07.pdf>
- Bonnel, P., Morency, C., Bayart, C. (2008). Workshop on Best practices in data fusion, International Conference on Survey Methods in Transport: Harmonisation and data comparability, Annecy, France, May 2008.
- Bonnel, P., Morency, C., Bayart, C. (2009). Survey mode integration and Data fusion: Methods and Challenges, in *Transport Survey Methods : Keeping Up with a Changing World*, Jean-Loup Madre Patrick Bonnel Johanna Zmud Martin Lee-Gosselin, pp.587-612.
- Bradley MJ & Associates. Comparison of energy use & CO2 emissions from different transportation modes. Submitted to: American Bus Association, Washington D.C., 2007.
- Brenn L. Avenir du secteur de l'automobile dans un contexte de développement durable : solution durable au moteur à essence. Essai de maîtrise, Centre Universitaire de Formation en Environnement, Université de Sherbrooke, 2010.
- Brownstone D et Golob TF. The impact of residential density on vehicle usage and energy consumption. *Journal of Urban Economics* 65: 91-98, 2009.
- Button, K. J., 1995, Transport and UK environmental policy, dans T. S. Gray, éd., *Environmental Policy in the 1990s* pp. 173-188, Macmillan, London.
- Casavant, K.L., Gillis, W.R., Blankenship, D., Howard, C. Jr (1995). *Transportation Research Records* 1477, Transportation Research Board, Washington D.C.
- Castillo H et Pitfield DE. A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators. *Transportation Research Part D* 15: 179-188, 2010.
- CEFRIO (2009). <http://blogue.cefrio.qc.ca/2009/12/resultats-de-decembre-netendances-2009/> (page consulted November 12th, 2010).
- Center for Integrative Environmental Research. The US economic impacts of climate change and the costs of inaction. A review and assessment. University of Maryland, College Park, Maryland, 2007.
- Center for Transportation and the Environment. *The Clean Air Campaign Cash for Commuters Program: Final Report*. Georgia Department of Transportation/Federal Highway Administration, Atlanta, 2004.
- CERTU. (2001). Observatoires des plans de déplacements urbains: De la méthode aux indicateurs. France.

- Cervero R et Duncan M. Which reduces vehicle travel more : jobs-housing balance or retail-housing mixing? *Journal of American Planning Association* 72: 475- , 2006.
- Chambre de commerce du Montréal métropolitain (CCMM). *Transport en commun : un puissant moteur du développement économique de la région métropolitaine de Montréal*. Montréal, 2004.
- Chevalier A, Jastremski K Sénécal G et Vachon N. *L'état de l'environnement urbain au Québec : un coup de sonde auprès des municipalités. Étude préliminaire*. INRS Urbanisation, Culture et Société, Montréal, 2008.
- CMED, 1987, *Notre avenir à tous* (Rapport Brundtland), rapport de la Commission présidée par Mme Gro Harlem Brundtland.
- Conférence européenne des ministres des transports (CEMT). *Transports et émissions de CO2. Quels progrès?* Paris, 2007.
- Cox W. *Transport et logement à Montréal. Comment le développement de la banlieue rend la métropole plus compétitive*. Les cahiers de l'Institut économique de Montréal, Montréal, 2006.
- CTD (Centre pour un transport durable) (2002). *Définition et vision du transport durable*, Octobre 2002, http://cst.uwinnipeg.ca/documents/Definition_Vision_F.pdf
- Davis A, Valsecchi C et Fergusson M. *Unfit for purpose : How car use fuels climate change and obesity*. Institute for European Environmental Policy, Londres, 2007.
- Davis T et Hale M. *Public transportation's contribution to U.S. Greenhouse gas reduction*. Energy Solutions Operation, McLean, Virginia, 2007.
- Department for Transport. *Traffic Advisory Leaflet 2/00. Framework for a local walking strategy*. London, 2000.
- Dib P. *Impact du transport en commun sur la valeur des propriétés résidentielles unifamiliales : le cas du Métrobus à Québec*. Centre de recherche en aménagement et développement (CRAD), Université Laval, Québec, 2006.
- Dubé J, Voisin M, Thériault M et Des Rosiers F. *Mesurer l'impact du transport en commun sur les valeurs résidentielles unifamiliales*. Présenté au : *Congrès annuel de l'Association des transports du Canada*, Vancouver, 2009.
- Edwards RD. *Public transit, obesity, and medical costs : Assessing the magnitudes*. *Preventive Medicine* 2008; 46 : 14-21.
- Environnement Canada. *Rapport d'inventaire national 1990-2007. Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*. Ottawa, 2009.
- Equiterre. (2009). *L'arrondissement de Ville-Marie, En route vers un développement durable. Volet 2 - Transport et espaces verts*. Montreal: Equiterre. Consulté le 15 janvier 2011, tiré de http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/ARR_VM_FR/MEDIA/DOCUMENTS/RAPPORT_VOLET_2_VERSION_%20FINALE_16JUN09.PDF

