



Mesures d'accessibilité

**Mesures de performance pour la planification de
l'utilisation du sol et du transport dans la région
métropolitaine de Montréal**

**SOCIOÉCONOMIE
DES TRANSPORTS**



**ÉTUDES ET RECHERCHES
EN TRANSPORT**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ

MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

Ahmed El-Geneidy
Professeur adjoint, École d'urbanisme de l'Université McGill

et

Assumpta Cerdá
Candidate à la maîtrise en urbanisme, Université McGill

Réalisé pour le compte du ministère des Transports

Juillet 2012

La présente étude a été réalisée à la demande du ministère des Transports du Québec et a été financée par la Direction de la recherche et de l'environnement.

Les opinions exprimées dans le présent rapport n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les positions du ministère des Transports du Québec.

Collaborateurs

Ahmed El-Geneidy

Professeur adjoint, École d'urbanisme de l'Université McGill

Assumpta Cerdá

Candidate à la maîtrise en urbanisme, Université McGill

Soucieux de protéger l'environnement, le ministère des Transports du Québec favorise l'utilisation de papier fabriqué à partir de fibres recyclées pour la production de ses imprimés et encourage le téléchargement de cette publication.

Imprimé sur du papier Rolland Enviro100 contenant 100 % de fibres recyclées postconsommation, certifié Éco-Logo, procédé sans chlore, FSC recyclé et fabriqué à partir d'énergie biogaz.



100 %



© Université McGill 2010

ISBN 978-2-550-60805-9 (imprimé)

ISBN 978-2-550-60806-6 (PDF)

Dépôt légal – 2012

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

Tous droits réservés. La reproduction de ce document par procédé mécanique ou électronique, y compris la microreproduction, et sa traduction, même partielles sont interdites sans l'autorisation écrite des Publications du Québec.

Titre et sous-titre du rapport MESURES DE L'ACCESSIBILITÉ - Mesures de performance pour la planification de l'utilisation du sol et du transport dans la région métropolitaine de Montréal	N° du rapport Transports Québec RTQ-10-03 Date de publication du rapport (Année – Mois) 2012-07	
Titre du projet de recherche MESURES DE L'ACCESSIBILITÉ - Mesures de performance pour la planification de l'utilisation du sol et du transport dans la région métropolitaine de Montréal	N° du contrat (RRDD-AA-CCXX) 4502-08-RB02	N° de projet ou dossier R633.1
Responsable de recherche Ahmed El-Geneidy, Université McGill Auteur(s) du rapport El-Geneidy, Ahmed et Cerda, Assumpta	Date du début de la recherche Décembre 2008	Date de fin de la recherche Janvier 2010
Chargé de projet, direction Souhila Djar, Direction de la planification et de la coordination des ressources (DGMO)	Coût total de l'étude 50 000 \$	
Étude ou recherche réalisée par (nom et adresse de l'organisme) École d'urbanisme de l'Université McGill 815, rue Sherbrooke Ouest Pavillon Macdonald-Harrington, bureau 400 Montréal (Québec) H3A 2K6	Étude ou recherche financée par (nom et adresse de l'organisme) <i>Préciser DER ou autre direction du MTQ</i> Direction de l'environnement et de la recherche Ministère des Transports 930, chemin Ste-Foy Québec (Québec) G1S 4X9	
Problématique Comment peut-on utiliser les mesures d'accessibilité dans la planification du transport? Comment l'accessibilité a-t-elle évolué à travers le temps dans la région de Montréal? Est-ce que les individus accordent une valeur à l'accessibilité dans leurs choix résidentiels?		
Objectifs L'objectif de cette recherche est d'élaborer et de décrire les diverses mesures d'accessibilité axées sur le rendement, qui sont utilisées pour expliquer comment l'accessibilité aux emplois, aux travailleurs et aux commerces de détail est caractérisée dans la région métropolitaine de Montréal. Un modèle de régression hédonique est également utilisé afin de mesurer la valeur accordée par les individus à l'accessibilité.		
Méthodologie Le rapport débute par une revue de la littérature sur l'accessibilité. La deuxième partie du document présente une démonstration des mesures d'accessibilité en utilisant la région métropolitaine de Montréal comme étude de cas. Diverses mesures d'accessibilité sont présentées : les mesures basées sur le lieu (gravitaires et les mesures isochrones), deux mesures intégrant le concept de la concurrence (le modèle gravitaire tenant compte de la concurrence et de la mesure des facteurs d'équilibre inverses) et la mesure de classement local. Le rapport présente également une mesure d'accessibilité individuelle : l'espace d'activité réel. On trouve aussi dans le rapport les résultats du modèle de régression hédonique, qui évalue les effets de l'accessibilité aux emplois et aux commerces sur la valeur des propriétés.		

Résultats et recommandations

Chaque mesure d'accessibilité présentée fournit des résultats différents. Lorsqu'on choisit une mesure d'accessibilité, plusieurs facteurs doivent être pris en considération. Cependant, l'objectif de la recherche et le public ciblé sont les facteurs les plus importants quand on sélectionne une mesure d'accessibilité. La mesure isochrone est probablement la plus appropriée pour les débats publics et l'aménagement participatif. Les mesures gravitaire et concurrentielle sont bien adaptées pour évaluer l'impact des projets de transport et d'utilisation du sol sur l'accessibilité. Les facteurs d'équilibre inverses fournissent un aperçu des tendances et une mesure précise pouvant être incluse dans une analyse statistique. De plus, l'analyse hédonique montre que le prix de vente des maisons augmente pour chaque unité d'accroissement du niveau d'accessibilité équilibrée. L'incidence de l'accessibilité sur le prix de vente des maisons et sur l'espace d'activités montre qu'elle est prise en compte par les individus et qu'elle influence leurs comportements de déplacement.

Mots-clés

Accessibilité, mobilité, régression hédonique

Nombre de pages

216

Nombre de références bibliographiques

72

Langue du document

☒ Français
☐ Anglais
Autre (spécifier) :

REMERCIEMENTS

Nous voulons remercier le ministère des Transports du Québec d'avoir fourni le financement et les données pour ce projet et plus spécialement Pierre Tremblay, Souhila Djar et Sylvie Arbour pour leur intérêt et leurs commentaires tout au long du projet de recherche. Nous remercions aussi Paul Cardinal, directeur de l'analyse du marché à la Fédération des chambres immobilières du Québec, d'avoir fourni les données du Multiple Listing Service (MLS) utilisées pour l'analyse. Nous voulons également remercier le professeur Raphael Fischler pour ses commentaires pertinents et ses conseils utiles concernant le rapport. Nous souhaitons aussi souligner la contribution de Paul Tétrault, Kevin Manaugh et Farhana Yasmin, qui ont collaboré à différentes parties du projet. Finalement, un merci spécial à Dijana Lazar, qui a traduit le texte en français et à Julie Bachand-Marleau, qui l'a révisé et corrigé.

RÉSUMÉ

L'accessibilité est une notion qui a été largement étudiée dans la littérature. Cependant, elle est rarement intégrée dans l'aménagement urbain et la planification des transports. On peut répartir les mesures d'accessibilité en trois catégories : les mesures basées sur la localisation, les mesures individuelles et les mesures fondées sur le maximum d'utilité. Les mesures basées sur la localisation évaluent l'accessibilité d'un emplacement, les mesures individuelles expliquent les contraintes personnelles et les mesures fondées sur le maximum d'utilité sont étroitement liées à la théorie microéconomique. Toutes les mesures d'accessibilité comprennent une mesure de l'utilisation du sol sous forme d'occasions, comme les emplois ou les magasins, et une mesure du système de transport qui se traduit par le temps ou la distance de déplacement.

L'accessibilité basée sur la localisation

Dans le cadre de ce projet de recherche, différentes mesures d'accessibilité basées sur la localisation ont été appliquées à la région métropolitaine de Montréal. On a mesuré l'accessibilité isochrone aux emplois, aux travailleurs et aux commerces en s'appuyant sur les temps de déplacement en voiture et avec les moyens de transport collectif entre toutes les zones d'analyse de transport (ZAT). La mesure gravitaire, qui pondère la valeur des occasions en fonction de leur distance du point d'origine en utilisant un facteur d'impédance basé sur le comportement de déplacement, a aussi été employée pour mesurer l'accessibilité gravitaire aux emplois et aux travailleurs en se servant des deux modes de transport. L'accessibilité isochrone aux emplois et aux travailleurs en voiture à Montréal se présente sous la forme d'une distribution polycentrique. Les niveaux les plus élevés se trouvent au cœur du centre-ville. L'accessibilité isochrone aux emplois et aux travailleurs au moyen du transport collectif suit de près les lignes de métro et de train de banlieue, ce qui indique que ces infrastructures jouent un rôle essentiel dans l'accessibilité en transport collectif. Elle présente des similarités avec la distribution spatiale de l'accessibilité gravitaire. Une corrélation entre l'accessibilité isochrone et l'accessibilité gravitaire a démontré que les résultats des deux mesures sont hautement corrélés pour les déplacements en voiture et en transport collectif à l'intérieur d'un temps de déplacement de 30 minutes. À la suite de cette découverte, l'opportunité isochrone à l'intérieur d'un déplacement de 30 minutes a été utilisée dans un grand nombre d'indicateurs d'accessibilité conçus au cours du projet.

L'accessibilité concurrentielle

L'accessibilité gravitaire et l'accessibilité isochrone sont des mesures simples qui reposent sur des données facilement accessibles. Ces mesures sont faciles à interpréter et à transmettre et elles sont particulièrement utiles pour concevoir des indicateurs afin d'évaluer les effets des plans d'aménagement, d'estimer les besoins en transport et de soutenir la planification communautaire. Par contre, elles ont tendance à surestimer le niveau d'accessibilité, car elles ne prennent pas en considération plusieurs types de contraintes, comme la concurrence pour une opportunité. Nous avons utilisé deux mesures tenant compte de la concurrence pour mesurer l'accessibilité aux emplois et aux travailleurs en voiture : le modèle gravitaire tenant compte de la concurrence et les facteurs d'équilibre inverses du modèle d'interaction spatiale doublement contraint.

Le modèle gravitaire tenant compte de la concurrence est le plus simple des deux modèles en matière de calcul et d'interprétation et nous l'avons employé pour étudier en profondeur la concurrence dans le domaine de l'emploi dans la région métropolitaine de Montréal. Il s'agit d'une mesure gravitaire faisant le ratio des occasions potentielles à partir d'un point d'origine et du nombre de concurrents potentiels à se disputer ces occasions. Nous avons calculé l'accessibilité aux emplois selon les catégories du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), en tenant compte de la concurrence entre les travailleurs employés dans un même secteur. Nous avons aussi exploré l'accessibilité aux emplois en fonction de la formation exigée.

Les résultats de cette analyse donnent une distribution régionale complexe de l'accessibilité concurrentielle des différents secteurs. En général, la Rive-Sud a un niveau peu élevé d'accessibilité concurrentielle à presque tous les types d'emploi. Cependant, Longueuil se classe première en ce qui concerne l'accessibilité aux travailleurs ayant fait des études postsecondaires, ce qui pourrait inciter les entreprises qui évoluent dans certains secteurs à venir s'installer dans cette zone.

Il existe deux grands pôles d'emplois sur l'île de Montréal. La zone Saint-Laurent/Dorval a une accessibilité élevée aux emplois dans les secteurs manufacturiers, du commerce et du transport, ainsi qu'aux emplois exigeant un diplôme d'études secondaires ou moins. Le centre des affaires démontre une accessibilité élevée aux emplois de cols blancs et aux emplois pour lesquels une formation postsecondaire est nécessaire.

Laval et la Rive-Nord ont une accessibilité élevée aux emplois des secteurs de la construction, du commerce et des services industriels. Quelques zones se différencient des autres : Saint-Jérôme, Sainte-Anne-des-Plaines, Boisbriand, Blainville et Sainte-Thérèse offrent toutes des niveaux d'accessibilité concurrentielle très élevés dans certains secteurs d'emplois qui sont atypiques pour la région.

La mesure des facteurs d'équilibre inverses se calcule de façon itérative, ce qui donne une mesure d'accessibilité établissant l'équilibre entre le nombre d'emplois disponibles et le nombre de travailleurs résidant à proximité. Les zones ayant des niveaux élevés d'accessibilité équilibrée devraient avoir plus d'emplois que de travailleurs dans un périmètre restreint, mais ces régions ne comptent pas nécessairement le plus grand nombre d'emplois. Cette mesure a fourni des résultats plus convaincants et réguliers, en soulignant les tendances qui étaient plus difficiles à dégager à partir des résultats du modèle concurrentiel. En particulier, la distribution de l'accessibilité concurrentielle sur la Rive-Sud change sensiblement grâce à Longueuil et à Valleyfield, qui se distinguent comme des zones ayant des niveaux élevés d'accessibilité équilibrée aux emplois, alors que le reste de la Rive-Sud affiche des niveaux similaires aux résultats précédents.

L'accessibilité individuelle

Les mesures d'accessibilité traditionnelles basées sur le lieu ne peuvent pas représenter de façon précise les contraintes auxquelles les individus font face. Afin d'explorer l'accessibilité individuelle, deux mesures basées sur des données de déplacements provenant du recensement 2006 et de l'enquête origine-destination (O-D) 2003 ont été conçues. La mesure du classement local s'appuie sur les données liées au navettage. Elle catégorise un emplacement selon le nombre de personnes qui se déplacent vers celui-ci et selon le rang de leur point d'origine. Elle repose sur des calculs complexes et itératifs et incorpore les modes de transport et l'impédance. Le classement local a donné une représentation juste des pôles d'emplois à Montréal et n'a pas surestimé l'importance du centre des affaires.

L'espace d'activités du ménage a été mesuré en créant des polygones à partir des déplacements des ménages recueillis dans l'enquête O-D. Nous avons testé trois mesures de l'espace d'activités : la distance totale parcourue par tous les résidents du ménage, l'aire du polygone et la dispersion spatiale de l'espace d'activités. Le facteur de dispersion spatiale explique la concentration et la direction des déplacements. Une analyse statistique a démontré que les niveaux élevés d'accessibilité à l'emploi réduisent la distance totale parcourue, l'aire et le facteur de dispersion spatiale.

Nous avons employé un modèle de régression hédonique pour mesurer la valeur que les individus accordent à l'accessibilité. En harmonie avec les études précédentes, ce modèle a démontré que l'accessibilité augmente le coefficient de détermination de 2 %. Le prix de vente des maisons augmente de 1005,03 \$ pour chaque unité d'accroissement du niveau d'accessibilité équilibrée. L'incidence de l'accessibilité sur les prix de vente des maisons et sur l'espace d'activités montre que les individus y accordent de l'importance et qu'elle influence leurs comportements de déplacement.

SYNTHÈSE

L'accessibilité : la solution pour améliorer le rendement des réseaux de transport

Qu'est-ce que l'accessibilité?

L'accessibilité est une mesure qui estime la performance du réseau de transport. Elle évalue aussi la qualité de l'interaction entre l'utilisation du sol et le système de transport.

Elle mesure la capacité d'atteindre les destinations prisées. Elle tient compte du mode de transport (par exemple, transport collectif, vélo ou marche), des activités qui incitent les gens à se déplacer (travail, magasinage, loisir, etc.) et de la distribution spatiale de ces activités dans une ville ou une région.

La congestion et l'accessibilité

L'intensité et les coûts de la congestion, en matière de perte de productivité et de carburant, sont des mesures souvent employées pour évaluer le rendement du réseau de transport.

Cependant, les mesures de congestion ont tendance à trop simplifier les problèmes qui surgissent dans les milieux urbains. On ne peut pas les utiliser pour freiner l'étalement urbain, améliorer l'offre de transport collectif ou évaluer le potentiel piétonnier.

En accordant une grande place à l'utilisation du sol, l'accessibilité est une mesure plus appropriée que la congestion pour comprendre le rendement du transport.

Une méthode éprouvée

Les mesures de l'accessibilité sont faciles à calculer, à interpréter et à expliquer. Elles sont fondées sur la théorie économique et sur les comportements de déplacement. On les étudie depuis plus de 50 ans.

Les données exigées pour effectuer les calculs relatifs à l'accessibilité sont facilement accessibles, notamment celles sur les temps de déplacement, la population et l'emploi.

Une mesure extrêmement polyvalente

On peut employer les calculs d'accessibilité pour évaluer les plans de transport et les travaux d'aménagement d'infrastructures à toutes les étapes du processus de mise en œuvre.

L'accessibilité peut aussi servir d'indice pour évaluer les effets économiques et la durabilité du système de transport, ainsi que son incidence sur l'équité sociale.

On peut également utiliser l'accessibilité pour comparer les divers modes de transport et le service qu'ils procurent, par exemple, le transport collectif versus l'automobile privée.

L'accessibilité à petite et grande échelle

L'accessibilité peut être mesurée à différentes échelles. Au niveau local, on s'en sert pour encourager le transport actif, évaluer les plans d'aménagement et mesurer l'équité sociale.

Au niveau urbain, on se sert de l'accessibilité pour déterminer les besoins, évaluer l'importance de l'infrastructure et des liaisons, et estimer les effets des projets d'aménagement.

Les indices de l'accessibilité à l'échelle nationale peuvent être utilisés pour comparer les différentes régions métropolitaines selon le niveau d'accessibilité et la distribution pondérée par la population ou à l'aide d'indices économiques.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	21
1.1 Les définitions	21
1.2 Les composantes	22
1.3 L'importance	23
2. LA REVUE DE LA LITTÉRATURE	25
2.1 Les mesures d'accessibilité basées sur la localisation.....	25
2.1.1 La mesure isochrone.....	25
2.1.2 Le modèle gravitaire.....	26
2.1.3 Les facteurs de concurrence	29
2.1.4 Les facteurs d'équilibre inverses.....	30
2.1.6 Le classement local.....	32
2.2 Les mesures d'accessibilité individuelle	34
2.2.1 La géographie des espaces-temps et ses mesures	34
2.2.2 Les espaces d'activités du ménage	36
2.3 La mesure fondée sur le maximum d'utilité	37
2.3.1 La mesure basée sur l'activité	39
2.3.2 Les mesures mixtes	40
2.4 Le résumé des différentes mesures d'accessibilité	41
2.5 Le choix d'une mesure d'accessibilité.....	42
3. UNE ÉTUDE DE CAS : APPLICATION DES MESURES D'ACCESSIBILITÉ BASÉES SUR LA LOCALISATION DANS LA RÉGION DE MONTRÉAL	47
3.1 Les données et les hypothèses.....	47
3.2 L'accessibilité isochrone	50
3.2.1 L'accessibilité isochrone aux emplois en voiture	50
3.2.2 L'accessibilité isochrone aux emplois en transport collectif.....	53
3.2.3 L'accessibilité isochrone aux travailleurs en voiture	57
3.2.4 L'accessibilité isochrone aux travailleurs en transport collectif.....	61
3.2.5 L'accessibilité isochrone aux commerces en voiture et en transport collectif	65
3.3 Le modèle gravitaire	71
3.4 Les corrélations	75
4. L'ACCESSIBILITÉ CONCURRENTIELLE AUX EMPLOIS ET AUX TRAVAILLEURS À MONTRÉAL	77
4.1 Les facteurs de concurrence.....	77
4.1.1 L'accessibilité concurrentielle par secteur industriel.....	78
4.1.2 L'accessibilité concurrentielle selon les exigences de formation.....	99

4.1.3	L'interprétation des résultats	107
4.3	<i>Le classement local</i>	116
5.	LES INDICATEURS D'ACCESSIBILITÉ	119
5.1	<i>Les indicateurs de changement</i>	119
5.2	<i>L'évolution de l'accessibilité</i>	123
5.3	<i>L'accessibilité normalisée par arrondissement</i>	129
6	L'ACCESSIBILITÉ INDIVIDUELLE : ESPACES D'ACTIVITÉS DU MÉNAGE	133
6.1	<i>Les données et les hypothèses</i>	135
6.2	<i>L'analyse des regroupements des mesures de l'espace d'activités</i>	136
6.3	<i>La relation entre l'accessibilité régionale et l'accessibilité du ménage</i>	139
6.3.1	La dispersion spatiale de l'espace d'activités	141
6.3.2	L'influence de l'accessibilité sur la dispersion spatiale	141
6.3.3	L'analyse	142
7.	LA VALEUR DE L'ACCESSIBILITÉ	147
7.1	<i>Les données et les hypothèses</i>	148
7.2	<i>Le modèle hédonique</i>	148
7.2.1	L'effet de l'accessibilité	150
7.2.2	L'analyse	152
8.	CONCLUSION	153
Annexe 1		161
Annexe 2		169
BIBLIOGRAPHIE		205

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Comparaison du modèle simulé et du modèle fourni par le MTQ....	49
Tableau 2 – Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN).....	79
Tableau 3 – Catégories d'emplois selon les exigences en matière d'éducation	100
Tableau 4 – Nom des variables et statistiques sommaires	140
Tableau 5 – Modèle statistique mesurant la relation entre les accessibilités personnelle et régionale.....	144
Tableau 6 – Nom des variables et statistiques sommaires	149
Tableau 7 – Analyse hédonique	151

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Fonction exponentielle négative utilisée pour le calcul de l'impédance.....	48
Figure 2	Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 15 minutes en voiture	50
Figure 3	Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture	51
Figure 4	Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 45 minutes en voiture	52
Figure 5	Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 60 minutes en voiture	53
Figure 6	Nombre d'emplois accessible dans un délai de 15 minutes en transport collectif.....	54
Figure 7	Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 30 minutes en transport collectif.....	55
Figure 8	Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 45 minutes en transport collectif.....	56
Figure 9	Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 60 minutes en transport collectif.....	57
Figure 10	Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 15 minutes en voiture	58
Figure 11	Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture	59
Figure 12	Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 45 minutes en voiture	60
Figure 13	Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 60 minutes en voiture	61
Figure 14	Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 15 minutes en transport collectif.....	62
Figure 15	Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 30 minutes en transport collectif.....	63
Figure 16	Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 45 minutes en transport collectif.....	64
Figure 17	Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 60 minutes en transport collectif.....	65

Figure 18	Nombre de magasins à grande surface accessibles dans un délai de 10 minutes en voiture	66
Figure 19	Nombre de magasins d'alimentation accessibles dans un délai de 10 minutes en voiture	67
Figure 20	Nombre de restaurants accessibles dans un délai de 10 minutes en voiture	68
Figure 21	Nombre de magasins d'alimentation accessibles dans un délai de 25 minutes en transport collectif.....	69
Figure 22	Nombre de restaurants accessibles dans un délai de 25 minutes en transport collectif	70
Figure 23	Accessibilité gravitaire aux emplois en voiture.....	72
Figure 24	Accessibilité gravitaire aux emplois en transport collectif	73
Figure 25	Accessibilité gravitaire aux travailleurs en voiture	74
Figure 26	Accessibilité gravitaire aux travailleurs en transport collectif.....	75
Figure 27	Corrélation entre l'accessibilité isochrone et l'accessibilité gravitaire	76
Figure 28	Accessibilité concurrentielle aux emplois	77
Figure 29	Accessibilité concurrentielle aux travailleurs.....	78
Figure 30	Accessibilité concurrentielle dans le secteur de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche et de la chasse	80
Figure 31	Accessibilité concurrentielle dans le secteur de l'extraction minière, de l'exploitation en carrière, et de l'extraction de pétrole et de gaz	81
Figure 32	Accessibilité concurrentielle dans le secteur des services publics	82
Figure 33	Accessibilité concurrentielle dans le secteur de la construction....	83
Figure 34	Accessibilité concurrentielle dans le secteur de la fabrication	84
Figure 35	Accessibilité concurrentielle dans le secteur du commerce de gros	85
Figure 36	Accessibilité concurrentielle dans le secteur du commerce de détail	86
Figure 37	Accessibilité concurrentielle dans le secteur du transport et de l'entreposage	87
Figure 38	Accessibilité concurrentielle dans le secteur de l'information et de la culture	88
Figure 39	Accessibilité concurrentielle dans le secteur des finances et des assurances.....	89

Figure 40	Accessibilité concurrentielle dans le secteur des services immobiliers, de location et de location à bail	90
Figure 41	Accessibilité concurrentielle dans le secteur des services professionnels, techniques et scientifiques	91
Figure 42	Accessibilité concurrentielle dans le secteur de la gestion de sociétés et d'entreprises	92
Figure 43	Accessibilité concurrentielle dans le secteur des services administratifs, des services de soutien, des services de gestion des déchets et des services d'assainissement.....	93
Figure 44	Accessibilité concurrentielle dans le secteur des services d'enseignement.....	94
Figure 45	Accessibilité concurrentielle dans le secteur des soins de santé et d'assistance sociale	95
Figure 46	Accessibilité concurrentielle dans le secteur des arts, des spectacles et des loisirs.....	96
Figure 47	Accessibilité concurrentielle dans le secteur de l'hébergement et des services de restauration.....	97
Figure 48	Accessibilité concurrentielle dans le secteur des autres services, sauf les administrations publiques.....	98
Figure 49	Accessibilité concurrentielle dans le secteur des administrations publiques	99
Figure 50	Accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme d'études secondaires ou moins	101
Figure 51	Accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme d'études collégiales	102
Figure 52	Accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme universitaire	103
Figure 53	Accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires ou moins	104
Figure 54	Accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme d'études collégiales	105
Figure 55	Accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme universitaire	106
Figure 56	Accessibilité équilibrée à tous les emplois.....	109
Figure 57	Accessibilité équilibrée à tous les travailleurs	110
Figure 58	Accessibilité équilibrée aux emplois exigeant un niveau d'éducation secondaire ou moins	112

Figure 59	Accessibilité équilibrée aux emplois exigeant une éducation postsecondaire.....	113
Figure 60	Accessibilité équilibrée aux travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires	114
Figure 61	Accessibilité aux travailleurs ayant un diplôme d'études postsecondaires.....	115
Figure 62	Classement des emplacements de travail.....	116
Figure 63	Classement des emplacements résidentiels.....	117
Figure 64	Nombre d'emplois présentement accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture	120
Figure 65	Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture en 2011	121
Figure 66	Changement du nombre d'emplois accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture entre 2003 et 2011	122
Figure 67	Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture en 1993	124
Figure 68	Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture en 1993	125
Figure 69	Surface interpolée de l'accessibilité isochrone aux travailleurs en 1993	126
Figure 70	Changements de l'accessibilité isochrone aux emplois au cours des années	127
Figure 71	Changements de l'accessibilité isochrone aux travailleurs au cours des années.....	128
Figure 72	Accessibilité normalisée aux emplois	130
Figure 73	Accessibilité normalisée aux travailleurs.....	131
Figure 74	Comparaisons entre les différentes mesures de l'espace d'activités	134
Figure 75	Regroupements de la distance totale parcourue.....	137
Figure 76	Regroupements de l'aire de l'espace d'activités.....	138
Figure 77	Regroupements de la dispersion spatiale.....	139

1. INTRODUCTION

1.1 Les définitions

L'accessibilité a été définie de plusieurs façons par de nombreux chercheurs : comme un potentiel d'interaction (Hansen, 1959), comme des avantages liés au système de transport et à l'utilisation du sol (Ben-Akiva et Lerman, 1979), ou comme la facilité à atteindre des occasions prisées (Morris, Dumble et Wigan, 1979). L'accessibilité est souvent définie par opposition à la mobilité (Handy, 2002). La mobilité représente la facilité de se déplacer à l'intérieur d'un réseau, la capacité de se rendre d'un point à l'autre (Handy, 1994; Hansen, 1959), alors que l'accessibilité représente la facilité d'atteindre les destinations. La mobilité est une mesure du système de transport, alors que l'accessibilité mesure l'interaction entre l'utilisation du sol et le système de transport.

La demande en transports est une demande dérivée; on ne se déplace pas pour le plaisir de la chose, mais plutôt pour participer à différentes activités qui sont réparties dans l'espace. Le transport est un des coûts associés à la participation à des activités dispersées dans l'espace (Wachs et Kumagai, 1973). Ce coût dépendra d'une multitude de facteurs, par exemple, l'individu possédant une voiture aura accès à plus d'occasions que celui voyageant en transport collectif.

La notion d'accessibilité a été initialement conçue dans les années 1950 (Hansen, 1959) et de nombreux chercheurs ont davantage développé le concept depuis ce temps. Un bon nombre d'études classent et évaluent des mesures selon divers critères (Baradaran et Ramjerdi, 2001; El-Geneidy et Levinson, 2006; Geurs, 2006; Geurs et Ritsema van Eck, 2001; Handy et Niemeier, 1997). Il existe différentes approches pour mesurer l'accessibilité; la plus simple consiste à compter les occasions disponibles, par exemple le nombre d'emplois ou de parcs à partir d'un point *i* dans les limites d'un certain temps ou d'une certaine distance de déplacement. Les mesures complexes comprennent des mesures fondées sur le maximum d'utilité, lesquelles s'inspirent de théories microéconomiques traditionnelles, et les mesures d'accessibilité individuelle, qui proviennent de la géographie des espaces-temps développée par Hagerstrand (1970).

Dans le contexte de la recherche, l'accessibilité a été employée dans un grand nombre de projets : pour évaluer la vulnérabilité des infrastructures, mesurer l'accès aux services publics tels que les hôpitaux, les écoles primaires, les bureaux de vote ou les supermarchés (Kwan, Murray, O'Kelly et Tiefelsdorf, 2003; Kwan et Weber, 2003). Les niveaux d'accessibilité à une multitude de destinations ont été comparés selon le genre, l'ethnie et la mobilité physique des personnes (Kwan, 1999; Leck, Bekhor et Gat, 2008; Scott et Horner, 2008). On a utilisé l'accessibilité pour évaluer d'éventuelles politiques foncières, concevoir des plans intégrés de transport et d'utilisation du sol

(Bertolini, Le Clerq et Kapoen, 2005; Geurs, 2006), mesurer la desserte en transport collectif (Murray et Wu, 2003) et évaluer l'incidence des technologies de l'information et des communications et du télétravail sur l'accessibilité à l'emploi (Muhammad, De Jong et Ottens, 2008).

L'accessibilité est intégrée aujourd'hui dans la plupart des plans de transport, même si elle n'est pas toujours explicitement définie et abordée (Handy, 2002). Handy (2005) a identifié des objectifs spécifiques, des stratégies et des mesures de rendement visant à améliorer l'accessibilité dans quatre plans de transport aux États-Unis. Tous les plans intégraient le concept d'accessibilité jusqu'à un certain point, même si le but n'était pas de remplacer la notion de mobilité, mais plutôt de la compléter. La plupart des plans comprenaient des mesures de rendement fondées à la fois sur la mobilité et sur l'accessibilité ainsi que sur les diverses stratégies pour l'améliorer.

1.2 Les composantes

Toutes les mesures d'accessibilité sont établies avec essentiellement les mêmes composantes de base : une composante d'activité et une composante de transport (Handy et Niemeier, 1997; Koenig, 1980). La composante d'activité est une mesure relative à l'utilisation du sol. Elle est représentée sous forme de destinations ou d'occasions, qui peuvent être des emplois, des hôpitaux, des garderies, etc. Il est possible d'examiner ces occasions afin de déterminer leur attractivité ou leur concurrence.

La composante de transport, quant à elle, est une mesure du système de transport, tel que le temps ou la distance de déplacement. On la calcule pour différents modes de transport (automobile, transport collectif, marche, vélo) en utilisant le réseau des rues et les temps de déplacement simulés pour l'heure de pointe ou en dehors des heures de trafic intense. Une mesure qui évalue le coût de déplacement (l'impédance) pour les usagers est aussi comprise dans la composante de transport. Habituellement, il s'agit d'une fonction exponentielle négative qui est évaluée spécifiquement pour la zone étudiée, mais cela peut aussi être une fonction qui estime les coûts généralisés de transport en intégrant les coûts en argent et en temps.

Deux autres aspects qui devraient être inclus dans les mesures d'accessibilité sont la composante temporelle et la composante individuelle (Geurs et Ritsema van Eck, 2001). L'aspect temporel de l'accessibilité peut être décrit de façon très simple en estimant l'accessibilité dans les limites d'un temps de déplacement prédéterminé ou pour un moment de la journée spécifique (par exemple, l'heure de pointe du matin) ou en intégrant les contraintes du temps dans les calculs (par exemple, les heures d'ouverture des magasins). En ce qui a trait à la composante individuelle de l'accessibilité, elle reflète les aptitudes et les besoins individuels. Les recherches en géographie, par exemple, tentent de cerner les niveaux d'accessibilité des personnes selon leur genre, ethnicité ou niveau d'éducation afin de déterminer si ces

sous-groupes ont le même accès aux occasions, comme les emplois ou le système de santé (Kwan, 1999; Scott et Horner, 2008; Shen, 1998). La composante individuelle de l'accessibilité peut être mesurée en subdivisant les données selon des caractéristiques spécifiques telles que l'éducation ou le revenu, ou en mesurant l'accessibilité sur le plan individuel à l'aide de données provenant d'enquêtes de déplacements.

1.3 L'importance

Les plans de transport ont pour but d'augmenter l'accessibilité (Handy, 2002), mais ils analysent surtout la croissance de la mobilité et ne tiennent pas compte de l'utilisation du sol (Levinson, Krizek et Gillen, 2005). Les mesures de mobilité sont simples à utiliser et leur interprétation est facile autant pour les planificateurs que pour le grand public (Geurs et Ritsema van Eck, 2001). On cite souvent les niveaux de congestion et la vitesse moyenne de déplacement, mais ces données sont trompeuses et ne représentent pas correctement la façon dont le système de transport interagit avec l'utilisation du sol dans une région. La congestion, en particulier, peut indiquer l'attractivité ou la stabilité économique d'une ville (Cervero, 1998; Downs, 2004) et, dans ce cas, ne peut pas démontrer à quel point le système de transport et l'utilisation du sol sont capables de fournir aux individus l'accès aux occasions. En revanche, les mesures d'accessibilité peuvent être utilisées pour évaluer les plans et les politiques de transport et d'utilisation du sol, mesurer l'équité sociale du réseau, cerner les régions ou les populations mal desservies et mieux comprendre les contraintes auxquelles les usagers font face. Les mesures d'accessibilité peuvent être appliquées à plusieurs modes de transport et cela, à toutes les étapes du processus de planification et de mise en œuvre.

L'accessibilité peut aussi avoir une grande valeur lors de la planification communautaire et des exercices de participation publique. Le concept d'accessibilité peut être saisi de façon intuitive; il révèle l'interaction entre le système de transport et l'utilisation du sol et la place au sein du débat public (Bertolini, Le Clerq, et Kapoen, 2005).

L'accessibilité est une mesure importante pour le ministère des Transports du Québec (MTQ) et pour les autres intervenants ou acteurs en transport, car elle permet de mesurer leur capacité à relier les origines et les destinations dans une région. L'objectif de cette recherche est de développer et de décrire les diverses mesures d'accessibilité axées sur le rendement qui sont utilisées pour expliquer la distribution de l'accessibilité aux emplois, aux travailleurs et aux commerces de détail dans la région métropolitaine de Montréal. Ces mesures sont utiles pour évaluer comment les investissements, les stratégies de transport et les politiques d'aménagement influent sur la performance du système de transport et l'efficacité de l'utilisation du sol. Elles peuvent guider la prise de décision de manière plus réaliste et réceptive que les indices de mobilité traditionnels. Cependant, on doit noter que l'aménagement est un processus politique. Ainsi, les mesures du rendement doivent appuyer le

processus de prise de décision sans remplacer la vision politique en tant que telle (Carmona et Sieh, 2008).

La première partie de ce rapport, c'est-à-dire le chapitre 2, présente une revue de la littérature sur les différentes mesures d'accessibilité. Nous y résumons les différentes mesures, leurs différences, leurs applications spécifiques ainsi que leurs avantages et inconvénients. La deuxième partie du rapport fournit une démonstration des mesures d'accessibilité en utilisant la région métropolitaine de Montréal comme étude de cas. Dans le chapitre 3, nous appliquons et comparons les mesures gravitaires et les mesures isochrones basées sur le lieu. Dans le chapitre 4, deux mesures intégrant le concept de la concurrence sont employées pour analyser l'accessibilité à l'emploi : le modèle gravitaire tenant compte de la concurrence et la mesure des facteurs d'équilibre inverses. La mesure de classement local est aussi présentée dans ce chapitre. Dans le chapitre 5, deux indices d'accessibilité illustrent comment l'accessibilité peut être appliquée à l'aménagement. La troisième partie du rapport, qui est divisée en deux sections, présente une analyse statistique. Le chapitre 6 décrit une mesure d'accessibilité individuelle : l'espace d'activité réel. Les résultats du modèle de régression linéaire qui analyse le lien entre les modèles de déplacement et les niveaux d'accessibilité régionale y sont décrits. Quant au chapitre 7, il donne les résultats du modèle de régression hédonique qui évalue les effets de l'accessibilité aux emplois et aux commerces sur la valeur des propriétés. Le chapitre 8 contient la conclusion de ce rapport et souligne les découvertes clés et les différences principales entre les résultats de chaque mesure d'accessibilité.

2. LA REVUE DE LA LITTÉRATURE

La revue de la littérature présentée dans cette section fournit une vue d'ensemble des mesures d'accessibilité actuelles et aborde les nouvelles recherches effectuées dans ce domaine. Le concept d'accessibilité existe maintenant depuis 50 ans; en conséquence, la littérature portant sur l'accessibilité est très riche. On peut mesurer l'accessibilité à un lieu, ce qui implique les mesures de séparation spatiale entre les individus et certaines activités, ou à l'échelle de l'individu; par exemple, on parle, dans la littérature, de mesures d'accessibilité axées sur les individus (Miller, 2005). Baradaran et Ramjerdi (2001) ont déterminé cinq façons différentes de mesurer l'accessibilité, alors que Handy et Niemeier (1997) ont cerné trois de ces cinq mesures pour l'usage potentiel des planificateurs. Les mesures d'accessibilité peuvent être classées en trois catégories principales : les mesures basées sur la localisation, les mesures individuelles et les mesures fondées sur le maximum d'utilité.

2.1 Les mesures d'accessibilité basées sur la localisation

Les premières mesures d'accessibilité qui ont été conçues sont axées sur la localisation. Elles mesurent l'accessibilité d'une zone ou d'un quartier. Ce type de mesure est avantageux pour comparer le niveau d'accessibilité d'une zone par rapport à une autre, ou par rapport au niveau d'accessibilité régionale, pour mesurer les changements d'accessibilité provoqués par les nouveaux projets de transport ou d'aménagement, et pour déceler facilement les gagnants et les perdants régionaux en matière d'accessibilité. L'accessibilité est mesurée en utilisant un seul mode de transport. La même formule peut être appliquée plusieurs fois, avec des modes de transport différents, et l'on peut ensuite procéder à la comparaison. Par exemple, l'accessibilité aux emplois peut être mesurée en ayant recours à la voiture, au transport collectif et au vélo. Les résultats peuvent être comparés afin de déterminer les régions mal desservies qui nécessitent plus d'attention en matière d'accessibilité par un moyen de transport spécifique.

2.1.1 La mesure isochrone

La mesure isochrone est l'une des plus simples à calculer et l'une des premières mesures d'accessibilité à avoir été mises au point (Vickerman, 1974; Wachs et Kumagai, 1973). Elle recense le nombre d'occasions disponibles à partir d'un point prédéterminé à l'intérieur d'un seuil de temps ou de distance de déplacement spécifique.

La formule du modèle est la suivante :

où A_i est l'accessibilité mesurée au point i aux activités potentielles dans la zone j , où O_j représente les occasions dans la zone j , et où b_j est une valeur binaire égale à 1 si la zone j est à l'intérieur du seuil prédéterminé; sinon, elle est égale à 0.

Par exemple, cette mesure peut être utilisée pour recenser le nombre de parcs à moins de 400 mètres (zone j) d'une résidence i . La distance peut être mesurée à l'aide d'un réseau dans un Système d'information géographique (SIG), qui est plus réaliste que la distance euclidienne. On peut aussi utiliser un temps de déplacement prédéterminé, par exemple le nombre de parcs à moins de 10 minutes de marche d'une résidence. Appelée aussi « modèle de zone de desserte » (*covering model*), cette mesure a été citée de nombreuses fois dans la littérature comme une manière simple et directe d'évaluer l'équité en matière d'accessibilité aux biens publics ou de mesurer les changements d'accessibilité provoqués par une infrastructure de transport (Gutierrez, 2001; Gutierrez et Gomez, 1999; Gutierrez et Urbano, 1996; Handy et Niemeier, 1997; Talen, 1996; Talen, 1998).

Les avantages et inconvénients de la mesure

La mesure isochrone est simple à calculer, car elle utilise des données facilement disponibles. De plus, elle est facile à comprendre et à communiquer. Elle est largement utilisée dans les modèles hédoniques pour évaluer l'accès aux commodités dans un quartier et elle a été beaucoup étudiée. Elle tient compte à la fois de la composante de transport et de la composante d'aménagement sans avancer d'hypothèse implicite quant à leur valeur pour les usagers (Geurs et Ritsema van Eck, 2001). Le défaut principal de cette mesure est qu'elle ne prend pas en considération l'impédance associée au déplacement, de sorte que toutes les occasions sont considérées comme égales. Elle ne représente pas adéquatement comment les usagers perçoivent et valorisent certaines destinations spécifiques. En outre, le temps ou la distance de déplacement (zone j) sont évalués de façon arbitraire et en modifiant ce paramètre, on peut considérablement influencer les résultats. Cela crée une différence artificielle entre les occasions situées à 399 mètres (valorisées) et celles situées à 401 mètres (qui n'ont aucune valeur) (Ben-Akiva et Lerman, 1979).

2.1.2 Le modèle gravitaire

Le modèle gravitaire est la méthode la plus répandue pour calculer l'accessibilité. Il a été initialement conçu par Hansen (1959) et a été adapté de nombreuses façons depuis. Contrairement à la méthode isochrone, où toutes les destinations sont jugées équivalentes, la mesure gravitaire établit une relation entre l'utilité d'une destination et le temps de déplacement qu'elle nécessite à partir d'un point d'origine (Miller, 2005). Cette mesure peut être exprimée de la manière suivante :

$$A_{im} = \sum_j O_j f(C_{ijm}) A_{im} = \sum_j O_j \exp(\theta C_{ijm})$$

où A_{im} est l'accessibilité au point i aux activités potentielles au point j en employant le mode m , où O_j représente les occasions dans la zone j , où $f(C_{ijm})$ est l'impédance ou la fonction du coût du transport pour se déplacer entre i et j en utilisant le mode m , et où $\exp(\theta C_{ijm})$ est une fonction exponentielle négative associée au déplacement entre i et j en utilisant le mode m .

Le coût associé au déplacement entre un point d'origine et une destination influe sur l'attractivité de l'opportunité. Plus une opportunité est éloignée du point d'origine, en matière de temps, de distance ou de coût général, moins son niveau d'accessibilité est élevé. Le choix du facteur d'impédance dans la mesure d'accessibilité peut jouer un rôle décisif; ce facteur déterminera la relation entre l'accessibilité et les coûts du déplacement en matière de temps ou de distance. Une grande partie de la littérature définit l'impédance à l'aide de la fonction exponentielle négative. Évaluer la résistance au déplacement est une opération complexe, particulièrement pour les trajets en transport collectif ou multimodaux (Miller, 2005); la fonction devrait être choisie avec précaution en utilisant les données les plus récentes (Geurs et Ritsema van Eck, 2001). En remplaçant la fonction d'impédance par une mesure généralisée qui évalue les coûts de déplacement, y compris le temps, la distance, les prix des billets et le temps d'attente, on devrait augmenter le réalisme des mesures (Bruinsma et Rietveld, 1998). Cependant, toute fonction d'impédance donnera plus de poids au centre qu'à la périphérie, ce qui pourrait conduire à sous-estimer les niveaux d'accessibilité dans les secteurs périphériques (Gutiérrez, Monzón et Piñero, 1998) ou à donner plus d'importance aux destinations rapprochées qu'à d'autres plus attrayantes, mais éloignées (Gutierrez et Urbano, 1996).

Les avantages et inconvénients de la mesure

Bien qu'elle soit plus complexe que la mesure isochrone, la mesure gravitaire est quand même relativement simple à calculer. Elle utilise des données disponibles et elle est facile à interpréter. De plus, elle correspond à une vision intuitive du système de transport, en ce sens qu'un grand nombre d'occasions augmente les chances de trouver la destination choisie et que plus une opportunité est éloignée, moins elle est convoitée (Koenig, 1980). Ce fait est très important, étant donné que les mesures d'accessibilité doivent correspondre à la perception que les gens ont de leur environnement pour être utilisées comme mesures de la performance (Handy et Niemeier, 1997).

Un inconvénient important de cette mesure d'accessibilité est qu'elle nécessite un facteur d'impédance (bien que l'on utilise souvent les coefficients de modèles de prévision de la demande et de distribution des déplacements pour la planification régionale des transports).

Comme il a été dit plus haut, estimer les facteurs d'impédance peut être compliqué et requiert l'utilisation de données récentes. La prudence est de mise quand on utilise la fonction de décroissance dérivée empiriquement pour évaluer les scénarios présentant une distribution spatiale d'activités différente ou des comportements de déplacement différents (Geurs et Ritsema van Eck, 2001).

L'accessibilité gravitaire évalue l'accessibilité d'un emplacement et ne tient pas compte de l'accessibilité individuelle. On attribue à tous les individus résidant dans une certaine zone le même niveau d'accessibilité (Ben-Akiva et Lerman, 1979), même si, dans une même zone, il pourrait y avoir différents niveaux d'accessibilité selon les individus en raison de contraintes personnelles, tel qu'un handicap ou le fait de ne pas posséder de voiture. Un emplacement peut offrir un haut niveau d'accessibilité aux emplois, mais ce dernier pourrait quand même être peu élevé pour un individu qui ne possède pas les compétences et la formation exigées pour le type d'emploi disponible. Si l'on veut tenir compte de cette situation, on doit désagréger les données en utilisant les facteurs socioéconomiques, par exemple mesurer l'accessibilité à l'emploi selon le niveau d'éducation. En calculant l'accessibilité pour des petites zones et en différenciant les ménages ou les individus selon des caractéristiques sociodémographiques, on devrait obtenir des résultats plus exacts (Handy et Niemeier, 1997).

La mesure gravitaire explique la distribution spatiale des occasions offertes (par exemple, les emplois), mais ne tient pas compte de la demande et de la concurrence pour les occasions disponibles (c'est-à-dire, les travailleurs). Elle présume que la demande pour les occasions n'a pas d'incidence sur leur niveau d'attractivité. Si la distribution spatiale de la demande est inégale, la mesure d'accessibilité qui ne prend pas en considération la concurrence sera fausse et trompeuse (Shen, 1998).

Finalement, bien que la mesure gravitaire soit relativement simple et intuitive, les résultats peuvent être difficiles à interpréter parce qu'ils montrent une mesure d'accessibilité présentée comme un indice d'interaction potentielle; les niveaux absolus d'accessibilité ont peu de sens en eux-mêmes. Une solution que l'on peut apporter à ce problème est de comparer les niveaux relatifs en calculant le ratio d'accessibilité d'une zone par rapport à toute la région et en faisant un classement des emplacements. On peut aussi mesurer les changements de niveaux d'accessibilité provoqués par les changements dans le domaine des transports ou de l'aménagement (Baradaran et Ramjerdi, 2001; Handy et Niemeier, 1997).

2.1.3 Les facteurs de concurrence

Plusieurs variations du modèle gravitaire initial ont été élaborées afin de prendre en considération la concurrence lorsque celle-ci joue un rôle important au point d'origine ou à la destination quand on mesure l'accès aux occasions. Comme nous l'avons mentionné précédemment, la mesure gravitaire explique la notion de l'offre liée à l'aménagement et au système de transport, mais pas le concept de la demande. Elle est valide si l'une de ces deux conditions est remplie : la demande pour les occasions disponibles est distribuée uniformément à travers l'espace, et ces occasions n'ont pas de contraintes en matière de capacité (Shen, 1998). La première condition est rarement remplie dans les villes caractérisées par une distribution spatiale inégale de la population et des activités. En pratique, la deuxième condition peut être respectée dans certaines circonstances, mais ne peut jamais être appliquée à l'emploi, car chaque emploi est occupé par un seul travailleur à un moment précis. En outre, plusieurs considérations sont cruciales quand on mesure l'accessibilité à l'emploi, comme l'adéquation de l'offre et de la demande d'emploi (on utilise seulement le nombre pertinent de chercheurs d'emploi et d'offres d'emploi). On doit aussi inclure certaines caractéristiques sociodémographiques telles que l'éducation et le revenu (Shen, 1998).

Une des approches pour expliquer la concurrence, conçue au départ par Shen (1998), requiert que l'on intègre au calcul le potentiel de la demande (c'est-à-dire le nombre de personnes cherchant une opportunité déterminée). Le procédé est le suivant : diviser l'offre (c'est-à-dire le nombre d'emplois) dans la zone j par la demande (nombre de chercheurs d'emplois) dans les limites de cette zone j .

Dans ce modèle, l'accessibilité équivaut au ratio du nombre total d'occasions et du nombre total de chercheurs d'occasions dans la zone j . On peut formuler cette mesure ainsi :

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{O_j f(C_{ij})}{D_j},$$

où A_i représente l'accessibilité des gens qui habitent dans la zone i , où O_j sont les occasions dans la zone j , où $f(C_{ij})$ est l'impédance ou la fonction du coût du transport pour se déplacer entre i et j , où D_j est la demande pour les occasions, où D_j est le nombre de personnes dans la zone j cherchant les occasions et où $f(C_{ij})$ est la fonction d'impédance mesurant la séparation spatiale entre i et j .

Shen (1998) s'est servi de ce modèle pour mesurer l'accessibilité à l'emploi des travailleurs à faible revenu dans la région métropolitaine de Boston. En tenant compte de la concurrence pour les emplois parmi les travailleurs utilisant différents modes de transport, on a réussi à souligner l'importance de l'emplacement pour l'accessibilité à l'emploi, particulièrement l'avantage des

quartiers centraux par rapport aux banlieues. Cependant, le fait de posséder une voiture s'est révélé être un facteur beaucoup plus important en matière d'accessibilité à l'emploi que la localisation.

Les avantages et inconvénients de la mesure

Même si l'introduction de la concurrence dans la mesure gravitaire rend celle-ci plus réaliste, elle devient aussi plus difficile à interpréter et à communiquer. De plus, le modèle gravitaire comportant les facteurs de concurrence ne tient compte que de la concurrence à la destination. Autrement dit, cette mesure examine les effets du nombre de chercheurs d'emploi potentiels sur l'accessibilité aux emplois, mais ne considère pas l'incidence sur l'accessibilité d'autres emplois dans d'autres zones.

2.1.4 Les facteurs d'équilibre inverses

La deuxième approche utilisée pour expliquer la concurrence consiste à employer les facteurs d'équilibre inverses du modèle d'interaction spatiale doublement contraint (Wilson, 1971) comme mesure d'accessibilité. Dans le modèle d'interaction conçu par Wilson, les facteurs d'équilibre assurent que l'ampleur des flux en provenance et en direction de toutes les zones équivaut au nombre réel d'activités dans la zone. En utilisant cette mesure, on calcule le potentiel de l'offre et de la demande pour toutes les zones de façon itérative, en s'assurant que le nombre de déplacements en provenance et en direction de chacune des zones équivaut au nombre d'occasions (Geurs et Ritsema van Eck, 2003).