- Essex County Council. Now we're moving more freely, safely and efficiently. Essex Local Transport Plan 2006-2011. Chelmsford, UK, 2006.
- European Environment Agency. Are we moving in the right direction? Indicators on transport and environment in the EU. TERM 2000. Environmental issues series no. 12, Copenhagen, 2000.
- European Environment Agency. Paving the way for EU enlargement. Indicators of transport and environment integration. TERM 2002, Copenhagen, 2002.
- Evans, R., S. Guy et S. Marvin, 2001, Views of the City : multiple pathways to sustainable transport futures. *Local Environment*, 62, 121-133.
- Ewing R, Forinash CV et Schroerer W. Neighborhood schools and sidewalk connections. What are the impacts on travel mode choice and vehicle emissions? TR News, March-April 2005.
- Ewing R, Pendall R et Chen D. Measuring sprawl and its impact. Smart Growth America, Washington D.C., 2002.
- Finnegan, C., Finley, H., O'Mahony, M., O'Sullivan, D. (2005) Urban freight in Dublin city center, Ireland: Survey analysis and strategy evaluation, Transportation Research Records 1906, Transportation research board, Washington D.C.
- Frank LD, Andresen MA, Schmid TL. Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars. *American Journal of Preventive Medicine* 27 (2): 87-96, 2004.
- Friedman MS, Powell KE, Hutwagner L, Graham LM, Teague WG. Impact of changes in transportation and commuting behaviors during the 1996 summer Olympic games in Atlanta on air quality and childhood asthma. *JAMA* 285 (7): 897-905, 2001.
- Gagnon L. Émissions de gaz à effet de serre. Des options de transport des personnes et des marchandises. Hydro-Québec, Direction Environnement, Montréal, 2006.
- Gauthier, Joël (2008). Révision du plan stratégique de développement du transport métropolitain de l'Agence métropolitaine de transport, présentation faite au Mercredis de l'AMT, 27 février 2008, http://www.amt.qc.ca/corpo/colloques/mercredisamt/docs/Mercredis_AMT_270208.pdf, consulté en juillet 2008.
- Gouvernement du Québec (2004). Plan de développement durable du Québec : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/developpement/2004-2007/plan-consultation.pdf>
- Gouvernement du Québec (2006). Loi sur le développement durable : <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=5&file=2006C3F.PDF>
- Gouvernement du Québec (2007). Stratégie gouvernementale de développement durable 2008-2013 : http://www.mddep.gouv.qc.ca/developpement/strategie_gouvernementale/strat_gouv.pdf

- Gouvernement du Québec (2008). Plan d'action 2006-2012 de lutte contre les changements climatiques : http://www.mddep.gouv.qc.ca/changements/plan_action/2006-2012_fr.pdf
- Gouvernement du Québec (2009). Plan d'action de développement durable 2008-2013 : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/ministere/plandd/plan-action-dd2008-2013.pdf>
- Gouvernement du Québec (2010). Indicateurs de suivi des objectifs de la Stratégie gouvernementale de développement durable 2008-2013 : http://www.bdso.gouv.qc.ca/docs-ken/multimedia/PB01600FR_IndicateurStrategieDD_2010H00F00.pdf
- Gouvernement du Québec (2011). Plan d'action 2011-2020 sur les véhicules électriques. Québec, 2011.
- Greenwald M et Boarnet M. (2001) Built environment as determinant of walking behaviour: analyzing non-work pedestrian travel in Portland, Oregon. *Transportation Research Record* 1780: 33-42, 2001.
- Guy, S. et S. Marvin, (1999), Understanding Sustainable Cities: Competing Urban Futures, *European Urban and Regional Studies*, 6, 268-275.
- Handy SL, Boarnet MG, Ewing R et Killingsworth RF. (2002) How the built environment affects physical activity. Views from urban planning. *American Journal of Preventive Medicine* 23: 64-73, 2002.
- Higgins PAT (2005). Exercise-based transportation reduces oil dependence, carbon emissions and obesity. *Environmental Conservation* 32: 197-202, 2005.
- Hu G, Pekkarinen H, Hanninen O, Tian H et Guo Z. (2001) Relation between commuting, leisure time physical activity and serum lipids in a Chinese urban population. *Annals of Human Biology* 28 (4): 412-421, 2001.
- Hunt, J.D., Stefan, K.J., Brownlee, A.T. (2006) Establishment-based survey of urban commercial vehicle movements in Alberta, Canada, *Transportation Research Records*, Transportation Research Board, Washington D.C.
- Institute of Transportation Engineers. (1994). Parking Studies. In H. D. Robertson, (éd.), *Manuel of Transportation Engineering Studies* (pp. 168-190). Englewood Cliffs, NJ: ITE.
- Jeon CM et Amekudzi A. Addressing sustainability in transportation systems: Definitions, indicators, and metrics. *Journal of Infrastructure Systems* 11: 31-50, 2005.
- Joffe M et Mindell J. A framework for the evidence base to support health impact assessment. *Journal of Epidemiology and Community Health* 56: 132-138, 2002.
- Joumard R et Gudmundsson H (eds). Indicators of environmental sustainability in transport. An interdisciplinary approach to methods. Les Collections de l'INRETS, Bron, 2010.
- Kenworthy JR. Transport energy use and greenhouse gases in urban passenger transport systems: A study of 84 global cities. Paper presented to the International Third Conference of the regional Government Network for Sustainable Development, Notre Dame University, Fremantle, Western Australia, Septembre 2003.