Autrement dit, cette mesure estime le nombre de chercheurs d'emploi potentiels (O_i) dans la région et celui des emplois potentiels (D_j), et elle équilibre ensuite les chiffres jusqu'à ce que le modèle devienne stable. L'équation est définie comme suit :

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{1}{B_j} O_j f(C_{ij}), \quad (1)$$

$$B_j = \sum_{i=1}^n \frac{1}{A_i} D_i f(C_{ij}) \quad (2)$$

où A_i représente l'accessibilité aux emplois des personnes résidant à l'emplacement i et où B_j est l'accessibilité aux travailleurs dans la zone j ; O_i est le nombre d'occasions dans la zone j , D_j représente le nombre de personnes à l'emplacement i cherchant les occasions et $f(C_{ij})$ est la fonction d'impédance qui mesure la séparation spatiale entre i et j .

La première étape dans l'opérationnalisation de la mesure consiste à calculer l'accessibilité aux emplois dans toutes les zones, en faisant en sorte que le facteur d'équilibre B_j soit égal à 1 (équation 1). Cela signifie qu'il faut calculer la mesure gravitaire pour toutes les zones. Le résultat de cette opération (A_i) est intégré dans le calcul du deuxième facteur (équation 2), puis dans celui du

premier facteur (équation 1) et ainsi de suite jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint. Le modèle converge quand les résultats de deux facteurs consécutifs A_i sont identiques. Si l'on veut indiquer les résultats sur une carte ou les appliquer en tant que variables dans une régression linéaire, il est recommandé de les réduire en multipliant le facteur A_i et en divisant le facteur B_j par une constante.

Une étude sur l'accessibilité à l'emploi dans les Pays-Bas a révélé que la méthode des facteurs d'équilibre inverses est la meilleure pour mesurer les effets de la concurrence, puisqu'elle produit un modèle complexe de changements en matière d'accessibilité locale (Geurs et Ritsema van Eck, 2003).

Les avantages et inconvénients de la mesure

L'inconvénient principal des facteurs d'équilibre inverses est qu'ils sont plus difficiles à calculer et à interpréter que les autres en raison de leur nature itérative qui intègre à la fois les emplacements de la demande et ceux de l'offre. Cependant, on peut améliorer l'interprétation de cette mesure si l'on évalue séparément les divers effets des changements dans l'utilisation du sol, des projets d'infrastructure et de la congestion sur l'accessibilité (Geurs et Ritsema van Eck, 2003).

2.1.6 Le classement local

La méthode de classement local comme mesure d'accessibilité, présentée par El-Geneidy et Levinson (2006), est fondée sur les méthodes utilisées par les moteurs de recherche comme Google pour référencer les pages Web.

Les pages Web sont classées selon le nombre de liens qui mènent vers elles et ces liens sont à leur tour évalués selon le classement de leur hébergeur. Cela peut être traduit en une mesure d'accessibilité qui classe chaque lieu d'après le nombre de personnes qui s'y déplacent afin d'atteindre une opportunité. La contribution de chaque personne est classée selon l'attractivité que leur zone de départ représente en tant que destination finale. Cette mesure est fondée sur les flux entre les points d'origine et les destinations et elle tient compte du nombre d'occasions auxquelles un individu renonce afin d'atteindre une opportunité dans une autre zone (El-Geneidy et Levinson, 2006). La formule mathématique du modèle est la suivante :

$$P_{i,t} = \frac{R_{i,t}}{O_i} \quad (1)$$

$$E_{ij,t} = E_{ij,t-1} * P_{i,t} - 1 \quad (2)$$

$$R_{j,t} = \sum_{i=1}^I E_{ij,t} \quad (3)$$

$$R_{i,t} = R_{j,t}^T \quad (4)$$

Si $R_{i,t} = R_{i,t-1}$, arrêter; sinon, Eq. 1 (5)

où : $R_{j,t}$ est le classement local (nombre total de personnes à destination) de la zone j en itération t ,

$$R_{j,0} = \sum_i E_{ij,0}$$

$P_{i,t}$ est la puissance de chaque personne quittant la zone i en itération t ;

$$P_{i,t} = P_{j,t}^T ;$$

I est le nombre total de zones I ;

$E_{ij,t}$ est le tableau pondéré des déplacements, le nombre pondéré de personnes quittant la zone i pour rejoindre une activité dans j , $E_{ij,0}$ est le tableau original des déplacements ;

O_i est le nombre de personnes venant de la zone i .

$$O_i = \sum_j E_{ij,0}$$

La mesure de classement local prend le nombre total de personnes qui participent à une activité précise (c'est-à-dire les travailleurs) et les redistribue entre les différentes zones. Chaque zone est pondérée selon son niveau d'attrait et l'importance de ses liens avec les autres zones. Cette mesure doit être calculée de façon itérative jusqu'à ce que la différence entre deux calculs consécutifs de classement soit égale à zéro. La valeur des résidents et des travailleurs dans le modèle est également pondérée en fonction du nombre d'occasions auxquelles ils ont accès dans leurs zones d'origine et de destination.

Cette mesure requiert des données sur les origines et les destinations, disponibles dans un grand nombre d'études. L'avantage d'utiliser les données O-D est que l'on connaît déjà les points d'origine et de destination des gens; la fonction d'impédance utilisée dans le modèle gravitaire traditionnel est déjà intégrée dans la matrice origine-destination.

Les avantages et inconvénients de la mesure

Comme elle est fondée sur les origines et les destinations réelles des gens, la mesure de classement local peut nous aider à mieux comprendre l'interaction entre les transports et l'utilisation du sol dans une région en classant les différentes zones de la région selon leur niveau d'attractivité. Ce classement peut mettre en évidence les zones mal desservies et aider à y rediriger les efforts d'aménagement. Le plus grand avantage de cette mesure est qu'elle utilise les données déjà disponibles et que l'impédance et les temps de déplacement sont déjà intégrés dans les calculs, ce qui constitue habituellement la faiblesse des autres mesures d'accessibilité tel le modèle gravitaire. Elle prend aussi en considération la demande et l'offre pour une activité donnée, car elle estime à la fois la population participant à l'activité et les occasions disponibles pour cette population.

Les inconvénients majeurs de la mesure sont la complexité de calcul et la difficulté à l'interpréter. À l'instar de la mesure de facteurs d'équilibre inverses, elle est calculée en plusieurs itérations, ce qui la rend moins transparente. Par ailleurs, les recherches devront être poursuivies afin de déterminer l'unité d'analyse spatiale appropriée, qui pourra être utilisée pour calculer cette mesure.

2.2 Les mesures d'accessibilité individuelle

Les mesures d'accessibilité basées sur le lieu décrites ci-dessus expliquent l'accessibilité d'un emplacement, qu'il s'agisse d'un quartier ou d'une région, et elles attribuent le même niveau d'accessibilité à tous les individus résidant dans ce secteur. Les mesures basées sur la localisation ne peuvent tenir compte ni des déplacements à partir d'un autre point que le domicile, ni des enchaînements de déplacements. Ces deux situations se manifestent dans le comportement de déplacement et elles réduisent, dans le cas des femmes par exemple, les niveaux d'accessibilité en raison des arrêts que l'on doit faire en se rendant au travail, comme aller reconduire les enfants à la garderie (Kwan, 1999). De plus, les mesures basées sur la localisation ne tiennent pas compte des contraintes espace-temps qui peuvent rendre certaines occasions inaccessibles à un individu en particulier (Kwan, 1998). Finalement, les mesures basées sur la localisation ne sont pas adéquates pour évaluer l'inclusion sociale ou pour mesurer les niveaux d'accessibilité des populations minoritaires ou à faible revenu (Kwan *et al.*, 2003). Les mesures basées sur la localisation ont un autre défaut majeur : elles surévaluent l'accessibilité, car elles n'incluent pas les heures de travail et les heures d'ouverture des commerces. Cette approche ignore le fait que de nombreuses occasions ne sont pas accessibles le soir (Kim et Kwan, 2003). Les mesures d'accessibilité traditionnelles sont statiques, car elles ne tiennent pas compte des variations du comportement, des activités et même de la distribution de la population dans une même journée (Kwan et Weber, 2003).

2.2.1 La géographie des espaces-temps et ses mesures

Les mesures d'accessibilité individuelle s'appuient sur la géographie des espaces-temps conçue par Hagerstrand (1970) et perfectionnée plus tard par Lenntorp (1976). Le cadre conceptuel de l'espace-temps explique les dimensions spatiale et temporelle de la participation à une activité. Cela signifie que les activités ont lieu à un moment et à un endroit précis pendant une durée limitée (Miller, 2007). Le système de transport établit les vitesses de déplacement et les contraintes du réseau, ce qui influe sur le temps disponible pour participer aux activités situées à divers endroits (Miller, 1999).

Hagerstrand (1970) a cerné trois types de contraintes pour la participation aux activités dans le temps et l'espace : les contraintes de capacité, qui sont les limites personnelles empêchant un individu d'atteindre une destination (par exemple, ne pas posséder de voiture), les contraintes de couplage, qui déterminent la durée pendant laquelle un individu doit être présent à un endroit pour des activités partagées (comme les contraintes dues aux horaires de travail) et les contraintes d'autorité, qui représentent des règlements imposés sur l'espace privé (comme les heures d'ouverture des magasins). Hagerstrand fait remarquer aussi que certaines activités sont fixes, tandis que d'autres peuvent être flexibles; les heures de travail sont fixes, alors que l'on peut

magasiner à différents moments de la journée. Les activités fixes représentent le pivot de la journée et les autres activités doivent graviter autour d'elles.

Le prisme spatio-temporel est la zone à l'intérieur de laquelle une personne peut circuler durant la journée compte tenu du temps alloué à différentes activités à divers endroits et des contraintes temporelles de la personne. Par exemple, on doit passer un certain temps à la maison (notamment pour manger et dormir) et au travail. L'obligation d'arriver au travail avant 9 heures ou à la garderie avant 17 heures est un exemple de pivot qui déterminera les autres activités de la journée. Pour participer à toutes les activités obligatoires ou désirées au cours d'une journée, une personne ne peut se déplacer que dans un certain périmètre; par conséquent, la distance et le temps de déplacement maximaux détermineront la zone du prisme spatio-temporel. Si une personne désire se rendre à un endroit précis durant la journée, cet endroit doit se trouver dans la zone de son prisme spatio-temporel incluant toutes les destinations dans le temps et l'espace disponibles (Miller, 2005, 2007).

En représentant le prisme spatio-temporel sur un espace géographique bidimensionnel, on crée une zone de parcours potentiels (*potential path area*). C'est dans cette zone que sont situées toutes les activités auxquelles un individu a accès ou tous les endroits où une personne peut se trouver étant donné ses contraintes espace-temps (Kwan, Murray, O'Kelly et Tiefelsdorf, 2003; Miller, 2007). Dans cette optique, le prisme spatio-temporel peut être considéré comme une mesure d'accessibilité, puisqu'il définit le nombre d'occasions par rapport à la disponibilité d'un individu dans les limites d'une zone espace-temps (Djist et Vidakovic, 2000.; Kwan, 1999; Kwan, 1998; Weber et Kwan, 2002).

Les mesures d'accessibilité individuelle exigent beaucoup de données à l'échelle de l'individu. Elles se calculent habituellement à l'aide de données provenant d'enquêtes de déplacements (Kwan, 1998, 1999). Parmi les défauts des enquêtes de déplacements, on compte la sous-estimation du nombre de déplacements courts et du nombre d'arrêts dans un enchaînement de déplacements (Miller, 2007). De plus, les données provenant des enquêtes de déplacements sont difficiles à obtenir et le processus peut être très long. On trouve d'autres sources de données grâce à l'utilisation des nouvelles technologies, comme les GPS ou LAT (*Location Aware Technologies*). Bien que ces méthodes de cueillette de données éliminent l'erreur humaine et permettent d'obtenir ce type d'information plus vite et plus facilement, elles soulèvent des questions sur la confidentialité et la protection des renseignements personnels.

Les mesures de l'espace-temps découlent du prisme spatio-temporel ou des zones de parcours potentiel, comme nous l'avons décrit plus haut. Les premières mesures sont des calculs d'accessibilité géométriques ou mathématiques. Lenntorp (1976) a utilisé le volume du prisme spatio-temporel et la zone délimitée par le *potential path area* comme mesure d'accessibilité.

Cependant, ces mesures ne tiennent pas compte de l'attractivité, de la distribution spatiale ou de la disponibilité des occasions, ni des vitesses de déplacement variables ou des contraintes du réseau liées au déplacement (Kim et Kwan, 2003).

Afin de surmonter ces restrictions, plusieurs chercheurs ont inventé différentes méthodes opérationnelles dans les SIG qu'ils intègrent dans le modèle : la distribution spatiale des occasions, les vitesses de déplacement variables, la géométrie du système de transport et les distances à l'intérieur du réseau (Kim et Kwan, 2003; Kwan, 1999; Kwan, 1998; Miller, 1999; Miller et Wu, 2000; Weber et Kwan, 2002).

Les avantages et inconvénients de la mesure

Les mesures de l'espace-temps sont encore à l'étape de la mise au point. Bien que le cadre conceptuel de l'espace-temps offre une approche exhaustive pour mesurer l'accessibilité, les mesures sont difficiles à appliquer et à rendre opérationnelles (Geurs et Ritsema van Eck, 2001; Kim et Kwan, 2003). Ces mesures demandent des quantités importantes de données personnelles, qui peuvent être difficiles à obtenir. Par conséquent, beaucoup d'études qui ont utilisé cette approche portent sur un petit nombre d'individus.

En comparant les résultats des mesures de l'espace-temps et ceux des mesures traditionnelles basées sur la localisation, on a constaté que les premières avaient détecté des différences de niveaux d'accessibilité que les deuxièmes ne percevaient pas, notamment des différences importantes en matière de genre (Kwan, 1998). Ces mesures sont probablement les plus propices pour évaluer le niveau d'accessibilité individuelle et l'inclusion sociale.

2.2.2 Les espaces d'activités du ménage

Une autre façon d'appliquer le prisme spatio-temporel est de cartographier les espaces d'activités réels (plutôt que potentiels) en se servant du comportement de déplacement observé ou rapporté. Plusieurs études ont utilisé les données des enquêtes de déplacements pour analyser la représentation spatiale du comportement de déplacement individuel (Djist, 1999; Newsome, Walcott et Smith, 1998). Cela implique habituellement de cartographier les déplacements rapportés par un individu ou un ménage et d'utiliser différentes techniques d'analyse spatiale pour les comparer. Les formes utilisées le plus fréquemment pour mettre en rapport les différents déplacements d'un individu et ainsi représenter son espace d'activités sont les ellipses, les cercles et les polygones. Contrairement à l'espace d'activités potentiel, l'espace d'activités réel n'est pas la zone maximale à l'intérieur de laquelle l'individu peut se déplacer et participer aux activités. L'espace d'activités réel représente plutôt le comportement de déplacement rapporté et équivaut à la zone typique à l'intérieur de laquelle un individu se déplace pour un jour donné (Newsome et al., 1998).

L'espace d'activités réel a été utilisé dans la littérature comme mesure du comportement de déplacement pour mieux comprendre les besoins de déplacement (Newsome *et al.*, 1998) ou, plus spécifiquement pour mieux saisir les différences en matière de déplacement entre les ménages où il n'y a qu'un travailleur et les ménages comprenant deux travailleurs (Djst, 1999; Djst, 1999). Il a aussi été employé comme indice d'exclusion sociale (Axhausen et Garling, 1992).

Dans cette étude, nous utilisons l'espace d'activités réel pour représenter l'accessibilité individuelle. Celui-ci devrait refléter les niveaux d'accessibilité régionale pour les ménages ainsi que les contraintes individuelles spatio-temporelles. Par conséquent, le facteur de dispersion spatiale de l'espace d'activités, une mesure conçue pour les besoins de notre étude, intègre les contraintes personnelles et les occasions régionales. Cette mesure n'est pas utilisée pour expliquer le potentiel d'interaction, mais pour évaluer l'accessibilité réelle dont jouit un ménage.

Les avantages et inconvénients de la mesure

L'espace d'activités réel n'est pas une mesure d'accessibilité en soi. On ne peut pas faire de prévisions à partir de cette mesure et il serait difficile de s'en servir comme mesure d'accessibilité pour un grand nombre de cas. Nous discuterons de ses forces et faiblesses plus en détail dans le chapitre 4.

2.3 La mesure fondée sur le maximum d'utilité

La mesure fondée sur le maximum d'utilité est la plus complexe et la plus exigeante en matière de données parmi toutes les mesures basées sur la localisation. Elle a été conçue pour fournir un cadre théorique solide au concept de l'accessibilité (Ben-Akiva et Lerman, 1979). C'est donc le modèle d'accessibilité ayant le fondement théorique le plus solide : il est directement lié à la théorie microéconomique et il adhère aux théories du comportement de déplacement. Cette mesure repose sur la théorie d'utilité aléatoire selon laquelle la probabilité qu'un individu fasse un choix spécifique dépendra de l'utilité de tous les choix. Si on présume qu'un individu attribue un niveau d'utilité à chaque choix de destination dans une certaine série de choix C et qu'il choisit ensuite l'option qui maximisera son utilité, l'accessibilité peut être définie comme dénominateur du modèle logit multinomial, connu aussi sous le nom de « logsum » (Ben-Akiva et Lerman, 1979; Ben-Akiva et Lerman, 1985). Ce modèle correspond à la théorie traditionnelle microéconomique sur le surplus du consommateur : l'accessibilité représente les avantages offerts par les choix de transport. Voici la formule de la mesure :

$$A_n^i = 1_n \left[\sum_{v \in C_n} \exp(V_{n(c)}) \right]$$

où A'_n est le niveau d'accessibilité mesuré pour l'individu n à un emplacement I , où $V_{n(c)}$ est la composante spatio-temporelle observée de l'utilité indirecte du choix c pour la personne n , et où C_n est la série de choix de la personne n .

Contrairement au modèle gravitaire, qui implique que tous les individus dans la zone i ont le même niveau d'accessibilité, cette mesure introduit les préférences de déplacement de chaque individu comme partie intégrante de la mesure d'accessibilité.

Le modèle d'utilité est fondé sur deux axiomes : premièrement, les gens choisissent l'option qui leur procure un maximum d'utilité; deuxièmement, il est impossible d'évaluer tous les facteurs qui contribuent à l'utilité d'une destination. Cette utilité peut être exprimée comme la somme de composantes aléatoires (ou stochastiques) et non aléatoires (Koenig, 1980). Si on présume que les utilités non observées possèdent la même distribution spatiale et la même échelle que les utilités observées, nous pouvons extraire la mesure d'utilité maximale attendue du modèle logit emboîté de choix (*nested logit choice model*) (Ben-Akiva et Lerman, 1979).

Il existe une correspondance étroite entre l'utilité maximale attendue d'une situation où l'on effectue un choix et le concept de surplus du consommateur dans la théorie microéconomique (Ben-Akiva et Lerman, 1979; Miller, 2005). Le surplus du consommateur estime le profit net qu'un individu retire d'une transaction conclue au prix du marché, et il équivaut à la différence entre le montant que le consommateur est prêt à payer pour un bien et le prix réel de ce bien. On peut percevoir la fonction d'utilité comme une courbe de demande pour une destination spécifique dans laquelle un changement d'attributs peut provoquer un changement en matière de surplus du consommateur. Par exemple, un changement de la fréquence du service d'autobus pourrait augmenter l'accessibilité d'une épicerie et accroître le surplus du consommateur des individus qui prennent l'autobus pour se rendre au magasin en question. Cette situation peut être convertie en valeur monétaire.

Les avantages et inconvénients de la mesure

Un avantage important de cette mesure est son cadre théorique solide. Elle est directement liée aux grandes théories microéconomiques et s'inspire des théories sur le comportement de déplacement. En d'autres termes, elle simule le choix des gens en intégrant l'attractivité de chaque destination et elle est basée sur des avantages économiques que les gens obtiennent en ayant accès à certaines activités. De plus, elle représente l'accessibilité individuelle beaucoup mieux que les mesures gravitaires, qui ne démontrent que l'accessibilité d'un endroit ou d'un emplacement.

Le troisième avantage est que les résultats peuvent être convertis en valeurs monétaires; les résultats représentés en dollars facilitent la comparaison entre différents scénarios et diverses régions. Cependant, on doit être prudent en interprétant les résultats de cette manière, car le surplus du consommateur

mesuré de cette façon ne représente pas forcément la volonté de payer. Autrement dit, les valeurs monétaires ne démontrent pas nécessairement combien les consommateurs sont prêts à payer pour cette accessibilité (Miller, 1999).

L'inconvénient principal de ce modèle est qu'il est difficile à interpréter et à vulgariser, car il repose sur des théories assez complexes. En outre, il est difficile de comparer les diverses fonctions d'utilité, par exemple entre différents quartiers. Finalement, cette approche exige beaucoup de données et des calculs complexes, ce qui pourrait expliquer sa faible utilisation dans la pratique (Geurs et Ritsema van Eck, 2001).

2.3.1 La mesure basée sur l'activité

La mesure basée sur l'activité diffère des autres mesures d'accessibilité, car elle ne se base pas sur un seul déplacement, mais elle tient compte de toutes les activités et déplacements inscrits à l'horaire d'un individu au cours de la journée. Cette approche repose sur le concept de l'horaire quotidien (*Day Activity Schedule*), qui est un modèle de prévision des déplacements basé sur l'activité. Ces modèles sont en train de remplacer les modèles traditionnels à quatre étapes. Ils utilisent les parcours de la journée au lieu des déplacements individuels comme unité de base. Les parcours sont déterminés à l'aide des horaires quotidiens des individus, ce qui permet de subdiviser les calculs. En utilisant les parcours et les horaires d'activités au lieu des déplacements individuels, les mesures basées sur l'activité traduisent le comportement de déplacement des individus de façon beaucoup plus réaliste que les mesures basées sur un seul déplacement, comme le trajet au travail.

Chen (1997) a conçu une mesure d'accessibilité en utilisant les modèles basés sur l'activité fondés sur le prisme spatio-temporel. Ben-Akiva et Bowman (1998), de leur côté, ont présenté une mesure basée sur l'activité inspirée de la théorie sur l'utilité aléatoire, qui fait donc partie de la mesure basée sur le maximum d'utilité décrite plus haut. À l'instar de la mesure basée sur le maximum d'utilité, la mesure de Ben-Akiva et Bowman introduit l'accessibilité individuelle, mais va plus loin encore en intégrant les effets provoqués par l'enchaînement des déplacements, toutes les activités accomplies au cours de la journée (et non seulement les déplacements pour le travail ou le magasinage) et la souplesse dans la programmation des activités (Dong, Ben-Akiva, Bowman et Walker, 2006). La différence fondamentale entre les mesures fondées sur le maximum d'utilité et celles basées sur l'activité est que la série de choix C_n est une série d'horaires d'activités et que chaque horaire décrit en détail une journée entière d'activités et de déplacements prévus (Dong *et al.*, 2006).

Les avantages et inconvénients de la mesure

La mesure basée sur l'activité reflète l'aspect individuel de l'accessibilité en analysant les effets de certains attributs, tels que le fait d'avoir une voiture, l'emploi, le revenu et la structure du ménage, ainsi que les différents modes de transport et leurs coûts en argent et en temps. Elle intègre aussi la souplesse dans la programmation des activités en tenant compte des choix multiples pour des déplacements multiples effectués à différents moments de la journée. Elle devient donc un bon outil pour analyser les effets potentiels des politiques d'aménagement sur les divers groupes dans la population et un moyen efficace pour mesurer l'exclusion sociale et ses répercussions sur les groupes défavorisés. Tout comme les mesures fondées sur le maximum d'utilité, elle exige un grand nombre de données personnelles ainsi que la conception d'un modèle basé sur l'activité ou l'accès à un tel modèle. Cependant, elle présente les mêmes avantages que la mesure basée sur le maximum d'utilité : un cadre théorique solide et une interprétation facile lorsqu'elle est convertie en valeur monétaire.

2.3.2 Les mesures mixtes

Afin de pallier les points faibles de la mesure de l'espace-temps, particulièrement la difficulté d'y incorporer des vitesses de déplacement variées, et d'améliorer son cadre théorique, Miller (1999) et Wu et Miller (2002) ont conçu une mesure mixte qui combine la mesure de l'espace-temps et celle basée sur le maximum d'utilité. Cette approche introduit un plus haut niveau de complexité où se superposent les contraintes de temps. Elle mesure l'utilité de participer à une activité discrétionnaire dans le contexte des activités obligatoires qui présentent des coûts de déplacement définis et des horaires fixes. Donc, si une personne est au travail jusqu'à 17 heures et qu'elle doit être chez elle à 20 heures, la série d'activités auxquelles elle pourrait participer à l'intérieur de cet intervalle sera délimitée par les coûts de déplacement et la durée de l'activité.

Le modèle se définit comme suit :

$$u_{ij}(a_k, T_k, t_k) = a_k^\alpha T_k^\beta \exp(-\lambda t_k)$$

où i est la première activité obligatoire (maison), où j est la deuxième activité obligatoire (travail), où k est l'activité discrétionnaire (commerce), où a_k est l'attractivité de l'activité discrétionnaire et où T_k est le temps alloué à l'activité discrétionnaire, défini comme :

$$t_j - t_i - t_k \begin{cases} 0 & \text{et } t_i, t_j \text{ représentent, respectivement, l'heure de fin de l'activité} \\ & \text{obligatoire } i \text{ et l'heure de début de l'activité obligatoire } j. \\ \text{sinon} & \end{cases}$$

$$t_k = (d(x_i, x_j) + d(x_k, x_j))v^{-1}$$

où x_i est le vecteur de l'emplacement de l'activité obligatoire i , où $d(x_i, x_k)$ est la distance entre l'emplacement de l'activité i et l'emplacement de l'activité k et où v est la vitesse constante de déplacement (qui doit être assouplie à l'aide d'un réseau SIG dans d'autres équations (Miller et Wu, 2000)).

Les avantages et inconvénients de la mesure

La mesure mixte de l'accessibilité exige plus de données que les mesures fondées sur le maximum d'utilité et elle est encore plus complexe à calculer. De plus, elle ne distingue pas les diverses occasions selon leur attrait et elle ne tient pas compte de la concurrence. On présume que les vitesses de déplacement sont constantes; cela représente un important désavantage qui a été compensé par les méthodes plus récentes utilisant des réseaux dans les SIG. Ettema et Timmermans (2007) ont développé davantage ce modèle afin d'expliquer plusieurs facteurs absents du modèle de l'espace-temps : la capacité des individus à modifier leur horaire, l'incertitude à l'égard des temps de déplacement, les temps de déplacement variables et l'influence de l'information sur le comportement de déplacement. Leur recherche a révélé que les pénalités de retard et la possibilité de décaler les activités avaient une incidence sur l'accessibilité. L'accès à de l'information en temps réel sur le temps des trajets (comme la localisation de la congestion) augmentait l'accessibilité, particulièrement si les activités pouvaient entraîner des pénalités de retard. De plus, l'utilité a augmenté avec l'assouplissement des contraintes d'horaire, comme les heures de début et les durées. De tels éléments indiquent des politiques à adopter pour accroître l'accessibilité, comme les horaires de travail souples et les heures d'ouverture de commerce allongées.

2.4 Le résumé des différentes mesures d'accessibilité

Comme nous l'avons décrit plus haut, les mesures d'accessibilité peuvent être réparties en trois groupes : les mesures basées sur la localisation, les mesures individuelles et les mesures fondées sur le maximum d'utilité.

Les mesures basées sur la localisation sont les plus répandues, car elles sont relativement simples à calculer et à interpréter et elles utilisent des données facilement accessibles. Elles évaluent l'accessibilité d'un emplacement et attribuent le même niveau d'accessibilité à tous les individus résidant à cet endroit. De plus, elles ne tiennent pas compte de l'enchaînement de déplacements, des déplacements à partir d'un point autre que le domicile, des différences individuelles et de la flexibilité dans la gestion de l'horaire. On doit porter une attention particulière au choix de la fonction d'impédance et inclure la concurrence si elle a une incidence sur l'activité mesurée. Ces mesures peuvent être très efficaces pour évaluer les changements dans l'accessibilité d'un lieu provoqués par des projets d'aménagement. On les utilise généralement dans les modèles hédoniques pour évaluer la volonté de payer

des consommateurs pour accéder à diverses occasions. Elles offrent une vision intuitive du système de transport, ce qui en fait un outil précieux dans la planification participative ou communautaire.

Les mesures individuelles sont fondées sur le concept du prisme spatio-temporel et se préoccupent surtout des contraintes que les individus affrontent quotidiennement. Elles nécessitent des données recueillies au moyen d'enquêtes de déplacements ou des données GPS, qui peuvent être difficiles à obtenir. Elles sont idéales pour comparer les niveaux d'accessibilité des différentes populations dans une région selon le genre, l'ethnicité ou le revenu, par exemple. Elles aident à comprendre certaines contraintes liées à l'accessibilité qui sont habituellement négligées dans les mesures traditionnelles. Finalement, elles peuvent être utiles pour élaborer différentes politiques, par exemple les heures de travail flexibles.

Les mesures fondées sur le maximum d'utilité offrent le cadre théorique le plus robuste. Elles sont liées aux théories microéconomiques et au concept de comportement de déplacement. Cependant, elles sont difficiles à interpréter et à communiquer. Elles ont l'avantage de pouvoir être converties en valeurs monétaires, ce qui facilite la comparaison entre différents plans ou diverses régions, mais les théories sur lesquelles elles s'appuient sont très complexes. Elles exigent aussi beaucoup de données.

Quant aux mesures basées sur l'activité, elles ont beaucoup de potentiel. Elles incorporent plusieurs aspects liés au comportement de déplacement que les mesures traditionnelles ne traitent pas, mais elles nécessitent les données recueillies à l'aide d'un modèle basé sur les activités. Ces mesures sont surtout utiles pour évaluer les effets de certaines politiques ou de certains projets de transport sur différentes populations, comme l'effet d'un péage à l'heure de pointe sur les travailleurs et sur les individus qui ne travaillent pas ou la volonté des voyageurs à payer le montant d'un tel péage.

2.5 Le choix d'une mesure d'accessibilité

Comme nous l'avons spécifié plus haut, il existe un bon nombre de mesures d'accessibilité et chacune a ses propres avantages et inconvénients. Dans cette section, nous décrivons les mesures les plus appropriées pour servir d'indices ou de mesures de performance pour évaluer les plans. Selon les divers objectifs de ceux qui effectuent l'analyse, différentes mesures sont utilisées pour évaluer les plans de transport et les projets d'aménagement (Levinson, 2003). L'accessibilité n'est qu'une des méthodes employées pour évaluer les plans d'aménagement. On peut également se servir de la mobilité, de l'analyse coût-bénéfice, de la productivité et de l'équité sociale. Voici des éléments importants que l'on devrait trouver dans toute mesure de rendement du système de transport :

- Les mesures devraient pouvoir être combinées afin d'obtenir une mesure générale.
- L'agrégation (pour analyser le système dans sa totalité) ou la désagrégation (pour analyser les différentes composantes du système) devrait être simple.
- Les mesures devraient être claires pour les usagers et correspondre à leur expérience; elles devraient pouvoir prédire le comportement de déplacement ou la demande de déplacement et être utiles dans un contexte de réglementation (Levinson 2003).

Quatre critères se sont avérés pertinents dans le choix d'une mesure d'accessibilité pour évaluer les plans d'aménagement : la robustesse de son cadre théorique, la facilité avec laquelle elle peut être interprétée et communiquée, ses exigences en matière de données et son utilité en tant qu'indice économique, social ou de durabilité (Geurs et Van Wee, 2004).

Les fondements théoriques

Le cadre théorique des mesures d'accessibilité montre à quel point elles adhèrent à la théorie et à quel point les résultats représentent la réalité. Idéalement, une mesure d'accessibilité devrait incorporer tous les éléments qui font partie du comportement de déplacement. Elle devrait aussi percevoir les changements à l'intérieur du réseau de transport et du système d'utilisation du sol, tenir compte de l'offre et de la demande, mesurer l'accessibilité à l'échelle de l'individu et prendre en considération les contraintes individuelles et temporelles, telles que les heures d'ouverture. Geurs et van Wee (2004) ont défini cinq règles auxquelles les mesures d'accessibilité doivent obéir afin d'avoir un fondement théorique solide :

1. Tout changement de service fourni par un mode de transport (comme les temps de déplacement) vers une zone devrait produire des changements en matière d'accessibilité dans cette zone, dans la même direction.
2. Tout changement du nombre d'occasions devrait entraîner des changements en matière d'accessibilité dans cette zone, dans la même direction.
3. Tout changement en matière de demande pour une opportunité dont la capacité est limitée devrait produire des changements d'accessibilité, dans la même direction.
4. Toute augmentation des chances de participer à une activité dans une zone ne devrait pas changer les niveaux d'accessibilité des individus qui ne peuvent pas participer à l'activité en raison de contraintes temporelles.
5. Toute amélioration du transport ou augmentation du nombre d'occasions dans une zone ne devrait pas changer les niveaux d'accessibilité des individus qui ne peuvent pas participer à l'activité en raison de contraintes personnelles (permis de conduire, niveau d'éducation).

Les cinq règles énumérées ci-dessus permettent d'évaluer jusqu'à quel point les mesures d'accessibilité représentent la réalité. Cependant, on devra acquérir beaucoup de données et effectuer des calculs complexes si l'on veut respecter toutes ces règles. Il y a un compromis à faire entre la simplicité et la validité théorique.

La communication et l'interprétation

La facilité à communiquer et à interpréter une mesure d'accessibilité détermine sa fréquence d'utilisation et son utilité pour les planificateurs, décideurs et résidents de la communauté. Une mesure facilement compréhensible qui propose une vision intuitive du système de transport pourrait avoir plus de valeur qu'une mesure théorique exigeant de longues explications (Koenig, 1980). La mesure d'accessibilité doit être cohérente avec la perception que les gens ont de leur environnement et elle doit contenir les éléments qu'ils jugent importants (Handy et Niemeier, 1997). Par conséquent, il est important de trouver « le bon équilibre entre une mesure ayant un fondement théorique et empirique solide et une mesure qui est assez simple pour être employée dans les processus d'aménagement interactifs et créatifs où les participants ont habituellement différents niveaux et champs d'expertise » (Bertolini *et al.*, 2005, p. 218).

Un autre critère important est la manière d'exprimer le niveau d'accessibilité ou les résultats obtenus à l'aide de la mesure. On peut transmettre plus facilement un classement des niveaux locaux à l'échelle régionale, une comparaison de changements en matière d'accessibilité ou une valeur monétaire que des valeurs potentielles (Handy et Niemeier, 1997). Cependant, il n'est jamais facile d'appliquer ces mesures dans la pratique. L'éducation du public sur les mesures et leurs avantages sera nécessaire. L'accessibilité doit devenir un enjeu fortement politisé avant de conduire à la mise en place de politiques et d'objectifs d'aménagement (Geurs et Van Wee, 2004).

Les exigences en matière de données

La disponibilité des données nécessaires pour calculer les mesures d'accessibilité joue un rôle important dans le choix de la mesure utilisée. Comme nous l'avons décrit plus haut, les mesures individuelles sont très intéressantes pour évaluer les contraintes personnelles ou temporelles des individus; toutefois, elles exigent beaucoup de données, de sorte que la plupart des études ont été effectuées sur un petit nombre d'individus. Les nouveaux modèles basés sur les activités, l'accès aux grandes enquêtes origine-destination comme celle réalisée à Montréal, ou aux informations en matière de déplacement obtenues à l'aide des technologies LAT ou GPS, pourraient contribuer à surmonter ces obstacles. Les mesures plus populaires basées sur la localisation se servent de données qui sont accessibles ou faciles à obtenir. La robustesse des modèles employés pour calculer les mesures fondées sur le maximum d'utilité déterminera leur degré de précision. De plus, des mécanismes de rétroaction entre l'utilisation du sol et la demande

en matière de déplacement doivent être inclus, particulièrement si l'on analyse les stratégies mixtes (Geurs, Van Wee, et Rietveld, 2006).

Les indices économiques

Les projets d'aménagement et de transport peuvent avoir deux types de répercussions économiques : les avantages directs pour l'utilisateur tels que la réduction du temps de déplacement et l'augmentation de la vitesse et de la capacité, ainsi que les avantages indirects comme une meilleure productivité et un impact économique général sur un secteur spécifique. Les mesures utilisées présentement sont la réduction de la congestion et du temps de déplacement, l'augmentation de la capacité et les analyses coût-bénéfice telles que le surplus du consommateur et les mesures de productivité. Pour qu'une mesure d'accessibilité serve d'indice économique, elle doit être liée à la théorie économique (en mesurant le surplus du consommateur comme le fait le modèle fondé sur le maximum d'utilité) ou servir d'intrant pour calculer les avantages d'un projet d'aménagement (Geurs et Van Wee, 2004). Par exemple, on utilise souvent les niveaux d'accessibilité dans les modèles de régressions hédoniques qui évaluent les effets des projets de transport sur le prix de vente des propriétés. On peut aussi estimer le potentiel économique d'un projet en utilisant de simples mesures basées sur la localisation, si l'on définit l'accès à l'emploi ou l'augmentation de la zone de chalandise comme objectif économique.

Les indices sociaux

Les conséquences sociales des projets d'aménagement et de transport peuvent varier, allant de l'augmentation de l'accès aux services publics à l'élargissement du clivage entre le centre et la périphérie; les plans d'aménagement peuvent donc diminuer ou entretenir les inégalités sociales. Alors que l'équité sociale en matière d'approvisionnement en équipements collectifs est mesurée à l'aide du critère d'allocation par personne, l'accessibilité aux services publics a été mesurée dans une grande variété de situations : l'accessibilité aux écoles primaires (Talen, 2001), aux aires de jeu (Talen et Anselin, 1998), aux parcs (Talen, 1996, 1998) et aux supermarchés (Apparicio, Cloutier et Shearmur, 2007; Leck, Bekhor et Gat, 2008).

L'accessibilité en tant qu'indice social devrait être mesurée à l'échelle de l'individu, en utilisant les données désagrégées, et elle devrait démontrer les niveaux d'accès aux activités jugées indispensables : éducation, services publics, emploi, etc. Cependant, elle est généralement mesurée à l'échelle des secteurs de recensement ou des quartiers et elle examine les différences entre les zones à faible revenu et celles à revenu élevé, ou encore entre les zones à population majoritairement blanche et celles où vivent des groupes ethniques. La mesure qui en résulte peut être cartographiée afin que l'on puisse comparer visuellement les différents quartiers (Talen, 1998). On peut aussi l'employer dans une analyse statistique afin de déterminer comment elle interagit avec

d'autres facteurs, par exemple pour examiner la relation entre l'accessibilité aux écoles et la réussite scolaire (Talen, 2001).

L'indice de durabilité

Quelle que soit l'importance des enjeux environnementaux dans le domaine de l'aménagement, ils seront toujours accompagnés d'objectifs économiques et sociaux; c'est pourquoi les solutions visant plusieurs objectifs auront plus de chances d'être mises en place. Conjuguer l'accessibilité et la durabilité « semble crucial afin de dépasser les frictions qui existent parmi les grands enjeux environnementaux, les aspirations sociales et les impératifs économiques » (Bertolini *et al.*, 2005). En tenant compte à la fois de la qualité du transport et de l'utilisation du sol, l'accessibilité peut entraîner la création de nouvelles stratégies durables en matière de transport et d'utilisation du sol, telles que la promotion des modes de transport actif, des déplacements plus courts, l'utilisation du transport collectif et le développement de quartiers diversifiés à plus forte densité (*ibid.*). Les mesures employées présentement pour évaluer l'impact environnemental et la durabilité comprennent la consommation d'énergie, les émissions de CO₂ et de gaz à effet de serre, la pollution de l'air, le bruit causé par la circulation, la distance parcourue en voiture par personne et les transferts modaux. Lorsqu'elle est appliquée comme indice de durabilité, l'accessibilité par tous les modes de transport doit être mesurée, y compris la marche et le vélo, et encourager les distances courtes ainsi qu'un meilleur accès aux destinations.

Le choix d'une mesure d'accessibilité

La définition précise de la mesure d'accessibilité choisie dépendra de son application pratique (Morris *et al.*, 1979), et les paramètres du modèle choisi influenceront les résultats. Par conséquent, il est important de bien définir l'objectif (ce qui doit être mesuré et pourquoi) avant de choisir la mesure. Aussi, il faut tenir compte du contexte, plus particulièrement du type d'activité et de destination, pour définir les notions de distance ou de temps de déplacement (Talen et Anselin, 1998). Chaque mesure d'accessibilité a ses forces et faiblesses. Pour cette raison, plusieurs études ont utilisé une combinaison de mesures, soit pour souligner les différents aspects de l'accessibilité d'un emplacement (Handy et Niemeier, 1997), soit pour réduire les faiblesses de chaque méthode à l'aide des points forts détectés dans les autres méthodes (Primerano et Taylor, 2005).

Les planificateurs de transport peuvent se servir des cartes représentant les niveaux d'accessibilité actuels afin de cerner les besoins, de classer les différentes zones et de fixer des objectifs. Cependant, si l'on veut utiliser l'accessibilité comme une mesure de performance, on doit concevoir les indices qui correspondront aux orientations et objectifs d'aménagement. Ces indices peuvent être utiles pour évaluer les effets des plans d'aménagement et hiérarchiser les projets selon leur priorité.

3. UNE ÉTUDE DE CAS : APPLICATION DES MESURES D'ACCESSIBILITÉ BASÉES SUR LA LOCALISATION DANS LA RÉGION DE MONTRÉAL

Dans cette section, nous appliquons certaines mesures d'accessibilité décrites plus haut à la région métropolitaine de Montréal. Notre démarche consiste premièrement à tester plusieurs mesures d'accessibilité pour la même zone et avec les mêmes données, de façon à pouvoir comparer les résultats; deuxièmement, en analysant les données sur l'utilisation du sol et les temps de trajet recueillies dans la région de Montréal, nous pourrions observer l'interaction complexe qui existe entre l'utilisation du sol et le réseau de transport pour relier les points d'origine et de destination et fournir aux individus l'accès aux occasions. Le territoire considéré pour l'étude de cas est la Région métropolitaine de recensement de Montréal, qui comprend l'île de Montréal, les rives nord et sud, ainsi que Laval (figures 1 à 4 de l'annexe 1). Cette région occupe plus de 4000 kilomètres carrés et compte plus de 3,6 millions d'habitants (Statistique Canada, 2009).

Nous utilisons uniquement des mesures basées sur la localisation dans ce chapitre. Le chapitre suivant présentera une mesure individuelle : l'espace d'activités du ménage. Les mesures fondées sur le maximum d'utilité ne seront pas examinées dans ce projet de recherche parce qu'elles exigent l'utilisation de logiciels de modélisation, qu'elles reposent sur des calculs complexes et qu'elles nécessitent la préparation de données. Les recherches futures devraient être centrées sur l'application des mesures plus complexes dans l'évaluation des projets ayant une incidence économique directe, tels que les différents scénarios sur les péages.

3.1 Les données et les hypothèses

L'accessibilité aux emplois, aux travailleurs et aux commerces a été calculée pour la zone étudiée à l'aide de plusieurs mesures d'accessibilité basées sur la localisation décrites précédemment. Ces mesures sont calculées à l'échelle des zones d'analyse de transport (ZAT)¹ fournies par le ministère des Transports du Québec. Le MTQ a aussi fourni à l'équipe de recherche une matrice de temps de déplacement simulés représentant les conditions à l'heure de pointe. Les données démographiques et les informations sur l'emploi ont été tirées du recensement effectué par Statistiques Canada en 2006. Les informations sur les commerces proviennent de la banque de

1. La zone d'analyse de transport est l'unité géographique généralement utilisée dans le domaine de la planification des transports. Afin de faciliter la modélisation des déplacements, l'ensemble des origines et des destinations d'un même secteur sont regroupées en ZAT. Souvent, les ZAT sont réduites à un seul point, le centroïde, qui représente l'origine ou la destination de l'ensemble des déplacements produits ou attirés de la zone MILLER, H. et S. SHAW. *Geographic information systems for transportation: Principles and applications*, New York, Oxford University Press, 2001.

données commerciale Dun et Bradstreet en s'appuyant sur le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord.

Afin de créer une fonction d'impédance précise, nous avons calculé la courbe de fréquence du temps de déplacement en automobile entre la maison et le travail (figure 1) en regroupant les données sur les temps de déplacement fournies par le MTQ et les données sur les comportements de déplacement issues de l'enquête origine-destination de 2003 réalisée par l'Agence métropolitaine de transport (Agence métropolitaine de transport, 2003). La courbe de décroissance est utilisée pour calculer les mesures gravitaires d'accessibilité, ainsi que les facteurs d'équilibre inverses.

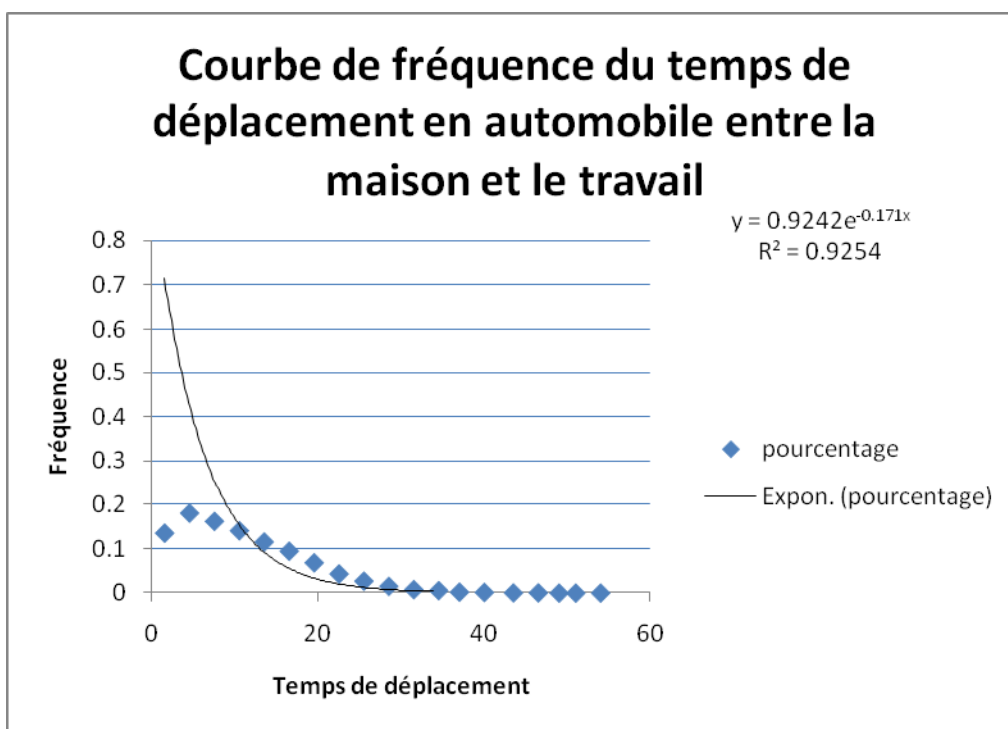


Figure 1 Fonction exponentielle négative utilisée pour le calcul de l'impédance

Les temps de déplacement en voiture ont été obtenus sous forme de matrices des temps de déplacement de ZAT à ZAT du MTQ pour les années 1993, 2003 et 2011. Ces temps de déplacement sont calculés à l'aide de logiciels de modélisation de prévision de la demande de déplacement et reposent partiellement sur les résultats de l'enquête O-D. La matrice des temps de déplacement pour 2011 tient compte de l'extension prévue de l'autoroute 25 et le pont entre Montréal et Laval. Exceptionnellement, la matrice comprend une fonction d'impédance pour les usagers du nouveau pont afin de simuler le péage. L'impédance prend la forme d'un délai additionnel de six minutes pour chaque usager du pont. Cependant, il n'est pas possible de déterminer, dans

cette matrice, quels déplacements seront sujets à cette impédance. Pour cette raison, on doit interpréter les résultats d'accessibilité pour 2011 avec prudence et tenir compte de ce facteur important.

Les temps de déplacement en transport collectif ont été calculés à l'aide d'un réseau dans un SIG et modifiés grâce aux temps de déplacement en transport collectif évalués pour 11 000 déplacements individuels dans l'enquête O-D réalisée à Montréal, que le MTQ a fourni à l'équipe de recherche. Ces temps de déplacement incluent les données suivantes : le temps de marche jusqu'à l'arrêt, le temps d'attente à l'arrêt, le temps passé dans le véhicule, le temps de correspondance (s'il y a lieu) et le temps de marche jusqu'à la destination. Même si le MTQ a fourni de nombreux échantillons de déplacements, il n'y avait pas assez de déplacements pour remplir la matrice origine-destination.

Nous avons donc modélisé les déplacements du point d'origine au point de destination en calculant le temps nécessaire pour rejoindre l'arrêt le plus près du point d'origine et du point de destination (en évaluant la vitesse de marche moyenne à 5 km/h) et le temps le plus court passé dans le véhicule de transport collectif voyageant du point d'origine à la destination. Les durées de déplacement dans le véhicule de transport collectif ont été estimées à l'aide de la vitesse moyenne de chaque ligne de transport collectif. Une matrice O-D a été produite en utilisant l'arrêt de transport collectif le plus près de chaque centroïde de ZAT, qui représentait à la fois les points d'origine et de destination. Le temps de déplacement a été calculé à l'aide du réseau de transport collectif établi.

Dans cette méthode, on présume qu'il n'y a pas de temps d'attente et l'on ne tient pas compte des correspondances; afin de corriger cela, nous avons créé un modèle de régression linéaire (tableau 1) où les temps de déplacement simulés sont comparés aux temps de déplacement fournis par le MTQ. La matrice du temps de déplacement obtenue à l'aide de ce modèle a été par la suite utilisée dans les calculs d'accessibilité.

Tableau 1 – Comparaison du modèle simulé et du modèle fourni par le MTQ

Variable	B	t	Sig.
(Constante)	10,727	59,14	0,000
Temps simulé (SIG)	1,276	190,12	0,000
Variable dépendante : estimation des temps de déplacement du MTQ			
$R^2 = 0.762$			
N = 11,270			

3.2 L'accessibilité isochrone

L'accessibilité aux emplois, aux travailleurs et aux commerces (magasins d'alimentation, restaurants et grandes surfaces) a été calculée dans le cadre de cette étude en utilisant la mesure isochrone pour chaque intervalle de déplacement de 5 minutes, pour des trajets de 5 à 60 minutes effectués en voiture ou en transport collectif. Les résultats pour chaque intervalle de temps de déplacement sont cités dans l'annexe 2. De plus, les cartes montrant la distribution spatiale des emplois, des travailleurs et des commerces se trouvent à l'annexe 1 afin de faciliter l'interprétation des résultats.