- King WC, Belle S, Brach J et al. Objective measures of neighbourhood environment and physical activity in older women. *American Journal of Preventive Medicine* 28: 461-469, 2005.
- Kunzli N, Mc Connell R, Bates D. et al. Breathless in Los Angeles : The exhausting search for clean air. *American Journal of Public Health* 2003; 93: 1494-1499.
- Lamalice C. Définition et mesure de la mobilité durable à l'aide d'indicateurs statiques et dynamiques. École Polytechnique de Montréal, Montréal,
- Lawson, C.T., Riis, A-E (2001). We're really asking for it: Using surveys to engage the freight community, *Transportation Research Records* 1763, Transportation research board, Washington D.C.
- Leblond K et Paradis J. *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2008 et leur évolution depuis 1990*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère. Québec, 2010.
- Lindstrom M. Means of transportation to work and overweight and obesity: A population-based study in southern Sweden. *Preventive Medicine* 2008; 46: 22-28.
- Litman T. (2006). Evaluating Transportation Equity: Guidance For Incorporating Distributional Impacts in Transportation Planning. <http://www.vtpi.org/equity.pdf>.
- Litman T. (2007) Win-win emission reduction strategies. Victoria Transport Policy Institute. Victoria, 2007.
- Litman, T. (2006). *Parking Management Best Practices*. Chicago: APA Planners Press.
- Litman, T. (2008). Well Measured. Developing indicators for comprehensive and sustainable transport planning. Victoria transport policy institute, <http://www.vtpi.org/wellmeas.pdf>
- Litman, T. (2011). Parking Requirement Impacts on Housing Affordability. *Victoria Transport Policy Institute*,, 35. Consulté le 1 avril 2011, tiré de <http://www.vtpi.org/park-hou.pdf>
- Manheim, M. L. (1976), Transportation systems analysis : a personal view, *Transportation Research* vol. 10, 371-375.
- Maoh H et Kanaroglou PS. A tool for evaluating urban sustainability via integrated transportation and land use simulation models. *Environnement Urbain/Urban Environment* 2009; 3: 28-46.
- Marchal, M. 2009. Premier aperçu des nouveaux autobus articulés à la STM. *Journal le Métro*. 12 août 2009.
- Marsden G et Snell C. The role of indicators, targets and monitoring in decision-support for transport. *European Journal of Transport and Infrastructure Research* 9(3): 219-236, 2009.
- Marsden G, Snell C et Forrester J. DISTILLATE. Improved indicators for sustainable transport and planning. Deliverable – Sustainable transport indicators: Selection and use. Institute for Transport Studies, University of Leeds, 2005.

- Mc Cabe, S., Roorda, M., Kwan, H. (2008). Comparing GPS and Non-GPS Methods for Collecting Urban Goods and Service Movements, 8th International Conference on Survey Methods, Annecy, France.
- McCann B. Driven to spend: The impact of sprawl on household transportation expenses. Surface Transportation Policy Project, Washington D.C., 2000.
- McCormack GR, Giles-Corti B et Bulsara M. The relationship between destination proximity, destination mix and physical activity behaviors. Preventive Medicine 46: 33-40, 2007.
- Mead E, Dodson J et Ellway C. Urban environments & health: Identifying key relationships & policy imperatives. Griffith University, Urban Research Program, Research Monograph 10, Brisbane, 2006.
- Mega, V. Pedersen, J (1998) Urban Sustainability Indicators. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg, 49 pp.
- Miller J. Potential performance measures to assess transportation and land use coordination. Transportation research Board 87th Annual Meeting, Washington D.C., 2008.
- Ministère des ressources naturelles et de la Faune (MRNF). L'énergie pour construire le Québec de demain. La stratégie énergétique du Québec 2006-2015. Québec, 2006.
- Ministère des Transports du Québec (MTQ) (2006). Politique québécoise du transport collectif :
http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/transport_collectif/compl_polit_collectif2006.pdf
- Ministère des Transports du Québec (MTQ) (2009). Stratégie de développement durable 2009-2013 :
http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/ministere/dev_dur/plan_action2009_2013.pdf
- Ministère des Transports du Québec (MTQ). Le transport des personnes au Québec. Pour offrir de meilleurs choix aux citoyens. Politique québécoise du transport collectif. Québec, 2009.
- Ministère des Transports du Québec (MTQ). Plan d'action ministériel en matière de sécurité routière 2009-2012. Québec, 2009.
- Ministère des Transports du Québec (MTQ). Politique sur le transport routier des marchandises 2009-2014. Québec, 2009.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Le Québec et les changements climatiques. Un défi pour l'avenir. Plan d'action 2006-2012. Québec, 2006.
- Morency Catherine, Trépanier Martin, Agard Bruno, Measuring transit use variability with smart card data, Transport Policy, 14(3), 193-203, 2007.
- Morency, C. (2007). The ambivalence of ridesharing, Transportation, Springer, Vol. 34, No.2, pp.239-253.