3.2.1 L'accessibilité isochrone aux emplois en voiture

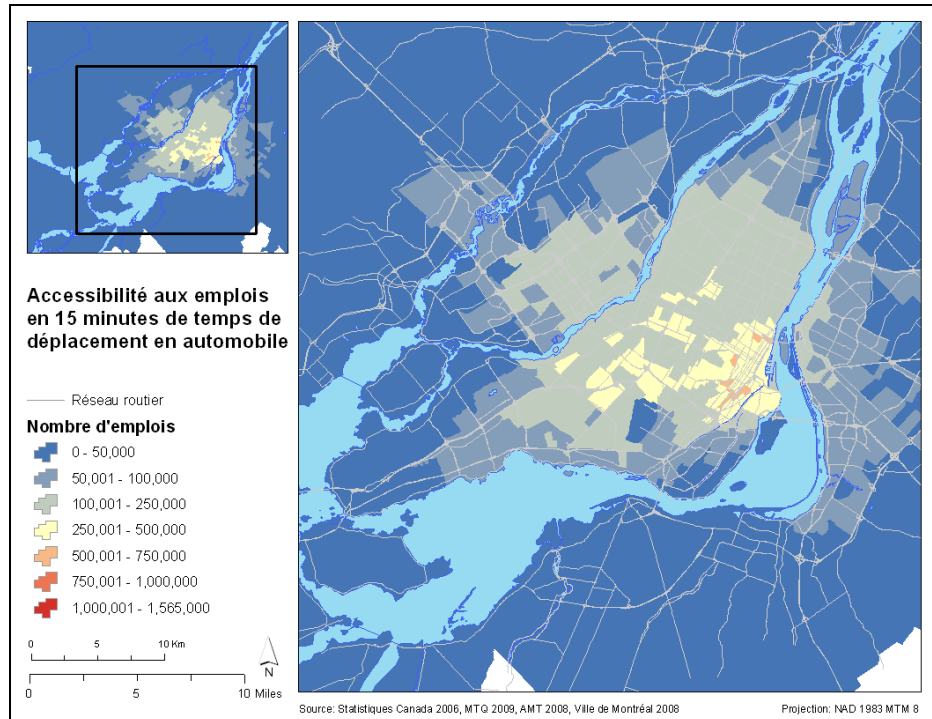


Figure 2 Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 15 minutes en voiture

Les figures 2 à 5 montrent la progression de l'accessibilité isochrone aux emplois dans la région selon l'augmentation du temps de déplacement. Les niveaux élevés d'accessibilité aux emplois s'étendent rapidement du cœur du centre-ville à l'ensemble du centre de l'île. Presque tout le centre de l'île présente un niveau élevé d'accessibilité aux emplois à l'intérieur du seuil de 20

minutes de trajet en voiture. Lorsque le temps de déplacement passe à 30 minutes, les résidents de ce secteur ont accès à presque tous les emplois de la région. Cela démontre que les résidents des quartiers centraux sont très bien situés en ce qui concerne l'accessibilité à une grande variété d'emplois. À 60 minutes de trajet en voiture, les habitants de presque toute l'île de Montréal, ainsi qu'une grande partie de ceux des rives nord et sud ont accès à tous les emplois de la région. Cela indique que la région métropolitaine de Montréal se développe de façon relativement uniforme et que le réseau routier est efficace.

Les pointes est et ouest de l'île accusent un retard et présentent des niveaux d'accessibilité moins élevés. L'Île-Bizard et l'Île-Perrot ont systématiquement des niveaux d'accessibilité moins élevés que les zones avoisinantes. Sur l'Île Perrot, l'autoroute 20 traverse les municipalités de Pinckney, L'Île-Perrot et Terrasse-Vaudreuil, ce qui leur permet de maintenir les mêmes niveaux d'accessibilité que les quartiers avoisinants sur l'île de Montréal. Le reste de l'île Perrot ainsi que la majeure partie de l'Île-Bizard et de Sainte-Geneviève sont mal reliés aux grandes autoroutes et cette situation empire leur niveau d'accessibilité, qui est déjà faible en raison de leur emplacement en banlieue, à l'écart des pôles d'emplois importants. Les plans de prolongement de l'autoroute 440 à travers l'Île-Bizard pourraient avoir une incidence cruciale sur l'accessibilité à l'emploi de cette région dans l'avenir.

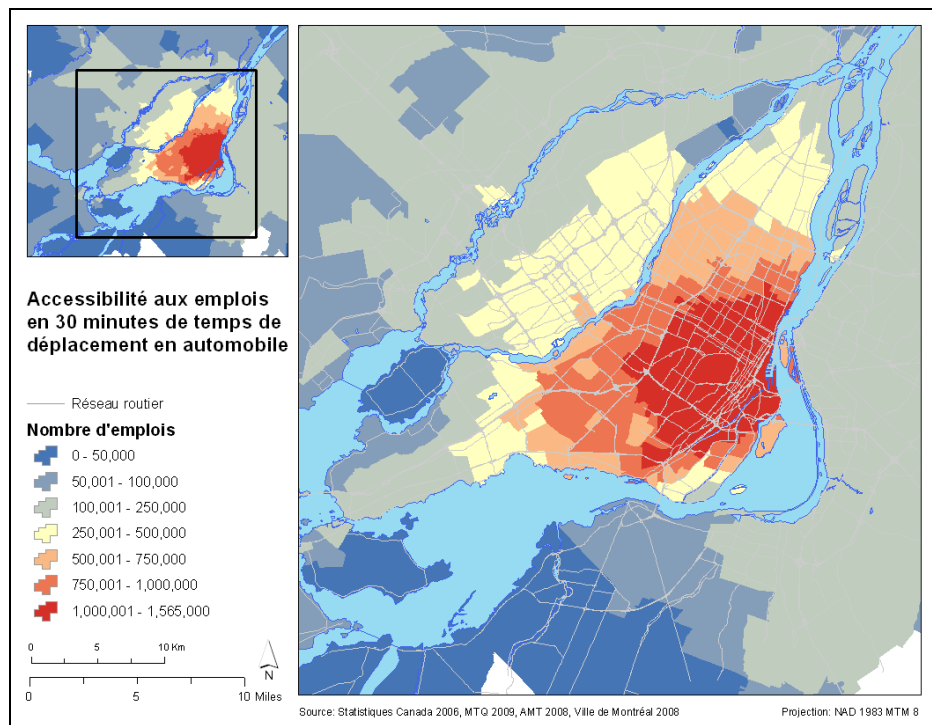


Figure 3 Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

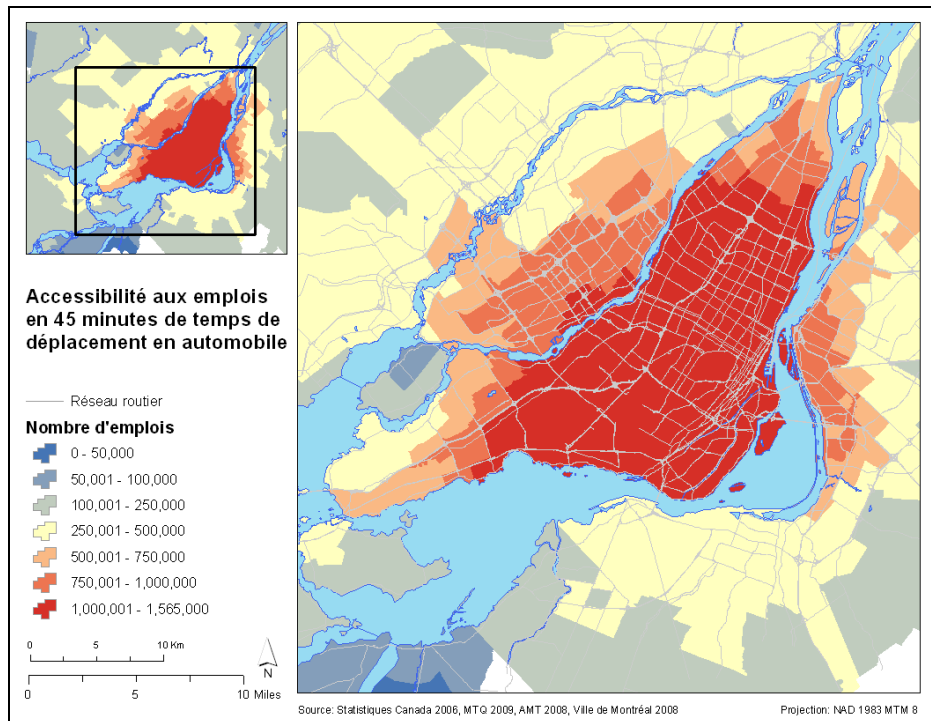


Figure 4 **Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 45 minutes en voiture**

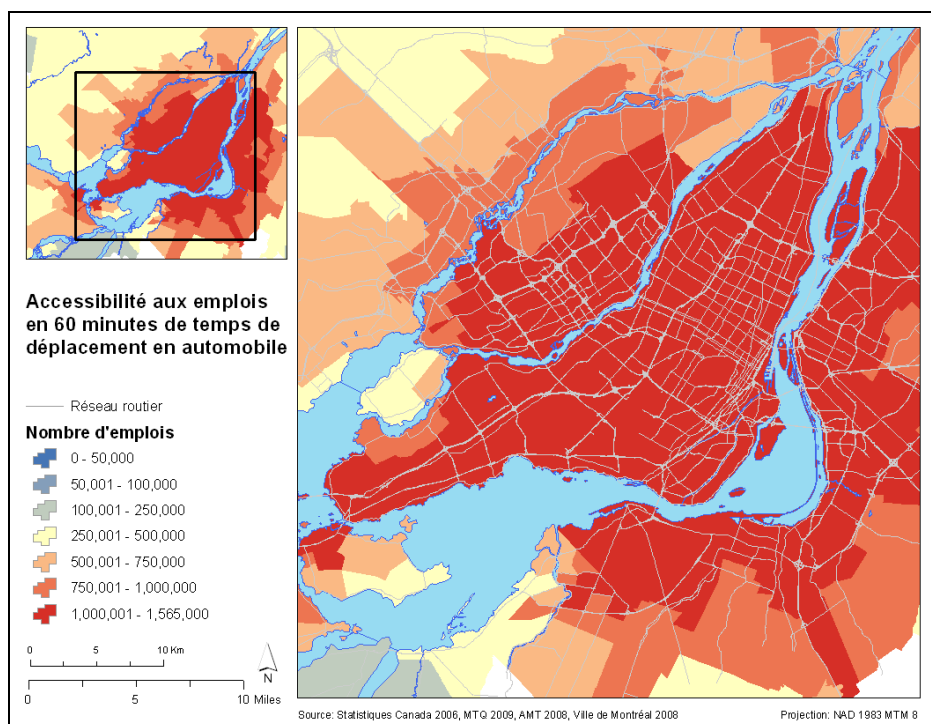


Figure 5 Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 60 minutes en voiture

3.2.2 L'accessibilité isochrone aux emplois en transport collectif

L'accessibilité aux emplois par le réseau de transport collectif a une distribution spatiale différente de celle par le réseau routier. Les figures 6 à 10 montrent l'accessibilité isochrone aux emplois en utilisant le transport collectif à Montréal. Étant donné que le réseau de transport collectif et le réseau routier ont été produits à l'aide de logiciels et de paramètres différents (par exemple, utilisation du SIG versus les modèles de prévision de la demande de déplacements) et que les temps d'accès au transport collectif et les temps d'attente sont pris en considération dans le temps de déplacement en transport collectif, la comparabilité de l'accessibilité en voiture et en transport collectifs est réduite. Cette contrainte rend les déplacements en transport collectif moins avantageux que les déplacements en voiture, qui ne tiennent pas compte des temps d'accès. Par exemple, l'accessibilité isochrone est limitée aux emplois disponibles à l'intérieur de la ZAT d'origine dans un délai de 20 minutes; par contre, l'accessibilité en voiture est déjà élevée pour certaines ZAT à partir d'un trajet de cinq minutes, ce qui n'est pas nécessairement réaliste. Même si elle représente un point intéressant, la modélisation du temps de stationnement pour les déplacements en voiture serait compliquée à effectuer et ne représenterait pas nécessairement la perception des usagers à l'égard de l'utilisation de ce mode de transport. En

revanche, la période d'attente et le temps d'accès influencent la perception des usagers quant aux déplacements en transport collectif. Ils ont même plus d'importance à leurs yeux que la durée du trajet (Vuchic, 2005).

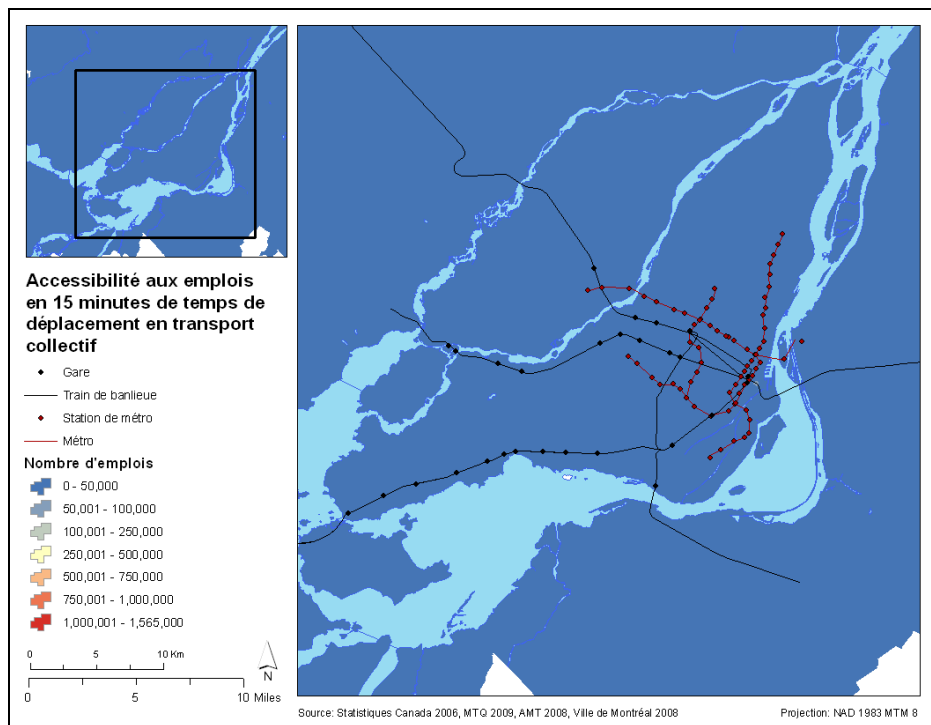


Figure 6 Nombre d'emplois accessible dans un délai de 15 minutes en transport collectif

L'augmentation des niveaux d'accessibilité (figure 7) est directement liée aux réseaux de métro et de train de banlieue, les deux infrastructures de transport collectif rapide à Montréal. L'accessibilité s'accroît d'abord sur l'axe nord-sud. Les secteurs de Laval et de Longueuil situés à proximité de l'île de Montréal jouissent de niveaux d'accessibilité similaires à ceux des quartiers centraux. Même si le nombre d'emplois accessibles en transport collectif est loin d'être comparable à celui des emplois accessibles en voiture, la majeure partie du centre de l'île et une partie de la Rive-Sud disposent d'un assez bon niveau d'accessibilité aux emplois situés à 45 minutes de trajet. L'accessibilité s'étend à certains quartiers de Laval et aux parties est et ouest de Montréal quand le temps de trajet passe à 60 minutes.

Cependant, les pointes est et ouest de l'île ont encore des niveaux d'accessibilité très peu élevés en comparaison avec les quartiers centraux à l'intérieur de ce temps de déplacement. Cette situation est causée par une mauvaise desserte en transport collectif en général, particulièrement par un manque de transport rapide, ainsi que par un nombre peu élevé d'emplois dans ces zones majoritairement résidentielles.

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

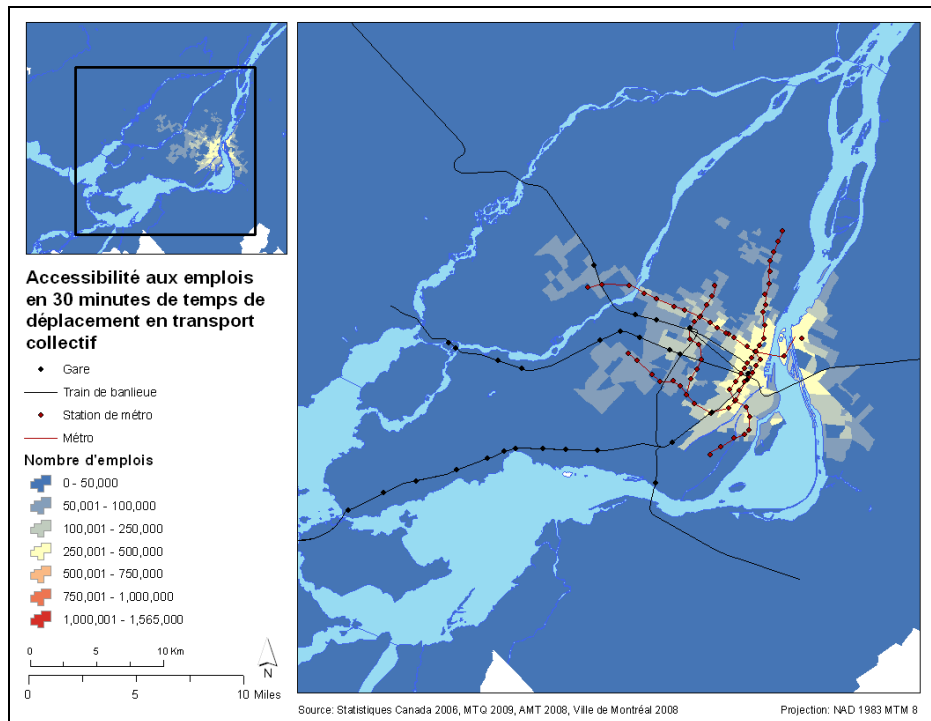


Figure 7 **Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 30 minutes en transport collectif**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

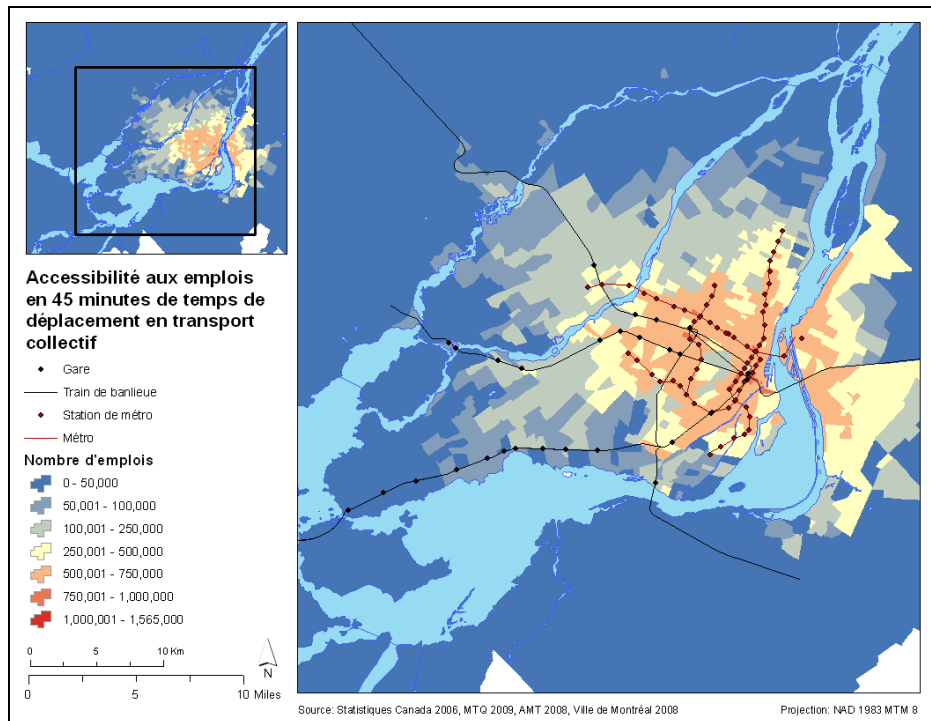


Figure 8 **Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 45 minutes en transport collectif**

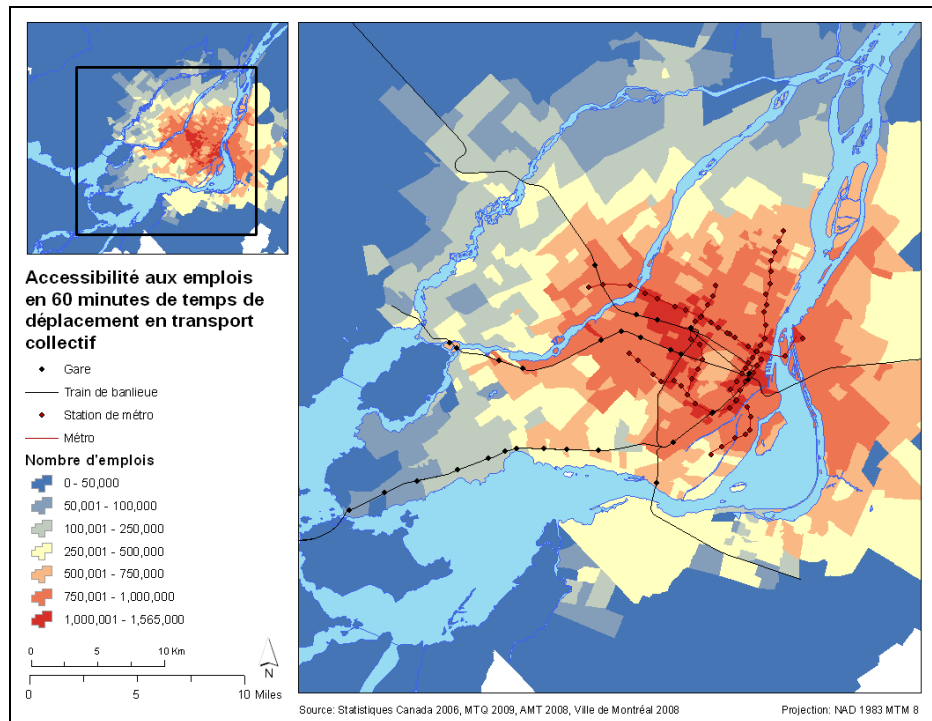


Figure 9 Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 60 minutes en transport collectif

3.2.3 L'accessibilité isochrone aux travailleurs en voiture

La distribution spatiale de l'accessibilité aux travailleurs en voiture est similaire à celle de l'accessibilité aux emplois. Les niveaux d'accessibilité augmentent dans les quartiers centraux à forte densité (figure 10); plutôt que de se concentrer dans le centre des affaires, ils s'intensifient rapidement un peu à l'ouest du centre-ville (figure 11). Cette condition est due à l'emplacement convoité de ces quartiers, qui sont situés entre d'importants pôles d'emplois et de grandes zones résidentielles et qui sont bien desservis par les réseaux d'autoroutes.

À 45 minutes de trajet, l'accessibilité aux travailleurs s'étend à la majeure partie de l'île de Montréal et à certaines régions de la Rive-Nord (figure 12). À 60 minutes de trajet, on constate clairement que l'île de Montréal et la Rive-Nord ont une accessibilité élevée aux travailleurs, alors que la Rive-Sud accuse un retard (figure 13). Cette situation correspond autant aux tendances de croissance démographique qu'aux tendances de développement urbain. Les municipalités ayant les taux de croissance démographique les plus élevés lors du dernier recensement étaient situées à la périphérie de l'île de Montréal, dans certains cas près des grandes autoroutes. Les deux grandes banlieues de Montréal, Laval et Longueuil, ont connu des modèles de croissance très

différents depuis 2001. La population de Laval a augmenté de 7,5 % depuis 2001, alors que la croissance de la population de Longueuil a été de 1,6 % seulement. En fait, Laval a connu le plus important taux de croissance de toutes les municipalités au Québec (Martel et Caron-Malenfant, 2009). Il va sans dire que l'île de Montréal, pourvue d'un réseau routier bien développé et de quartiers résidentiels à forte densité, bénéficie d'un accès facile aux travailleurs. Les nouveaux quartiers de Laval qui sont construits à une vitesse fulgurante pourraient attirer les employeurs cherchant un accès facile aux employés et créer un équilibre plus stable entre l'emploi et l'habitation dans ces régions.

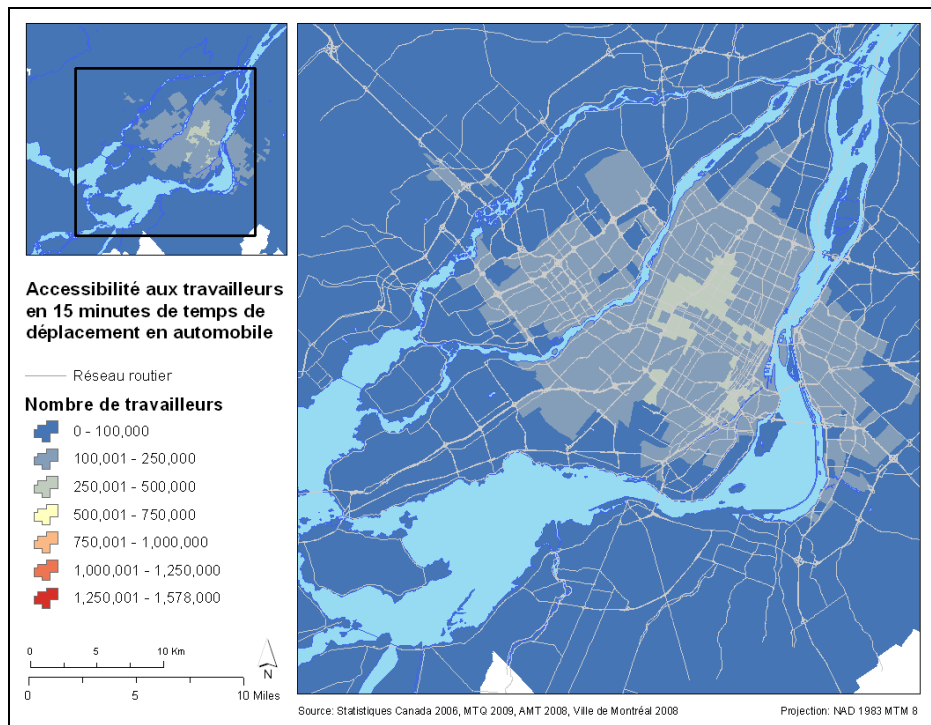


Figure 10 Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 15 minutes en voiture

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

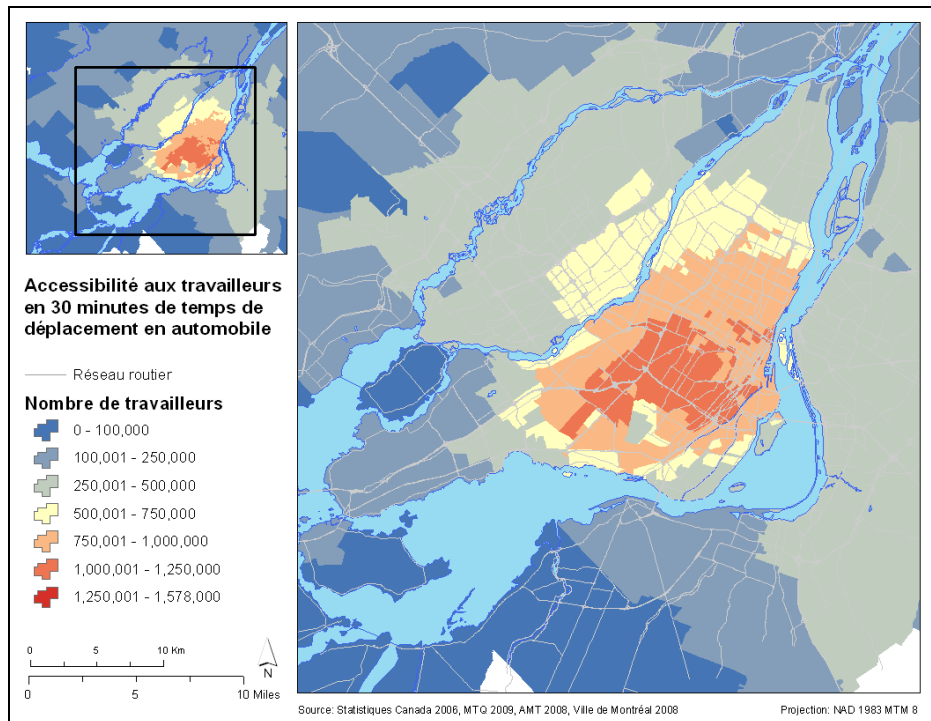


Figure 11 **Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

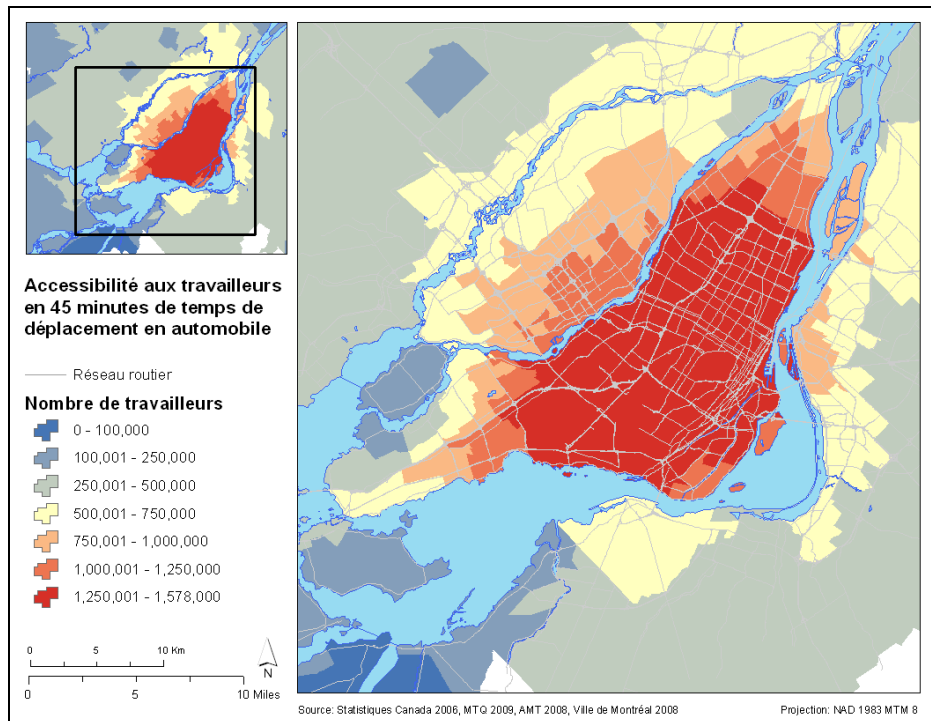


Figure 12 **Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 45 minutes en voiture**

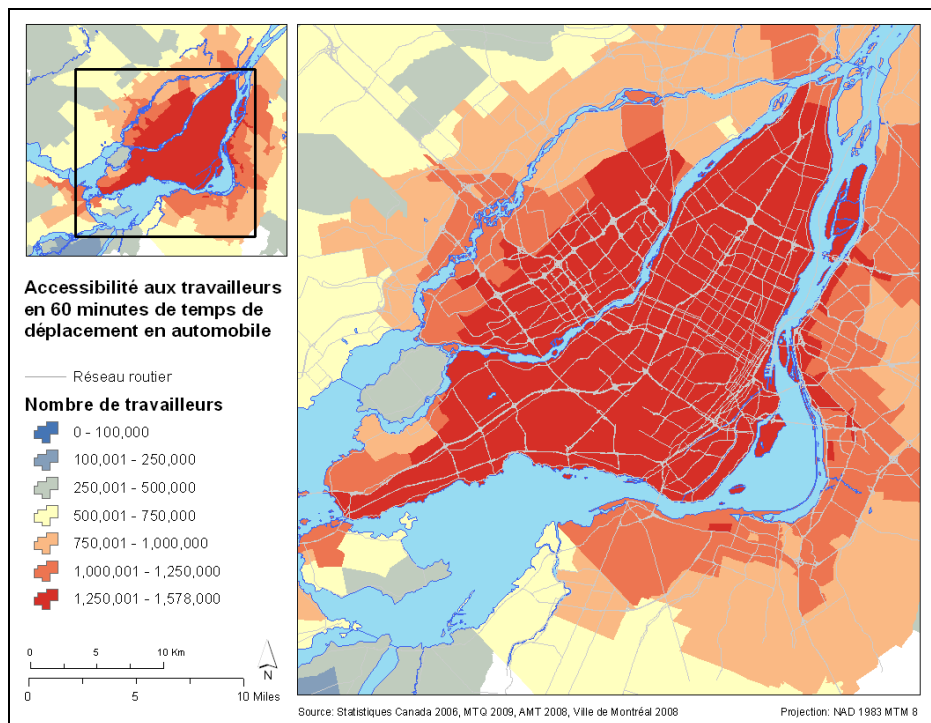


Figure 13 Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 60 minutes en voiture

3.2.4 L'accessibilité isochrone aux travailleurs en transport collectif

L'accessibilité aux travailleurs utilisant le transport collectif est largement influencée par les infrastructures de transport collectif lourdes. C'est surtout la ligne de métro sur l'axe central nord-sud qui a une incidence sur l'accessibilité et, dans une moindre mesure, la ligne de train de banlieue Delson-Candiac (figure 15). Lorsque l'on augmente les temps de déplacement, l'accessibilité aux travailleurs s'accroît dans certaines parties de la Rive-Sud à proximité des stations de train ou de métro, au même rythme que dans les quartiers centraux de l'île de Montréal (figure 16). L'accessibilité isochrone augmente lentement, mais régulièrement et elle suit une tendance similaire aux résultats pour le transport collectif cités plus haut (figures 6 à 9). Cela prouve que la disponibilité des infrastructures joue un rôle déterminant, plus particulièrement la présence des infrastructures lourdes de transport. Les entreprises qui souhaitent profiter du transport collectif pour avoir accès aux travailleurs n'ont à leur disposition qu'un nombre limité de zones où elles pourraient s'installer (figures 16 et 17). Une entreprise qui déciderait d'enlever des places de stationnement, par exemple pour y installer un nouveau bâtiment, ne ferait pas nécessairement un bon choix, à moins d'être dans un quartier central à proximité des stations de métro.

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

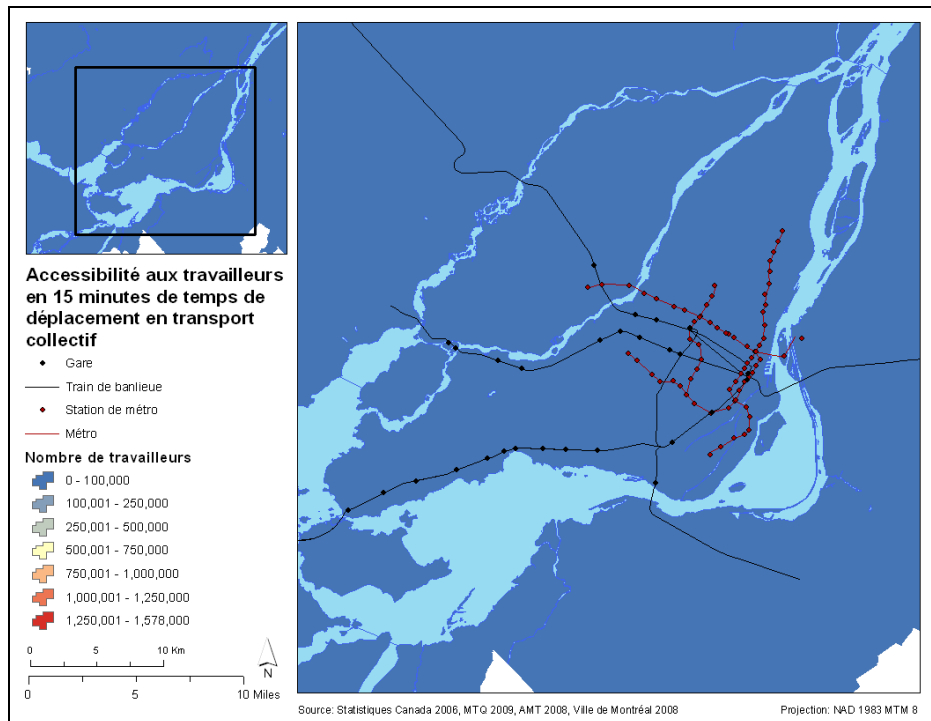


Figure 14 **Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 15 minutes en transport collectif**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

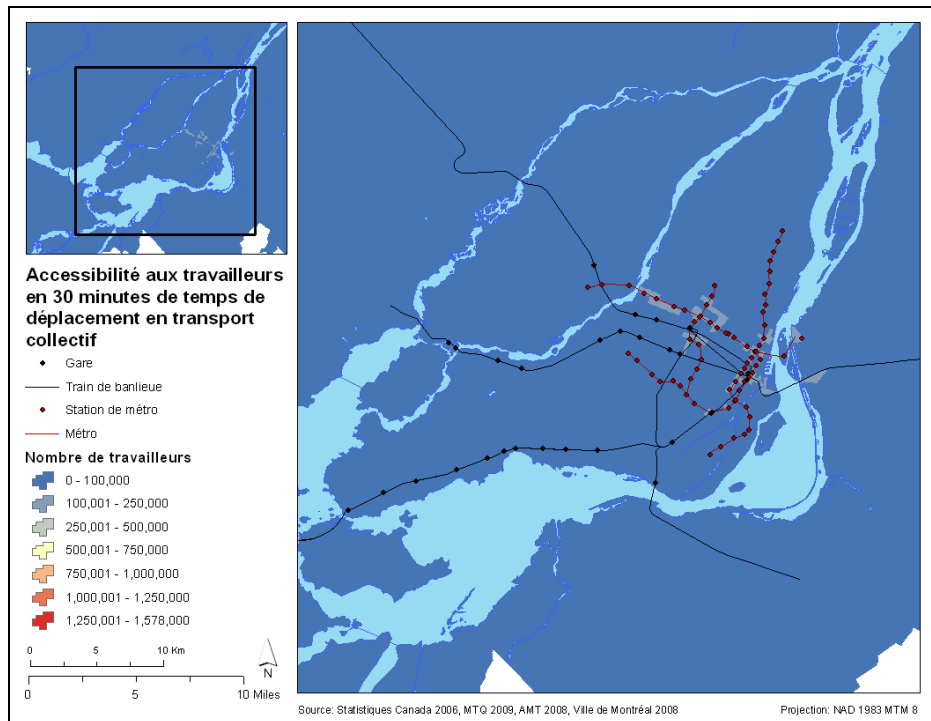


Figure 15 **Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 30 minutes en transport collectif**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

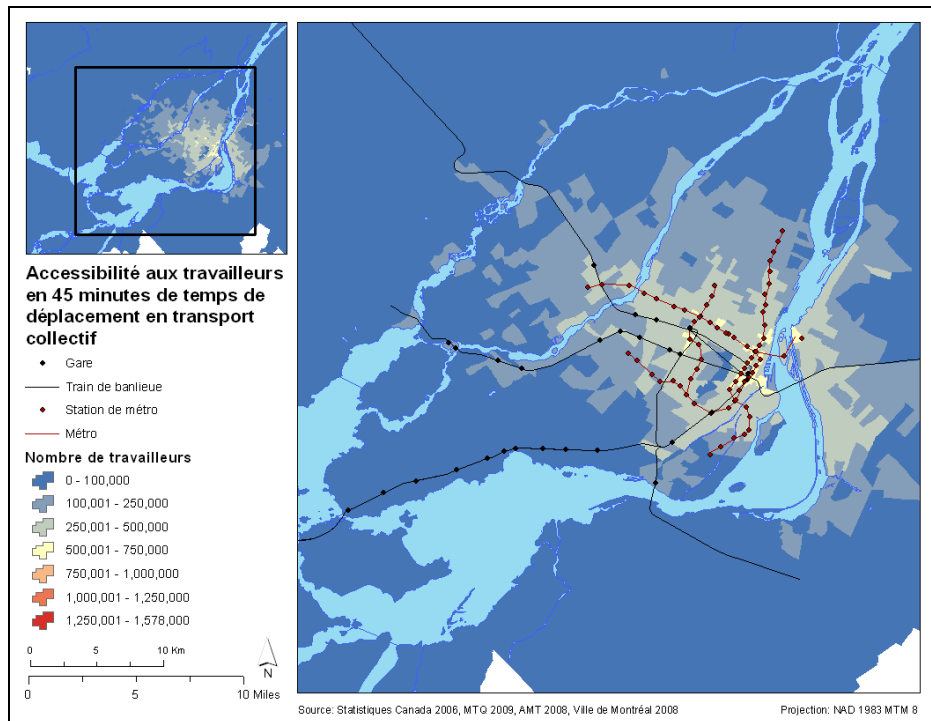


Figure 16 **Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 45 minutes en transport collectif**

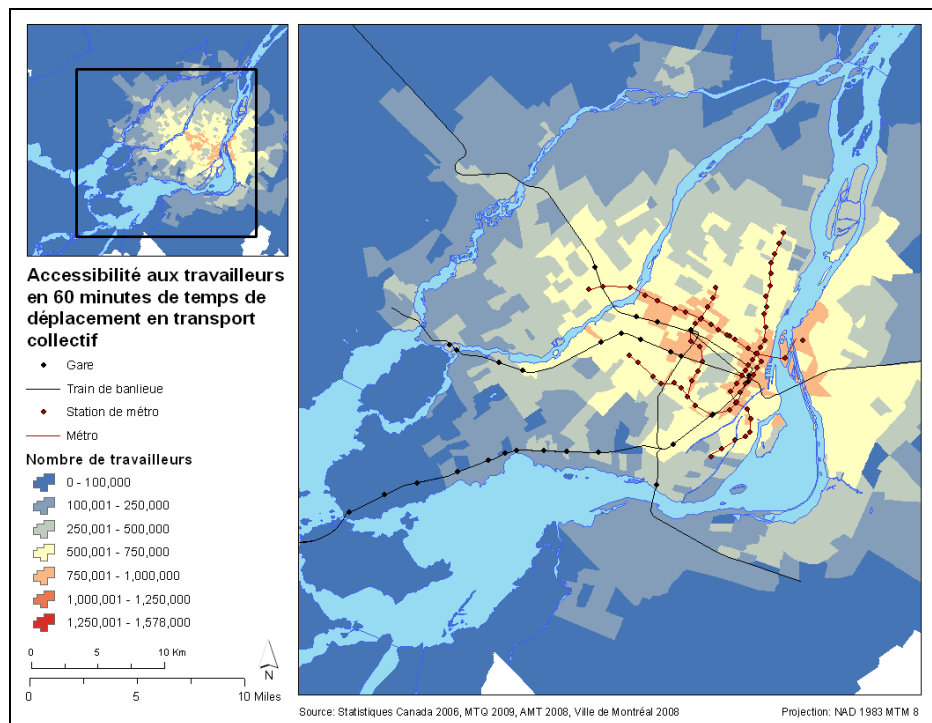


Figure 17 Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 60 minutes en transport collectif

3.2.5 L'accessibilité isochrone aux commerces en voiture et en transport collectif

Les comportements de déplacement pour faire du magasinage varient beaucoup et sont difficiles à prédire. Une des raisons à cela est que l'on n'étudie pas souvent ce type de comportement, étant donné que le navettage quotidien occasionne la plus grande part de la circulation et de la congestion. De plus, le magasinage fait souvent partie d'une chaîne de déplacements combinée à un déplacement pendulaire, ce qui le rend plus difficile à isoler et à prédire. De nombreux facteurs influencent le comportement lié au magasinage, tels que les préférences ou les attitudes personnelles, les facteurs socioculturels, les facteurs économiques et spatiaux (Handy et Yantis, 1996). Pour toutes ces raisons, l'étude de l'accessibilité a été limitée aux trois types d'occasions liés aux commerces qui sont jugés importants : les grandes surfaces, les restaurants et les magasins d'alimentation. Nous avons également limité les temps de déplacement, étant donné que les gens ne sont pas prêts à voyager aussi loin pour magasiner que pour travailler.

Les résultats de ces mesures seront utilisés plus loin dans l'étude pour évaluer leur effet sur les prix des maisons grâce au modèle de régression hédonique. Ils pourraient éventuellement être employés pour cerner les zones dépourvues

en matière d'accessibilité aux services de base, tels que les magasins d'alimentation ou les services de santé. Dans ce cas, le choix du mode de transport et de la distance ou du temps de déplacement sera particulièrement important pour déterminer le degré d'accessibilité considéré comme acceptable. En ce qui concerne le développement durable, des cartes d'accessibilité isochrone indiquant les services accessibles à pied ou à vélo pourraient devenir une condition obligatoire dans tout projet de développement urbain.

L'accessibilité isochrone aux trois types de commerces en voiture est relativement constante à travers le centre de l'île de Montréal, Laval et la Rive-Sud. Encore une fois, les parties est et ouest de la région ont des niveaux d'accessibilité moins élevés. L'accessibilité aux restaurants et aux magasins d'alimentation est plus élevée au centre-ville (figures 19 et 20), alors que l'accessibilité isochrone aux magasins à grande surface (figure 18) est plus élevée sur les rives nord et sud. Cela est représentatif des formes urbaines et des types de développement présents dans ces régions.

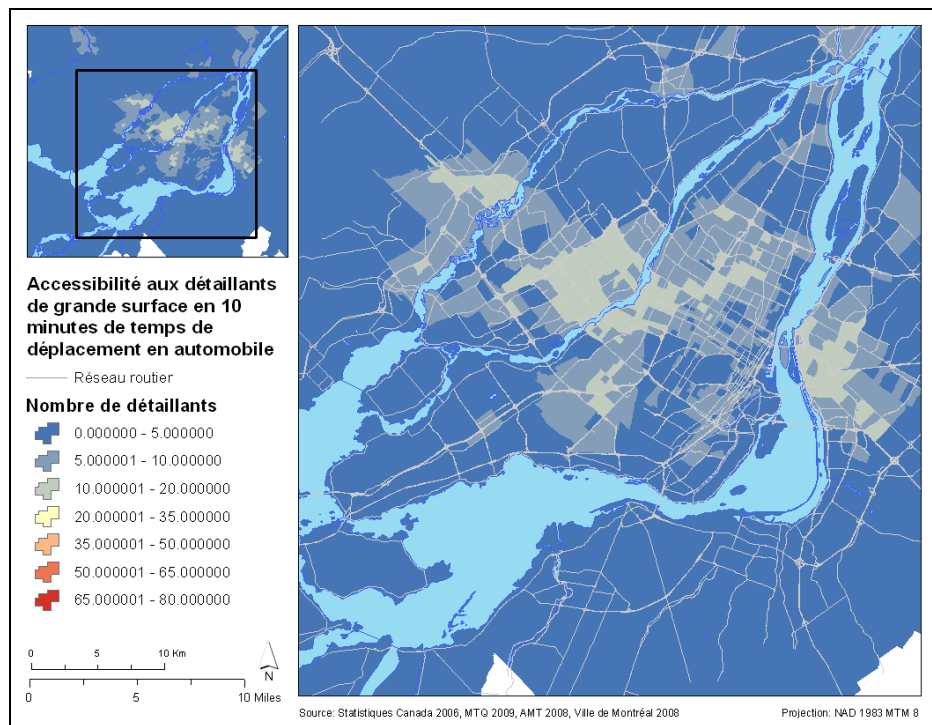


Figure 18 Nombre de magasins à grande surface accessibles dans un délai de 10 minutes en voiture

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

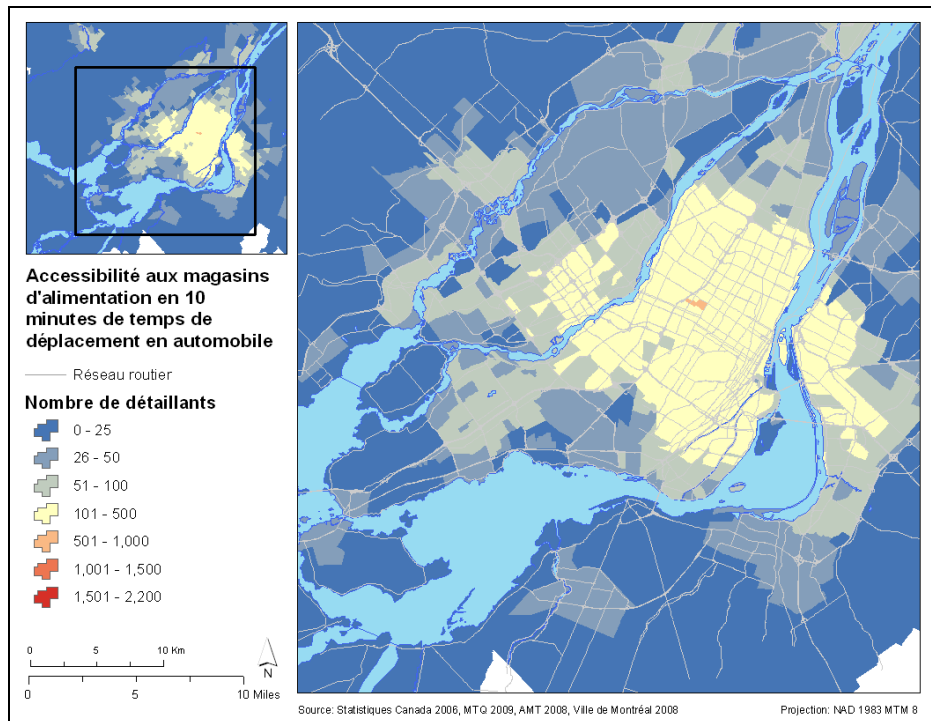


Figure 19 **Nombre de magasins d'alimentation accessibles dans un délai de 10 minutes en voiture**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

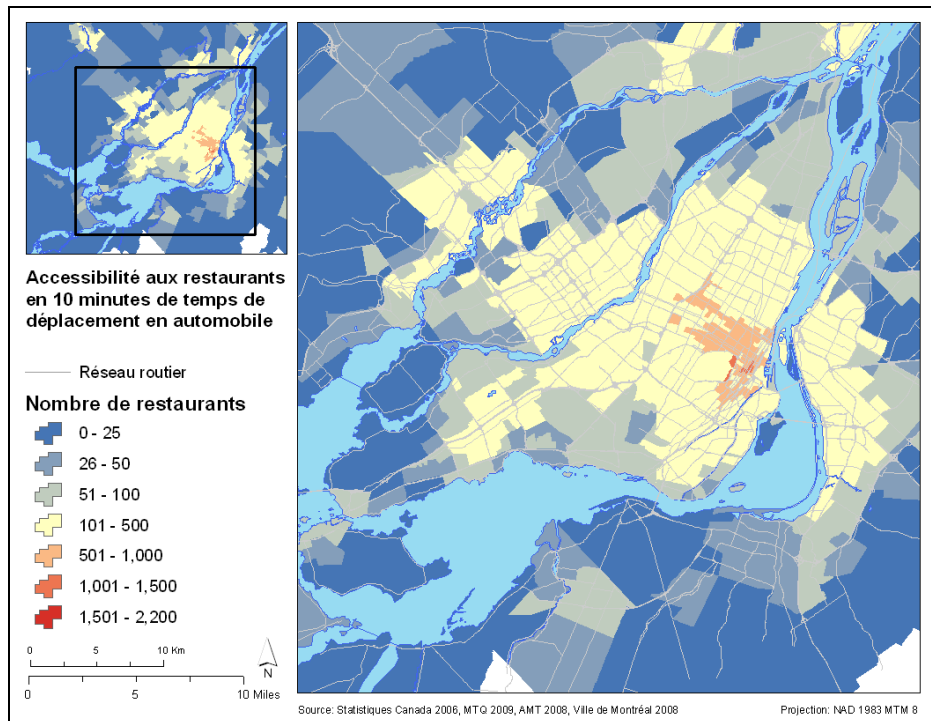


Figure 20 **Nombre de restaurants accessibles dans un délai de 10 minutes en voiture**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

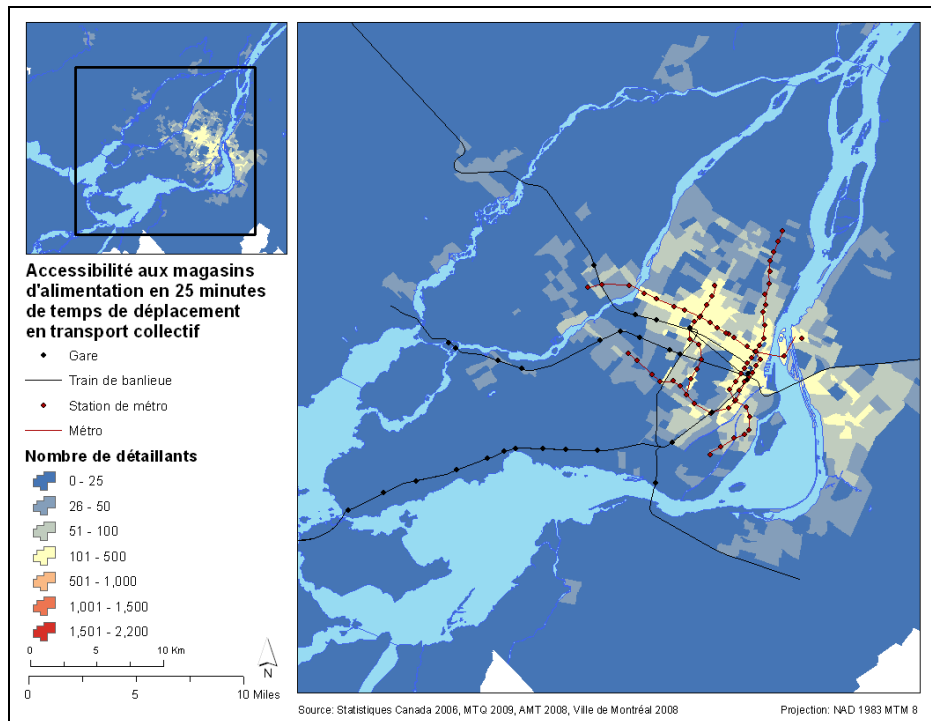


Figure 21 **Nombre de magasins d'alimentation accessibles dans un délai de 25 minutes en transport collectif**

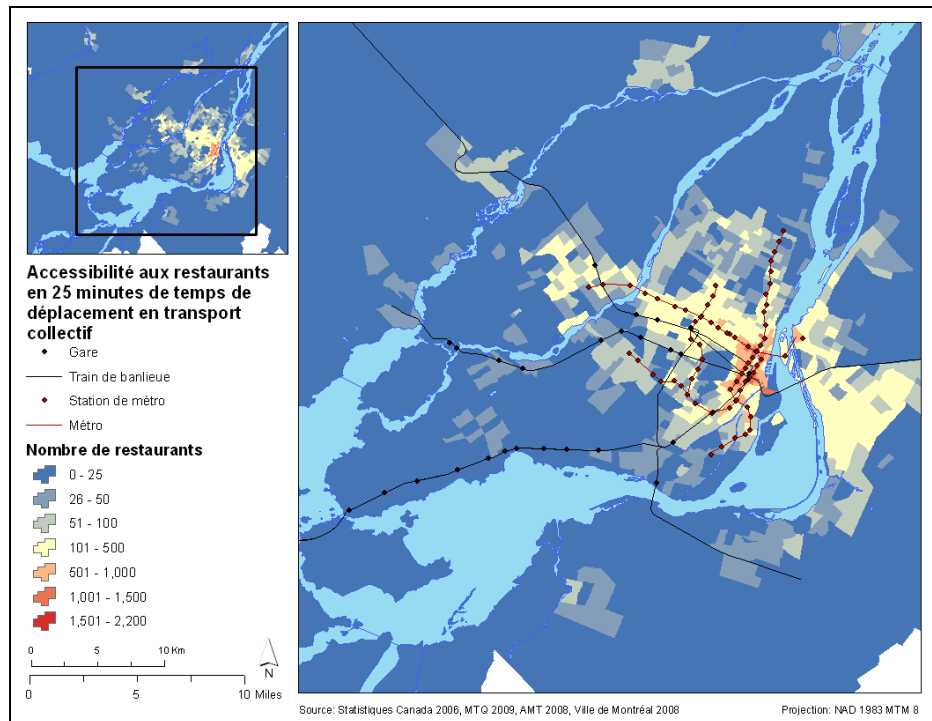


Figure 22 Nombre de restaurants accessibles dans un délai de 25 minutes en transport collectif

Encore une fois, l'accessibilité isochrone en transport collectif est moins élevée qu'en voiture et elle est plus concentrée autour des réseaux de transport collectif rapide. Dans ce type de déplacement, il est particulièrement difficile pour le transport collectif de concurrencer la voiture. Les niveaux d'accessibilité sont beaucoup plus élevés pour les trajets de 10 minutes en voiture que pour ceux de 25 minutes en transport collectif (incluant les temps de marche et d'attente). Toutefois, il est intéressant de noter que la zone autour de la station de métro Longueuil dispose d'une meilleure accessibilité aux restaurants en transport collectif qu'en voiture; on observe la même chose pour les secteurs situés le long de la ligne verte du métro au centre-ville de Montréal (figure 22). Pour que le transport collectif obtienne une plus grande part de marché, il doit se positionner comme un mode de transport pratique pour une variété de déplacements et pas seulement pour ceux liés au travail. Malheureusement, les tendances de développement actuelles, qui encouragent l'implantation de magasins à grande surface, rendent cela plus difficile. Il serait aussi intéressant de comparer l'accessibilité aux magasins d'alimentation et aux restaurants à pied, afin de déterminer les zones mal desservies en matière de commerces de proximité.