- Morency, C. (2008). Enhancing the travel survey process and data using the CATI system, *Transportation Planning and Technology*, Volume 31, Issue 2, April 2008, pages 229 – 248.
- Morency, C., Demers, M., Lapierre, L. (2008b) How Many Steps Do You Have in Reserve? Some Thoughts and Measures About a Healthier Way to Travel, *Transportation Research Record*, Journal of the Transportation Research Board, No. 2002, pp.1-6., Washington D.C.
- Morency, C., Habib, K.M.N., Grasset, V., Zaman, H. (2009c) Modelling Activity Persistency of Carsharing Members using Dynamic Ordered Probability Model, Soumis pour presentation au 88th Annual Meeting of the transportation research board, Janvier 2009.
- Morency, C., Páez, A., Roorda, M., Mercado, R., Farber, S. (2009b) Social and Spatial Dimensions of Distance Traveled in Three Canadian Metropolitan Areas, Soumis pour presentation au 88th Annual Meeting of the transportation research board, Janvier 2009
- Morency, C., Roorda, M., Demers, M. (2009a) Steps in Reserve: Comparing Latent Walk Trips in Toronto and Montreal, Soumis pour presentation au 88th Annual Meeting of the transportation research board, Janvier 2009.
- Morency, C., Saubion, B., & Trépanier, M. (2006). *Evaluating the Use of Parking Spaces in Strategic Urban Areas Using Travel Survey Data*. Paper presented at the 53rd Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, Toronto, On.
- Morency, C., Trépanier, M., Demers, M. (2008c). Le transport en commun complice de votre santé?!, *Revue Routes et Transport (AQTR)*, Volume 37, no 1, pp. 9-11.
- Morency, Catherine (2006). Étude de méthodes d'analyse spatiale et illustration à l'aide de microdonnées urbaines de la Grande Région de Montréal, *Les cahiers scientifiques du transport*, France, no.49, pages 77-102.
- Morency, Catherine, Demers, Marie (2007). The "Steps in Reserve": An unexploited way to make our children more active during their daily routine, *International Conference on physical Activity and Obesity in Children*, Toronto.
- Morency, Catherine, Kestens, Yan (2007). Measuring activity spaces of people, households and population segments, *11th World Conference on Transportation Research*, Berkeley, Californie
- Morency, Catherine, Trépanier, Martin, Agard, Bruno, Martin, Basile, Quashie, Joel (2007a). Car sharing system: what transaction datasets reveal on users' behaviors, *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2007)*, Seattle, Washington, pages 6
- Morency, Catherine, Trépanier, Martin, Martin, Basile (2008a). Object-oriented analysis of a car sharing system, accepté pour publication dans les *Transportation Research Records*, Washington, D.C.
- Morris, A.G., Kornhauser, A.L., Kay, M.J. (1998). *Urban Freight Mobility: Collection of Data on Time, Costs, and Barriers Related to Moving Product into the Central Business*

District, Transportation Research Records 1613, Transportation research board, Washington D.C.