3.3 Le modèle gravitaire

La mesure gravitaire d'accessibilité a été appliquée à l'aide de la fonction d'impédance dérivée de la courbe de fréquence du temps de déplacement en automobile entre la maison et le travail (figure 1) pour les déplacements en voiture. Nous avons aussi utilisé une fonction exponentielle négative pour les déplacements en transport collectif. Une courbe de décroissance a été tracée pour les déplacements en transport collectif, mais elle n'a pas fourni des résultats convaincants. Cette situation peut être due au petit nombre de données disponibles sur les déplacements « domicile-travail » simulés ou elle peut laisser entendre que beaucoup d'utilisateurs du transport collectif sont des utilisateurs captifs et que la durée du trajet n'influence pas le choix du mode de transport autant que l'obligation de se déplacer.

Nous avons testé de nombreuses fonctions exponentielles négatives; finalement, nous avons choisi celle ayant la plus grande corrélation avec la mesure isochrone.

Le modèle gravitaire a été appliqué aux emplois et aux travailleurs. Étant donné qu'il tente de simuler la façon dont les usagers perçoivent le système de transport et la disponibilité des occasions, les occasions rapprochées auront plus de valeur que celles qui sont éloignées. Cette constatation ne peut pas être appliquée de façon aussi claire aux commerces. Il est possible que les usagers ne prennent en considération que les occasions locales et qu'ils jugent moins important d'habiter dans un quartier où les restaurants ou magasins d'alimentation sont très accessibles; il suffit d'en avoir quelques-uns. Pour mesurer l'accessibilité gravitaire aux commerces, il faudrait tracer une courbe de décroissance en utilisant les données sur les déplacements pour le magasinage. Cette courbe devrait s'infléchir plus rapidement que la courbe relative au travail.

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

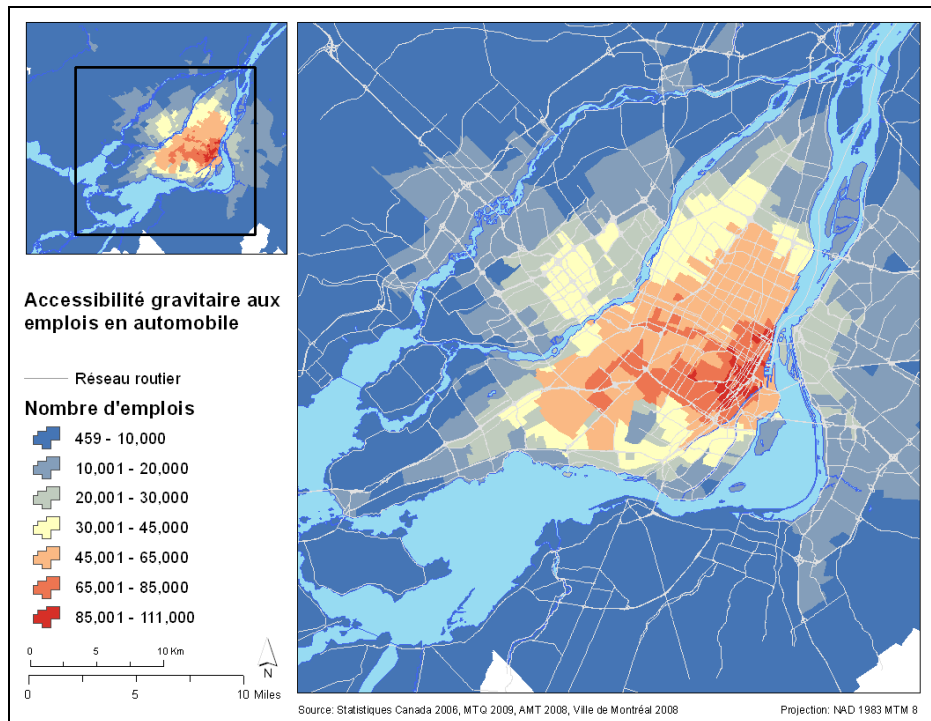


Figure 23 Accessibilité gravitaire aux emplois en voiture

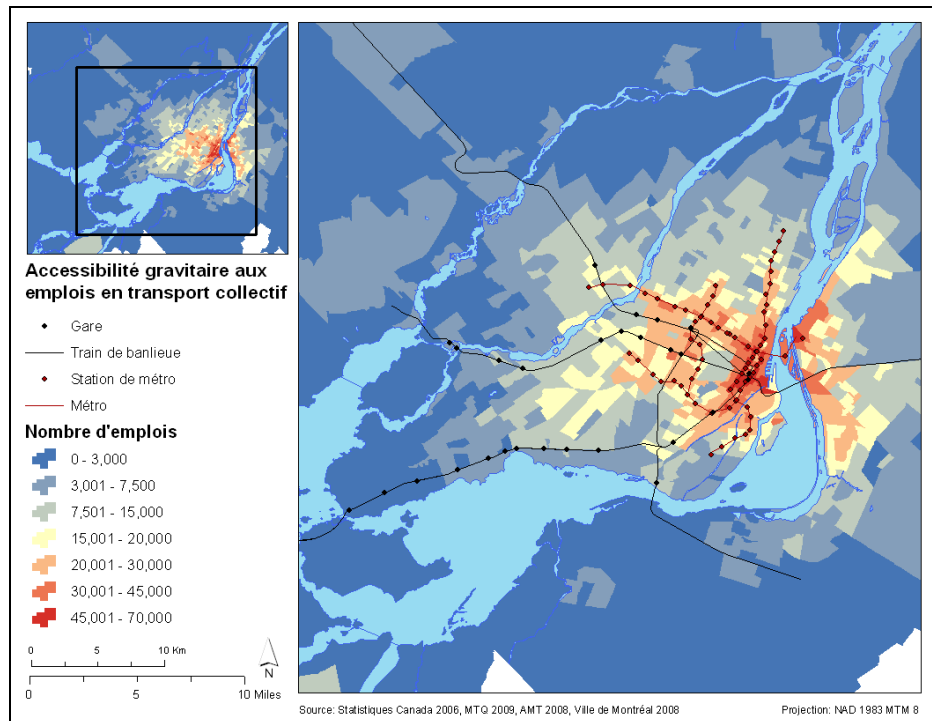


Figure 24 Accessibilité gravitaire aux emplois en transport collectif

Quand on applique la mesure d'accessibilité gravitaire aux emplois, on obtient une distribution quasi monocentrique des niveaux élevés qui s'estompe rapidement lorsque l'on s'éloigne du centre. Même si le centre des affaires affiche les niveaux d'accessibilité gravitaire les plus élevés, la partie ouest du centre de Montréal présente aussi des niveaux d'accessibilité très élevés (figure 23). Dans le cas de l'accessibilité gravitaire en transport collectif, le centre est un peu décalé. Longueuil et la Rive-Sud rapprochée font concurrence au centre des affaires pour ce qui est des hauts niveaux d'accessibilité (figure 24). En général, la majeure partie de la Rive-Sud semble avoir une accessibilité aux emplois peu élevée. Il en est de même pour presque tout Laval et la Rive-Nord, excepté la partie centrale le long de l'autoroute 15 dans le cas de l'accessibilité en voiture, ainsi que les zones autour des stations de métro et de train de banlieue dans le cas de l'accessibilité en transport collectif.

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

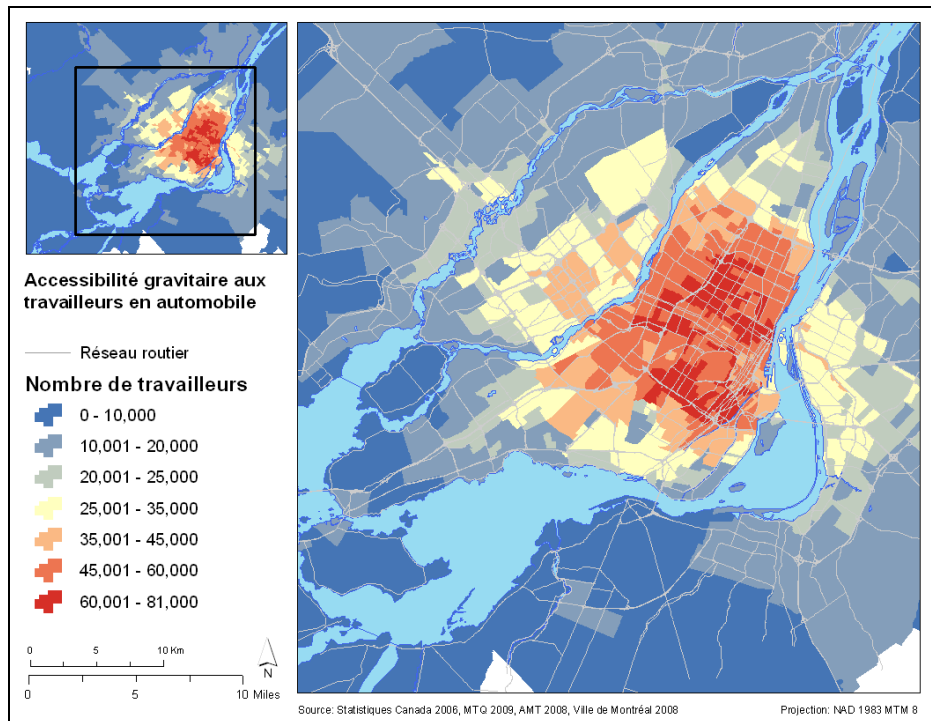


Figure 25 Accessibilité gravitaire aux travailleurs en voiture

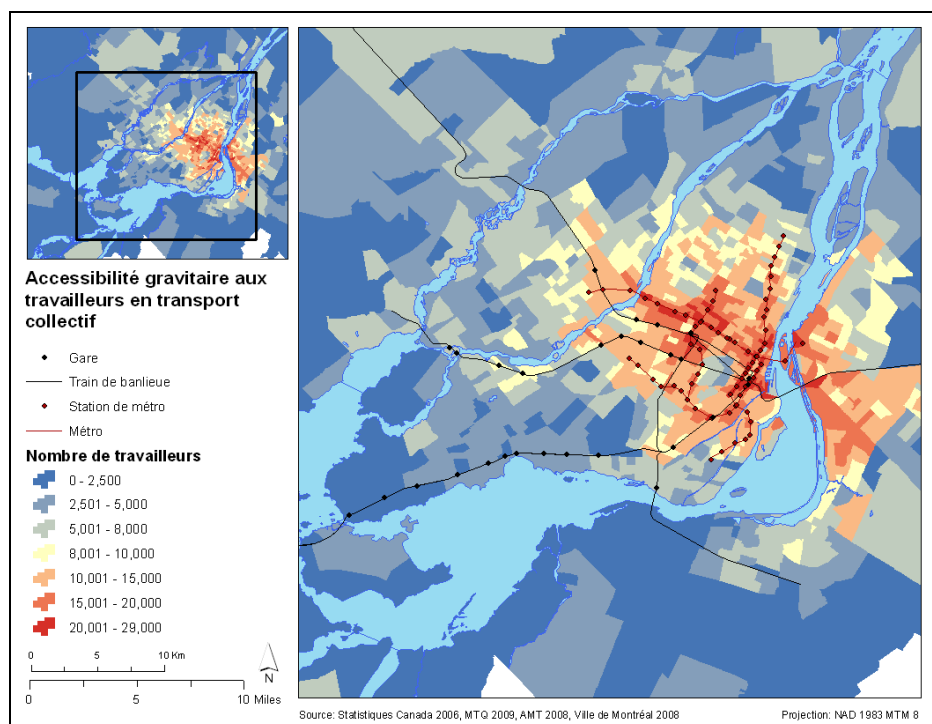


Figure 26 Accessibilité gravitaire aux travailleurs en transport collectif

La distribution de l'accessibilité gravitaire aux travailleurs est moins uniforme que celle de l'accessibilité aux emplois. Les parties ouest et est du centre de Montréal ont les niveaux d'accessibilité en voiture les plus élevés, de même que certains quartiers de Laval (figure 25). Des zones isolées où l'on trouve des niveaux élevés d'accessibilité apparaissent aux alentours des grandes artères et autoroutes qui traversent la ville, ce qui souligne encore une fois leur importance en matière de liaison des points d'origine et de destination. Les plus hauts niveaux d'accessibilité en transport collectif sont situés à proximité des réseaux majeurs de transport. Ils sont donc très centraux et orientés nord-sud plutôt qu'est-ouest (figure 26). L'analyse de l'accessibilité aux travailleurs utilisant le transport collectif démontre que Longueuil et la Rive-Sud rapprochée sont semblables aux quartiers centraux de Montréal. Les nouvelles stations de métro à Laval jouent un rôle similaire en matière d'accroissement des niveaux d'accessibilité dans le quartier.

3.4 Les corrélations

Une forte corrélation a été observée entre les résultats de la mesure gravitaire et ceux de la mesure isochrone pour les déplacements en voiture d'une durée de 20 à 45 minutes et pour les déplacements en transport collectif d'une durée de 30 à 45 minutes (figure 27). Une corrélation aussi significative a été constatée dans de précédentes recherches (El-Geneidy et Levinson, 2006).

Cette découverte est fort pertinente. Bien que la mesure gravitaire soit préférable à la mesure isochrone en raison de son fondement théorique, elle est plus difficile à calculer et il peut être ardu de l'interpréter et de l'expliquer au grand public et aux décideurs. La mesure isochrone pourrait être plus appropriée pour les débats publics étant donné qu'elle est plus transparente et intuitive. On pourrait donc l'utiliser au lieu de la mesure gravitaire pour les seuils de temps de déplacement qui sont fortement corrélés.

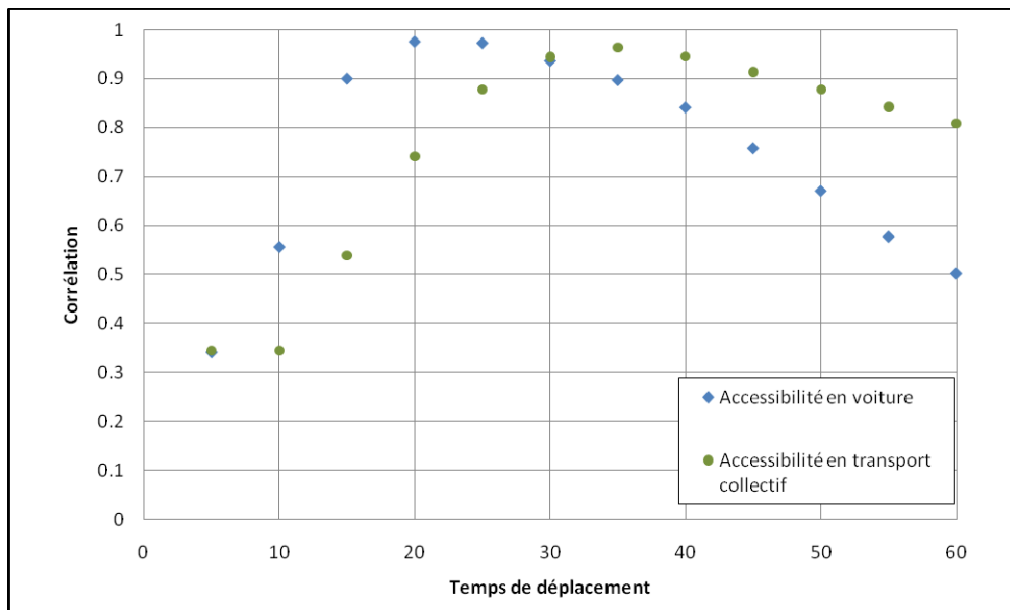


Figure 27 Corrélation entre l'accessibilité isochrone et l'accessibilité gravitaire

4. L'ACCESSIBILITÉ CONCURRENTIELLE AUX EMPLOIS ET AUX TRAVAILLEURS À MONTRÉAL

4.1 Les facteurs de concurrence

La première mesure tenant compte de la concurrence que nous avons testée est le modèle gravitaire tenant compte de la concurrence, qui mesure l'accessibilité aux emplois et aux travailleurs à un emplacement donné. Étant donné qu'il est basé sur le modèle gravitaire, ce modèle donne un résultat pondéré que l'on ne peut pas interpréter comme un nombre de travailleurs ou d'emplois, mais plutôt comme un niveau d'accessibilité. L'interprétation de ces cartes se limitera à une mise à l'échelle visuelle allant de niveaux peu élevés à des niveaux élevés. Une connaissance approfondie de chaque zone et de chaque secteur industriel examiné serait nécessaire pour offrir une interprétation globale des résultats.

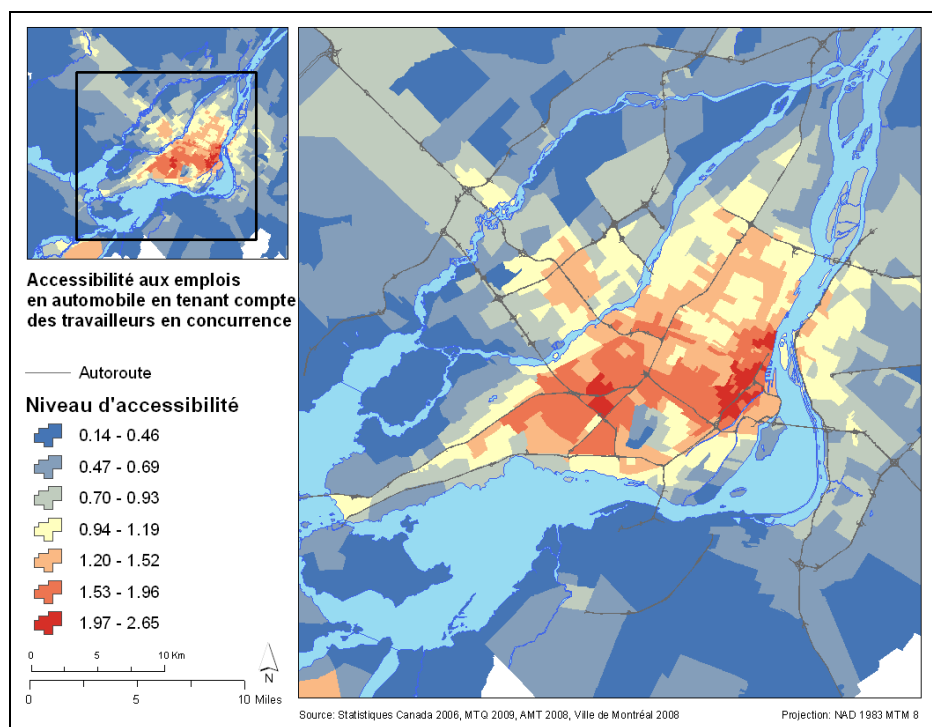


Figure 28 Accessibilité concurrentielle aux emplois

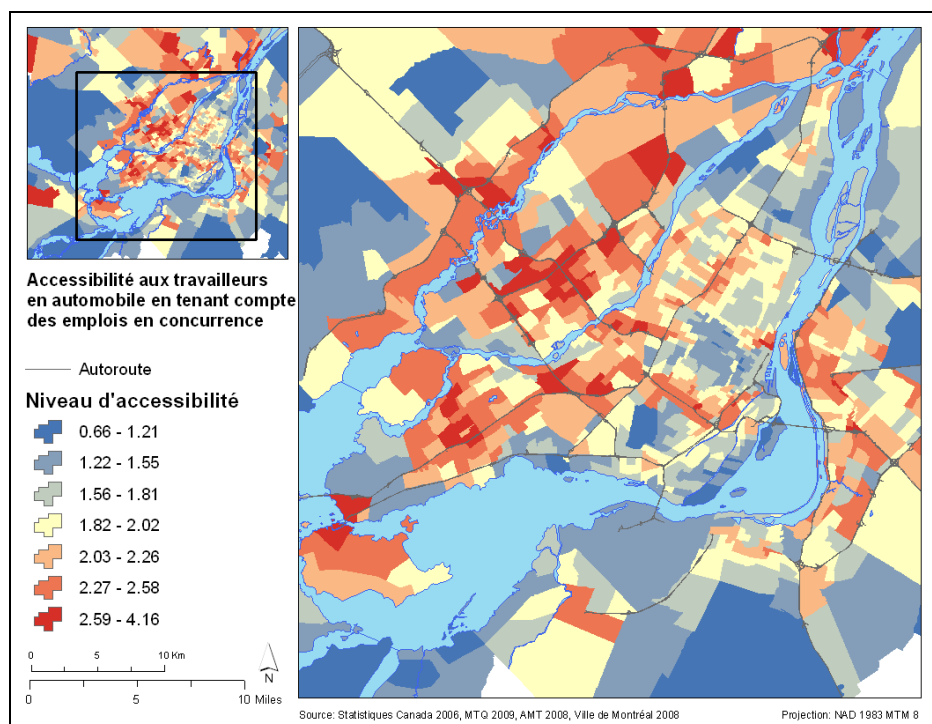


Figure 29 Accessibilité concurrentielle aux travailleurs

Les figures 28 et 29 montrent l'accessibilité concurrentielle aux emplois et aux travailleurs que l'on peut comparer aux résultats des modèles gravitaire et isochrone. Lorsque l'on intègre, dans la mesure, la concurrence entre les travailleurs, l'accessibilité demeure plus élevée au centre de l'île de Montréal, mais comme on peut l'observer sur les cartes, les deux grands pôles d'emplois (le centre des affaires et Ville Saint-Laurent/Dorval) ressortent comme des zones où beaucoup d'emplois sont accessibles, sans qu'il y ait autant de travailleurs à proximité. L'accessibilité aux travailleurs tenant compte de la concurrence ne suit pas de tendance claire. Cependant, on trouve en général les niveaux élevés dans les zones à proximité des grandes autoroutes et loin du centre. Curieusement, les quartiers centraux à forte densité à Montréal ont des niveaux peu élevés d'accessibilité aux travailleurs, possiblement à cause de l'influence du centre des affaires qui est situé à proximité. Cela peut signifier que ces zones ont plus d'emplois que de travailleurs dans un périmètre restreint.

4.1.1 L'accessibilité concurrentielle par secteur industriel

Afin d'examiner plus en détail les questions relatives à l'équité sociale et à l'aménagement, nous avons employé la mesure d'accessibilité concurrentielle pour évaluer l'accessibilité aux emplois dans divers secteurs industriels. À l'aide du Système de

classification des industries de l'Amérique du Nord (tableau 2) et des données du recensement de 2006, l'accessibilité aux emplois dans chaque secteur industriel a été mesurée en tenant compte de la concurrence entre les travailleurs employés dans le même secteur. Cette exploration initiale pourrait être la première étape d'un plan d'aménagement visant un type de clientèle spécifique ou de la planification conjointe de projets relatifs aux transports et à l'utilisation du sol liés à des stratégies de développement économique.

Tableau 2 – Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN)

SCIAN Code	Description
11	Agriculture, foresterie, pêche et chasse
21	Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz
22	Services publics
31-33	Fabrication
41	Commerce de gros
44-45	Commerce de détail
48-49	Transport et entreposage
51	Information et culture
52	Finance et assurances
53	Services immobiliers et services de location et de location à bail
54	Services professionnels, scientifiques et techniques
55	Gestion des sociétés et d'entreprises
56	Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement
61	Services d'enseignement
62	Soins de santé et assistance sociale
71	Arts, spectacles et loisirs
72	Hébergement et services de restauration
81	Autres services (sauf les administrations publiques)
91	Administrations publiques

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

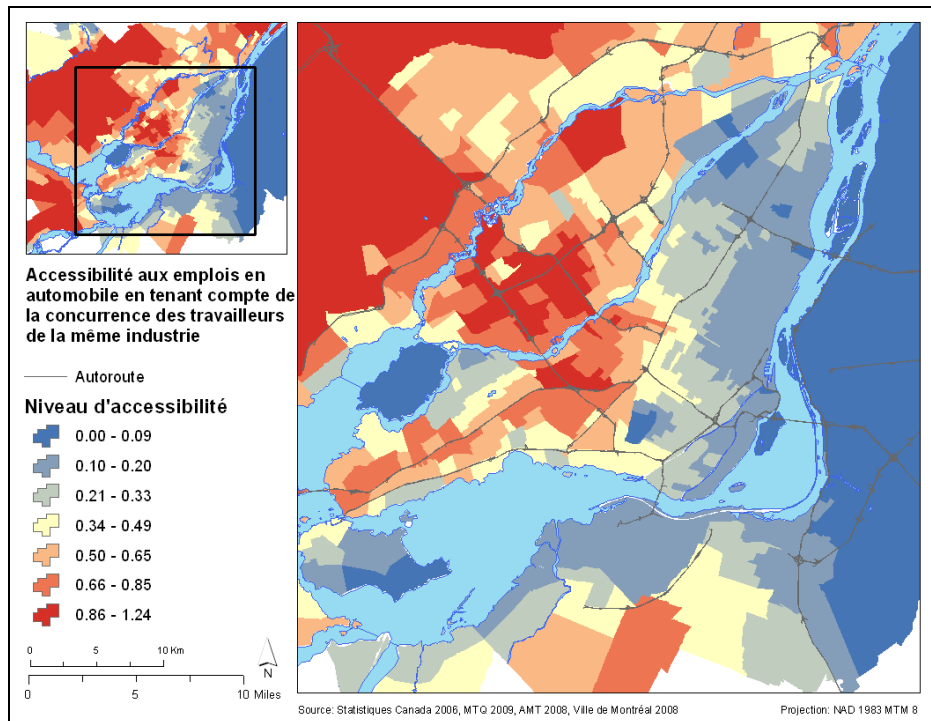


Figure 30 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche et de la chasse**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

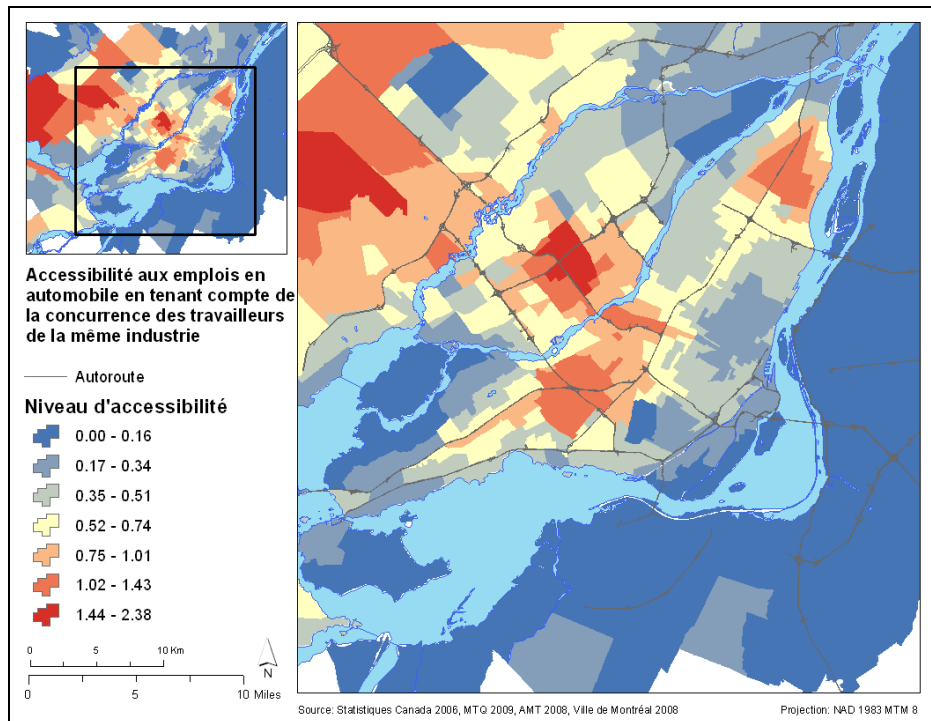


Figure 31 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur de l'extraction minière, de l'exploitation en carrière, et de l'extraction de pétrole et de gaz**

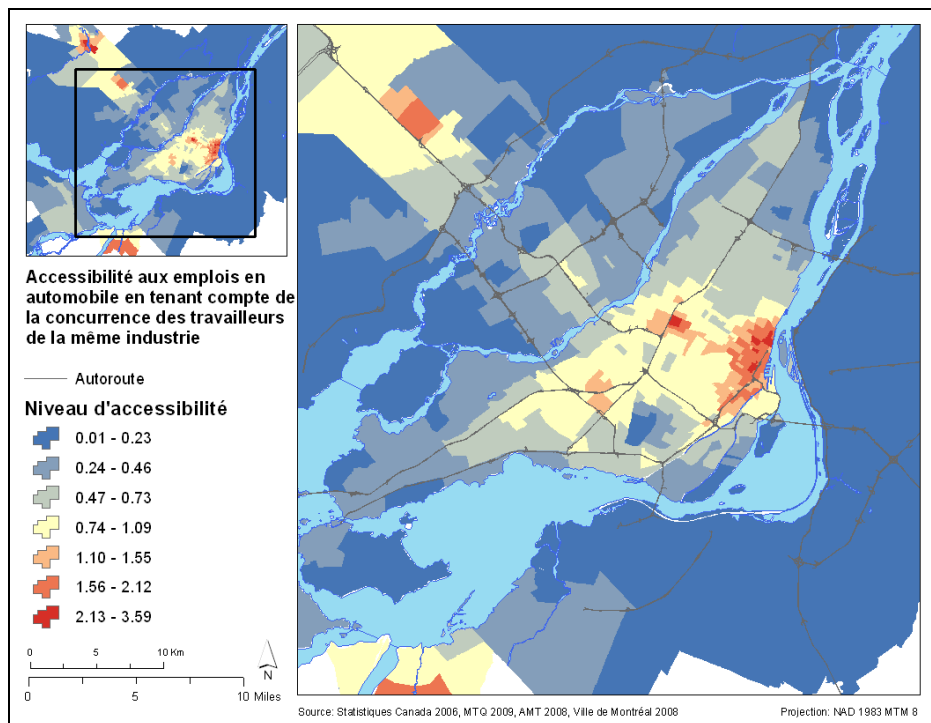


Figure 32 Accessibilité concurrentielle dans le secteur des services publics

Chaque figure présente des résultats intéressants qui peuvent être étudiés séparément, si l'on connaît l'emplacement des entreprises et la structure socioéconomique des quartiers où elles sont situées. Certains secteurs, tels que le commerce, les services publics et les services sociaux, ont des niveaux d'accessibilité élevés dans presque toute la région, alors que d'autres, comme le secteur de la finance et des assurances ou le secteur de l'information et de la culture, ont généralement des niveaux d'accessibilité peu élevés, à l'exception de quelques points à forte accessibilité à certains endroits.

Dans l'ensemble, les niveaux d'accessibilité concurrentielle sont toujours relativement bas sur la Rive-Sud; la seule exception est le secteur de l'agriculture, de la foresterie, de la chasse et de la pêche, où l'on note de hauts niveaux d'accessibilité concurrentielle dans la partie sud-ouest de la région (figure 30). La région de Vaudreuil-Soulanges, qui fait partie de la Montérégie, a des niveaux d'accessibilité concurrentielle moyens et élevés aux emplois dans de nombreux secteurs, y compris l'exploitation des ressources naturelles et les services publics (figures 30, 36, 40, 43-48). La jonction de deux autoroutes dans les environs joue définitivement un rôle important.

La Rive-Nord et Laval offrent quelques poches ayant des niveaux d'accessibilité moyens et élevés pour tous les secteurs. L'influence des autoroutes 15 et 440 semble cruciale sur la plupart des cartes. Les secteurs relatifs à l'exploitation des ressources humaines (figures 30 et 31) sont

largement accessibles dans toute la région de Laval et de la Rive-Nord. L'accessibilité aux emplois dans les secteurs de la construction, de la fabrication, du commerce de gros et du commerce de détail est très élevée à Laval, dans la zone qui représente le pôle d'emplois local autour de la jonction des deux autoroutes (figures 33, 34, 35, 36).

Certaines zones dans les Laurentides ont une accessibilité concurrentielle très élevée à différents emplois. Blainville bénéficie d'un excellent accès aux emplois dans le secteur de l'enseignement et des services publics (figures 32 et 44). Boisbriand et Sainte-Thérèse ont également une accessibilité concurrentielle élevée aux emplois dans le secteur de l'enseignement, ainsi que dans le secteur du commerce de détail (figures 36 et 44). À Saint-Jérôme, l'accessibilité concurrentielle aux emplois est élevée dans les secteurs de la finance et des assurances, de la gestion de sociétés et d'entreprises, des services administratifs, des services de soutien, des services de gestion des déchets et des services d'assainissement, des services d'enseignement, des soins de santé et d'assistance sociale et des administrations publiques (figures 39, 42-45, 49). La Plaine a aussi une accessibilité concurrentielle élevée aux emplois dans le secteur des administrations publiques (figure 49).

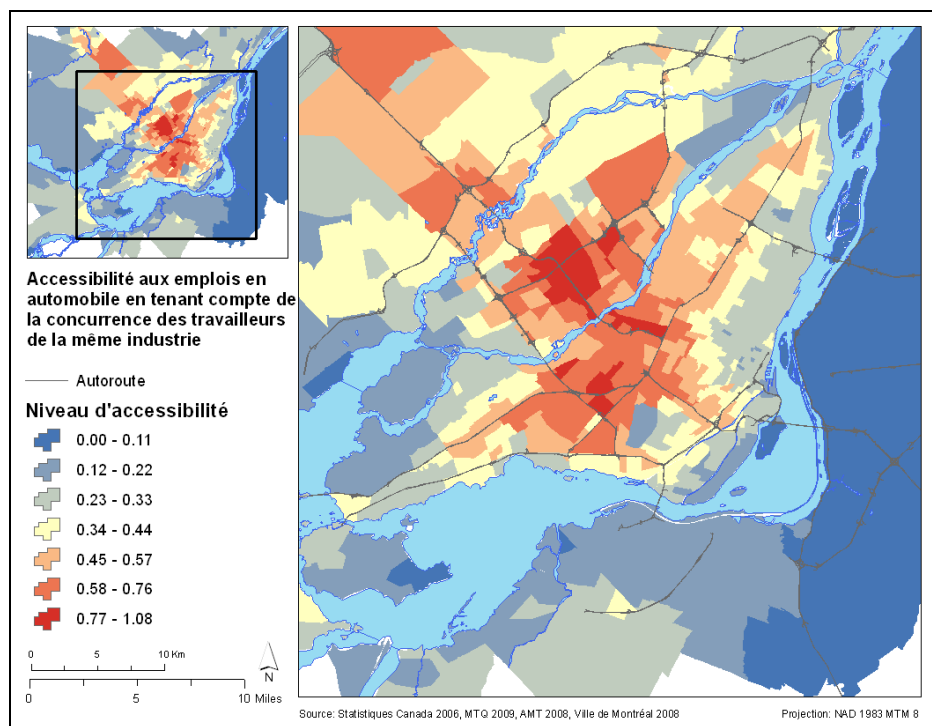


Figure 33 Accessibilité concurrentielle dans le secteur de la construction

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

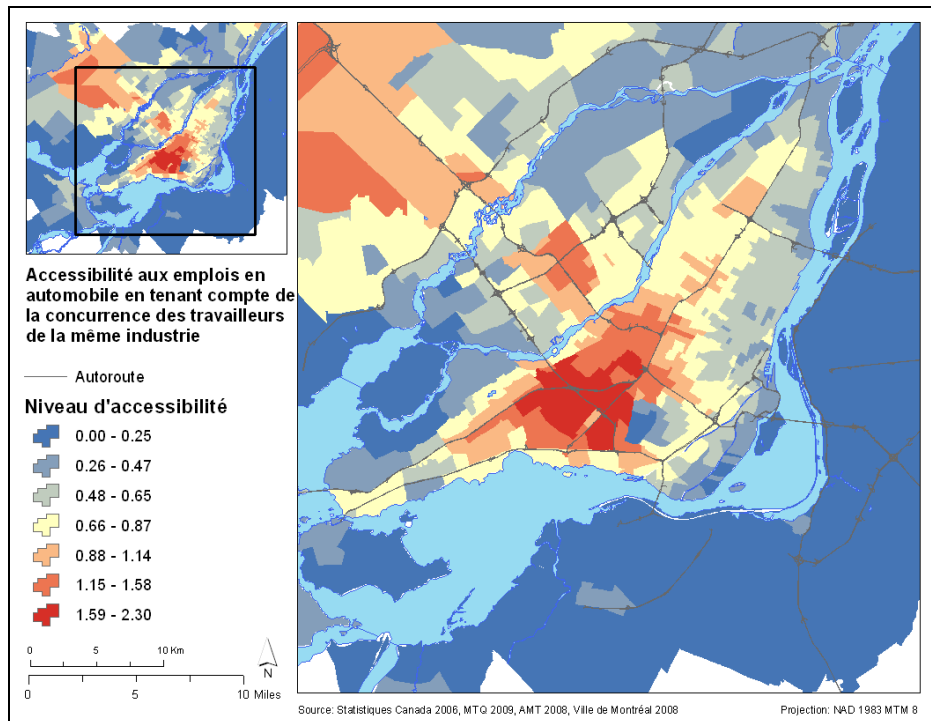


Figure 34 Accessibilité concurrentielle dans le secteur de la fabrication

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

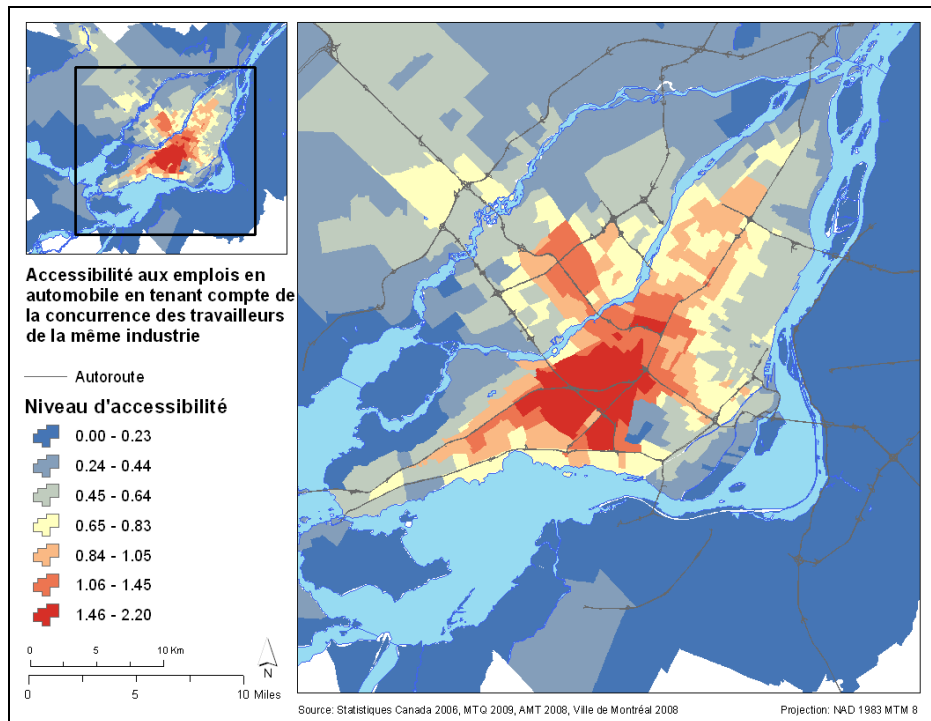


Figure 35 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur du commerce de gros**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

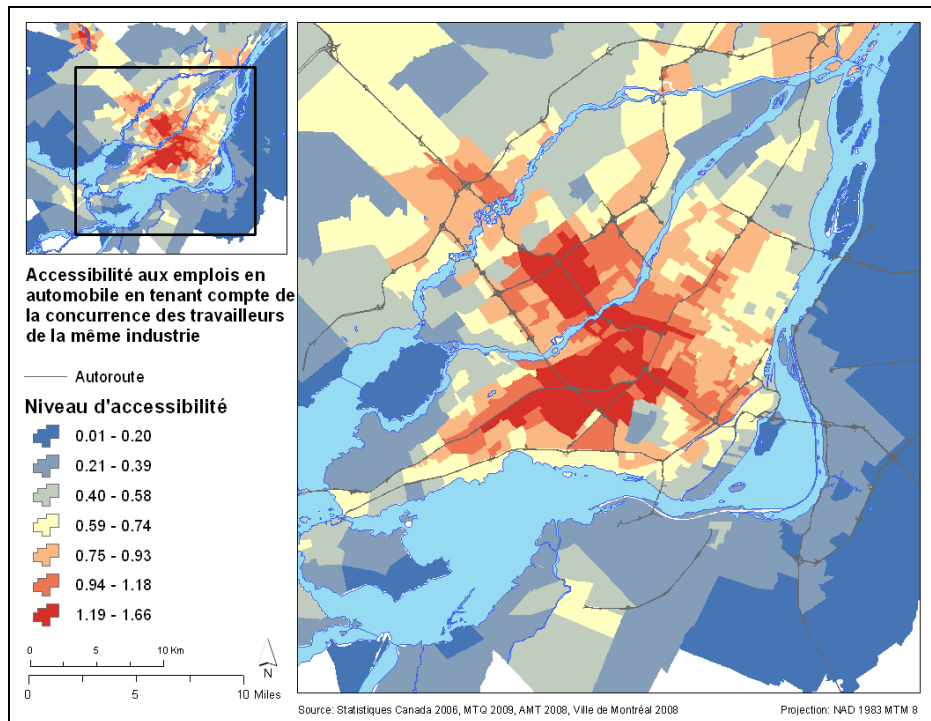


Figure 36 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur du commerce de détail**

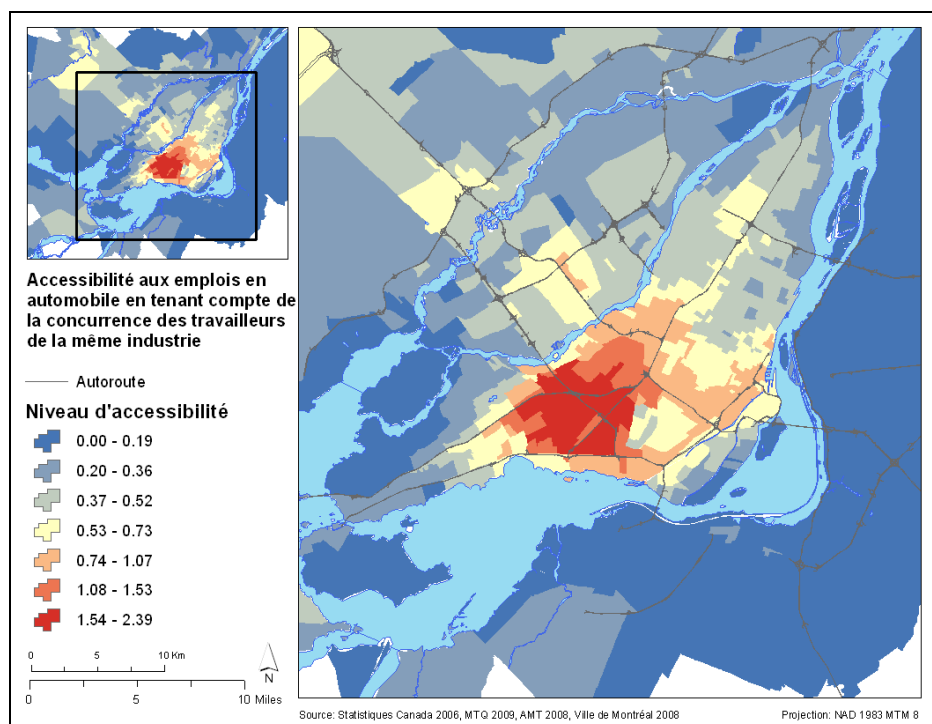


Figure 37 Accessibilité concurrentielle dans le secteur du transport et de l'entreposage

Sur l'île de Montréal, le centre des affaires et le secteur Ville Saint-Laurent/Dorval se démarquent presque toujours comme des zones ayant une accessibilité concurrentielle aux emplois élevée. Le centre des affaires est la seule zone où l'on trouve une accessibilité concurrentielle élevée aux emplois dans le secteur des services publics et le secteur de la finance et des assurances (figures 32 et 39). Les emplois dans le secteur de l'exploitation des ressources naturelles (figures 30 et 31) sont moins accessibles au centre-ville, de même que les emplois dans les secteurs suivants : la construction, la fabrication, le commerce de gros, le transport et l'entreposage (figures 32-34, 36). Toutefois, la partie ouest de la ville, y compris Ville Saint-Laurent/Dorval, se distingue par un niveau très élevé d'accessibilité concurrentielle aux emplois dans les secteurs de la fabrication, du commerce de gros, du commerce de détail ainsi que du transport et de l'entreposage (figures 34-36, 38).

Les niveaux d'accessibilité concurrentielle aux emplois dans les secteurs du commerce de détail, des services immobiliers et services de location et de location à bail, des services professionnels, scientifiques et techniques, des arts, spectacles et loisirs, et des autres services (sauf les administrations publiques) sont élevés presque partout au centre de l'île de Montréal et à

Laval (figures 36, 40, 41, 47,48). Dans ces cas, les grands pôles d'emplois se distinguent clairement par leur niveau d'accessibilité concurrentielle plus élevé, mais les zones avoisinantes jouissent aussi d'un niveau moyen à élevé d'accessibilité concurrentielle aux emplois. C'est le cas pour l'accessibilité concurrentielle aux secteurs du commerce de détail, de l'information et de la culture, des services immobiliers et services de location et de location à bail, des services professionnels, scientifiques et techniques, de l'hébergement et des services de restauration, des arts, spectacles et loisirs, et des autres services sauf les administrations publiques (figures 36, 38, 40, 46 et 48). Il est possible que la concentration spatiale de ces secteurs industriels ou des individus qui y occupent des postes soit moins grande.