- MTQ – Ministère des transports du Québec (2008). http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/developpement_durable
- Newman P et Kenworthy J. Greening urban transportation. Dans: State of the world 2007. Our urban future. The Worldwatch Institute, Washington D.C., 2007.
- Nicolas JP et Verry D. Indicateurs de mobilité durable: outils d'analyse comparative de la mobilité urbaine. XL^e colloque de l'ASRDLF : Villes et territoires face aux défis de la mondialisation. Dijon, 5-7 septembre 2005.
- Nicolas JP, Pochet P et Poimboeuf H. Towards sustainable mobility indicators : application to the Lyons conurbation. *Transport Policy* 10: 197-208, 2003.
- Nicolas, Jean-Pierre, Pochet, Pascal, Poimboeuf, Hélène, Ovtracht, Nicolas (2001). Indicateurs de mobilité durable : application à l'agglomération de Lyon. Recherche Let-Apdd initiée dans le cadre d'un financement Renault. Lyon : LET. 2001. 127 p. (Etudes et Recherches, n°16). <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00098263/fr/>
- Nicolas, Jean-Pierre, Pochet, Pascal, Poimboeuf, Hélène. (2002) Mobilité urbaine et développement durable : quels outils de mesure pour quels enjeux ?. *Cahiers Scientifiques du Transport*. 2002. n°41. pp.53-75. <http://www.afitl.com/CST/precedents-numeros/N41/NIPOPO41.pdf>.
- Noland, R. B. et J.W. Polak, 2002, Travel time variability: a review of theoretical and empirical issues, *Transport Reviews*, 221, 39-54.
- North Lincolnshire Council. 2001 Annual Progress Report. Local Transport Plan – Technical Annex. Causal chain analysis (LTP Chapter 3.3).Scunthorpe, UK, 2001.
- OCDE, 1996. VERS DES TRANSPORTS DURABLES, Conférence de Vancouver, Points saillants de la conférence et aperçu des enjeux, <http://www.oecd.org/dataoecd/28/56/2397016.pdf>.
- OCDE, 1999, Indicators for the Integration of Environmental Concerns into Transport Policies. Environment Directorate, Paris: ENV/EPOC/SE(98)1.
- OECD & International Transport Forum. Transport outlook 2008. Focusing on CO2 emissions from road vehicles. Discussion paper no. 2008-13, Paris, 2008.
- OECD. EST! Environmentally sustainable report. Futures, strategies and best practices. Synthesis report. Paris, 2000.
- Office de l'efficacité énergétique. 2009. *Guide de consommation de carburant 2009*. Ressources naturelles Canada, Gouvernement du Canada. Disponible à www.rncan.gc.ca
- Office national de l'énergie. Demande d'énergie au Canada. Transport des passagers. Note d'information sur l'énergie. Calgary, 2009.
- Owens, S, 1995, 'From 'predict and provide' to 'predict and prevent '?: pricing and planning in transport policy, *Transport Policy*, 21, 43-51.

- Páez, A., Mercado, R., Farber, S., Morency, C., Roorda, M. At the intersection between opportunities and travel: Development of a new indicator of relative accessibility, Soumis pour presentation au 88th Annual Meeting of the transportation research board, Janvier 2009
- Pampalon R. et Raymond G. Un indice de défavorisation pour la planification de la santé et du bien-être au Québec. *Maladies Chroniques au Canada* 2000; 21(3) : 113-122.
- Pelletier Marie-Pier, Trépanier Martin, Morency Catherine, Smart card data in public transit : A review, *Transportation Research C: Emerging Technologies*, vol. 19, pp. 557-568, 2011.
- Pinjari AR, Pendyala RM, Bhat CR et Waddell PA. Modeling residential sorting effects to understand the impact of the built environment on commute mode choice. *Transportation* 34: 557-573, 2007.
- Potoglou D et Kanaroglou PS. Modeling car ownership in urban areas : a case study of Hamilton, Canada. *Journal of Transport Geography* 16: 42-54, 2008.
- Pour la solidarité (2010). La mobilité durable. Emergence et application d'un concept, Think tank européen Pour la Solidarité, Collection Working Paper, Mai 2010.
- Ramani T, Zietsman J, Eisele W et al. Developing sustainable transportation performance measures for TXDOT's strategic plan: Technical report. Texas Transportation Institute, College Station, Texas, 2009.
- Ressources naturelles Canada. Initiative ÉcoÉNERGIE. Disponible à : <http://oee.nrcan.gc.ca/transports/initiative-vehicules-personnels.cfm> Consulté le 7 avril 2011.
- Richardson, A., Ampt, E. & Meyburg, A. (1995) *Survey Methods for Transport Planning*, (Melbourne, Australia: Eucalyptus Press Ltd).
- Robert, M. (2008). Quand l'automobile envahit le monde. *CARFREE FRANCE*, Consulté le 10 février 2011, tiré de <http://carfree.free.fr/index.php/2008/02/04/quand-lautomobile-envahit-le-monde/>
- Roorda, M., Morency, C., Woo, K. (2008) Two Cities, Two Realities? A Closer look at the evolution of trip rates in Toronto and Montreal, accepté pour publication dans les *Transportation Research Records*, TRB, Washington D.C.
- Roorda, M., Páez, A., Morency, C., Mercado, R., Farber, S. Trip Generation of Vulnerable Populations in Three Canadian Cities: a Spatial Ordered Probit Approach, Soumis pour presentation au 88th Annual Meeting of the transportation research board, Janvier 2009
- S.A.A.Q. (2003). *Rapport Annuel de gestion 2002 (2-550-40959)*. Québec: Société de l'assurance automobile du Québec. <http://www.saaq.gouv.qc.ca/publications/nous/rapportgestion2002.pdf>
- Sallis JF, Frank LD, Saelens BE et MK Kraft. Active transportation and physical activity: opportunities for collaboration on transportation and public health research. *Transportation Research Part A* 38: 249-268, 2004.

- Schrank D et Lomax T. Dans : The 2007 Urban Mobility Report. Texas Transportation Institute, College Station, 2007.
- Shapiro RJ, Hassett KA et Arnold FS. Conserving energy and preserving the environment : The role of public transportation. Préparé pour : American Public Transportation Association, Washington D.C., 2002.
- Shoup, D. C. (2005a). *The High Cost Of Free Parking*. Chicago: American Planning Association.
- Shoup, D. C. (2005b). *Parking Cash Out*: APA Planning Advisory Service.
- Sioui, L. et C. Morency, 2011, Parabole théorique : dans l'automobile ou l'autobus, quel passager consomme moins de carburant? *Routes et Transports*, Association Québécoise du Transport et des Routes, mars 2011.
- SmartGrowthBC. BC sprawl report. Economic vitality and livable communities. Vancouver, 2004.
- Société canadienne d'hypothèque et de logement (SCHL). Comparaison de quartiers canadiens reflétant les principes du nouvel urbanisme avec des banlieues traditionnelles. Le point en recherche, Série socio-économique no 10-003, Ottawa, 2010.
- Société de Transport de Montréal. 2009. Les résultats : Bulletin d'information sur la mise à l'essai des bus hybrides à la STM. Numéro 2, juin 2009.
- Spissu E, Pinjari AR, Pendyala RM et Bhat CR. A copula-based joint multinomial discreet-continuous model of vehicle type choice and miles travel. *Transportation* 36: 403-422, 2009.
- Stambouli J. Les territoires du tramway moderne : de la ligne à la ville durable. Développement durable, Développement durable et territoire, Dossier 4 : La ville et l'enjeu du développement durable, 2007.
- Stead D et Meijers E. Policy integration in practice: some experiences of integrating transport, land-use planning and environmental policies in local government. 2004 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change: Greening of Policies – Interlinkages and Policy Integration. Berlin, 2004.
- The Centre for Sustainable Transportation. Sustainable Transportation Monitor vol. 12, University of Winnipeg, Winnipeg, 2008.
- Transport for London. Congestion charging – Central London. Impacts monitoring. Second Annual Report, 2004.
- Transports Canada. ÉcoTRANSPORTS. Disponible à : <http://www.tc.gc.ca/fra/programmes/environnement-ecotransports-menu-604.htm> Consulté le 7 avril 2011.
- Transports Canada. *Études de cas CELTU*. Ottawa, 2010. Disponible à : <http://www.tc.gc.ca/fra/programmes/environnement-pdtu-repertoire-etudes-de-cas-2165.htm>, Consulté le 21 avril 2011.
- Transports Canada. Le coût de la congestion au Canada. Ottawa, 2006.