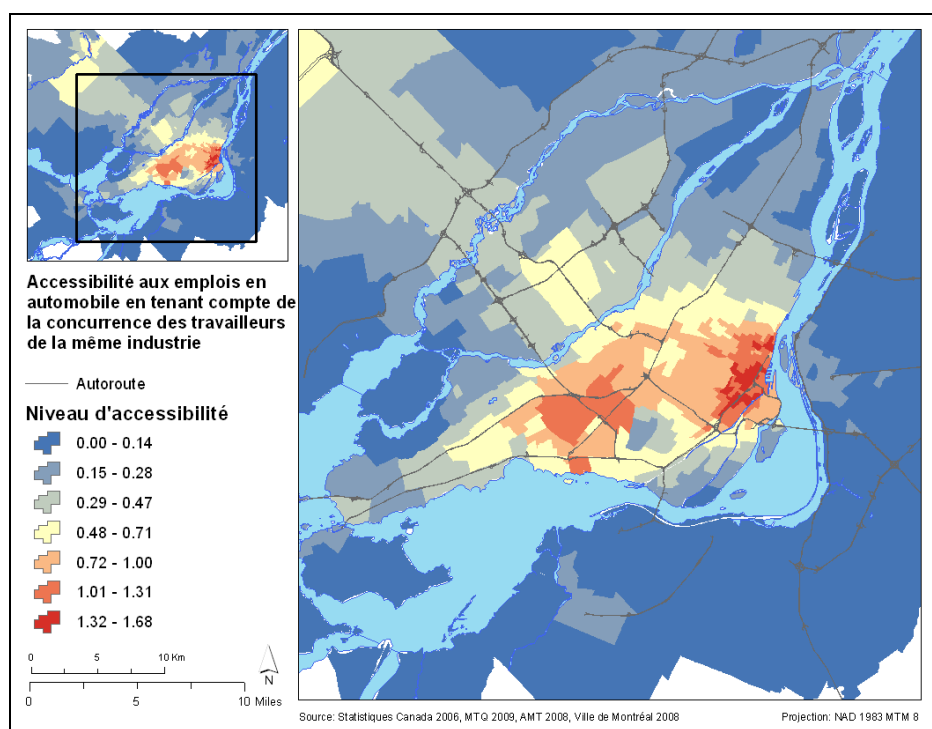


Figure 38 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur de l'information et de la culture**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

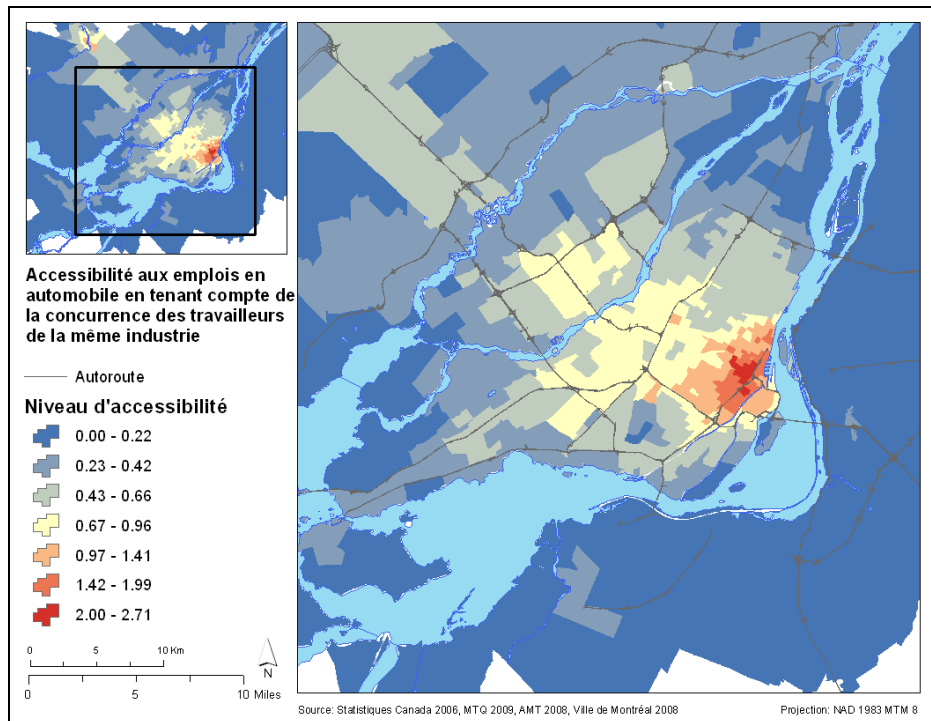


Figure 39 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur des finances et des assurances**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

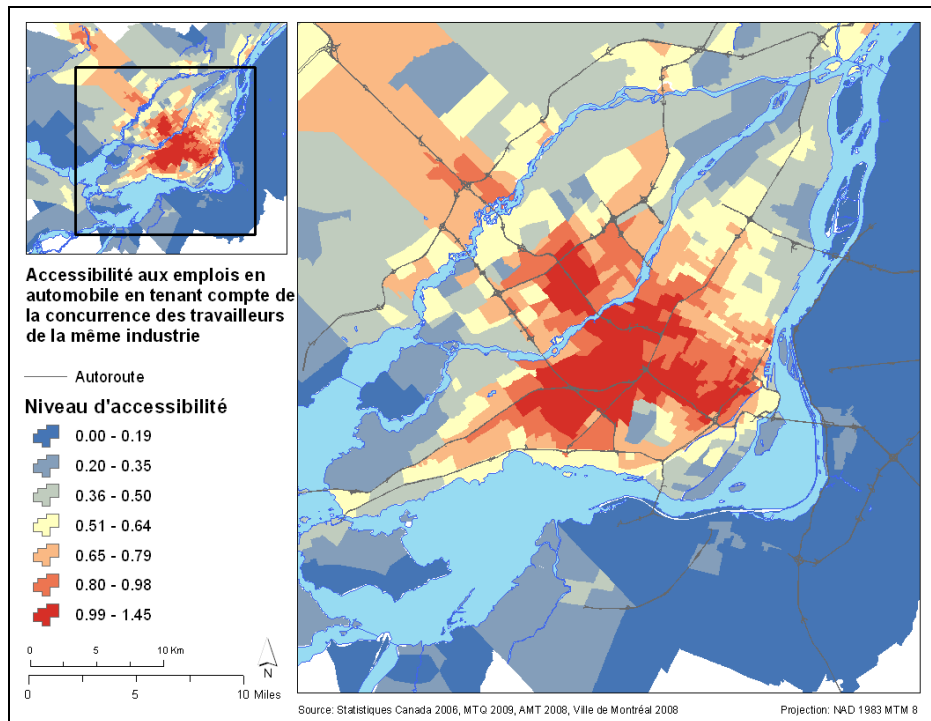


Figure 40 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur des services immobiliers, de location et de location à bail**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

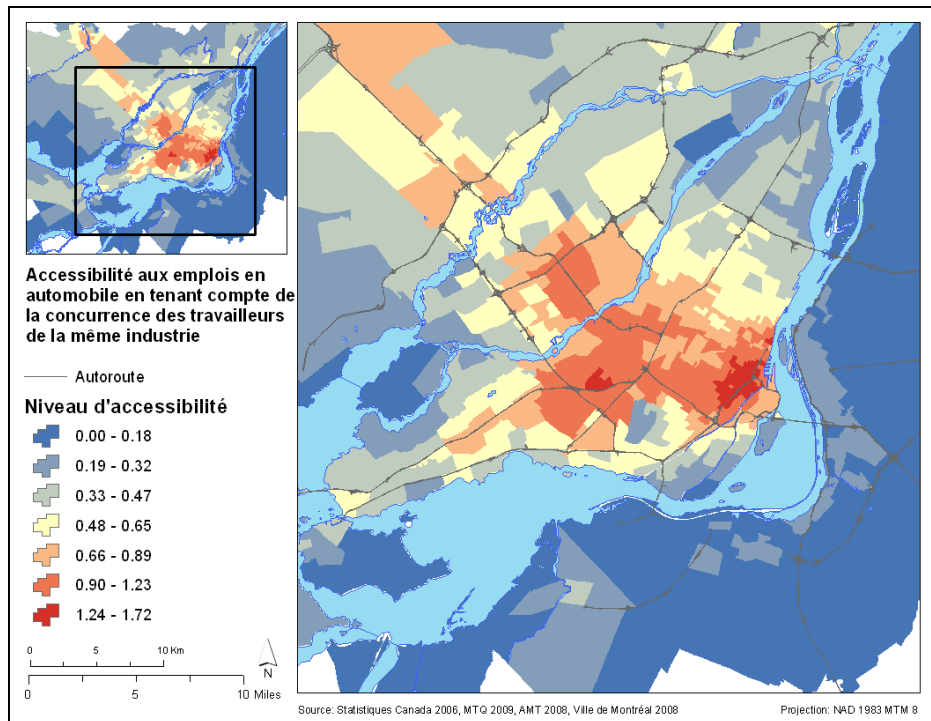


Figure 41 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur des services professionnels, techniques et scientifiques**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

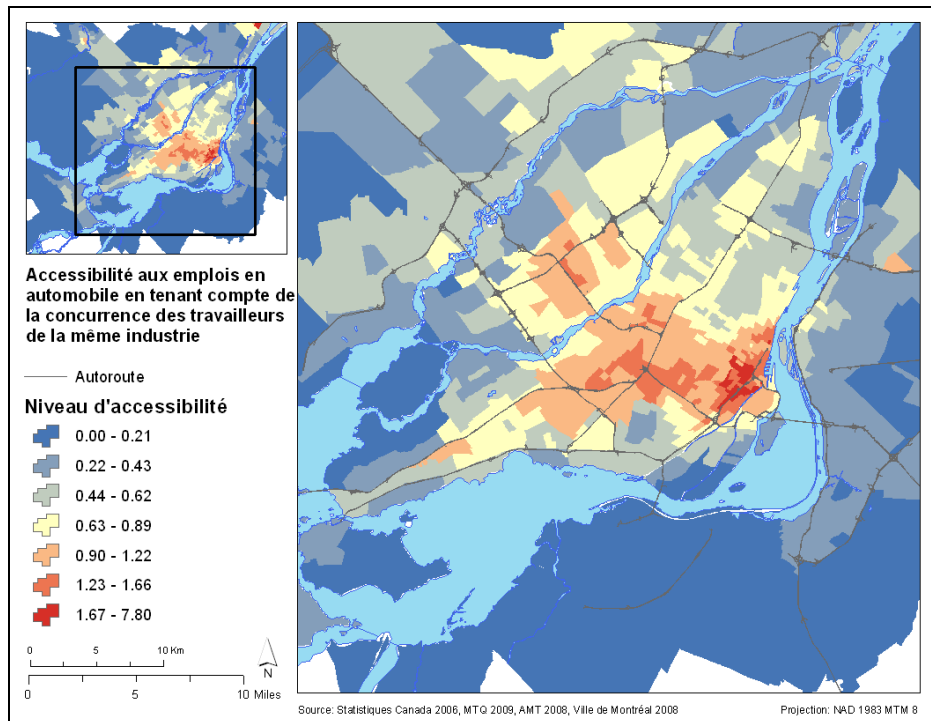


Figure 42 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur de la gestion de sociétés et d'entreprises**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

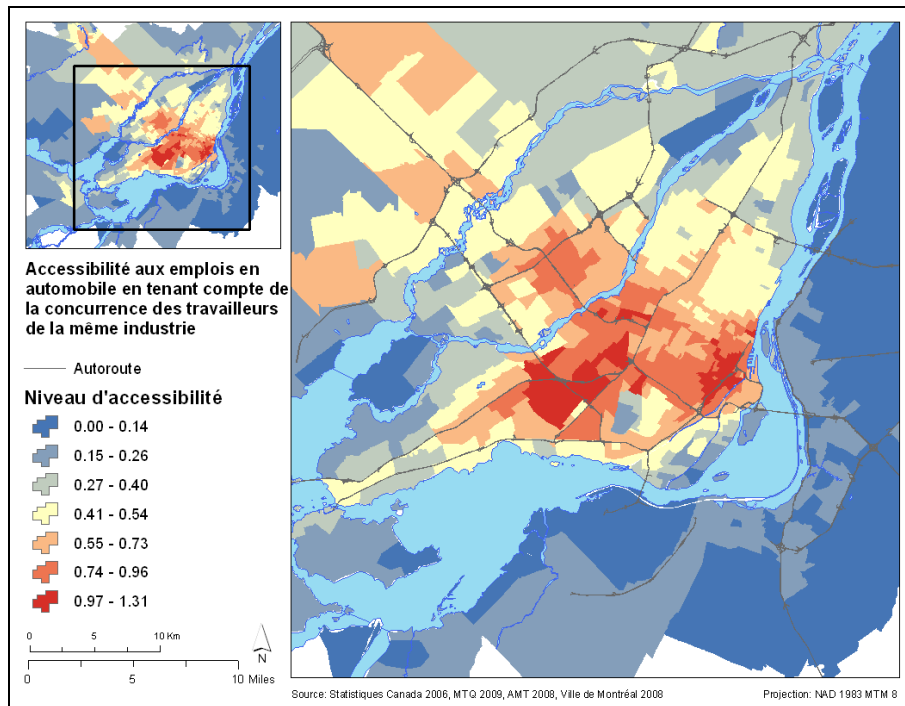


Figure 43 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur des services administratifs, des services de soutien, des services de gestion des déchets et des services d'assainissement**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

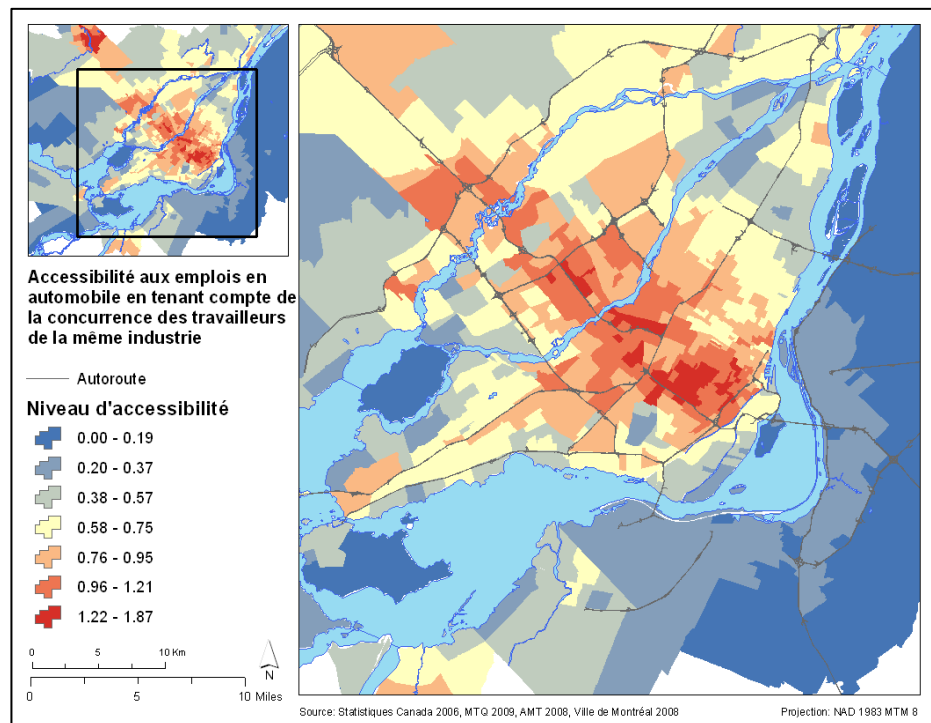


Figure 44 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur des services d'enseignement**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

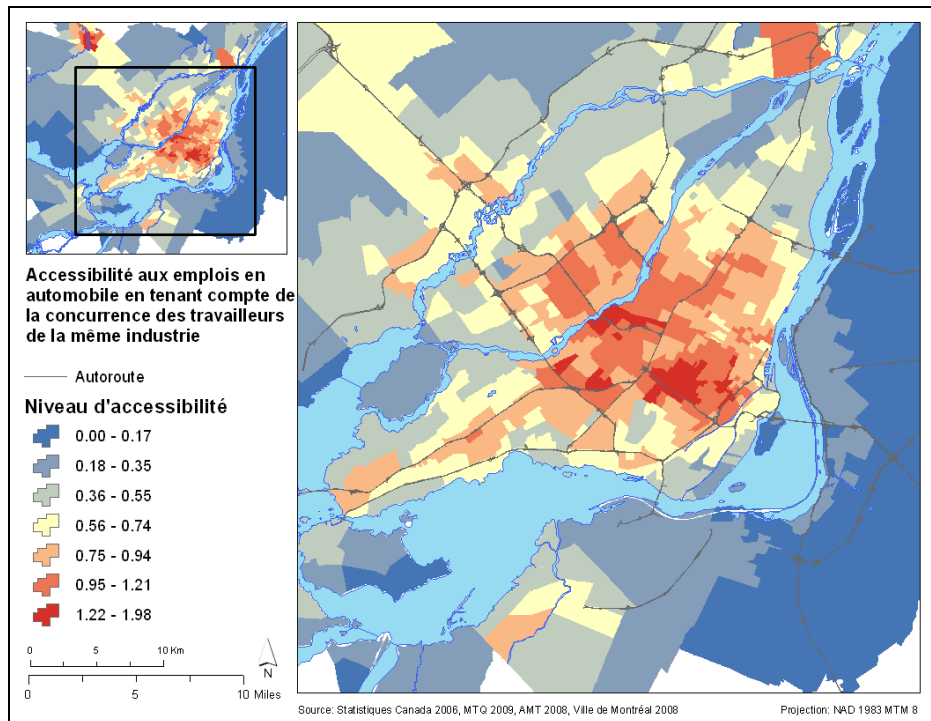


Figure 45 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur des soins de santé et d'assistance sociale**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

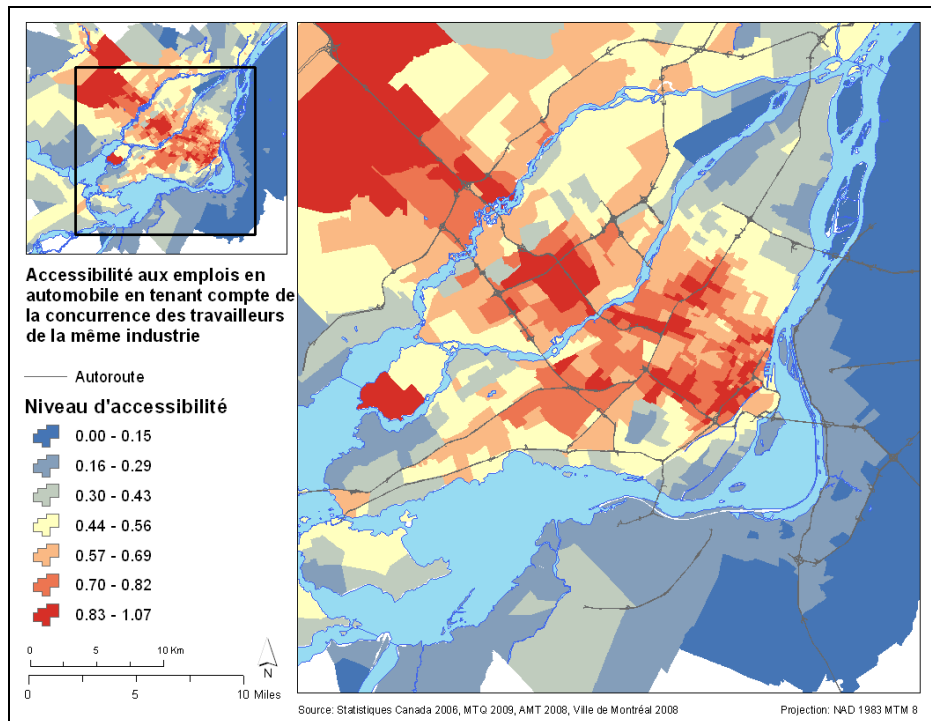


Figure 46 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur des arts, des spectacles et des loisirs**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

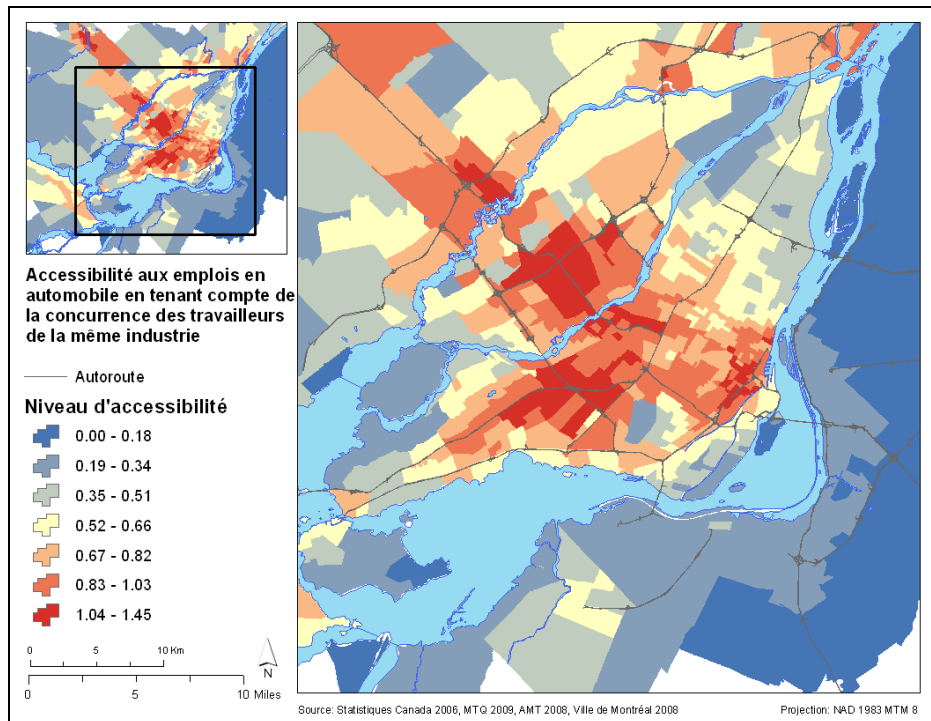


Figure 47 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur de l'hébergement et des services de restauration**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

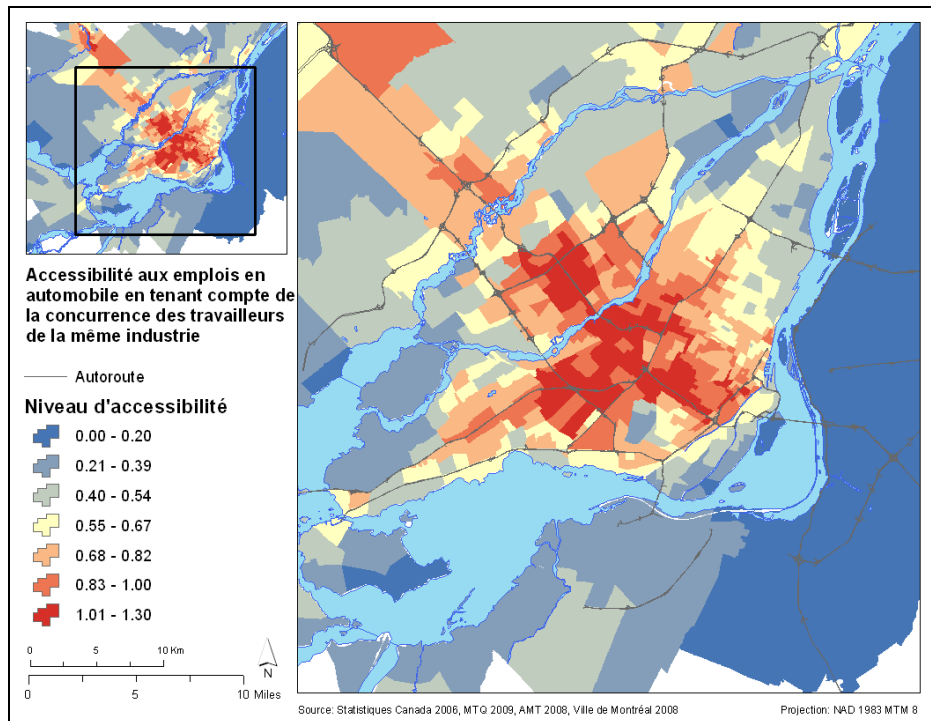


Figure 48 **Accessibilité concurrentielle dans le secteur des autres services, sauf les administrations publiques**

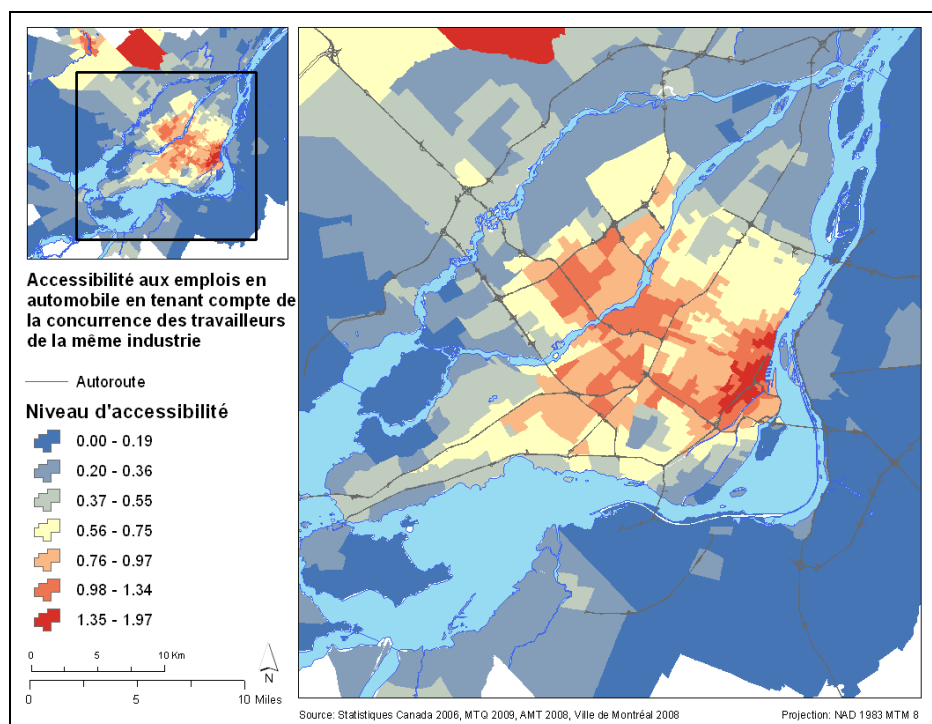


Figure 49 Accessibilité concurrentielle dans le secteur des administrations publiques

4.1.2 L'accessibilité concurrentielle selon les exigences de formation

Afin d'effectuer une analyse approfondie, nous avons regroupé les emplois selon le niveau d'éducation qu'ils exigent habituellement. Les travailleurs ont été regroupés selon le dernier diplôme qu'ils ont obtenu. Le modèle d'accessibilité concurrentielle a ensuite été calculé pour les emplois dans tous les secteurs en tenant compte de la concurrence entre les travailleurs ayant le même niveau d'éducation. La même chose a été faite pour les travailleurs. Le tableau 3 montre quels emplois ont été regroupés pour correspondre aux différents niveaux d'éducation. Un seul type d'emploi se retrouve dans deux catégories différentes : la fabrication, qui peut correspondre soit au niveau secondaire, soit au niveau universitaire.

Tableau 3 – Catégories d'emplois selon les exigences en matière d'éducation

Catégorie	SCIAN	Description
École secondaire, certificat d'une école de métiers ou moins	11	Agriculture, foresterie, pêche et chasse
	21	Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz
	31-33	Fabrication
	41	Commerce de gros
	44-45	Commerce de détail
	48-49	Transport et entreposage
	71	Arts, spectacles et loisirs
Diplôme d'études collégiales	22	Services publics
	53	Services immobiliers et services de location et de location à bail
	56	Services administratifs, services de soutien, services de gestion, services de gestion des déchets et service d'assainissement
	72	Hébergement et services de restauration
	81	Autres services, sauf les administrations publiques
Diplôme universitaire	31-33	Fabrication
	51	Information et culture
	52	Finance et assurances
	54	Services professionnels, scientifiques et techniques
	55	Gestion de sociétés et d'entreprises
	61	Services d'enseignement
	62	Soins de santé et assistance sociale
	91	Administrations publiques

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

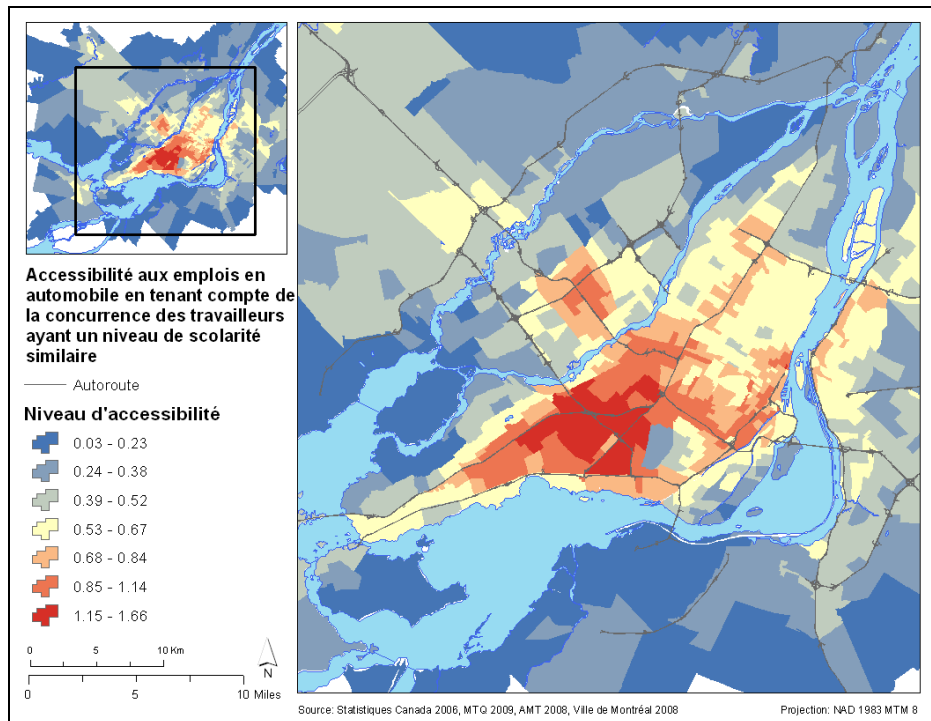


Figure 50 **Accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme d'études secondaires ou moins**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

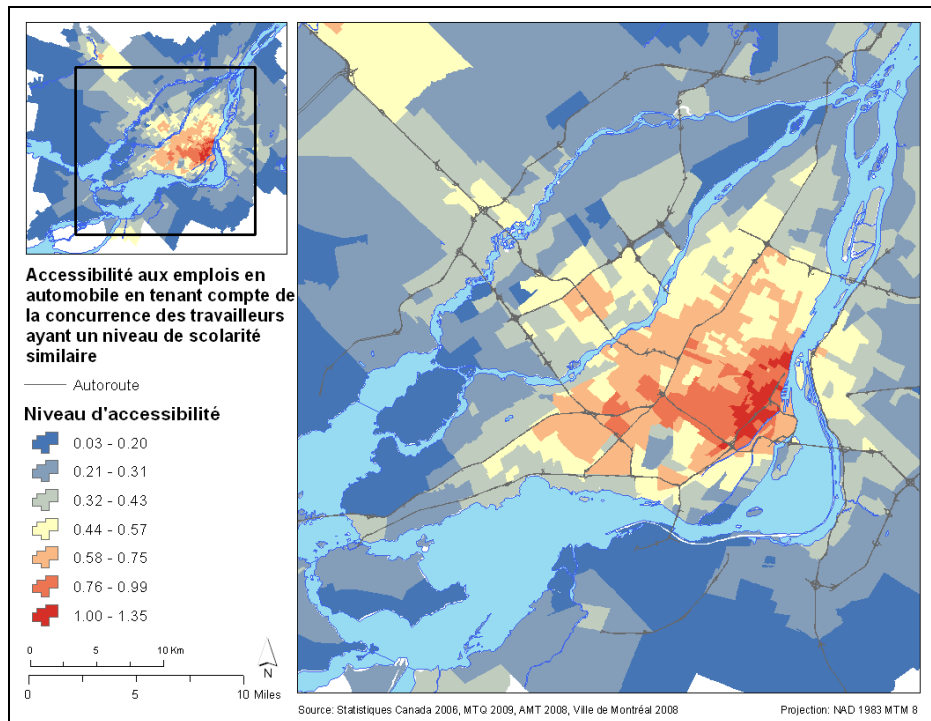


Figure 51 **Accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme d'études collégiales**

Les niveaux élevés d'accessibilité aux emplois exigeant un diplôme d'études secondaires ou moins sont concentrés dans la partie ouest de Montréal, particulièrement à l'intérieur du pôle d'emplois Ville Saint-Laurent/Dorval (figure 50). Les quartiers avoisinants, ainsi que les deux autres pôles d'emplois (centre des affaires et Laval), disposent aussi de hauts niveaux d'accessibilité concurrentielle aux emplois, et la grande partie de l'île de Montréal et la Rive-Sud rapprochée ont des niveaux moyens d'accessibilité concurrentielle aux emplois. Il est très important de déterminer où résident les individus cherchant un emploi dans cette catégorie afin de s'assurer qu'ils peuvent profiter de ces hauts niveaux d'accessibilité concurrentielle. On doit aussi noter que cette mesure a été calculée en utilisant les temps de déplacement en voiture. Si, en revanche, l'objectif est de mesurer l'accessibilité concurrentielle des populations défavorisées qui ont moins accès aux voitures, la même mesure devrait être calculée en utilisant les temps de déplacement en transport collectif. Les niveaux élevés d'accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme d'études collégiales sont concentrés dans le centre des affaires, mais s'étendent sur la majeure partie du centre de l'île de Montréal, à Laval et aux zones rapprochées de la Rive-Sud (figure 51). Les niveaux élevés d'accessibilité concurrentielle aux emplois nécessitant un diplôme universitaire sont répandus sur tout le territoire analysé, avec des points culminants dans le centre des affaires, à Ville Saint-Laurent, à Laval et dans la région des Laurentides (figure 52).

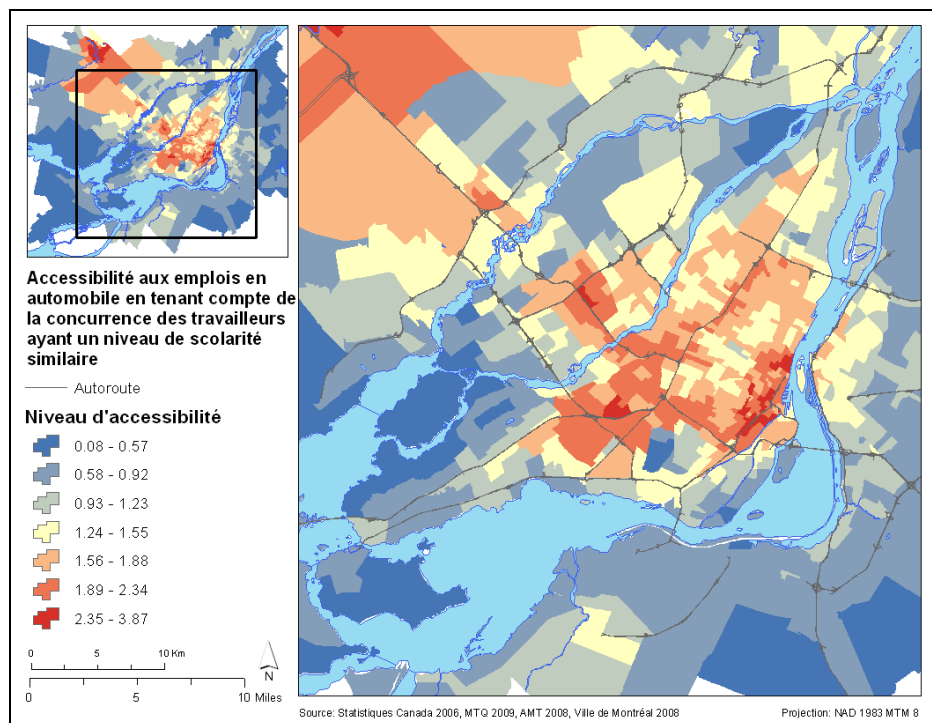


Figure 52 Accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme universitaire

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

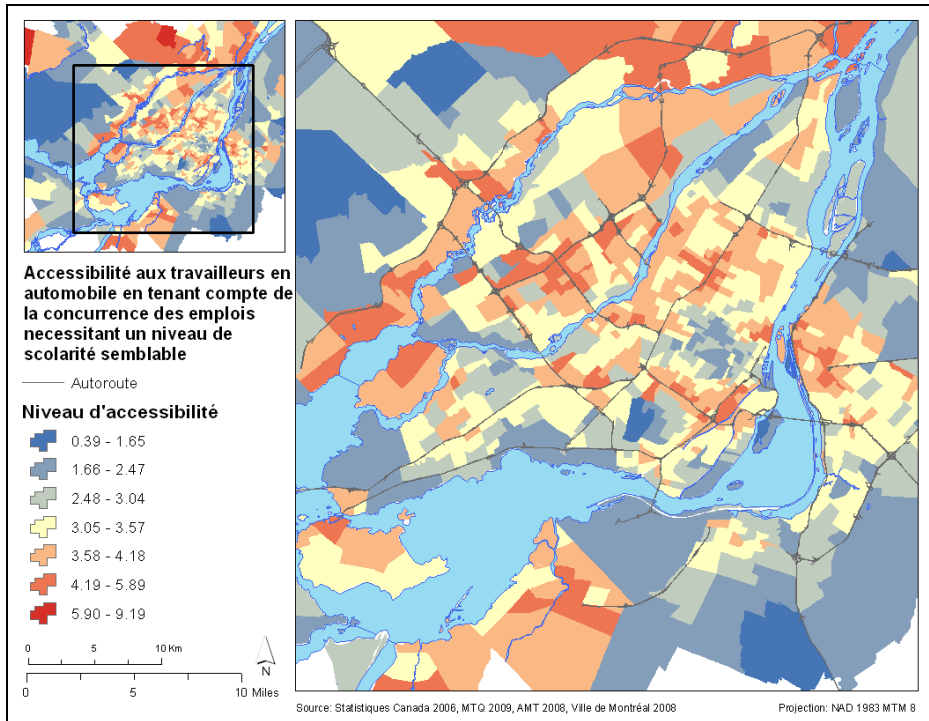


Figure 53 **Accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires ou moins**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

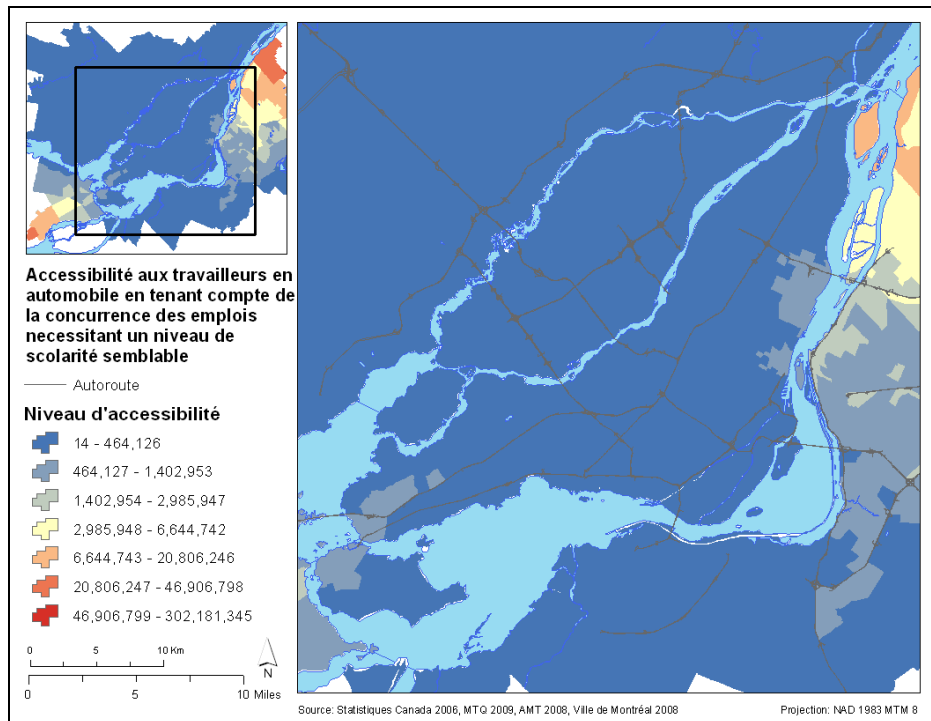


Figure 54 **Accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme d'études collégiales**

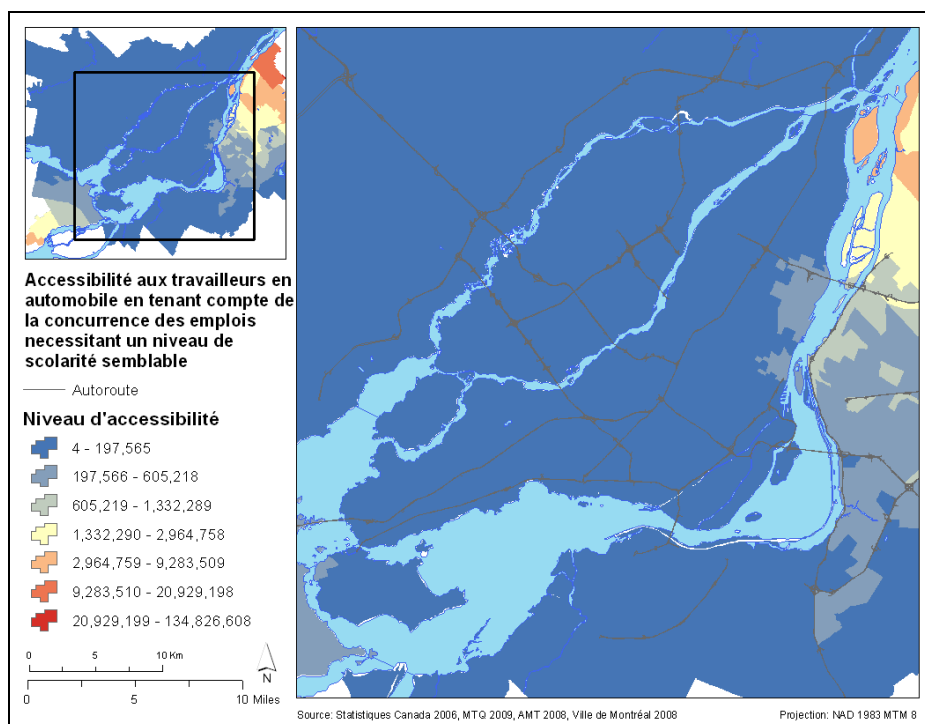


Figure 55 Accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme universitaire

Les résultats relatifs à l'accessibilité concurrentielle aux travailleurs tiennent compte de la concentration spatiale des emplois. Dans les zones où il y a peu d'emplois et beaucoup de travailleurs, l'accessibilité concurrentielle sera élevée, alors que dans les zones où l'on trouve beaucoup d'emplois et peu de travailleurs, elle sera faible. La figure 53 montre les résultats en ce qui concerne l'accessibilité concurrentielle aux travailleurs qui possèdent un diplôme d'études secondaires ou moins : on trouve des niveaux moyens à élevés d'accessibilité concurrentielle partout sur l'île de Montréal, à Laval, dans la région de Lanaudière et sur la Rive-Sud rapprochée; les niveaux élevés d'accessibilité ont tendance à être regroupés autour des grandes autoroutes.

La distribution spatiale de l'accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme collégial ou universitaire est similaire, tout en présentant des niveaux plus élevés dans les régions de Longueuil et de Vaudreuil-Dorion (figures 54 et 55). Cela pourrait indiquer que de nombreux travailleurs ayant une éducation postsecondaire résident à proximité, mais que l'on y trouve très peu d'emplois correspondant à leurs besoins.

4.1.3 L'interprétation des résultats

Les résultats de l'application du modèle d'accessibilité concurrentielle sont nombreux et offrent une image variée de l'accessibilité concurrentielle aux emplois dans la région métropolitaine de Montréal. En général, la Rive-Sud a des niveaux peu élevés d'accessibilité concurrentielle à tous les types d'emplois, sauf pour le secteur de l'agriculture, de la pêche et de la chasse. On pourrait en déduire que la Rive-Sud n'offre une concentration d'emplois plus élevée que la moyenne dans aucun secteur d'activité. Cela pourrait aussi signifier que le réseau des transports est déficient sur la Rive-Sud et que les résidents doivent voyager plus longtemps pour atteindre les zones riches en emplois à Montréal ou à Laval.

Lorsque nous avons analysé l'accessibilité concurrentielle aux emplois selon les exigences en éducation, nous avons observé que la Rive-Sud a des niveaux moyens à élevés d'accessibilité concurrentielle pour les trois catégories d'emplois, particulièrement dans les zones situées le long de l'autoroute 15 et à proximité du pont Jacques-Cartier. La proximité de Longueuil du centre-ville de Montréal est ici à souligner. La ville de Longueuil se classe première en matière d'accessibilité concurrentielle aux travailleurs qui possèdent un diplôme d'études postsecondaires, particulièrement dans la zone où sont concentrés les emplois à Longueuil. Malgré le fait que de nombreux travailleurs ayant une éducation postsecondaire se trouvent à proximité de cette zone, ils n'y trouvent que très peu d'emplois. Il y a clairement un potentiel qui devrait inciter les employeurs de certains secteurs à s'installer dans cette région.

L'île de Montréal a en général une bonne accessibilité concurrentielle aux emplois dans la plupart des secteurs. La partie ouest du centre de Montréal (où est situé le pôle d'emplois Ville Saint-Laurent/Dorval) a une accessibilité concurrentielle élevée aux emplois dans les secteurs de la fabrication, du commerce de gros et de détail, du transport et de l'entreposage. Cela est dû, en partie, à une forte concentration d'emplois du secteur industriel dans cette zone, à son emplacement stratégique près des autres pôles d'emplois (centre des affaires et Laval) et à la proximité des autoroutes 20, 40 et 15. La zone de Ville Saint-Laurent/Dorval dispose aussi du plus haut niveau d'accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme d'études secondaires ou moins, ce qui est provoqué par la concentration élevée d'emplois industriels.

Le centre des affaires est presque la seule zone où l'on observe une accessibilité concurrentielle élevée aux emplois dans les secteurs des services, de l'information et de la culture, de la gestion de sociétés et d'entreprises, de la finance et des assurances et des administrations publiques. Ces secteurs sont caractéristiques du centre des affaires, où sont situés habituellement les grandes banques, les compagnies d'assurances, les bureaux du gouvernement et les sièges sociaux des entreprises. Le centre des affaires bénéficie aussi du plus haut niveau d'accessibilité concurrentielle aux emplois nécessitant une éducation postsecondaire. Cette situation est

directement liée à la concentration élevée d'emplois de cols blancs dans cette zone.

Laval et la Rive-Nord ont des niveaux élevés d'accessibilité concurrentielle aux emplois dans les secteurs des ressources naturelles, de la construction, du commerce de détail et de l'hébergement et des services de restauration. Les hauts niveaux d'accessibilité aux emplois dans le secteur de la construction s'expliquent, en partie, par l'expansion rapide de Laval. Cette zone présente aussi des niveaux moyens à élevés d'accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant une éducation secondaire et postsecondaire, ce qui indique qu'elle est bien reliée au réseau des autoroutes.

Sur la Rive-Nord, certaines zones se distinguent des autres et mériteraient d'être étudiées plus en profondeur. Saint-Jérôme, La Plaine, Boisbriand, Blainville et Sainte-Thérèse offrent tous des niveaux très élevés d'accessibilité concurrentielle à certains secteurs d'emplois, ce qui est surprenant compte tenu de la faible concentration d'emplois dans ces secteurs résidentiels. Il serait pertinent d'étudier plus en détail les raisons qui permettent de tels niveaux d'accessibilité concurrentielle dans ces régions et d'examiner le comportement de déplacement de leurs résidents.

4.2 LES FACTEURS D'ÉQUILIBRE INVERSES

Le deuxième modèle utilisé qui tient compte de la concurrence en mesurant l'accessibilité aux emplois et aux travailleurs est celui des facteurs d'équilibre inverses provenant du modèle d'interaction spatiale doublement contraint. Comme dans la section précédente, ce modèle a été employé pour mesurer l'accessibilité concurrentielle à tous les emplois et travailleurs dans la région de Montréal, ainsi que pour mesurer l'accès aux emplois et aux travailleurs selon leur niveau d'éducation.

La mesure des facteurs d'équilibre inverses est plus complexe que toutes celles que nous avons testées jusqu'ici dans ce projet de recherche. Étant donné qu'on la calcule de façon itérative, le procédé est moins transparent, ce qui rend la mesure difficile à interpréter. Les résultats sont exprimés comme des niveaux pondérés d'accessibilité concurrentielle. Ils ont été mis à l'échelle afin de les rendre comparables à ceux des autres mesures. Les résultats du premier calcul (les emplois) ont été multipliés par une constante et les résultats du deuxième calcul (les travailleurs) ont été divisés par la même constante. Bien que ce modèle fournisse aussi une mesure d'accessibilité concurrentielle, on le désignera sous le nom « d'accessibilité équilibrée » afin de simplifier la comparaison entre les mesures.

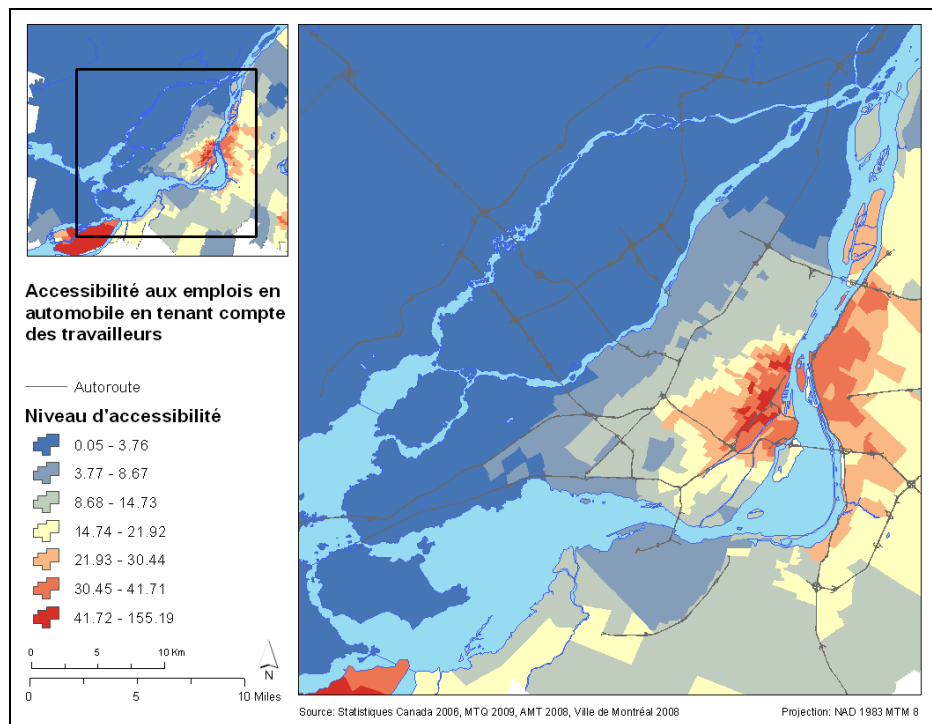


Figure 56 Accessibilité équilibrée à tous les emplois

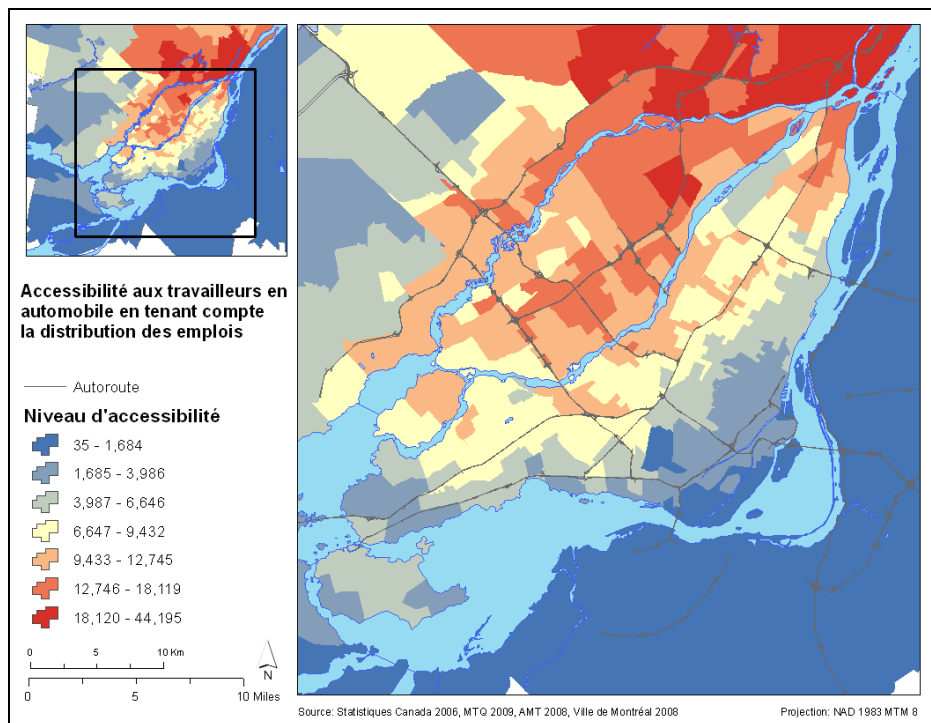


Figure 57 Accessibilité équilibrée à tous les travailleurs

La distribution spatiale de l'accessibilité équilibrée aux emplois et aux travailleurs est relativement différente des résultats obtenus précédemment dans cette recherche. On note une accessibilité équilibrée élevée aux emplois dans le centre des affaires et dans le secteur de Beauharnois-Valleyfield; les autres zones qui enregistrent de hauts niveaux d'accessibilité sont le centre de l'île de Montréal et Longueuil, ainsi que la Rive-Sud rapprochée (figure 56). Il est intéressant de noter que les résultats de la mesure d'accessibilité équilibrée affichent une représentation moins monocentrique de l'accessibilité et qu'ils révèlent, pour la première fois, l'accessibilité élevée aux emplois de Longueuil. En effet, Longueuil est située juste en face du centre des affaires et dispose d'un grand pôle d'emplois. Valleyfield bénéficie aussi d'une concentration élevée d'emplois et est située à proximité des grandes autoroutes.

La figure 57 montre les résultats du deuxième facteur d'équilibre inverse (qui est en fait le contraire du premier) : l'accessibilité équilibrée aux travailleurs. Cette deuxième carte nous aide à comprendre la distribution de l'accessibilité équilibrée aux emplois. On observe une forte accessibilité équilibrée aux travailleurs au nord et à l'est de l'île de Montréal, dans la majeure partie de Laval et dans la région de Lanaudière. Les niveaux les plus élevés se trouvent dans les banlieues en croissance rapide au nord. Ces zones sont dotées d'un bon réseau de transport (elles sont construites autour du réseau autoroutier) et

elles sont majoritairement résidentielles. Elles seraient l'emplacement idéal pour un nouveau pôle d'emplois ou pour un développement mixte.

Étant donné que chaque calcul explique l'autre et qu'il est équilibré à l'aide du procédé itératif, chaque facteur d'équilibre inverse contient l'autre facteur. Par exemple, comme le premier facteur (l'accessibilité aux emplois) explique la concurrence entre les travailleurs, il n'est pas nécessaire d'utiliser le deuxième facteur (l'accessibilité aux travailleurs) comme complément essentiel dans une analyse statistique.

Les figures 58 et 59 montrent les résultats relatifs à l'accessibilité équilibrée aux emplois selon le niveau d'éducation (secondaire et postsecondaire). Dans la catégorie postsecondaire, on a regroupé tous les travailleurs ayant un diplôme collégial ou universitaire ainsi que tous les emplois correspondant à ces catégories (tableau 3). L'accessibilité équilibrée aux emplois exigeant une éducation secondaire est distribuée différemment sur cette carte, si on la compare à la carte affichant les résultats du modèle concurrentiel (figure 53).

Les niveaux élevés d'accessibilité sont concentrés dans les grands pôles d'emplois : le centre des affaires, Ville Saint-Laurent/Dorval et Longueuil, et s'étendent à partir de ces zones sur le reste de l'île de Montréal et la Rive-Sud. Les niveaux élevés d'accessibilité équilibrée aux emplois nécessitant un diplôme d'études postsecondaires s'étalent au nord le long de l'autoroute 15 vers la région des Laurentides; une tendance déjà observable dans la figure 55, mais qui est encore plus claire dans la figure 59. L'accessibilité équilibrée aux emplois exigeant une éducation postsecondaire augmente à mesure que l'on s'éloigne de l'île de Montréal.

Les deux figures suivantes montrent le résultat opposé : l'accessibilité équilibrée aux travailleurs telle qu'elle est exprimée par le deuxième facteur d'équilibre. La figure 60 montre les niveaux élevés d'accessibilité équilibrée aux travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires ou moins dans la région de Lanaudière et la partie est de Laval et de Montréal. Cette situation était visible sur la figure 50, qui montre les résultats de la même mesure en utilisant la mesure d'accessibilité concurrentielle, mais la tendance n'était pas aussi évidente. L'accessibilité aux travailleurs ayant un niveau d'éducation postsecondaire est plus élevée sur la Rive-Sud; elle diminue graduellement à mesure que l'on se déplace vers le nord, et elle est très peu élevée à Laval et sur la Rive-Nord.

Il est important de souligner que les résultats du modèle concurrentiel sont identiques aux résultats issus de la première itération des facteurs d'équilibre inverses. Il est normal que les tendances observées lors de la première itération deviennent plus précises au fur et à mesure que le modèle atteint l'équilibre. On peut donc en conclure que même si le modèle des facteurs d'équilibre inverses est plus complexe à calculer et à interpréter que le modèle concurrentiel, ses résultats sont plus nets et révèlent des tendances qui peuvent être étudiées ensuite plus en profondeur à l'aide d'autres méthodes.

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

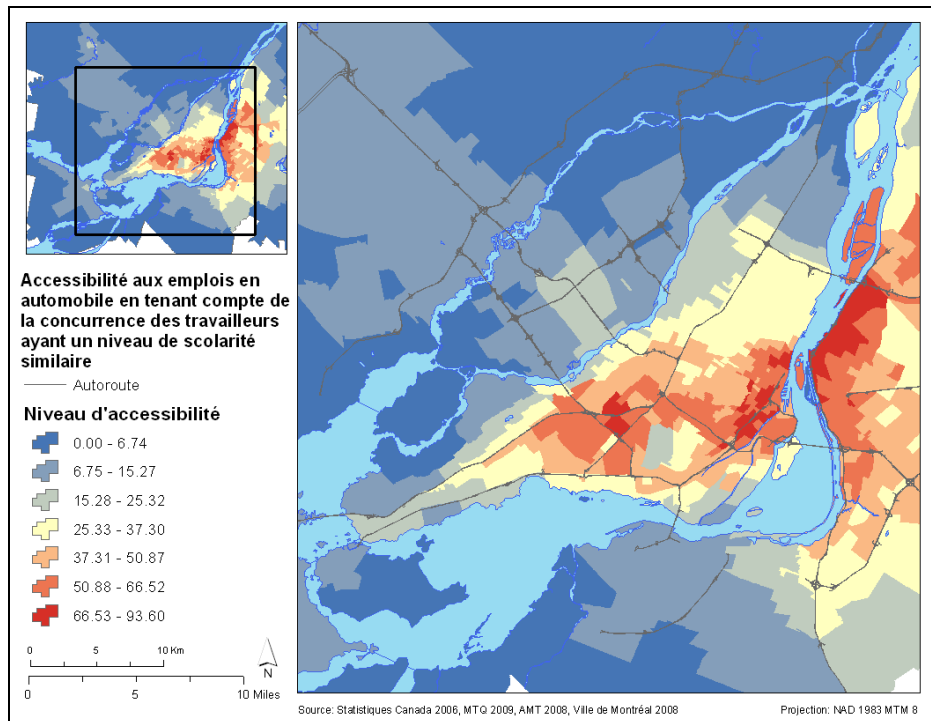


Figure 58 **Accessibilité équilibrée aux emplois exigeant un niveau d'éducation secondaire ou moins**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

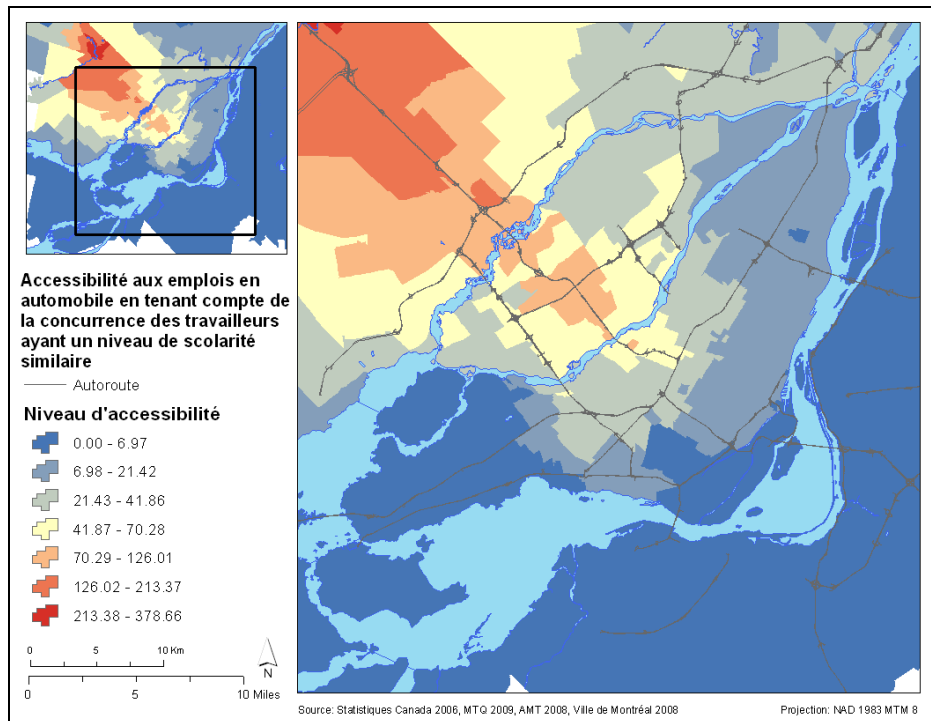


Figure 59 **Accessibilité équilibrée aux emplois exigeant une éducation postsecondaire**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

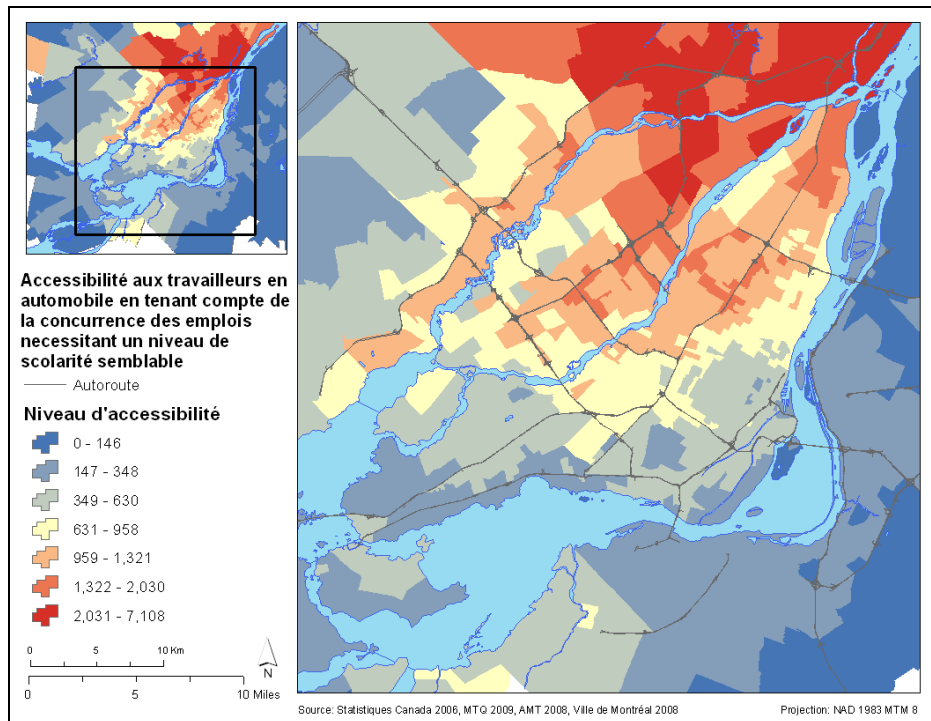


Figure 60 **Accessibilité équilibrée aux travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

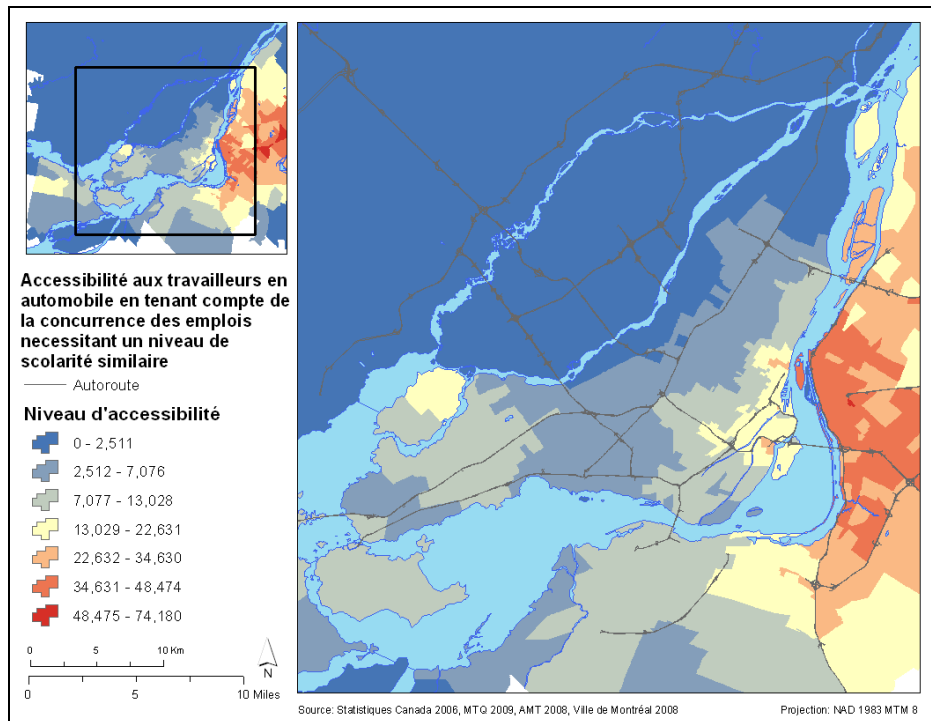


Figure 61 **Accessibilité aux travailleurs ayant un diplôme d'études postsecondaires**

4.3 Le classement local

La mesure d'accessibilité de classement local est très différente de tous les modèles utilisés jusqu'ici dans le projet de recherche. Nous avons utilisé une autre série de données pour calculer cette mesure. Au lieu d'utiliser le nombre de travailleurs et d'emplois dans chaque ZAT, nous nous sommes servis du flux des déplacements effectués pour le travail. Les données correspondent au nombre de déplacements dont le point de départ est dans un secteur de recensement et la destination, dans un autre secteur de recensement. Les données ont été regroupées par municipalité et par arrondissement. Les villes de Montréal, de Laval et de Longueuil ont été divisées par arrondissements ou quartiers afin de pouvoir les comparer aux petites municipalités de la région métropolitaine de Montréal. Ce flux de données représente les déplacements du domicile au travail et il est aussi disponible pour la direction opposée. Tout comme les facteurs d'équilibre inverses, cette mesure est calculée de façon itérative, ce qui la rend plus difficile à interpréter.

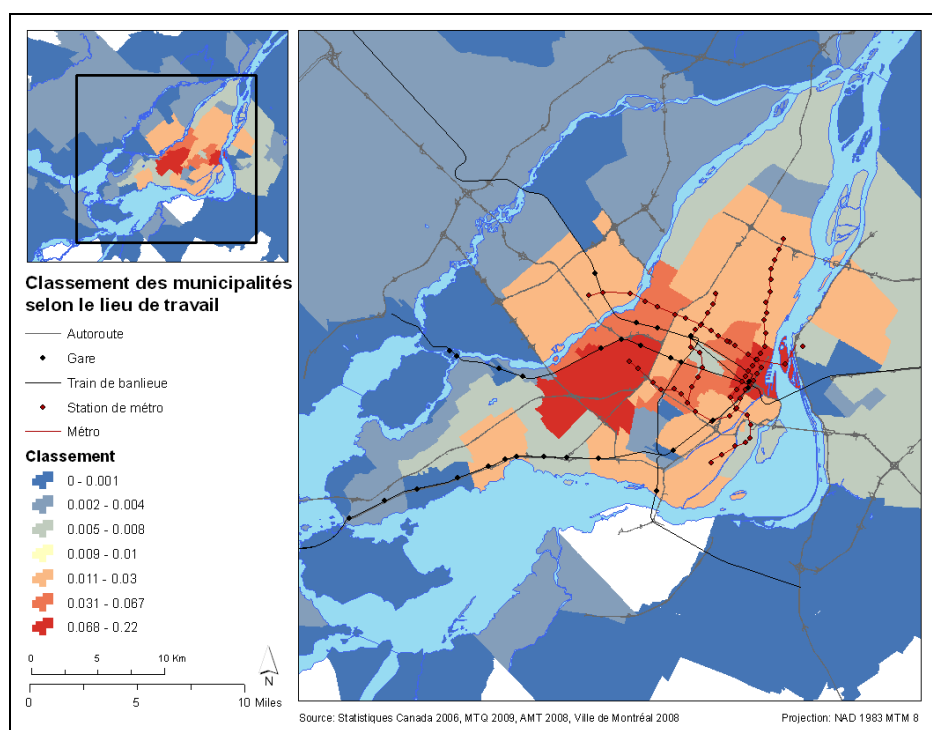


Figure 62 Classement des emplacements de travail

La première mesure est le classement des municipalités selon leur niveau d'attractivité en matière d'emploi. Cette mesure combine tous les modes de transport et intègre l'impédance et l'attractivité des occasions, étant donné qu'elle se base sur le comportement de déplacement réel. Comme il s'agit

d'une mesure du comportement de déplacement et non des occasions potentielles, le classement local ne mesure pas l'accessibilité de façon traditionnelle comme nous l'avons vu dans les mesures précédentes. Cependant, il reflète bien l'accessibilité, car les zones ayant un classement plus élevé offrent plus d'occasions, moins de concurrence entre les travailleurs et des meilleures conditions de transport.

La figure 62 montre le résultat de la mesure du classement local pour les emplacements de travail. Les secteurs qui se classent le plus haut sont le centre des affaires et le pôle d'emplois Ville Saint-Laurent/Dorval. Les autres pôles d'emplois, tels que Laval, Longueuil et Anjou, occupent aussi une place élevée dans le classement. Deux zones du centre de l'île de Montréal sont en bas du classement : Outremont et la zone de Montréal Ouest, Hampstead et Côte Saint-Luc. Ces quartiers sont majoritairement résidentiels, avec quelques commerces de détail. Par conséquent, la plupart des résidents se déplacent pour aller travailler dans un autre secteur, mais très peu de gens voyagent vers ces quartiers pour y travailler. C'est le cas aussi des zones de banlieues situées sur les pointes est et ouest de l'île de Montréal, à Laval et sur les rives nord et sud.

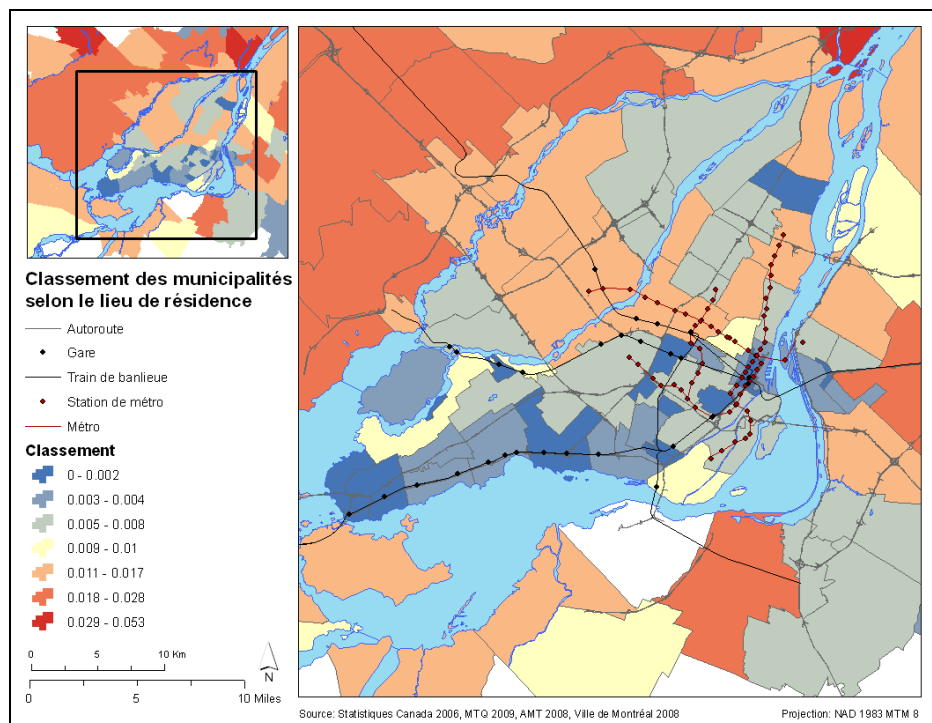


Figure 63 Classement des emplacements résidentiels

La figure 63 montre la même mesure de classement local appliquée aux emplacements résidentiels. On y voit clairement que la Rive-Nord et les régions des Laurentides, de Lanaudière et de la Montérégie sont des zones résidentielles convoitées. La grande partie de l'île de Montréal, excepté les quartiers centraux à forte densité comme le Plateau-Mont-Royal, Villeray, Rosemont, Ahuntsic et Cartierville, se trouve dans le bas du classement. La plupart de ces zones se classent en haut ou dans le milieu de la liste en matière d'emplacements du travail, ce qui indique que la majorité des gens travaillant dans ces municipalités n'habitent pas au centre de l'île, mais en banlieue.

5. LES INDICATEURS D'ACCESSIBILITÉ

5.1 Les indicateurs de changement

L'accessibilité peut être utile pour évaluer les effets des plans d'aménagement et hiérarchiser les projets selon leur priorité. Par exemple, les niveaux d'accessibilité prévus à la suite de l'implantation d'un plan d'aménagement peuvent être projetés et comparés aux niveaux actuels. Pour y parvenir, on doit modéliser les conditions de déplacement dans le futur, en incluant les projets de transport proposés, et l'on doit créer une nouvelle matrice des temps de déplacement. Cela peut s'appliquer à tout projet qui aura une incidence considérable sur le réseau de transport, quel que soit le mode.

La figure 65 montre les résultats de la mesure d'accessibilité isochrone aux emplois en se servant des temps de déplacement prévus pour 2011. Ces temps de déplacement ont été modélisés à l'aide du modèle de prévision de la demande de déplacement fourni par le MTQ et ils comprennent le nouveau prolongement de l'autoroute 25 et le pont vers Laval. On prévoit imposer un péage sur ce pont; pour les besoins de la simulation, une impédance de six minutes a été appliquée à tous les déplacements qui empruntent ce pont. On doit interpréter ces résultats avec prudence, car la façon dont ces temps de déplacement ont été modélisés ne permet pas de distinguer les déplacements touchés par cette impédance des autres.

Bien qu'elle soit intéressante, cette carte à elle seule est peu utile aux planificateurs. Elle doit être comparée aux niveaux d'accessibilité actuels afin de pouvoir évaluer comment le projet proposé modifiera l'accessibilité à Montréal. La figure 64 montre l'accessibilité isochrone actuelle aux emplois qui se trouvent à 30 minutes de trajet.

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

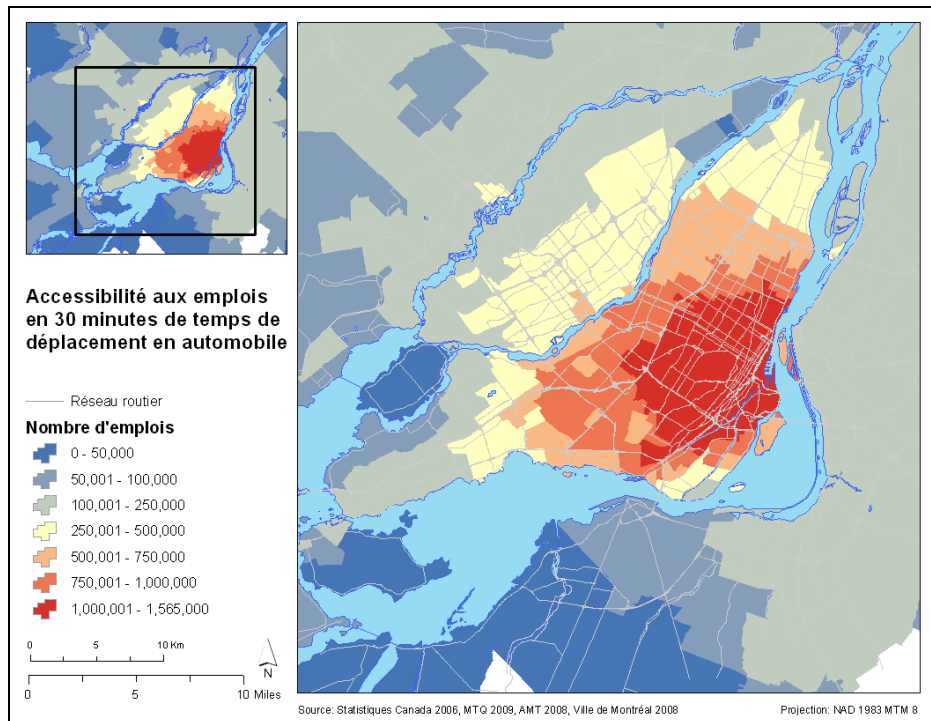


Figure 64 **Nombre d'emplois présentement accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture**

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

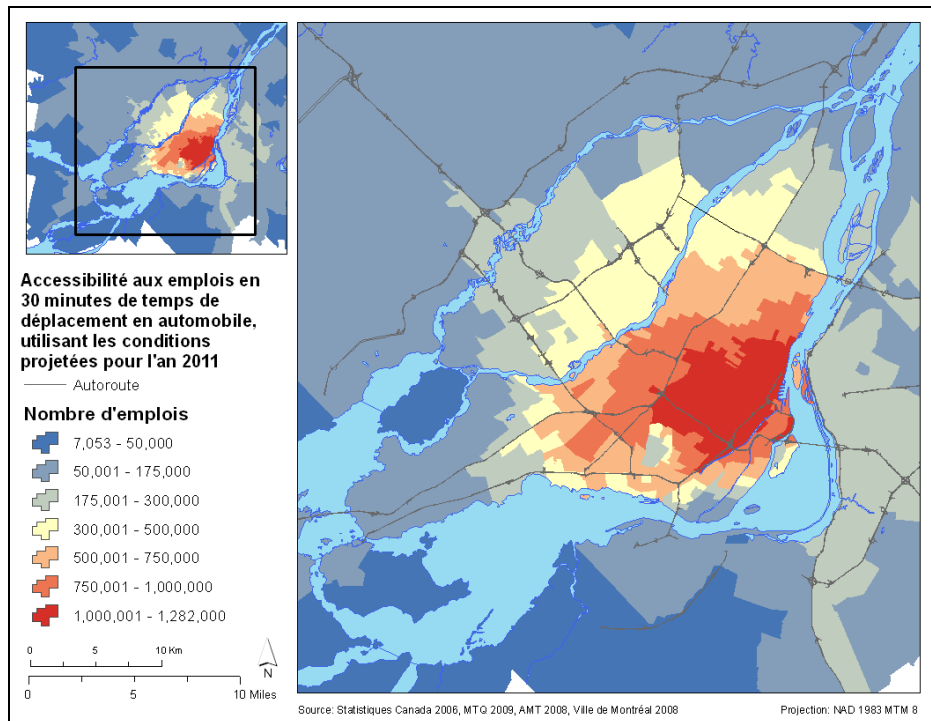


Figure 65 **Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture en 2011**

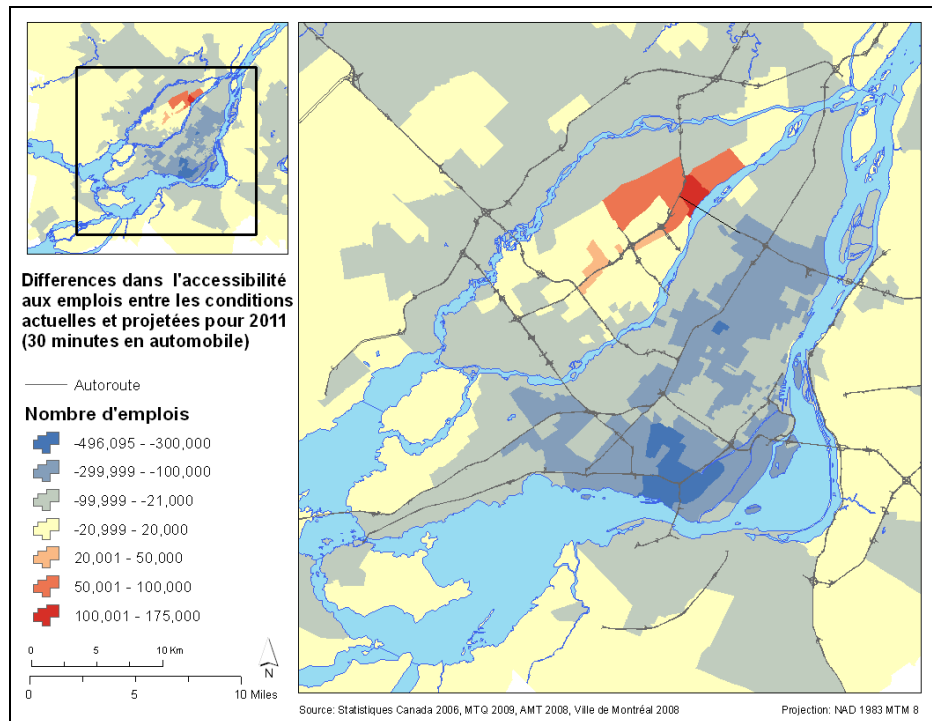


Figure 66 Changement du nombre d'emplois accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture entre 2003 et 2011

Plutôt que de comparer les deux cartes, il est plus pertinent d'en créer une nouvelle en utilisant les résultats des deux précédentes. La figure 66 montre le changement relatif à l'accessibilité isochrone aux emplois entre les niveaux d'aujourd'hui et les niveaux prévus pour 2011. Il est important de noter que la seule différence entre les mesures actuelles et les mesures projetées est le temps de déplacement. Par conséquent, l'accessibilité est projetée pour 2011 en utilisant les données sur l'emploi de 2006. Étant donné que les niveaux de congestion augmenteront en partie à cause du développement économique, il est à prévoir que les occasions d'emplois se multiplieront aussi et auront possiblement une distribution spatiale différente. On doit donc considérer ces résultats comme un exemple d'indicateur qui peut être créé en utilisant l'accessibilité et non comme une mesure directe pour évaluer les effets du prolongement de l'autoroute 25 et de l'ajout du pont.

La figure 66 montre clairement les zones où un changement d'accessibilité isochrone se produira d'ici 2011, si les projets compris dans la modélisation de prévision de la demande de déplacement sont concrétisés. Une grande partie de Montréal connaîtra une diminution d'accessibilité aux emplois (perte de 20 000 à 100 000 emplois), alors que les banlieues avoisinantes demeureront stables ou elles risqueront de gagner ou de perdre l'accès à 20 000 emplois. Au centre de l'île de Montréal, les quartiers entre Anjou et Dorval connaîtront une diminution de l'accessibilité aux emplois encore plus importante, et les

secteurs de LaSalle, Lachine, Montréal Ouest, Hampstead et Côte Saint-Luc seront les plus touchés. Ceci est possiblement dû à la congestion accrue sur toutes les grandes autoroutes. À Laval, les zones autour du nouveau pont connaîtront une forte augmentation d'accessibilité aux emplois qui s'étendra le long de l'autoroute 440 jusqu'à la jonction avec l'autoroute 15.

Cette carte souligne deux tendances probables en matière d'accessibilité à long terme. La première est une diminution possible de l'accessibilité aux emplois en voiture. Cela ouvre la voie à des projets et à des politiques qui pourraient compenser cette situation en augmentant l'accessibilité globale et en proposant des solutions de remplacement à la voiture privée, comme des politiques encourageant le covoiturage, de nouvelles infrastructures de transport collectif rapide ou une capacité accrue dans les transports collectifs actuels.

La deuxième tendance qui apparaît dans ces cartes est la croissance des niveaux d'accessibilité que l'on peut attribuer au nouveau pont et au prolongement de l'autoroute à Laval. Comme nous le verrons plus loin, cette situation influencera les prix des maisons et des terrains dans cette zone et stimulera le développement. Cela devrait aussi avoir un effet sur les comportements de déplacement des résidents locaux, en les incitant à parcourir des distances plus courtes et à avoir des espaces d'activités plus concentrés. Bien entendu, l'accessibilité accrue n'est pas suffisante pour influencer fortement le comportement de déplacement. C'est précisément pour cette raison que ce type de projet, qui entraînera la construction de nouveaux quartiers et commerces, doit être appuyé par des politiques favorisant des pratiques de transport durables.

5.2 L'évolution de l'accessibilité

Le procédé qui consiste à examiner comment les niveaux d'accessibilité ont évolué au cours du temps est une autre approche pour mesurer l'accessibilité. Cela peut être fait en calculant l'accessibilité actuelle et l'accessibilité antérieure aux emplois et aux travailleurs et en comparant les deux afin de cerner les zones qui ont connu une perte ou une augmentation de l'accessibilité. Les changements observés en matière d'accessibilité au cours du temps peuvent être utiles pour déterminer les projets et les politiques passés qui ont contribué à l'augmentation de l'accessibilité, ou pour comprendre les effets des différentes tendances de développement, tels que la décentralisation, sur l'accessibilité. Si l'unité d'analyse, dans ce cas-ci les ZAT, est identique pour les deux années analysées, une simple carte d'évolution, comme celle illustrée sur la figure 66, soulignera facilement les changements au cours du temps. Cependant, il est peu probable que les limites administratives demeurent les mêmes au cours d'une longue période, étant donné qu'elles se basent, au moins en partie, sur les caractéristiques sociodémographiques, telles que la densité de la population, qui changent avec le temps.

Dans ce projet de recherche, l'accessibilité isochrone actuelle a été mesurée en utilisant les temps de déplacement et les limites de ZAT correspondant aux conditions de transport de 2003 et les données sur l'emploi du recensement de 2006 (figures 7 et 11, chapitre 3). L'accessibilité isochrone antérieure a été calculée en utilisant les temps de déplacement et les limites de ZAT de 1993 et les données sur l'emploi du recensement de 2001. Les figures 67 et 68 montrent l'accessibilité isochrone aux emplois et aux travailleurs selon les conditions de transport de 1993.

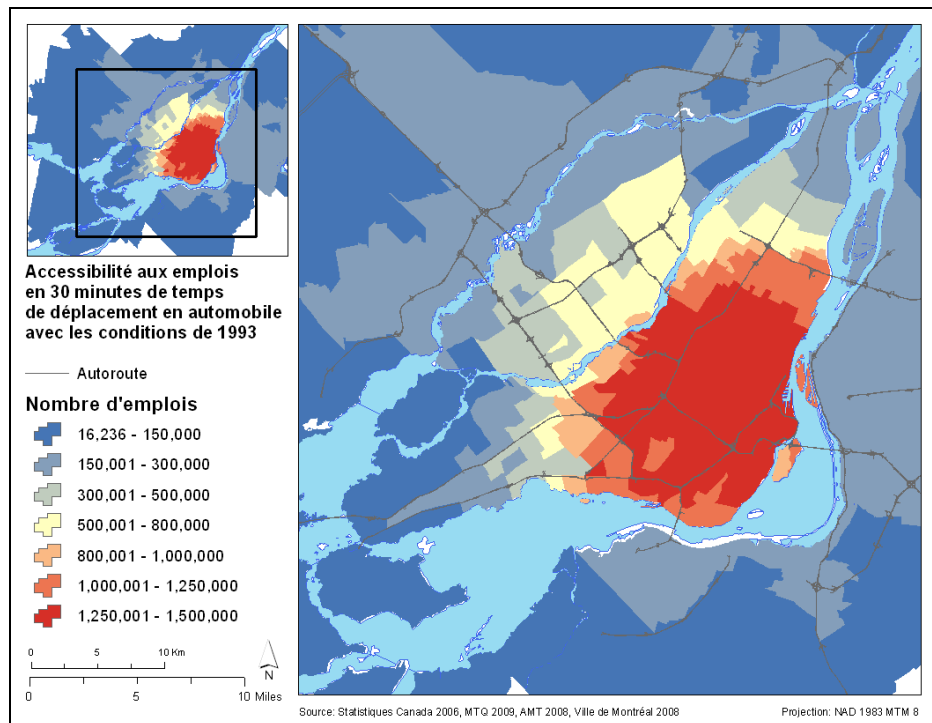


Figure 67 Nombre d'emplois accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture en 1993

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

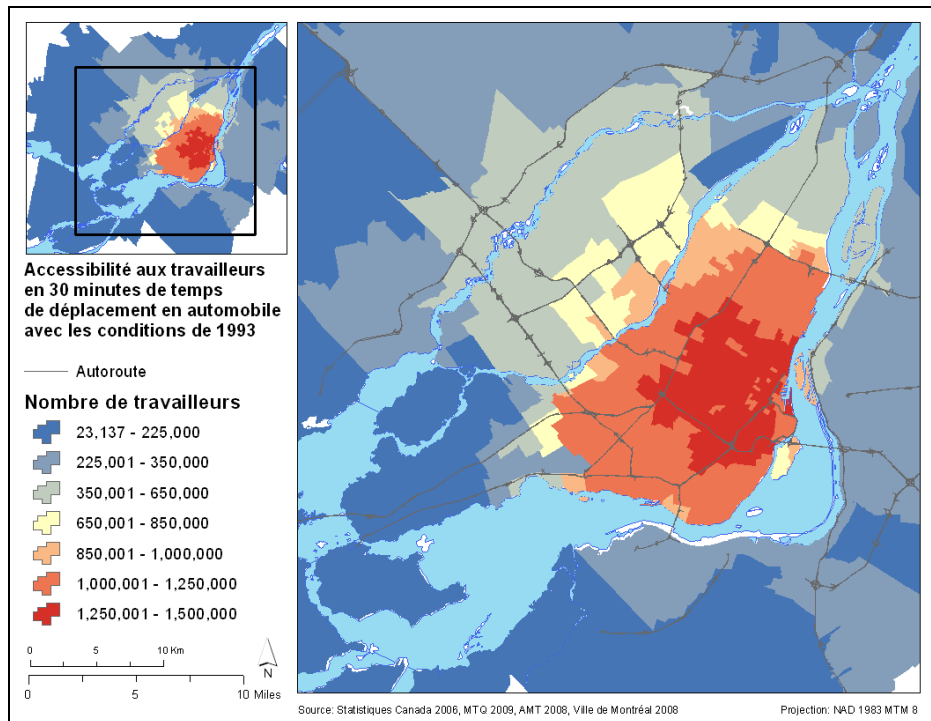


Figure 68 **Nombre de travailleurs accessibles dans un délai de 30 minutes en voiture en 1993**

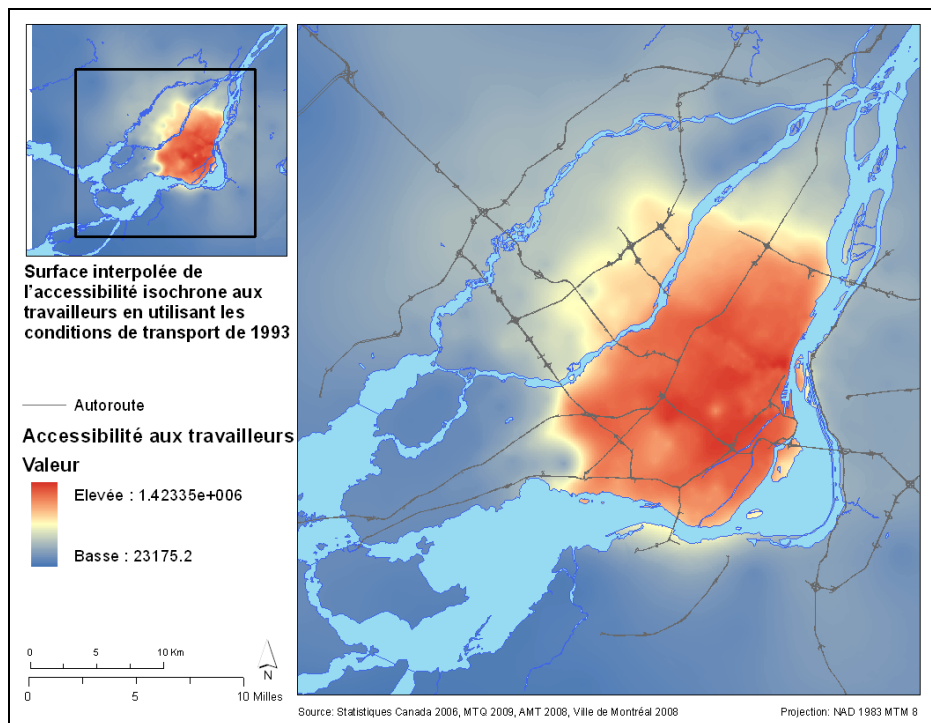


Figure 69 Surface interpolée de l'accessibilité isochrone aux travailleurs en 1993

De nombreuses limites de ZAT ont changé entre 1993 et 2003; nous ne pouvons donc pas créer une simple carte montrant l'évolution par ZAT. Nous avons plutôt interpolé, avec les méthodes de Krigage dans ArcGIS, deux surfaces à partir des résultats de la mesure d'accessibilité isochrone aux emplois et aux travailleurs : une pour les conditions de transport de 1993 et une autre pour 2003. Les méthodes de Krigage reposent sur la notion de l'autocorrélation spatiale. Ceci relève de la première loi de géographie selon Tobler : « Chaque chose est liée à toutes les autres, mais les choses rapprochées sont plus reliées que les choses éloignées » (Tobler, 1970). Autrement dit, les choses qui sont rapprochées ont tendance à être plus similaires que celles qui sont éloignées et en augmentant la distance, on devrait diminuer la corrélation entre elles.

La surface interpolée est une représentation continue des niveaux d'accessibilité isochrone basés sur des données ponctuelles, dans ce cas la valeur de chaque centroïde de ZAT. Les surfaces d'accessibilité isochrone peuvent être comparées entre elles afin de souligner leurs différences. La figure 69 montre les résultats de l'interpolation relative à l'accessibilité isochrone aux travailleurs. Une comparaison visuelle des figures 68 et 69 montre que les résultats sont très similaires à première vue. De plus, les erreurs de prédiction de la moyenne et de l'écart type étaient inférieures à 0,09 pour les deux surfaces, ce qui veut dire qu'il y avait très peu d'erreurs dans la

prédiction des résultats, étant donné la taille de l'échantillon. Ces résultats indiquent que les surfaces sont des représentations valides de l'échantillon original.

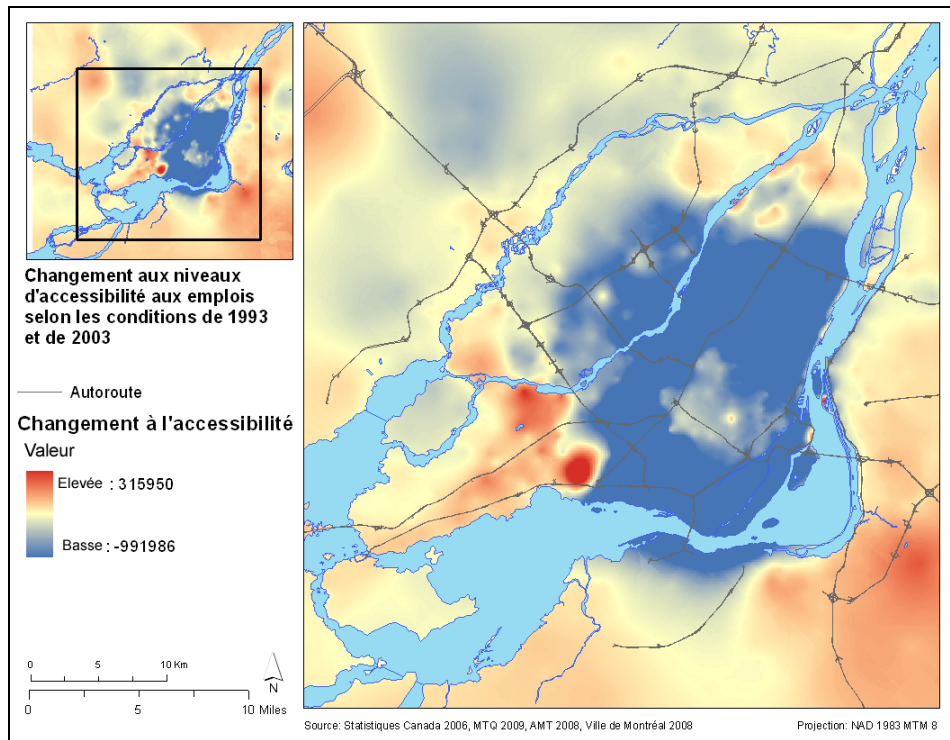


Figure 70 Changements de l'accessibilité isochrone aux emplois au cours des années

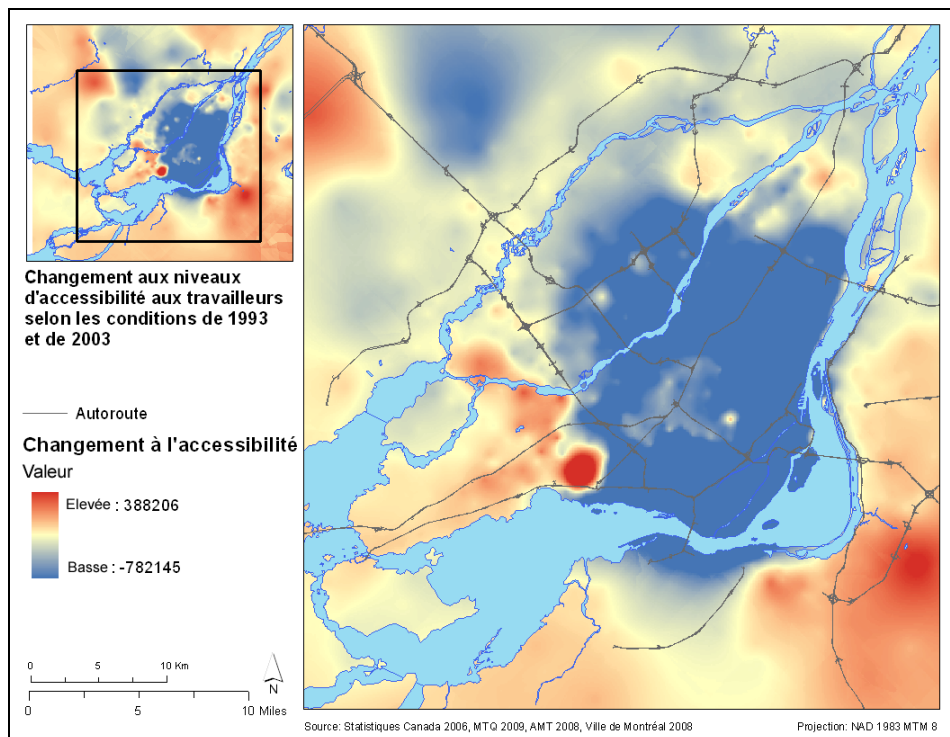


Figure 71 Changements de l'accessibilité isochrone aux travailleurs au cours des années

La surface correspondant à l'accessibilité isochrone aux emplois selon les conditions de transport de 1993 a été soustraite de la surface correspondant aux conditions de transport de 2003. La figure 70 montre les résultats de cette opération. Les zones en rouge ont connu une augmentation de l'accessibilité isochrone aux emplois, alors que les zones en bleu ont subi une diminution de cette accessibilité. La figure 71 montre les résultats de la même opération effectuée pour l'accessibilité isochrone aux travailleurs. Les deux figures sont presque identiques; le seul point qui les distingue est l'intensité du changement et non l'emplacement. Cela pourrait indiquer que les changements d'accessibilité ont été rendus possibles grâce à d'importantes améliorations du transport dont les travailleurs et les employeurs ont profité, ou encore grâce aux grandes tendances de développement urbain, telles que l'expansion des banlieues. En fait, l'accessibilité isochrone aux emplois et aux travailleurs a généralement diminué au centre de l'île, excepté dans quelques poches à proximité des grandes autoroutes. La partie ouest de l'île a connu une hausse d'accessibilité isochrone aux emplois et aux travailleurs au cours des dix dernières années, un résultat de la décentralisation croissante du secteur des affaires et de l'expansion des banlieues.

Dans la figure 71, on voit clairement la croissance de la population sur les rives nord et sud. Dans l'ensemble, le secteur Ville Saint-Laurent/Dorval a bénéficié

de la plus forte augmentation en matière d'accessibilité isochrone aux emplois et aux travailleurs.

5.3 L'accessibilité normalisée par arrondissement

Un troisième type d'indicateur qui est simple, éloquent et qui tient compte de la concurrence entre les travailleurs se nomme « l'accessibilité normalisée ». Dans le cadre de cette recherche, l'accessibilité est mesurée à l'échelle des ZAT, l'unité de mesure la plus détaillée que l'on peut facilement opérationnaliser. Le fait de comparer les ZAT entre elles n'a pas beaucoup de valeur pour les décideurs, les planificateurs et les non-spécialistes en général. Une solution intéressante est de normaliser l'accessibilité isochrone à une plus grande échelle, telle que l'arrondissement ou la municipalité afin de faciliter la comparaison entre différentes zones. La formule de la mesure est la suivante :

$$NA_i = \frac{\sum_{j=1}^J B_j O_j * D_j}{\sum D_i}$$

où NA_i représente l'accessibilité normalisée dans la zone i , où O_j représente les occasions dans la zone j , où B_j est une valeur binaire égale à 1 si la zone j se trouve à l'intérieur du seuil prédéterminé (sinon, elle est égale à 0), où D_j sont les travailleurs dans la zone j et D_i , les travailleurs dans la zone i .

Pour les résultats de l'accessibilité normalisée, la distribution spatiale est similaire à celle de la mesure isochrone sur laquelle ils sont basés. La figure 72 exprime l'accessibilité normalisée aux emplois, par arrondissement ou municipalité, à 30 minutes de trajet en voiture. Quand on prend en considération la concurrence entre les travailleurs résidant dans la municipalité étudiée, on s'aperçoit que les secteurs ayant les niveaux d'accessibilité les moins élevés sont l'Île-Bizard, Salaberry-Beauharnois, Roussillon et Les Jardins-de-Napierville. Sur l'île de Montréal, les municipalités à l'ouest de Dorval et celles à l'est de Montréal-Est ont des niveaux d'accessibilité peu élevés, comparables à ceux observés dans la partie nord et la partie ouest de Laval et sur les rives nord et sud.