- Transports Canada. *O-Train light rail project*. Urban Transportation Showcase Program. Case Studies in Sustainable Transportation. Case Study no. 7. Ottawa, 2005.
- TRB (1997), Committee for a Study on Transportation and a Sustainable Environment, *Toward A Sustainable Future; Addressing the Long-Term Effects of Motor Vehicle Transportation on Climate and Ecology*, National Academy Press, Special report 251 (<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr251.pdf>).
- TRB (2008). *Sustainable Transportation Indicators : A Recommended Program To Define A Standard Set of Indicators For Sustainable Transportation Planning*, Transportation Research Board (TRB) Sustainable Transportation Indicators (STI) Subcommittee (TRB Subcommittee ADD40 [1]), <http://www.vtpi.org/sustain/sti.pdf>.
- Trépanier, Martin, Morency, Catherine, Gossmann, Isabelle (2007). *Park & Ride User Path Problem: Findings from On-Board Surveys*, 11th World Conference on Transportation Research, Berkeley, Californie
- UITP (2003). *Un ticket pour l'avenir. Les trois pôles de la mobilité durable*. Bruxelles, 2003.
- UITP (2004). *Improving access to public transport*. European Conference of Ministers of Transport, Bruxelles, 2004.
- UITP (2007). *Façonner demain dès aujourd'hui: La place donnée au développement durable dans le secteur du transport public 2005-7*, Charte UITP du développement durable.
- Union des municipalités du Québec (2008). *Politique de mobilité et transport durables*, UMQ, Montréal, 2008.
- Vance C et Hedel R.(2007) *The impact of urban form on automobile travel : disentangling causation from correlation*. *Transportation* 34: 575-588, 2007.
- Vérificateur général du Québec. (2009) *Rapport du Vérificateur général du Québec pour l'année 2008-2009. Tome II. Chapitre 3. Planification du transport et de l'aménagement dans la région métropolitaine de Montréal*. Gouvernement du Québec, Québec, 2009.
- Vigar, G., (2000), *Local 'Barriers' to Environmentally Sustainable Transport Planning*, *Local Environment*, 51, 19-32.
- Villanueva, K., B. Giles-Corti B. and G. McCormack. *Achieving 10,000 steps: A comparison of public transport users and drivers in a University setting*. *Preventive Medicine* 47: 338-341, 2008.
- Ville de Montréal (2008). *Plan de transport 2008. Réinventer Montréal*. Services des infrastructures, transport et environnement, Direction des transports, Division du développement des transports, 246 pages, http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/TRANSPORT_V2_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PLAN_DE_TRANSPORT2008.pdf, consulté en juillet 2008.
- Ville de Montréal. *Réinventer Montréal. Plan de transport 2007*. Montréal, 2007.



- Vincent W et Callaghan Jerram L. The potential for bus rapid transit to reduce transportation-related CO2 emissions. *Journal of Public Transportation BRT Special Edition*: 219-237, 2006.
- Wen LM, Rissel C. Inverse associations between cycling to work, public transport, and overweight and obesity: Findings from a population based study in Australia. *Preventive Medicine* 2008; 46: 29-32.
- Wilhelm M, Ritz B. Residential proximity to traffic and adverse birth outcomes in Los Angeles County, California, 1994-1996. *Environmental Health Perspectives* 111 (2): 207-216, 2003.
- Woodcock J, Banister D, Edwards P, Prentice AM et Roberts I. Energy and transport. *The Lancet* 370: 1078-1088, 2007.



Chaire MOBILITÉ:

mise en oeuvre de la durabilité en transport

TITULAIRE DE LA CHAIRE

Professeure Catherine Morency (CGM)

COLLABORATEURS

Professeur Martin Trépanier (MAGI)
Professeur Nicolas Saunier (CGM)
Professeur Bruno Agard (MAGI)

PROFESSIONNELS DE RECHERCHE

Marie Demers
Hubert Verreault

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Pr. Matthew Roorda (University of Toronto)
Pr. Antonio Paez (Mc Master University)
Pr. Paul Lewis (Université de Montréal)
Pr. Patrick Bonnel
(École Nationale des travaux publics de l'État, Lyon, France)
Pr. Kostas Goulias
(UCSB : University of California at Santa Barbara)