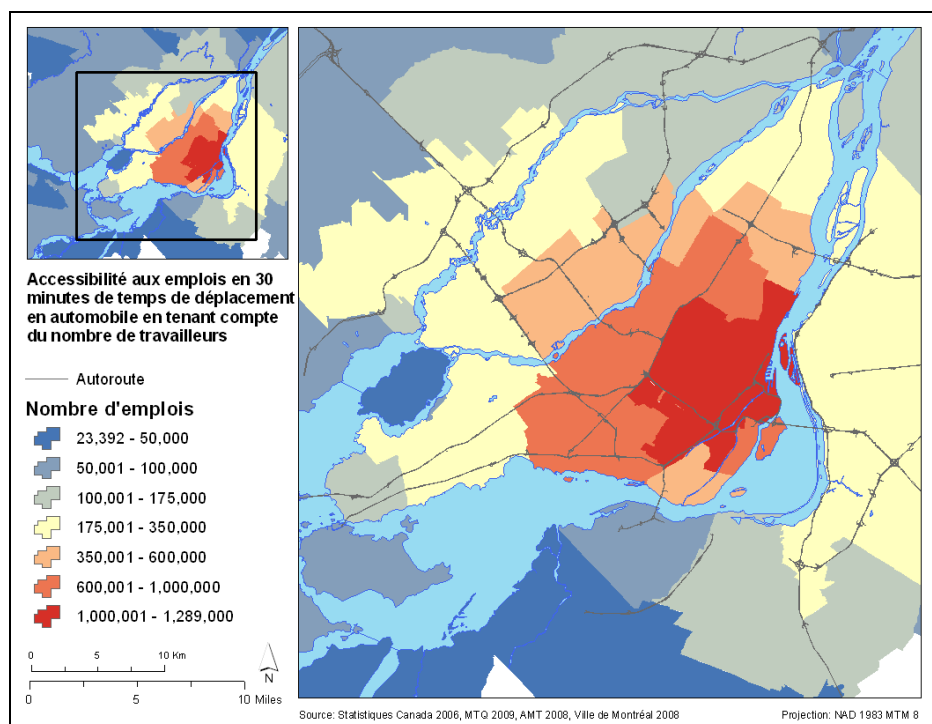


Figure 72 Accessibilité normalisée aux emplois

L'accessibilité aux travailleurs (figure 73) est plus élevée au centre de Montréal et s'étend sur la majeure partie de l'île, à l'exception de l'Île-Bizard, Pierrefonds, Roxboro, Senneville, Sainte-Anne-de-Bellevue, Baie-d'Urfé et Beaconsfield, qui ont les niveaux d'accessibilité les moins élevés. À l'extérieur de l'île, Salaberry-Beauharnois, Roussillon et Les Jardins-de-Napierville ont des niveaux d'accessibilité moins élevés, tout comme les municipalités des Laurentides.

Les deux figures montrent que la distribution de l'accessibilité n'est pas uniforme dans la région, même en tenant compte de la densité de la population. Le centre de Montréal est mieux connecté aux emplois et aux travailleurs grâce à la proximité des grands pôles d'emplois, à la présence des quartiers centraux densément peuplés et à un réseau routier efficace. L'accessibilité aux travailleurs est beaucoup plus répandue sur l'île que l'accessibilité aux emplois, ce qui pourrait indiquer des occasions pour les entreprises dans le nord de l'île de Montréal. Il serait intéressant de produire ce type de carte pour analyser l'équité sociale, notamment l'accessibilité aux hôpitaux ou aux écoles, ou même pour comparer l'accessibilité au réseau de transport collectif (au lieu de comparer l'accessibilité en transport collectif).

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

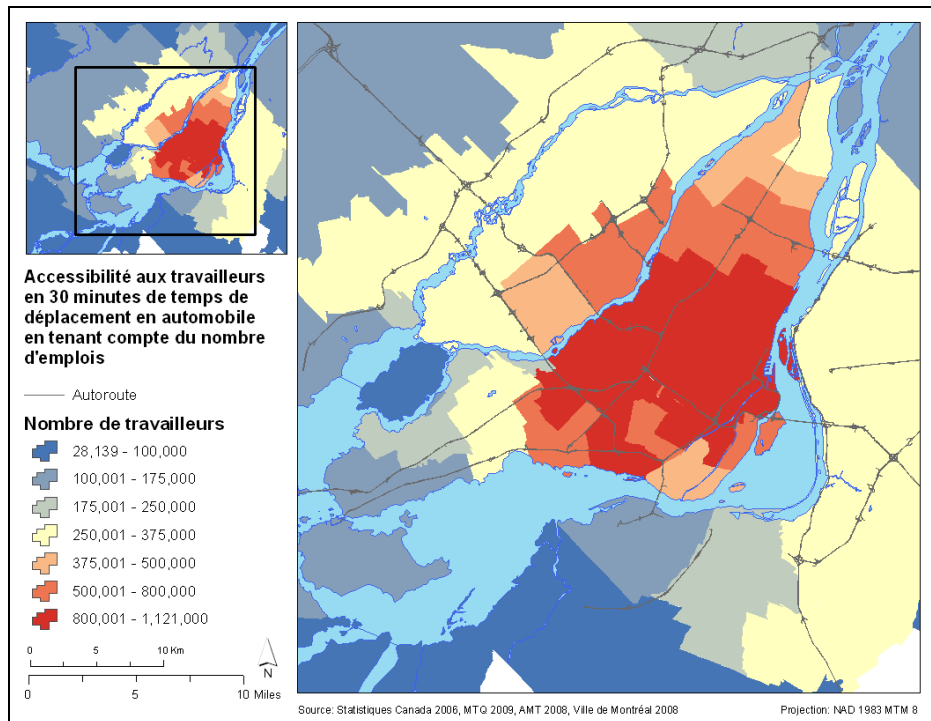


Figure 73 Accessibilité normalisée aux travailleurs

6. L'ACCESSIBILITÉ INDIVIDUELLE : ESPACES D'ACTIVITÉS DU MÉNAGE

Afin d'inclure une mesure d'accessibilité individuelle dans notre projet de recherche, nous avons appliqué le concept de l'espace d'activités réel à la région métropolitaine de Montréal et nous avons calculé trois mesures représentant les comportements de déplacement individuels en utilisant les données fournies par l'enquête origine-destination de 2003.

Ces trois mesures sont les suivantes : la distance totale parcourue par tous les membres du ménage, l'aire du polygone de l'espace d'activités et le facteur de dispersion spatiale. Les études précédentes ont utilisé l'aire absolue de l'espace d'activités et la distance totale parcourue pour estimer comment ces deux phénomènes sont influencés par la forme urbaine et les caractéristiques du quartier (Fan et Khattak, 2008; Newsome *et al.*, 1998). Ces mesures peuvent être déficientes lorsqu'il s'agit d'expliquer un comportement de déplacement localisé. Quant à la distance totale parcourue par les résidents d'un ménage, elle n'explique pas la direction du déplacement ou l'utilisation de l'espace qui en résulte. La mesure de l'aire du polygone peut aussi être trompeuse. Lorsque l'on compare les polygones, on s'aperçoit qu'une petite aire n'indique pas nécessairement des comportements de déplacement localisés. La figure 74 montre une comparaison de polygones selon les mesures effectuées. Les polygones A-1 et A-2 ont la même aire, mais correspondent à deux comportements de déplacement différents : A-1 a plus de déplacements à proximité du point d'origine, alors que A-2 affiche un déplacement très long, mais dans une direction seulement. Une mesure de concentration (*compactness*) est utilisée pour différencier ces deux types de comportements de déplacement (Selkirk, 1982). La mesure de concentration se définit comme suit :

$$C = \frac{A}{p^2}$$

où C est la concentration du polygone, où A est l'aire du polygone et où p est le périmètre du polygone.

Cette mesure crée un ratio entre l'aire du polygone et la distance totale parcourue. On différencie de cette façon les ménages qui ont des aires similaires, mais des distances parcourues différentes. Par contre, comme on peut voir d'après les polygones B-1 et B-2, cette mesure ne fait pas de différence entre un ménage où l'on observe des activités localisées et celui où l'on note des activités plus régionales. Afin d'obtenir une mesure fiable des activités de déplacement à l'échelle individuelle, la mesure de concentration est modifiée pour tenir compte de la dispersion spatiale. La mesure de dispersion spatiale repose en grande partie sur les ratios entre les aires et sur

la concentration. Elle crée de plus un pont entre les mesures mentionnées ci-dessus.

La dispersion spatiale de l'espace d'activités est définie comme suit :

$$Dispersion\ spatiale = \frac{A}{A_{max}} \times \frac{A}{p^2}$$

où A est l'aire de l'espace d'activités d'un ménage, où A_{max} est l'aire du plus grand polygone dans l'échantillon et où $\frac{A}{p^2}$ est la concentration du polygone mesurée auparavant. Comme le montre la figure 74, les polygones C-1 et C-2 ont la même dispersion spatiale ainsi que des aires et des niveaux de concentration similaires.

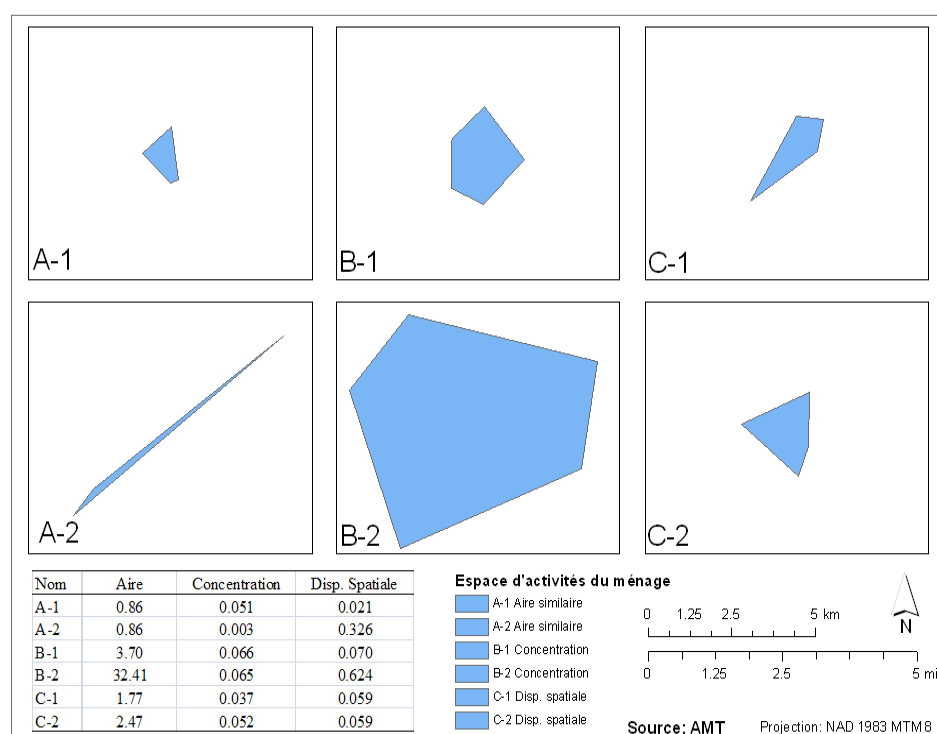


Figure 74 Comparaisons entre les différentes mesures de l'espace d'activités

Le facteur de dispersion spatiale est une nouvelle mesure de l'espace d'activités réel. Il explique la concentration et l'échelle de l'espace d'activités en intégrant à la fois le ratio entre l'aire et la distance totale parcourue, et l'échelle de l'aire de l'espace d'activités au niveau régional. L'espace d'activités réel peut être utilisé comme mesure d'accessibilité potentielle, si l'on totalise le nombre d'occasions qui se trouvent à l'intérieur de ses limites.

Cependant, il est difficile de recueillir les données sur la disponibilité des occasions à une échelle si petite, et des problèmes liés à l'échelle et à la concentration pourraient survenir.

L'espace d'activités réel est une bonne mesure pour évaluer les effets des niveaux d'accessibilité régionaux sur le comportement de déplacement. Il constitue aussi un bon point de départ pour concevoir d'autres mesures d'accessibilité basées sur la notion de l'espace-temps. À l'instar du classement local, cette mesure est basée sur le comportement de déplacement réel; elle ne représente donc pas l'accessibilité dans le sens traditionnel qui implique le potentiel d'interaction. Elle intègre l'accessibilité puisqu'elle se fonde sur des données réelles. Par conséquent, elle peut être utilisée comme mesure indirecte de l'accessibilité des ménages et des individus. Par exemple, le facteur de dispersion spatiale peut être employé pour mesurer l'accessibilité individuelle et l'accessibilité basée sur le lieu. Une personne ayant un facteur de dispersion peu élevé habitera probablement dans une zone où l'on trouve de hauts niveaux d'accessibilité régionale, si l'on exclut l'influence que pourraient avoir ses autres caractéristiques sociodémographiques. La distribution spatiale de cette mesure à l'échelle régionale pourrait être utilisée pour cibler les besoins en aménagement ou effectuer une analyse d'équité sociale. En fait, cette mesure pourrait avoir plusieurs applications dans le domaine de l'aménagement du territoire. Dans notre projet de recherche, elle est utilisée comme variable dans une régression linéaire pour prévoir les niveaux d'accessibilité régionale obtenus à l'aide des modèles traditionnels d'interaction spatiale, tels que la mesure isochrone, le modèle gravitaire et la mesure de facteurs d'équilibre inverses.

6.1 Les données et les hypothèses

Nous avons utilisé les données de l'enquête origine-destination réalisée par l'Agence métropolitaine de transport en 2003 pour calculer les espaces d'activités des ménages. L'enquête O-D est effectuée tous les cinq ans et elle rapporte les déplacements de tous les résidents d'un ménage au cours d'une journée. Les données ont été regroupées par ménage afin d'étudier le comportement de déplacement des ménages. Un échantillon de 22 930 ménages, qui faisaient chacun au moins trois déplacements, a été utilisé pour obtenir les espaces d'activités réels. D'abord, les déplacements des ménages ont été cartographiés à l'aide des coordonnées X, Y du point d'origine et du point de destination de chaque déplacement dans l'environnement SIG. Ensuite, l'application Convex Hull dans ArcGIS a été utilisée pour produire le plus petit polygone possible pour chaque ménage. Ce polygone correspond à l'espace d'activités réel du ménage.

6.2 L'analyse des regroupements des mesures de l'espace d'activités

Afin d'examiner le lien entre les différentes mesures relatives à l'espace d'activités et le système de transport et l'utilisation du sol, nous avons réalisé une analyse de regroupements à l'aide de ArcGIS pour déterminer où sont regroupées les valeurs inférieures et supérieures. Nous avons aussi délimité l'emplacement des valeurs supérieures entourées de concentrations de valeurs inférieures et l'emplacement des valeurs inférieures entourées de concentrations de valeurs supérieures.

Lors de la première étape de cette analyse, les données ont été transformées pour représenter les caractéristiques basées sur la localisation plutôt que le comportement de déplacement individuel. Les 22 930 ménages ont été regroupés selon leur ZAT, et la valeur moyenne de chacune des trois mesures (distance totale, aire et dispersion spatiale) au niveau de la ZAT a été employée pour mesurer l'autocorrélation spatiale. Les regroupements qui en résultent ne représentent pas les tendances individuelles, qui varient beaucoup suivant les caractéristiques personnelles, mais le comportement de déplacement moyen au niveau de la ZAT, qui démontre les occasions et les contraintes spécifiques partagées par les résidents de chaque ZAT.

La figure 75 montre les tendances de regroupements des valeurs inférieures et supérieures en fonction de la distance totale parcourue. Le centre de Montréal affiche un regroupement significatif de valeurs inférieures, alors que les parties ouest et est de l'île et la majeure partie de Laval montrent un regroupement significatif de valeurs supérieures. Cela correspond aux niveaux d'accessibilité des zones de banlieues en question. Étonnamment, dans certaines régions de la Rive-Sud, on observe des regroupements de valeurs inférieures dans des zones telles que Vaudreuil-Soulanges, Beauharnois-Salaberry et Les Jardins-de-Napierville. Cela pourrait indiquer qu'un bon nombre de résidents de ces zones sont situés à proximité de leur lieu de travail ou que ces zones sont autonomes sur le plan des occasions de travail, d'études, de magasinage, etc. Une zone où l'on trouve des valeurs supérieures entourées de valeurs inférieures est située près du pont Mercier.

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

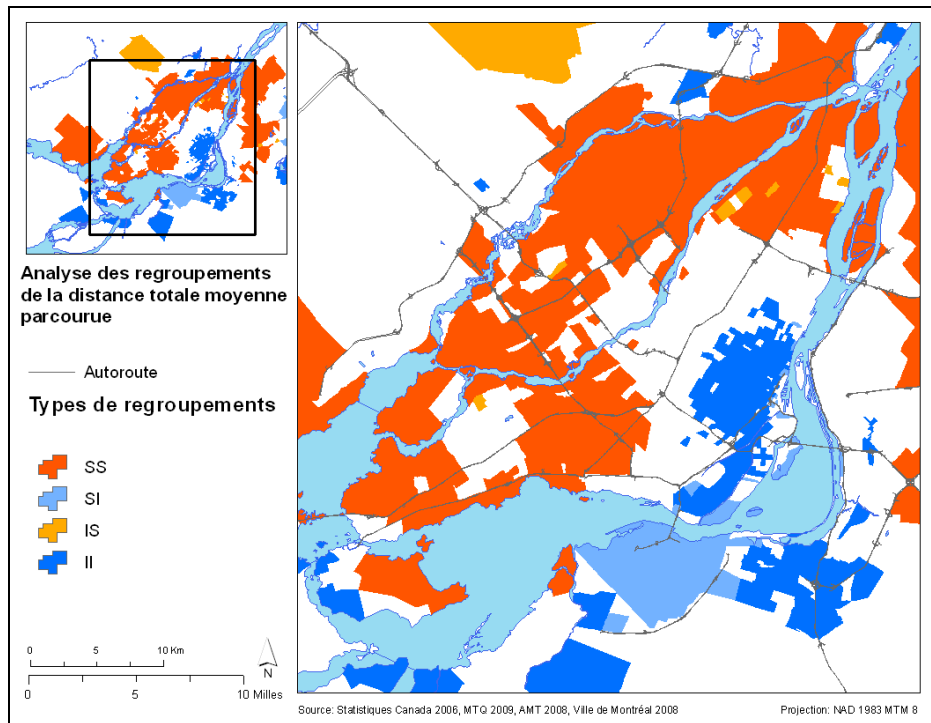


Figure 75 Regroupements de la distance totale parcourue

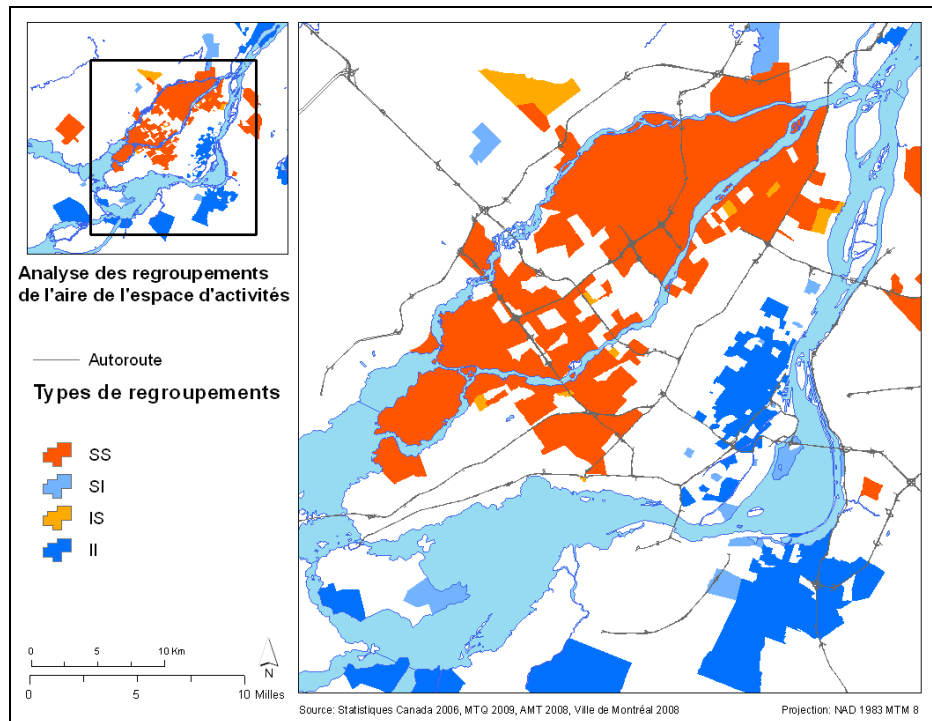


Figure 76 Regroupements de l'aire de l'espace d'activités

La figure 76 montre les tendances de regroupements de l'aire moyenne de l'espace d'activités. La distribution est similaire à celle correspondant à la distance totale parcourue, mais, en général, les regroupements de valeurs supérieures sont situés au nord de l'autoroute 40 et dans les parties est et ouest de Laval. Les regroupements de valeurs inférieures sont surtout situés au centre-ville et dans les mêmes régions de la Rive-Sud que sur la carte précédente. Les zones autour des autoroutes 13 et 25 indiquent un regroupement d'aires plus larges et de distances parcourues plus longues.

La figure 77 montre les tendances de regroupement relatives au facteur de dispersion spatiale. Les valeurs supérieures sont situées dans les parties est et ouest de l'île, ainsi qu'à Laval et sur la Rive-Nord rapprochée, tandis que les valeurs inférieures sont regroupées au centre de l'île, s'étirant un peu plus à l'est que dans les figures précédentes, et dans certaines régions de la Rive-Sud. Un petit groupe de valeurs inférieures se trouve à proximité des ponts Jacques-Cartier et Champlain sur la Rive-Sud.

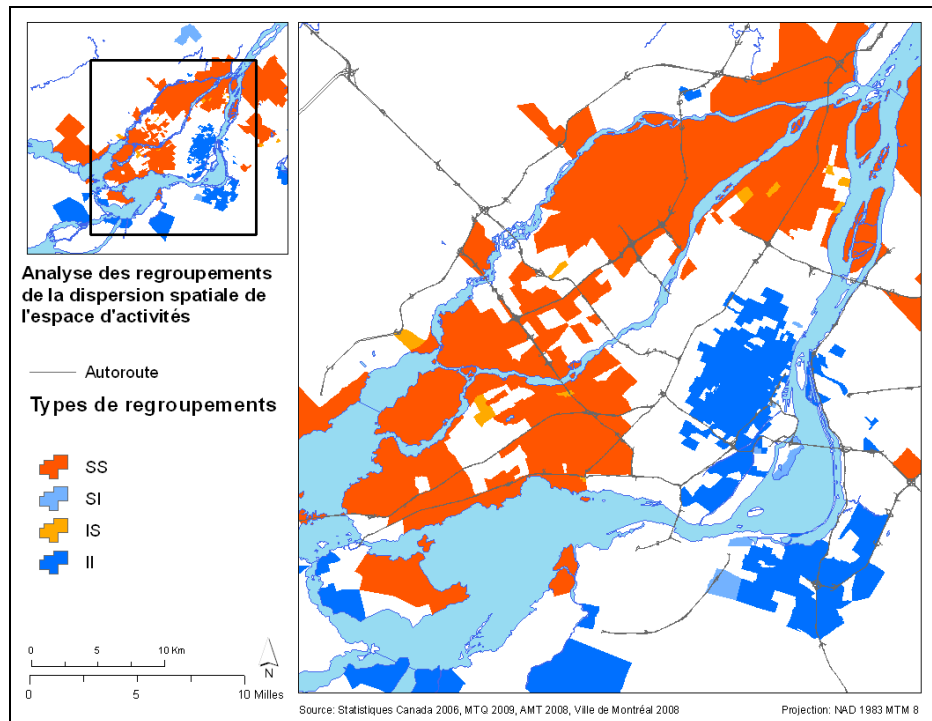


Figure 77 Regroupements de la dispersion spatiale

6.3 La relation entre l'accessibilité régionale et l'accessibilité du ménage

Nous avons développé cinq modèles statistiques pour explorer davantage la relation entre les petits espaces d'activités localisés et l'accessibilité aux emplois, aux travailleurs et aux commerces. Une série de variables est employée afin de prédire l'accessibilité individuelle, qui est représentée par le facteur de dispersion spatiale de l'espace d'activités du ménage, par l'aire du polygone correspondant à l'espace d'activités du ménage et par la distance totale parcourue par tous les membres du ménage. Ces variables comprennent les caractéristiques des quartiers, les caractéristiques des ménages et les mesures d'accessibilité régionale. Les variables dépendantes sont des logarithmes naturels ($\ln$) du facteur de dispersion spatiale et de l'aire, et de la distance totale parcourue (km) de chaque polygone. Le tableau 4 comprend une liste et une description des variables utilisées dans l'analyse ainsi que des statistiques sommaires. Les résultats des modèles sont décrits dans le tableau 5.

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

Tableau 4 – Nom des variables et statistiques sommaires

Variable	Description	Moyenne	Écart type.
Ln (disper. sp.)	Logarithme naturel de la dispersion spatiale de l'espace d'activités	-0,60	1,76
Ln (aire)	Logarithme naturel de l'aire couverte par l'espace d'activités	15,89	2,07
Distance totale	Distance totale parcourue par les membres du ménage	46413,02	40153,22
Véhicules	Nombre de véhicules dont le ménage dispose	1,31	0,88
Nombre de personnes	Nombre de personnes dans le ménage	2,44	1,15
Âge moyen	Âge moyen des membres du ménage	38,49	14,79
Revenu inférieur à 60 000 \$	Variable nominale si le revenu du ménage est inférieur à 60 000 \$	0,62	0,48
Nombre de permis de conduire	Nombre de personnes qui ont un permis de conduire dans le ménage	1,66	0,82
Tous les déplacements	Nombre total de déplacements effectués ce jour-là par les membres du ménage	7,24	3,91
Nombre de déplacements actifs	Nombre total de déplacements utilisant les modes de transport actifs effectués ce jour-là par les membres du ménage	0,94	1,96
Sur l'île	Variable nominale si le ménage est situé sur l'île de Montréal	0,64	0,48
Distance des pôles d'emplois	Distance entre le domicile et le pôle d'emplois le plus près	4157,82	3824,08
Nombre de commerces	Nombre de commerces dans un rayon de 1 km autour de la maison	592,90	812,80
Magasins d'alimentation à 10 min	Nombre de magasins d'alimentation à 10 minutes de trajet en voiture	180,50	127,49
Nombre d'emplois à 30 min	Nombre d'emplois à 30 minutes de trajet en voiture	728900,39	417179,56
Nombre de travailleurs à 30 min	Nombre de travailleurs à 30 minutes de trajet en voiture	700730,48	316293,82
Emplois gravitaires	Mesure gravitaire d'accessibilité aux emplois	43090,32	24660,50
Travailleurs gravitaires	Mesure gravitaire d'accessibilité aux travailleurs	41332,72	17648,54
Concurrence pour les emplois	Facteur d'équilibre de l'accessibilité aux emplois	14,93	11,83

6.3.1 La dispersion spatiale de l'espace d'activités

Les résultats montrent que le modèle mesurant la distance totale parcourue produit le meilleur résultat. L'aire du polygone et le facteur de dispersion spatiale ont un coefficient de détermination similaire et moins élevé. Cela indique que les variables utilisées dans le modèle expliquent mieux les distances des déplacements effectués par le ménage que l'aire couverte par le ménage ou la concentration spatiale des déplacements. Le facteur de dispersion spatiale, testé pour la première fois, montre des similitudes en ce qui concerne le comportement des variables indépendantes et leurs effets. Une variable qui augmente l'aire ou la distance totale parcourue augmente aussi le facteur de dispersion spatiale. Les différences principales entre les modèles résident dans la puissance de l'effet de chaque variable dépendante sur la variable indépendante. Cela signifie que le facteur de dispersion spatiale peut être utilisé comme une nouvelle mesure du comportement de déplacement étant donné qu'il explique la direction, la concentration et l'échelle de l'espace d'activités.

Le facteur de dispersion spatiale devrait augmenter de 29 % et de 6 % respectivement pour chaque véhicule ou personne additionnels dans le ménage. Ces deux variables appuient la théorie qui stipule qu'un plus grand nombre de personnes dans le ménage suscite une augmentation de l'aire et des déplacements plus longs. Un revenu annuel par ménage inférieur à 60 000 \$ diminue le facteur de dispersion spatiale d'environ 44 % comparativement à un revenu supérieur à 60 000 \$. Par conséquent, le facteur de dispersion spatiale et l'aire de l'espace d'activités reflètent le niveau de revenu, une caractéristique individuelle. Le nombre total de déplacements faits par un ménage devrait augmenter le facteur de dispersion spatiale de 4 %, alors que le nombre total de déplacements effectués en employant un mode de transport actif devrait le diminuer de 20 %. Finalement, le facteur de dispersion spatiale devrait augmenter de 5 % pour chaque kilomètre qui sépare le domicile du pôle d'emplois le plus proche.

6.3.2 L'influence de l'accessibilité sur la dispersion spatiale

Nous avons élaboré trois modèles afin de tester les effets de l'accessibilité sur le facteur de dispersion spatiale. Le premier modèle comprend la mesure isochrone aux travailleurs et aux emplois, le deuxième utilise la mesure gravitaire aux emplois et aux travailleurs et le troisième emploie la mesure de facteurs d'équilibre inverses aux emplois. Le coefficient de détermination le plus élevé est associé aux facteurs d'équilibre inverses. Dans le premier modèle, le nombre d'emplois accessibles dans un temps de déplacement de 30 minutes a un effet négatif sur la dispersion spatiale de l'aire d'activités. Même si l'effet est minime sur le plan de la grandeur dans le modèle (0,0002 %), le nombre d'emplois qui sont accessibles à l'intérieur d'un trajet de 30 minutes varie entre 7 900 et 1 400 000 dans la région. Par conséquent, le

niveau d'accessibilité aux emplois a une incidence considérable sur la réduction de la dispersion spatiale. De la même façon, l'augmentation du nombre de travailleurs que l'on peut rejoindre dans un temps de déplacement de 30 minutes entraîne un accroissement du facteur de dispersion spatiale. La mesure gravitaire démontre un signe et une puissance similaires. Cela implique que les ménages résidant dans les zones dotées d'une accessibilité élevée aux emplois devraient avoir des espaces d'activités plus concentrés, alors que les ménages situés dans les zones à forte concentration de travailleurs en concurrence pourraient avoir besoin de voyager plus loin pour le travail. Finalement, la mesure de facteurs d'équilibre inverses représente l'accessibilité aux emplois après avoir considéré la concurrence, au lieu d'utiliser deux variables qui pourraient interagir de façon imprévue. Ce modèle montre que le facteur de dispersion spatiale devrait diminuer de 2 % pour chaque unité d'accroissement en accessibilité aux emplois mesurée par les facteurs d'équilibre inverses. Cette mesure génère une unité d'analyse relative, ce qui rend son interprétation moins transparente. Cela dit, on peut interpréter les résultats comme un signe de réduction de la dispersion spatiale qui entraîne des aires d'espace d'activités plus petites dans les zones où l'on trouve plus d'emplois et moins de travailleurs en concurrence.

Les deux derniers modèles se concentrent sur l'aire et la distance totale parcourue. Les variables indépendantes ont des effets similaires sur ces deux mesures. Ce modèle comprend seulement la mesure de facteurs d'équilibre inverses d'accessibilité aux emplois. L'aire de l'espace d'activités devrait diminuer de 1,9 % pour chaque augmentation du niveau d'accessibilité. Chaque unité d'accroissement du niveau d'accessibilité devrait réduire la distance totale parcourue par les membres du ménage de 426 mètres.

Ces modèles démontrent clairement que les niveaux d'accessibilité régionale sont liés au comportement de déplacement et aux niveaux d'accessibilité réels des ménages. Cet effet est statistiquement significatif quand on utilise les trois mesures. L'augmentation du niveau d'accessibilité aux emplois en général peut avoir une incidence sur l'ensemble des déplacements effectués au cours d'une journée, l'aire couverte par l'activité du ménage et la concentration spatiale de l'espace d'activités.

6.3.3 L'analyse

Deux points importants ressortent de cette analyse statistique. Premièrement, les facteurs d'équilibre inverses du modèle d'interaction spatiale doublement contraint ont été utilisés pour représenter l'accessibilité régionale dans les modèles. Cette mesure tient compte de la concurrence et fournit une représentation spatiale de l'accessibilité qui est statistiquement plus significative. Lorsque nous l'avons incorporée dans les modèles, elle a amélioré la variance expliquée par les modèles tout en maintenant la signification statistique de la plupart des variables plus que l'ont fait les mesures isochrone et gravitaire.

Deuxièmement, nous avons découvert que l'accessibilité régionale a un effet statistiquement significatif sur la dispersion spatiale et l'aire de l'espace d'activités, ainsi que sur la distance totale parcourue. Cela indique que des politiques encourageant l'accessibilité régionale aux emplois et aux commerces pourraient entraîner des comportements de déplacement plus concentrés et plus durables. Finalement, l'analyse montre que les mesures d'accessibilité régionale doivent être conçues avec une compréhension approfondie du comportement de déplacement personnel et de l'espace d'activités du ménage.

Tableau 5 – Modèle statistique mesurant la relation entre les accessibilités personnelle et régionale

	Dispersion spatiale						Aire		Distance totale	
	Accessibilité isochrone		Accessibilité gravitaire		Facteurs d'équilibre		B	t	B	t
	B	t	B	T	B	T				
Nombre de véhicules	0,290327*	15,82	0,30090*	16,34	0,279666*	15,31	0,296421*	13,92	5587,2220*	14,14
Nombre de personnes	0,064325*	3,77	0,07060*	4,11	0,061199*	3,59	0,063404*	3,19	2309,5596*	6,27
Âge moyen	-0,018686*	-21,41	-0,01878*	-21,39	-0,018830*	-21,66	-0,019429*	-19,17	-165,3502*	-8,79
Revenu inférieur à 60 000 \$	-0,446888*	-17,40	-0,44857*	-17,36	-0,455481*	-17,80	-0,448193*	-15,02	-8239,7820*	-14,88
Nombre de permis de conduire	0,208989*	10,37	0,20853*	10,28	0,214503*	10,68	0,300551*	12,84	5009,7203*	11,53
Tous les déplacements	0,043652*	10,13	0,04241*	9,79	0,042726*	9,95	0,112362*	22,45	3456,6742*	37,22
Nombre de déplacements actifs	-0,229339*	-35,85	-0,23015*	-35,78	-0,226116*	-35,44	-0,284790*	-38,29	-4340,5774*	-31,45
Sur l'île	-0,029100	-0,81	-0,02531	-0,76	-0,154316*	-5,02	-0,194310*	-5,43	-1122,4333	-1,69
Distance des pôles d'emplois	-0,000050*	-13,73	-0,00006*	-17,12	-0,000071*	-20,88	-0,000084*	-21,29	-1,2655*	-17,20
Nombre de commerces	-0,000365*	-21,77	-0,00033*	-15,76	-0,000311*	-18,01	-0,000295*	-14,63	-1,6234*	-4,34
Magasins d'alimentation à 10 min	-0,000863*	-6,69	-0,00160*	-6,72	-0,000387*	-3,38	0,000550*	4,13	-30,2743*	-12,26

Nombre d'emplois à 30 min	-0,000002*	-14,61	–	–	–	–
Nombre de travailleurs à 30 min	0,000002*	14,83	–	–	–	–
Emplois gravitaires	–	–	-0,00001*	-6,985	–	–
Travailleurs gravitaires	–	–	0,00002*	5,888	–	–
Concurrence pour les emplois	–	–	–	–	-0,020452*	-18,13
(Constante)	-0,354551*	-4,505	-0,04069	-,507	0,395543*	5,51
Dépendante	Ln (disper. sp.)		Ln (disper. sp.)		Ln (disper. sp.)	
R au carré	0,359		0,352		0,363	

* Statistiquement significatif avec un niveau de confiance de 99 %

–	–
–	–
–	–
–	–
-0,019060*	-14,49
16,170445*	193,22
Ln (aire)	
0,369	

–	–
–	–
–	–
–	–
-426,6481	-17,48
34528,5519*	22,23
Distance totale	
0,424	

7. LA VALEUR DE L'ACCESSIBILITÉ

L'emplacement d'une propriété par rapport à certains services publics et au système de transport joue un rôle important dans le processus décisionnel d'achat. Depuis longtemps, l'accessibilité est considérée comme un facteur important dans le choix de l'emplacement de la résidence et les prix des terrains (Adair, *et al.*, 2000). Sur le marché de l'immobilier résidentiel, une partie de la somme versée pour l'achat d'une propriété est dirigée vers l'accessibilité aux destinations prisées. La valeur de l'accès est incorporée dans la valeur de la propriété et la volonté de payer de l'acheteur peut être interprétée comme son désir de bénéficier de l'accessibilité d'un emplacement (Srour, Kockelman et Dunn, 2002). Autrement dit, l'accessibilité d'un emplacement peut être mesurée à l'aide de sa valeur en tant que partie du prix total de la propriété.

Dans cette section, nous analysons les transactions réelles afin de déterminer la valeur de l'accessibilité sur le marché de l'immobilier résidentiel. Nous avons utilisé une régression hédonique pour mesurer la valeur des attributs qui composent le prix d'une propriété, tels que les caractéristiques du bâtiment et du quartier, ainsi que l'accessibilité aux destinations prisées (Adair *et al.* 2000).

Les modèles hédoniques ont été employés dans des recherches précédentes pour expliquer les coûts monétaires associés à l'accessibilité (El-Geneidy et Levinson, 2006; Franklin et Waddell, 2003). Des variables représentant la distance entre une résidence et la localisation des occasions sont habituellement utilisées pour représenter l'accessibilité, telles que la distance du centre des affaires ou des services publics du quartier, comme l'école et les commerces. Un grand nombre d'études ont également utilisé le modèle de régression hédonique pour évaluer l'incidence d'une nouvelle infrastructure de transport, souvent de transport collectif et particulièrement de transport léger sur rail, sur les prix des maisons (NEORail II Parsons Brinkerhoff, 2001; Sirmans et Macpherson, 2003; Smith et Ghiring, 2006). La plupart des études ont indiqué une incidence positive, quoique variable. On a démontré que l'accessibilité aux emplois a un effet positif sur la valeur des terrains dans trois études indépendantes (El-Geneidy et Levinson, 2006; Franklin et Waddell, 2003; Srour, Kockelman et Dunn, 2002). Une étude récente qui a utilisé un index d'accessibilité pour représenter les facteurs de concurrence (Adair *et al.*, 2000) a révélé que l'accessibilité a une incidence importante sur les prix des maisons dans les quartiers centraux, mais une répercussion beaucoup moins élevée en banlieue. Cela signale le besoin d'inclure des mesures d'accessibilité plus détaillées dans les modèles.

7.1 Les données et les hypothèses

Nous avons utilisé les données obtenues du Multiple Listing Service de Montréal pour créer le modèle hédonique. Un échantillon de 1961 transactions effectuées au cours de l'année 2006 a été utilisé. Les données du MLS comprennent des informations détaillées sur les caractéristiques des bâtiments. De plus, les caractéristiques de quartier pour chaque propriété sont calculées à partir de plusieurs sources différentes. L'information sur l'utilisation du sol est obtenue de CanMap, les données sur les commerces proviennent de la banque de données Dun & Bradstreet et les renseignements sociodémographiques sont issus du recensement réalisé par Statistique Canada en 2006.

7.2 Le modèle hédonique

Une régression hédonique est utilisée pour examiner le lien entre les prix des maisons et l'accessibilité aux emplois, aux travailleurs et aux commerces. Le modèle prédit le prix de vente des maisons en se basant sur une série de variables qui correspondent aux caractéristiques du quartier et du bâtiment, y compris les données sociodémographiques sur la population et les services locaux. La variable dépendante est le prix de vente de la maison en dollars canadiens. Le tableau 6 contient la liste et la description des variables utilisées dans l'analyse ainsi que les statistiques sommaires.

Comme nous l'avons vu plus haut, la mesure des facteurs d'équilibre inverses a donné un meilleur modèle lors de l'analyse de l'espace d'activités. Les mesures d'accessibilité isochrone et gravitaire aux emplois et aux travailleurs ont aussi été testées et ont produit des résultats similaires. Par conséquent, nous avons utilisé seulement la mesure de facteurs d'équilibre inverses dans la régression hédonique. Étant donné qu'elle représente l'accessibilité aux emplois et aux travailleurs dans une seule variable, elle devrait améliorer la variance expliquée par le modèle et permettre de séparer l'accessibilité aux emplois de la forte valeur associée aux quartiers centraux de Montréal. Les niveaux élevés d'accessibilité aux emplois devraient augmenter la valeur de la maison, alors que les niveaux élevés d'accessibilité aux travailleurs devraient la diminuer. Cette situation est souvent associée à la valeur plus élevée des propriétés en banlieue qu'au centre-ville. Cependant, la forme urbaine de Montréal est composée de quartiers résidentiels et mixtes à forte densité de population, ce qui est associé à une valeur élevée des propriétés situées au centre. L'accessibilité isochrone aux travailleurs peut agir comme une variable de substitution (*proxy*) pour ces zones étant donné qu'elle additionne simplement le nombre de personnes âgées de 15 à 64 ans résidant dans chaque ZAT.

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

Tableau 6 – Nom des variables et statistiques sommaires

Coefficient	Description des variables	Moyenne	Écart type
Prix de vente		267340,84	149663,71
Chambres à coucher	Nombre de chambres à coucher	2,81	0,81
Salles de bain suppl.	Nombre de salles de bain additionnelles	0,50	0,70
Nombre de cabinets de toilette	Nombre de cabinets de toilette	0,53	0,56
Nombre de pièces	Nombre de pièces	7,37	2,12
Âge du bâtiment	Âge du bâtiment	37,94	28,34
Âge du bâtiment au carré	Âge du bâtiment au carré	2241,96	3228,62
Frais	Variable nominale indiquant s'il existe des frais mensuels	0,12	0,32
Surface habitable	Surface habitable en mètres carrés	154,83	233,68
Log de la superficie du terrain	Logarithme de la superficie du terrain en mètres carrés	6,07	0,74
Jumelé	Variable nominale indiquant si la maison est de type jumelé	0,23	0,42
Habitation contiguë	Variable nominale indiquant si la maison est de type attaché	0,19	0,39
Employés	Nombre de personnes sur le marché du travail résidant dans le secteur de recensement de la maison	2701,48	1103,97
Revenu médian	Revenu médian du secteur de recensement	59871,68	22954,00
Rénovations	Montant moyen en dollars dont les propriétaires disposent pour les rénovations dans le secteur de recensement	1000,63	188,34
Diplômes universitaires par quartier	Pourcentage de personnes qui possèdent un diplôme universitaire et qui résident dans le secteur de recensement	35,08	16,63
Sur l'île	Variable nominale indiquant si la maison est située sur l'île de Montréal	0,53	0,50
Nombre de commerces	Nombre de commerces dans un rayon de 1 km autour de la maison	262,80	380,36
Distance des pôles d'emplois	Distance jusqu'au pôle d'emplois le plus près	8037,37	7096,09
Magasins d'alimentation à 10 min	Nombre de magasins d'alimentation à 10 minutes de trajet en voiture	99,80	111,60
Concurrence pour les emplois	Facteur d'équilibre inverse pour les emplois	10,38	9,38

7.2.1 L'effet de l'accessibilité

Les résultats de la régression hédonique (tableau 7) expriment les signes et la puissance prévus en ce qui concerne les caractéristiques du quartier et du bâtiment. Conformément aux autres études (Adair *et al.*, 2000), l'accessibilité augmente la variance expliquée par le modèle d'environ 2 %. Pour chaque unité d'accroissement du niveau d'accessibilité, le prix de vente des propriétés augmente de 1005,03 \$. Comme le montre le tableau 6, la valeur moyenne de la mesure d'accessibilité était de 10,38. En conséquence, une personne qui achète une maison à 250 000 \$ avec un niveau d'accessibilité moyen de 10,38 paiera 10 432 \$ ou 4,17 % pour le niveau d'accessibilité aux emplois offert par l'emplacement de la propriété. Le nombre de magasins d'alimentation à 10 minutes de trajet en voiture est une meilleure variable que la quantité de commerces de détail dans un rayon de 1 km autour de la maison; chaque magasin d'alimentation à 10 minutes de trajet en voiture augmente la valeur de la maison de 301,23 \$. Chaque mètre entre la maison et le pôle d'emplois le plus près diminue la valeur de 1,55 \$, ce qui renforce encore une fois les valeurs élevées associées à la proximité des pôles d'emplois.

Les facteurs d'équilibre inverses ont fourni de meilleurs résultats pour le modèle que les mesures gravitaire et isochrone au cours de tests précédents. L'accessibilité aux travailleurs a donné un signe positif dans les tests précédents, ce qui pourrait indiquer qu'elle agit comme une variable de substitution pour les zones centrales à forte densité. La variable des employés, qui correspond au nombre de personnes sur le marché du travail résidant dans le secteur de recensement du ménage, a eu le signe attendu dans les deux modèles. Cependant, sa puissance a diminué quand on a incorporé les facteurs d'équilibre inverses dans le modèle, ce qui indique que cette mesure prend en considération la concurrence au niveau régional.

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

Tableau 7 – Analyse hédonique

Coefficients	Modèle de base		Facteurs d'équilibre	
	B	t	B	t
Chambres à coucher	22144,96*	6,045	23193,17*	6,462
Salles de bain suppl.	57451,60*	15,296	53471,36*	14,458
Nombre de cabinets de toilette	27797,39*	5,781	28941,35*	6,150
Nombre de pièces	6360,47*	4,135	6990,93*	4,639
Âge du bâtiment	-1054,66*	-3,987	-1232,83*	-4,755
Âge du bâtiment au carré	8,57*	4,000	8,74*	4,166
Frais	-41774,66*	-4,987	-41428,67*	-5,045
Surface habitable	43,80*	4,397	45,12*	4,630
Logarithme de la superficie du terrain	37788,12*	8,950	41343,74*	9,969
Jumelé	15955,83**	2,371	8437,90	1,272
Habitation contiguë	22533,01*	2,704	13243,01	1,611
Employés	-16,75*	-6,663	-12,88*	-5,162
Revenu médian du quartier	0,39**	2,305	0,83*	4,841
Rénovations	196,90*	9,335	170,56*	8,150
Diplômes universitaires par quartier	906,30*	3,802	617,05*	2,634
Sur l'île	23730,57*	3,414	26136,72*	3,622
Nombre de commerces	47,10*	5,738	–	–
Distance des pôles d'emplois	-1,57*	-3,466	-1,55*	-3,497
Magasins d'alimentation à 10 min	–	–	301,23*	9,756
Concurrence pour les emplois	–	–	1005,03*	3,381
(Constante)	-322608,61	-10,622	-370280,97*	-12,199
R au carré	0,558		0,577	

* Statistiquement significatif avec un niveau de confiance de 99 %

** Statistiquement significatif avec un niveau de confiance de 95 %

Variable dépendante : prix de vente

7.2.2 L'analyse

Le modèle de régression hédonique (tableau 7) montre que l'accessibilité régionale a une incidence considérable sur les prix des maisons : l'accessibilité aux emplois et aux travailleurs est capitalisée dans le prix de vente de la propriété. Ce résultat souligne de nouveau la valeur que les individus et les ménages accordent à l'accessibilité régionale et trace le chemin pour des politiques visant à augmenter la densité et la diversité des activités. Selon la théorie de l'économie urbaine, l'accroissement de l'accessibilité régionale augmentera la concurrence pour acquérir les terrains et, par conséquent, la valeur des terrains. Cet effet de valeur ajoutée pourrait créer la concurrence nécessaire pour stimuler la construction de quartiers à forte densité dans les zones dotées d'une accessibilité élevée. Cela pourrait éventuellement entraîner des espaces d'activités plus petits et plus concentrés ainsi que des distances parcourues plus courtes favorisant l'utilisation des modes de transport actif. Par conséquent, l'accessibilité régionale aux occasions, telles que les emplois et les commerces, joue un rôle important dans le développement durable.

8. CONCLUSION

Ce projet de recherche démontre l'importance de l'accessibilité comme mesure de la qualité de l'interaction entre le système de transport et l'utilisation du sol. Nous y avons fait un résumé de la littérature traitant de l'accessibilité et décrit trois types d'approches : les mesures basées sur la localisation, les mesures individuelles et les mesures fondées sur le maximum d'utilité, en incluant les derniers développements de la recherche dans ce domaine.

Les mesures d'accessibilité se sont avérées utiles pour les planificateurs afin de déterminer les besoins en transport, classer différentes zones selon une échelle régionale, évaluer les effets des plans d'aménagement et constater comment des politiques et des stratégies variées peuvent influencer le rendement du système de transport et de l'utilisation du sol. Nous avons pu constater que les mesures basées sur la localisation étaient les plus appropriées dans le contexte de l'aménagement urbain, car elles utilisent des données accessibles et sont faciles à comprendre pour les planificateurs, les décideurs et le grand public. Cependant, les mesures qui tiennent compte de la concurrence et qui sont désagrégées de façon à représenter les facteurs socioéconomiques sont préférables lorsque l'on évalue l'accessibilité aux emplois ou l'équité sociale des niveaux d'accessibilité fournie par les réseaux de transports.

L'objectif de cette recherche était de présenter une variété de mesures d'accessibilité basées sur la performance et de les appliquer à la région métropolitaine de Montréal afin de comprendre la distribution des niveaux d'accessibilité régionale et de dégager les tendances pour des recherches futures.

Il est important de noter que les temps de déplacement en voiture utilisés dans ce projet ont été obtenus à l'aide de modèles de prévision de la demande de déplacement et non à partir de données sur le transport directement recueillies sur le terrain. Les temps de déplacement en transport collectif ont été obtenus grâce à une autre approche de modélisation, mais sont issus du même modèle de prévision de la demande de déplacement. Toutefois, nous avons ajouté les durées de marche et d'attente aux temps de déplacement en transport collectif, alors que nous n'avons pas pris en considération le temps de stationnement ou toute autre période d'accès dans le cas du déplacement en voiture. Pour cette raison, les temps de déplacement en voiture et en transport collectif ne devraient pas être comparés directement, excepté s'ils le sont dans un but général.

Nous avons d'abord fait la démonstration des mesures plus traditionnelles, notamment les mesures isochrone et gravitaire. Les niveaux élevés d'accessibilité isochrone aux emplois et aux travailleurs en voiture sont concentrés au centre de Montréal et s'étendent en cercles concentriques vers les banlieues au nord et au sud de l'île. L'accessibilité isochrone aux magasins

à grande surface en voiture était plus élevée à Laval et sur la Rive-Nord, et l'accessibilité isochrone aux restaurants et aux magasins d'alimentation était plus forte au centre de l'île, ce qui est une caractéristique des tendances d'urbanisation observées dans ces zones.

Les niveaux élevés d'accessibilité isochrone en transport collectif sont concentrés autour des lignes de métro et de trains de banlieue et s'étendent progressivement le long du réseau de transport collectif à partir du centre de l'île. Il est intéressant de noter que certaines parties de Longueuil sont comparables au centre des affaires et aux quartiers centraux à forte densité à Montréal en matière d'accessibilité isochrone aux emplois, aux travailleurs et aux commerces grâce à l'accès au métro.

La mesure gravitaire offre une image similaire : les niveaux élevés d'accessibilité s'étendent du centre vers les banlieues. Cependant, les niveaux élevés d'accessibilité gravitaire en voiture sont partagés entre le centre des affaires et le secteur de Ville Saint-Laurent/Dorval. Si l'on se fie à la mesure d'accessibilité isochrone, le nombre d'emplois dans le centre des affaires dépasse tous les autres secteurs. La mesure d'impédance intégrée dans la mesure gravitaire pondère le nombre d'emplois disponibles selon les temps de déplacement et elle met l'accent sur les temps de déplacement plus courts. C'est la proximité des autoroutes 20, 40 et 15 qui confère au secteur de Ville Saint-Laurent/Dorval ainsi qu'au centre des affaires une accessibilité gravitaire aux emplois élevée.

Les mesures gravitaire et isochrone se sont révélées hautement corrélées pour les temps de déplacement de 30 minutes en voiture et en transport collectif. Cela vient appuyer le choix d'utiliser la mesure isochrone au lieu de la mesure gravitaire, tout en maintenant la validité théorique de la mesure gravitaire. La mesure isochrone est plus transparente et plus facile à calculer et à interpréter que la mesure gravitaire. Elle est plus appropriée à l'usage par les non-spécialistes ou lors d'un processus de planification participatif.

Deux mesures qui prennent en considération la concurrence ont aussi été testées : le modèle gravitaire tenant compte de la concurrence et les facteurs d'équilibre inverses du modèle d'interaction spatiale doublement contraint. Le modèle gravitaire tenant compte de la concurrence est le plus simple à calculer et à interpréter et il a été employé afin d'examiner plus en détail l'accessibilité aux emplois dans la région métropolitaine de Montréal. Nous avons calculé l'accessibilité aux emplois selon le système de catégorisation SCIAN, en tenant compte de la concurrence entre les travailleurs employés dans la même industrie. L'accessibilité aux emplois selon le niveau d'éducation a aussi été examinée.

En général, la Rive-Sud a des niveaux peu élevés d'accessibilité concurrentielle pour presque tous les types d'emplois. Cela pourrait signifier que la Rive-Sud n'offre pas une concentration d'emplois plus élevée que la moyenne dans aucun secteur spécifique, même si elle dispose d'un pôle

d'emplois important. On pourrait en déduire aussi que le réseau routier est déficient sur la Rive-Sud et que les résidents doivent voyager plus longtemps pour atteindre les zones riches en emplois à Montréal et à Laval. De plus, Longueuil se classe première en matière d'accessibilité aux travailleurs ayant un diplôme d'études postsecondaires, particulièrement dans la zone autour du pôle d'emplois. Cela pourrait indiquer que malgré le fait que de nombreux travailleurs avec ce niveau d'éducation se trouvent à proximité, ils ne trouvent que très peu d'emplois dans cette zone. Il est évident, par contre, que l'on y observe un potentiel qui devrait inciter les employeurs de certains secteurs à s'installer dans cette région.

En général, l'île de Montréal bénéficie d'une très bonne accessibilité concurrentielle aux emplois dans la plupart des secteurs. La partie ouest du centre de l'île jouit d'une accessibilité concurrentielle élevée aux emplois dans les secteurs de la fabrication, du commerce de gros et de détail, du transport et de l'entreposage. Cela est dû, en partie, à la concentration élevée des emplois du secteur industriel à Ville Saint Laurent/Dorval et à son emplacement stratégique près des pôles d'emplois du centre des affaires et de Laval et à proximité des autoroutes 20, 40 et 15. Cette zone a aussi le plus haut niveau d'accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme d'études secondaires ou moins, ce qui est cohérent avec la forte présence d'emplois industriels. Le centre des affaires dispose d'une accessibilité concurrentielle élevée aux emplois dans le secteur des services publics, de l'information et de la culture, de la gestion d'entreprises, de la finance et des assurances, et des administrations publiques. Ces secteurs sont caractéristiques du centre des affaires. Le centre des affaires jouit aussi du plus haut niveau d'accessibilité concurrentielle aux emplois nécessitant un diplôme d'études postsecondaires. Cela est directement lié à la forte concentration d'emplois de cols blancs observée dans cette zone.

Laval et la Rive-Nord profitent d'une accessibilité concurrentielle élevée aux emplois dans les secteurs de l'exploitation des ressources naturelles, de la construction, du commerce de détail et de l'hébergement, et des services de restauration. Les hauts niveaux d'accessibilité aux emplois dans le secteur de la construction s'expliquent, en partie, par l'expansion rapide de Laval. Cette région dispose aussi de niveaux moyens à élevés d'accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant une éducation secondaire et postsecondaire, ce qui indique qu'elle est bien reliée, grâce au réseau routier, à tous les grands centres d'emplois.

Sur la Rive-Nord, plusieurs zones se distinguent des autres et mériteraient d'être étudiées plus en détail. Saint-Jérôme, La Plaine, Boisbriand, Blainville et Sainte-Thérèse offrent toutes des niveaux très élevés d'accessibilité concurrentielle pour certains secteurs d'emplois, ce qui est surprenant étant donné que ce sont des quartiers résidentiels sans grande concentration d'emplois. Il serait pertinent d'étudier plus en profondeur les raisons qui amènent de tels niveaux d'accessibilité concurrentielle dans ces régions et d'examiner le comportement de déplacement de leurs résidents.

Par la suite, nous avons appliqué la mesure de facteurs d'équilibre inverses à la zone étudiée. Cette mesure a fourni des résultats plus convaincants et elle a permis de dégager des tendances qui étaient difficiles à lire dans les résultats du modèle gravitaire tenant compte de la concurrence. En particulier, elle a donné une représentation moins monocentrique de l'accessibilité et pour la première fois, Longueuil et Valleyfield se distinguent comme des zones à forte accessibilité équilibrée aux emplois, alors que le reste de la Rive-Sud affiche des niveaux similaires aux résultats précédents. En effet, Longueuil est située en face du centre des affaires et dispose d'un grand pôle d'emplois, et Valleyfield jouit d'une forte concentration d'emplois et est située à proximité des grandes autoroutes. Étant donné que les facteurs d'équilibre sont calculés de façon itérative, ils produisent une mesure d'accessibilité capable de balancer le nombre d'emplois disponibles et le nombre de travailleurs à proximité. Les zones présentant des niveaux élevés d'accessibilité équilibrée devraient compter plus d'emplois que de travailleurs dans un périmètre restreint, mais ces régions ne sont pas nécessairement celles ayant le plus grand nombre d'emplois.

Les niveaux élevés d'accessibilité équilibrée aux emplois exigeant une éducation secondaire ou moins sont concentrés dans les grands pôles d'emplois, notamment le centre des affaires, Ville Saint-Laurent/Dorval et Longueuil. L'accessibilité équilibrée aux emplois nécessitant une éducation postsecondaire s'étend au nord le long de l'autoroute 15 vers la région des Laurentides et elle augmente à mesure que l'on s'éloigne de l'île de Montréal.

Les plus hauts niveaux d'accessibilité équilibrée aux travailleurs se trouvent dans les banlieues en plein essor au nord. Ces zones bénéficient d'un bon réseau de transport (elles sont construites le long du réseau des autoroutes) et elles sont essentiellement résidentielles. Elles seraient l'emplacement idéal pour un nouveau centre d'emplois ou pour un nouveau quartier plus diversifié. La distribution de l'accessibilité équilibrée aux emplois et aux travailleurs selon le niveau d'éducation est similaire à celle de la mesure gravitaire tenant compte de la concurrence : les hauts niveaux d'accessibilité équilibrée aux travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires ou moins sont concentrés dans la région de Lanaudière et la partie est de Laval et de Montréal. L'accessibilité équilibrée aux travailleurs qui possèdent un diplôme postsecondaire est plus élevée sur la Rive-Sud, elle s'estompe progressivement vers le nord et devient très peu élevée à Laval et sur la Rive-Nord.

Nous avons aussi exploré de nouvelles mesures d'accessibilité. La mesure de classement local a été appliquée à Montréal. Fondée sur les données des flux de déplacement, elle a donné une représentation juste des centres d'emplois et des zones résidentielles à Montréal et elle n'a pas surestimé l'importance du centre des affaires. Une mesure d'accessibilité individuelle a aussi été expérimentée : l'espace d'activités du ménage. Elle a été produite à l'aide des données O-D. Nous avons testé trois mesures de l'espace d'activités : la distance totale parcourue par tous les membres du ménage, l'aire du polygone

et la dispersion spatiale de l'espace d'activités. Le facteur de dispersion spatiale est une nouvelle mesure de l'espace d'activités qui prend en considération la concentration et la direction des déplacements. Une analyse statistique a démontré que les niveaux d'accessibilité régionale mesurés à l'aide des trois mesures (gravitaire, isochrone et facteurs d'équilibre inverses) ont contribué à réduire la distance totale parcourue, l'aire et la dispersion spatiale de l'espace d'activités. Cette analyse a aussi révélé que les facteurs d'équilibre inverses ont donné le meilleur coefficient de détermination.

Cette découverte a été confirmée par une autre analyse statistique; une régression hédonique a été effectuée afin d'évaluer l'effet de l'accessibilité sur les prix de vente des maisons. Ce modèle, conforme aux études précédentes, a démontré que l'accessibilité pourrait augmenter le coefficient de détermination de 2 %. Le prix de vente des maisons monte de 1005,03 \$ pour chaque unité d'accroissement des niveaux d'accessibilité équilibrée. Ces conclusions confirment l'importance de l'accessibilité régionale aux yeux des individus. L'accessibilité n'est pas seulement valorisée, ce qui est confirmé par son incidence sur les prix des maisons; elle influence aussi le comportement de déplacement, comme le démontre son effet sur les espaces d'activités du ménage. Donc, les mesures d'accessibilité sont cruciales en ce qui concerne la planification des transports et de l'utilisation du sol et joueront un rôle important dans la mise en œuvre de solutions de transport plus durables.

Cet examen préliminaire nous aide à mieux comprendre les dynamiques de l'accessibilité aux emplois dans la région. Il est clair que les réseaux des autoroutes (dans le cas des déplacements en voiture) et les grandes infrastructures de transport collectif (dans le cas des déplacements en transport collectif) jouent un rôle important en matière de connexions entre les gens et les occasions. Comme on pouvait s'y attendre, les mesures tenant compte de la concurrence ont perçu les pôles d'emplois dotés d'une forte concentration d'emplois et d'une faible concentration de résidents comme les zones ayant l'accessibilité concurrentielle aux emplois la plus élevée. L'avantage relatif de ces zones par rapport aux quartiers centraux à forte densité devrait être examiné plus en détail. Finalement, à l'aide des mesures de concurrence sophistiquées, nous avons réussi à discerner les tendances à une accessibilité aux emplois élevée à Longueuil et à Valleyfield qui n'étaient pas visibles dans les résultats précédents.

Dans cette étude, chaque mesure d'accessibilité a fourni des résultats différents. Chacune comprend sa propre définition de l'accessibilité et pondère les occasions de façon différente. Lorsque l'on choisit une mesure d'accessibilité, plusieurs facteurs doivent être pris en considération, tels que le type d'occasions, le ou les modes de transport étudiés, l'échelle de l'analyse, le choix d'une fonction d'impédance et l'intégration des effets de concurrence. Cependant, l'objectif de la recherche et le public ciblé sont les facteurs les plus importants quand on sélectionne une mesure d'accessibilité. La mesure isochrone est probablement la plus appropriée pour les débats publics et l'aménagement participatif; les mesures gravitaire et concurrentielle sont

adéquates pour évaluer l'effet des projets de transport et d'utilisation du sol sur l'accessibilité; les facteurs d'équilibre inverses fournissent un aperçu des tendances et une mesure précise pouvant être incluse dans une analyse statistique.

L'accessibilité encourage un comportement de déplacement plus viable en privilégiant des distances de déplacement plus courtes et des modèles de déplacement localisés. Cela peut se lire de façon intuitive dans les résultats. Les zones ayant une forte accessibilité aux emplois sont généralement des quartiers centraux densément peuplés ou des pôles d'emplois. En revanche, les zones avec des niveaux d'accessibilité aux emplois moins élevés sont dans la plupart des cas des banlieues résidentielles dotées d'un petit nombre d'emplois. Le réseau des transports favorise lui aussi davantage les zones centrales, où sont situées les infrastructures de transport majeures et à la convergence du réseau autoroutier, que les banlieues mal desservies. L'incidence des stations de métro à Laval et à Longueuil démontre clairement que le réseau de métro procure aux rives nord et sud des niveaux d'accessibilité équivalents à ceux des quartiers centraux. Ce constat aide à promouvoir le prolongement des réseaux de métro et de trains de banlieue, car c'est la forme de transport collectif qui a la plus grande influence sur le niveau d'accessibilité. De plus, cette recherche démontre que les niveaux d'accessibilité en voiture et en transport collectif ne sont pas les mêmes et que des efforts sont nécessaires pour augmenter l'accessibilité en transport collectif et ainsi influencer les choix modaux individuels.

Une chose est sûre dans les projections des niveaux d'accessibilité pour 2011 : la congestion augmentera et l'accessibilité en voiture devrait diminuer. Il est donc encore plus important d'utiliser les mesures présentées dans ce projet de recherche afin de maximiser l'accessibilité en voiture et d'augmenter l'accessibilité pour les autres modes de transport, notamment le transport collectif, la marche et le vélo. Le fait d'augmenter l'accessibilité au lieu d'accroître, par exemple, la capacité routière offre des solutions plus diversifiées. Finalement, le fait d'appliquer les mesures d'accessibilité à la région métropolitaine de Montréal montre l'importance d'un aménagement régional concerté. La construction de banlieues majoritairement résidentielles et de pôles d'emplois hautement concentrés entraîne des niveaux élevés d'accessibilité aux travailleurs dans le premier cas et une accessibilité élevée aux emplois dans le deuxième cas. Afin de profiter de cette accessibilité élevée, les individus ou les entreprises doivent être installés dans cette région. En fait, ces zones sont idéales pour un autre développement plus diversifié qui pourra rapprocher les travailleurs et les employeurs.

Nous espérons que cette analyse préliminaire aura démontré l'importance de l'accessibilité ainsi que son utilité en matière de planification des transports. L'étude présentée ici devrait être complétée par d'autres recherches en ce qui concerne les effets de la concurrence sur l'accessibilité aux emplois et aux travailleurs à Montréal. Une analyse plus approfondie des centres d'emplois spécialisés et de leur effet sur l'accessibilité serait particulièrement pertinente,

étant donné que l'on planifie présentement l'implantation de plusieurs de ces centres, tels que le Quartier de la santé du nouveau CHUM. D'autres études seraient nécessaires afin d'améliorer la comparaison entre l'accessibilité en voiture et en transport collectif. Cela permettrait de connaître les zones mal desservies et de définir des stratégies pour rendre le transport collectif plus concurrentiel. En outre, on devrait aussi mesurer l'accessibilité à pied et en vélo aux commerces, aux parcs et aux établissements d'éducation afin de créer des points de référence pour les nouveaux quartiers verts que l'on construit actuellement à Montréal.

ANNEXE 1

1.1 Région métropolitaine de montréal

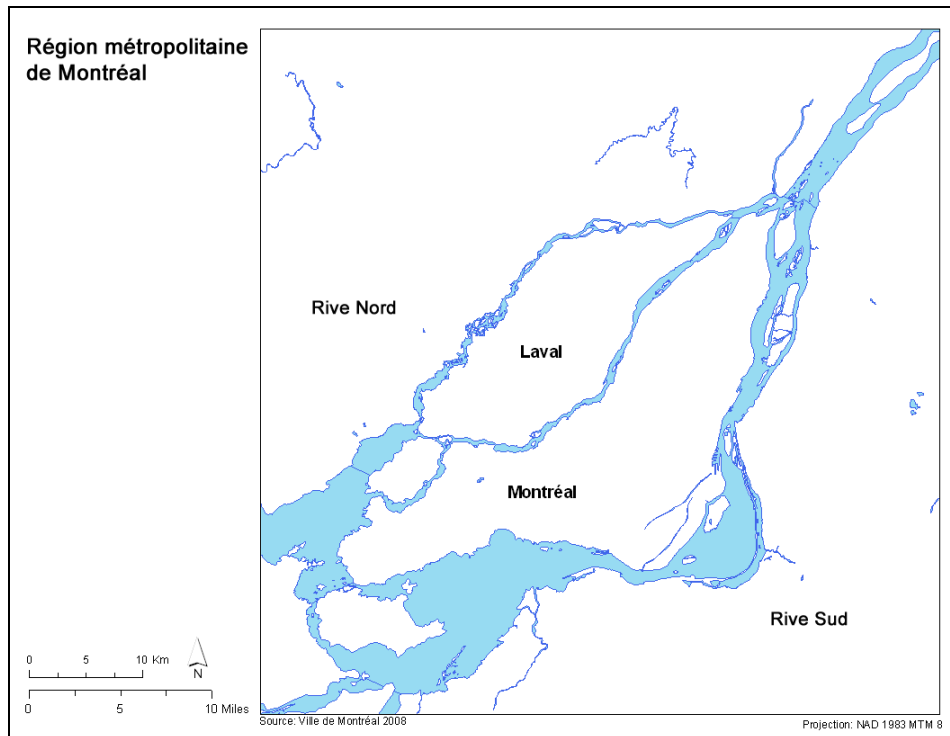
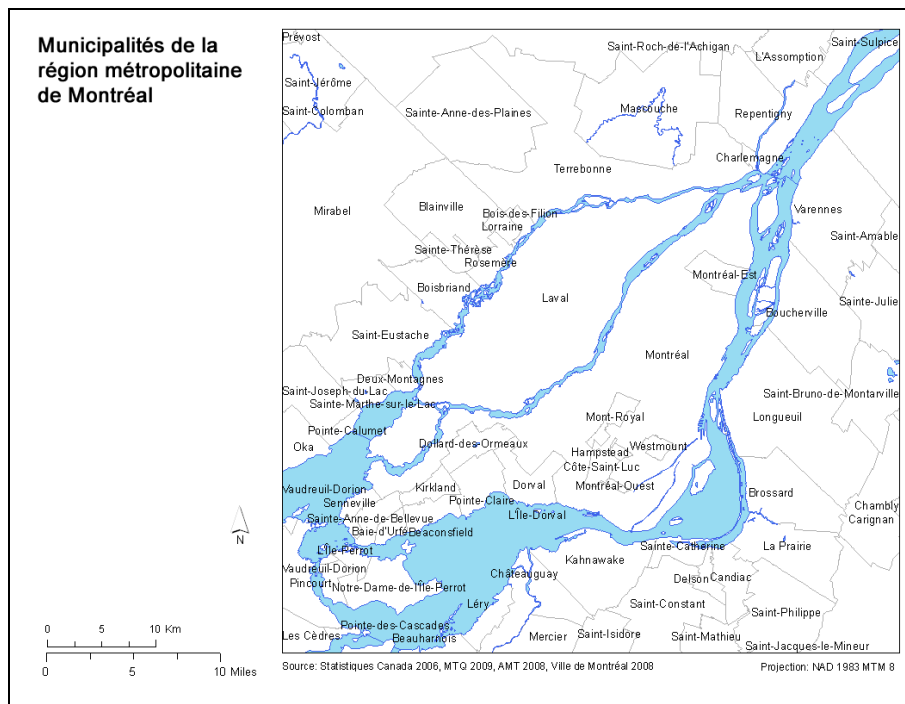
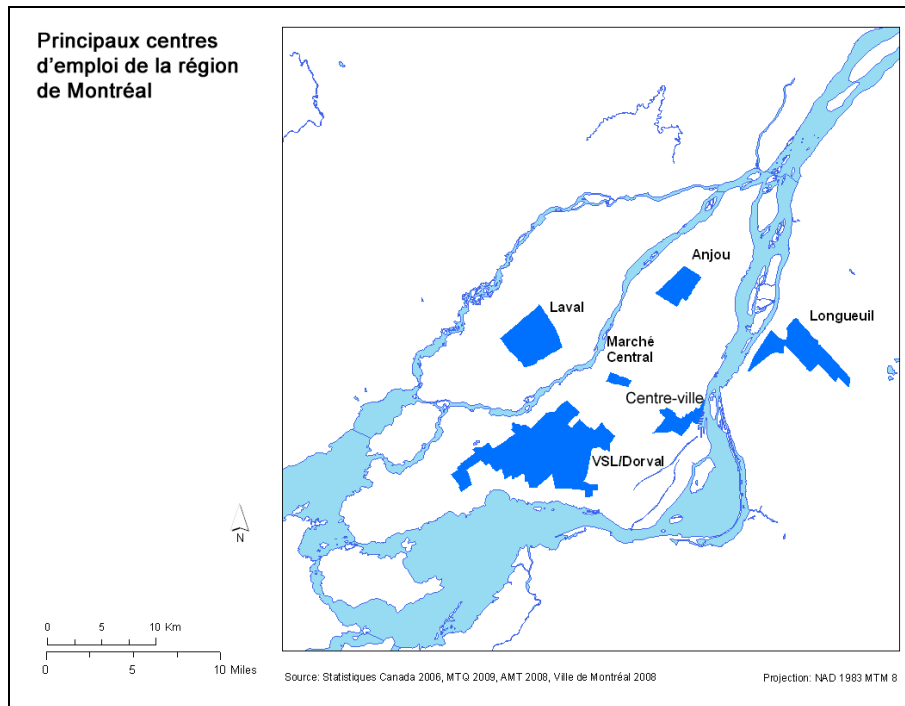


Figure 1 Région métropolitaine de Montréal



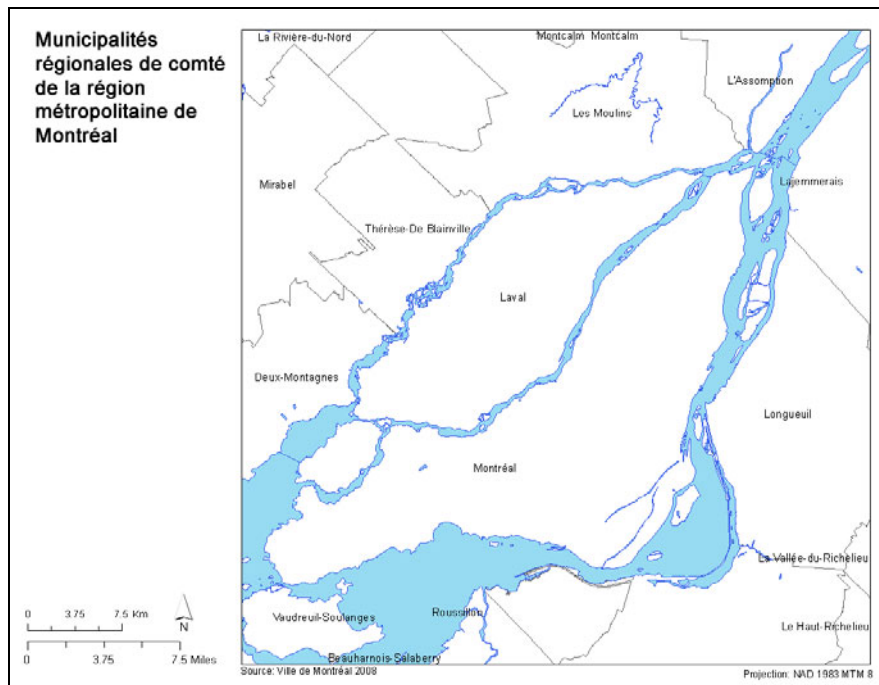


Figure 4 Municipalités régionales de comté

1.2. Grandes infrastructures de transport

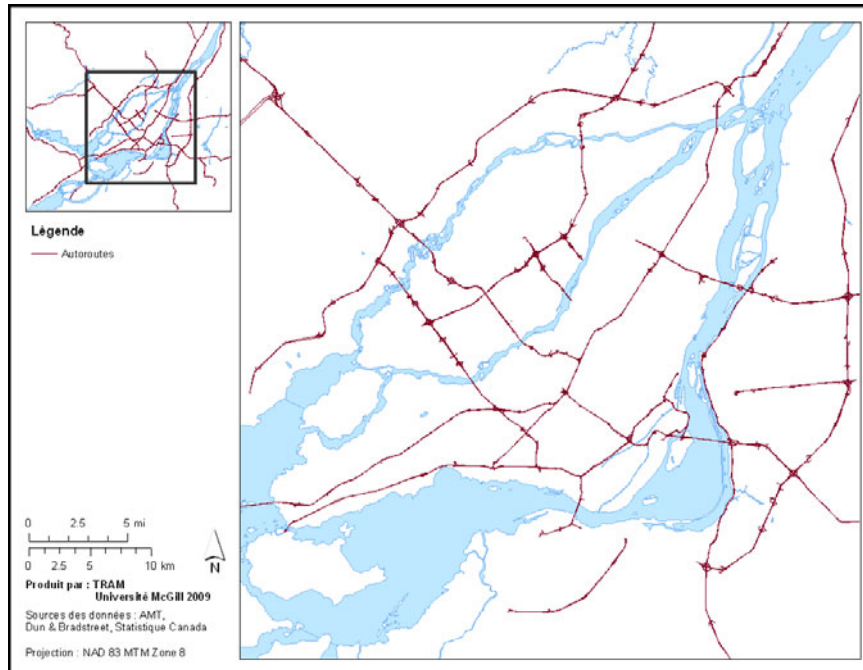


Figure 5 Réseau autoroutier

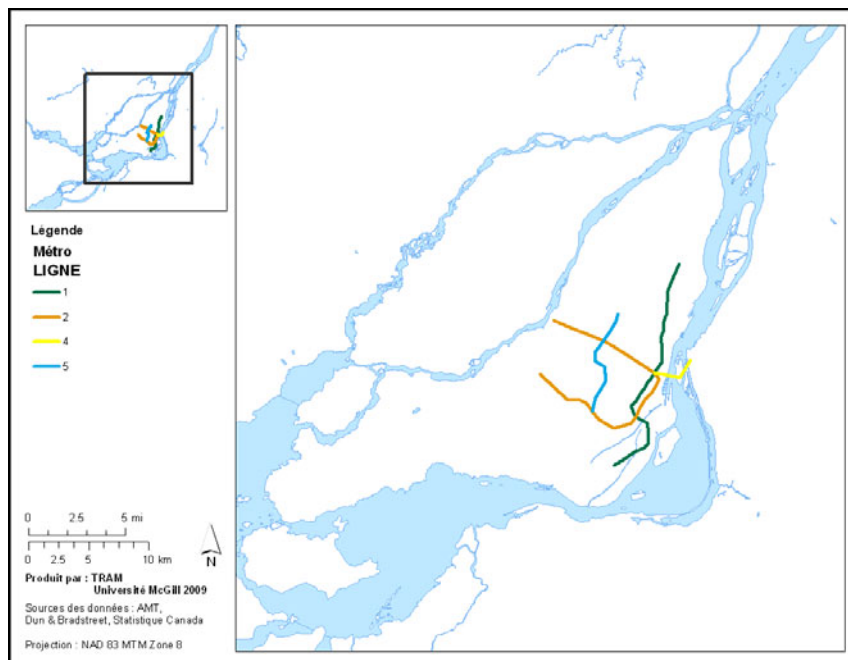


Figure 6 Réseau de métro

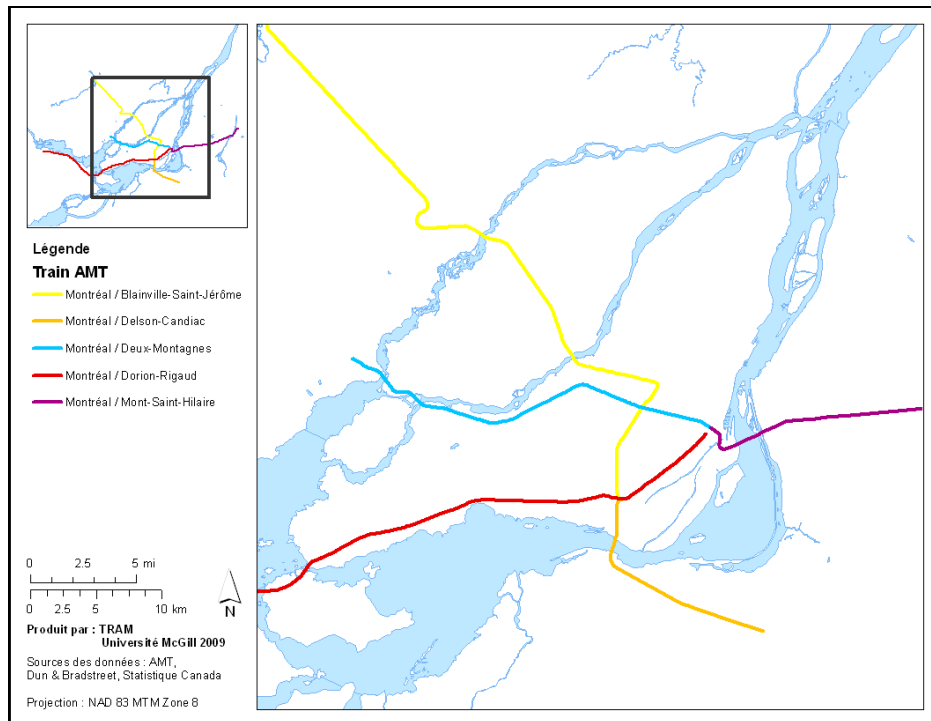


Figure 7 Réseau de trains de banlieue

1.3. Distribution spatiale des occasions

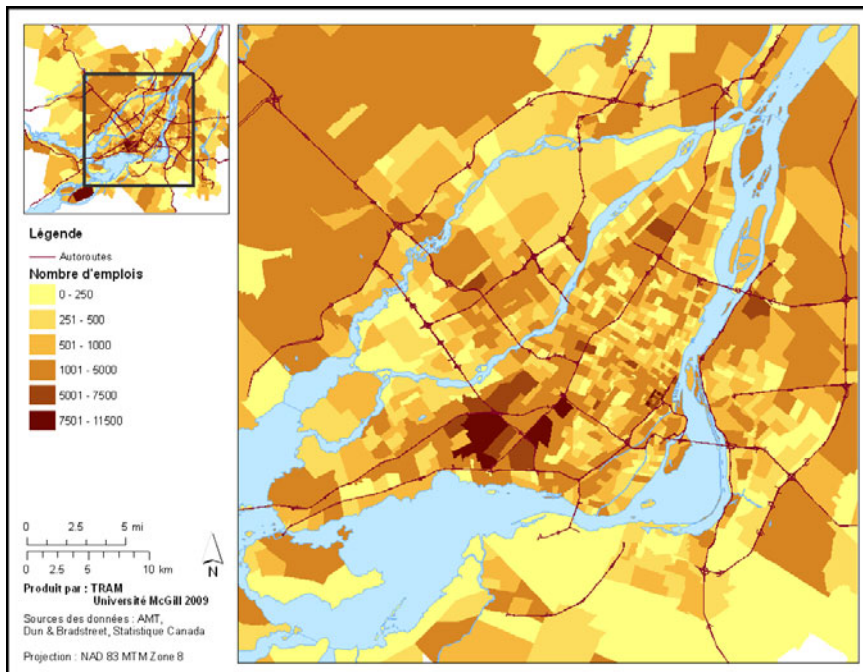


Figure 8 Nombre d'occasions d'emploi

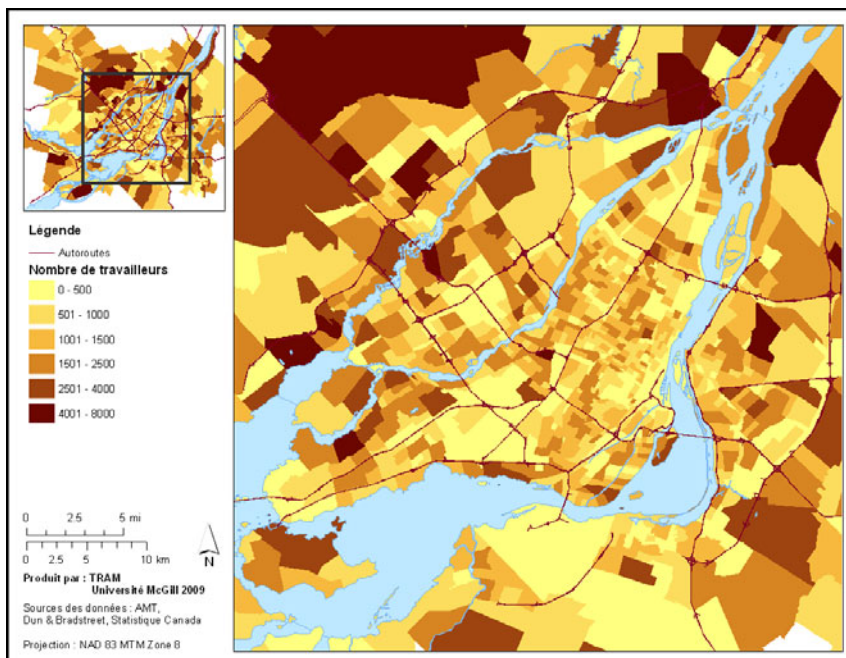


Figure 9 Nombre de travailleurs

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

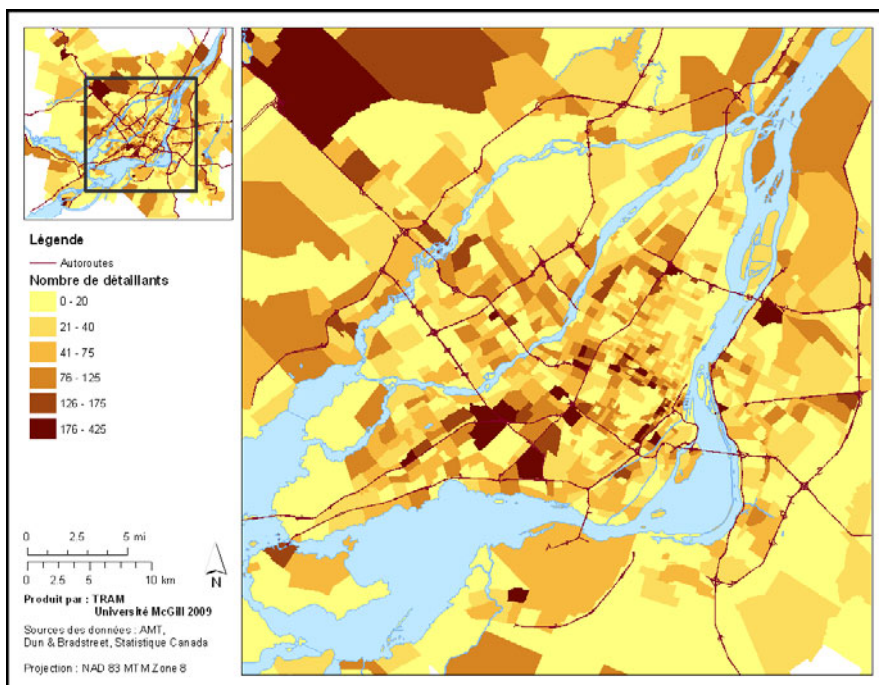


Figure 10 Nombre d'occasions de commerces de détail

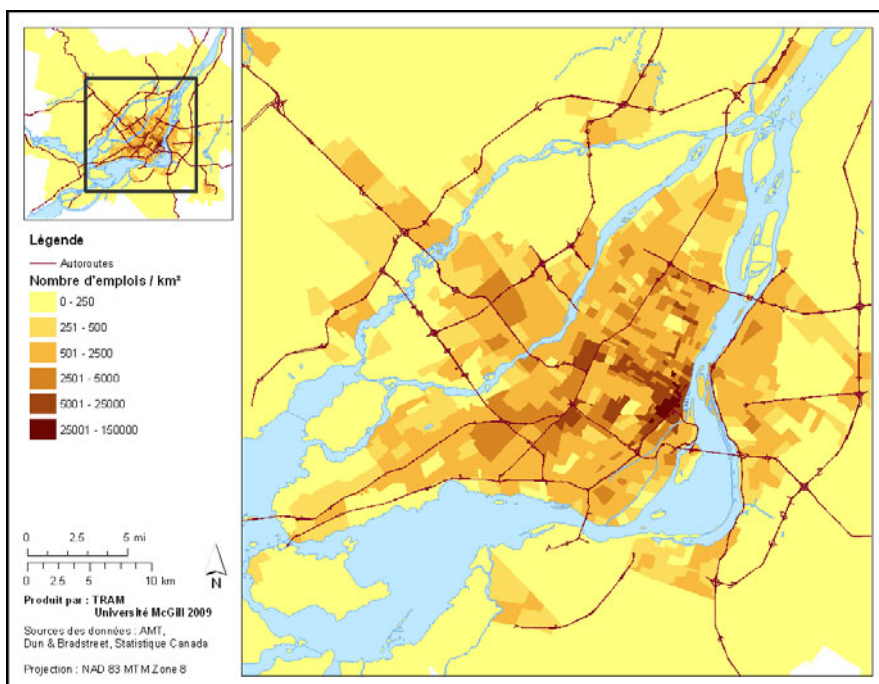


Figure 11 Distribution de la densité des emplois

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

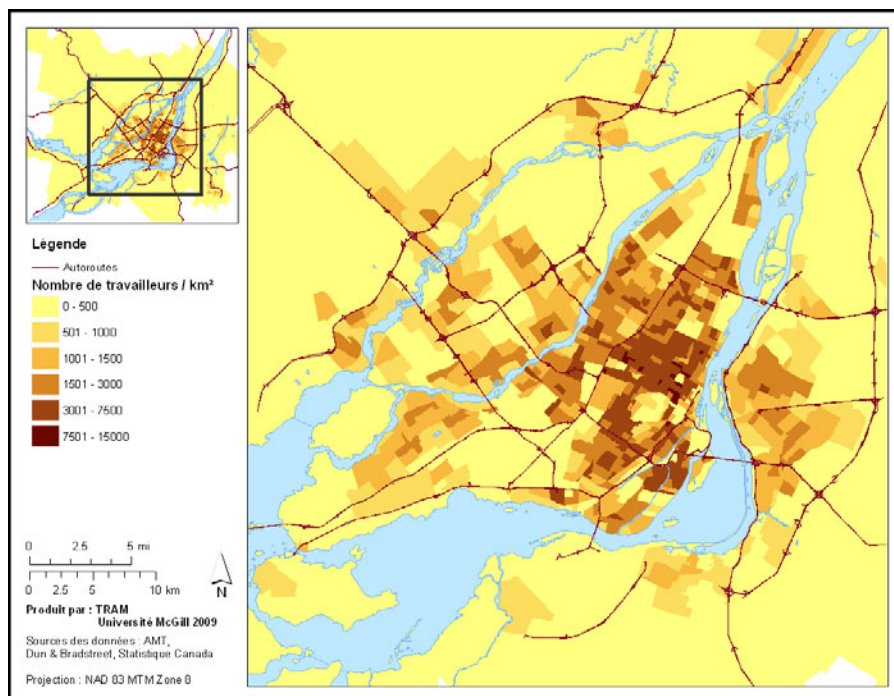


Figure 12 Distribution de la densité des travailleurs

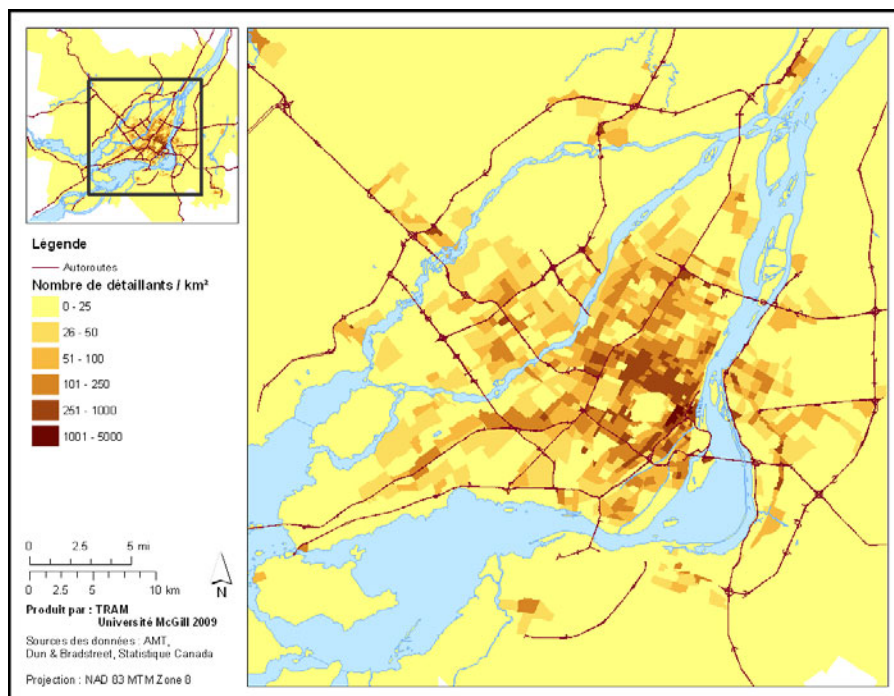
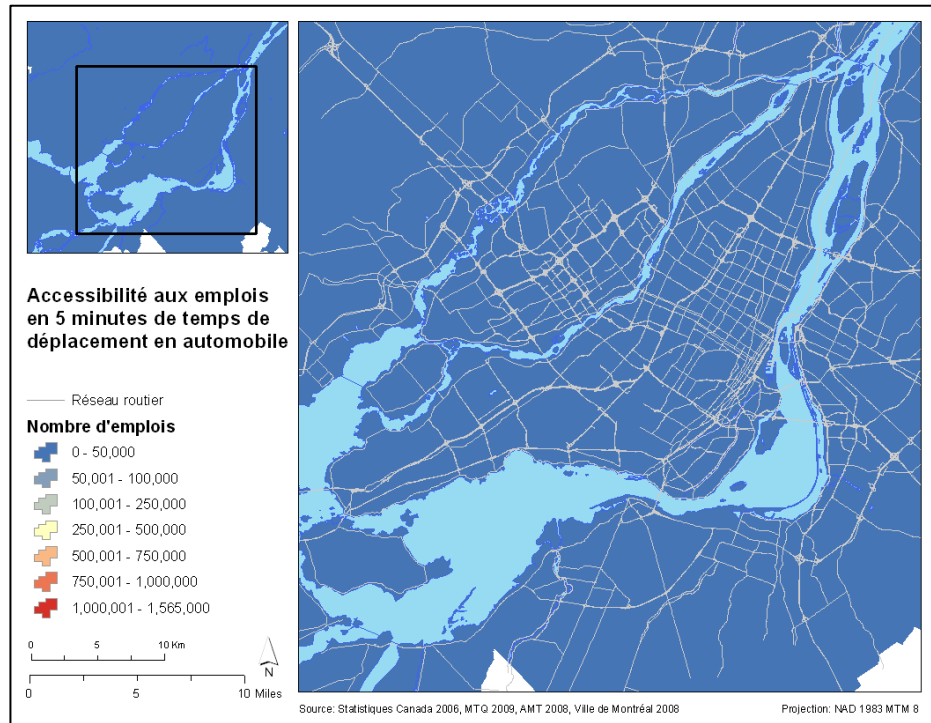


Figure 13 Distribution de la densité des commerces de détail

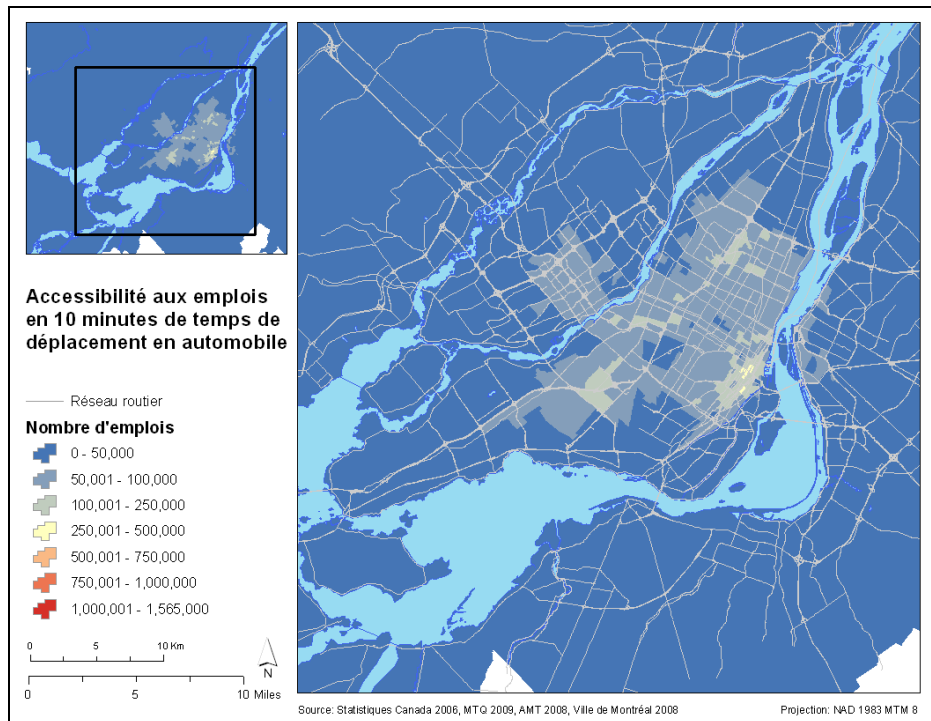
ANNEXE 2

2.1 Accessibilité isochrone aux emplois en automobile

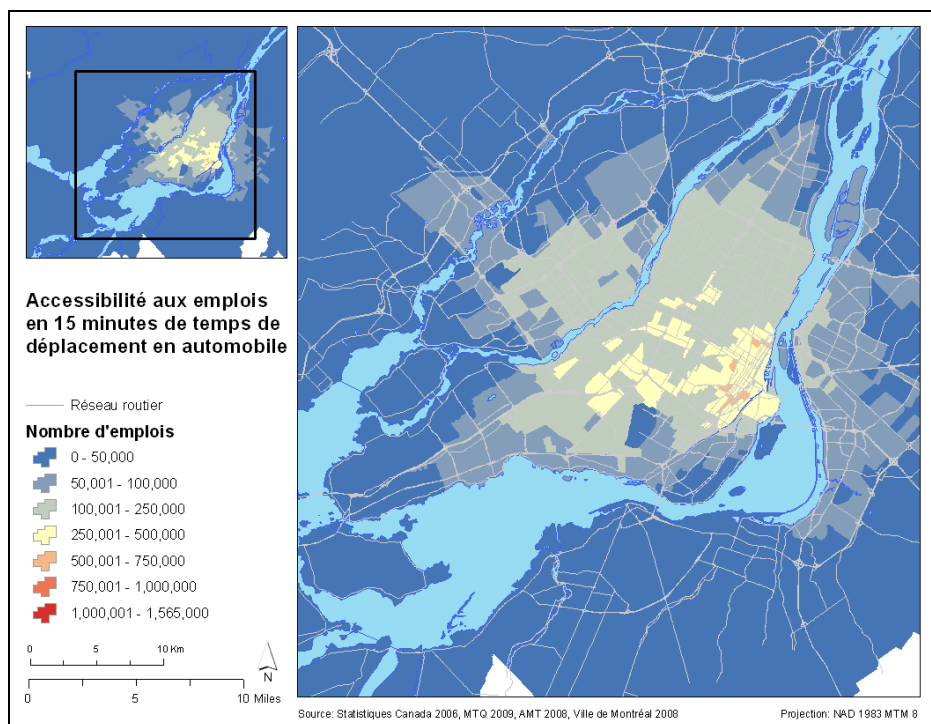


5 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

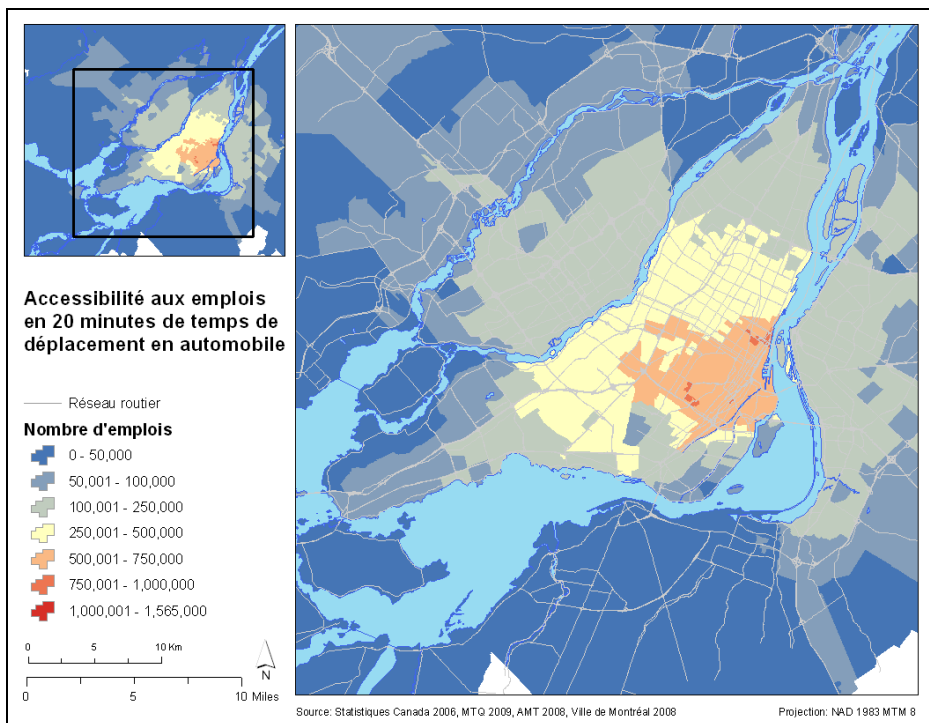


10 minutes

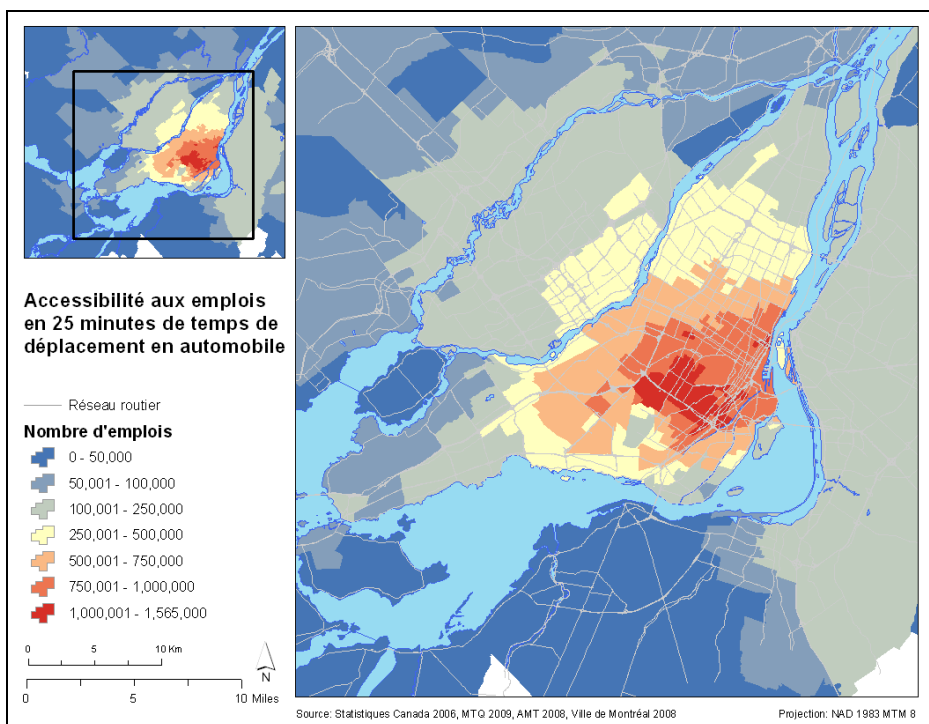


15 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

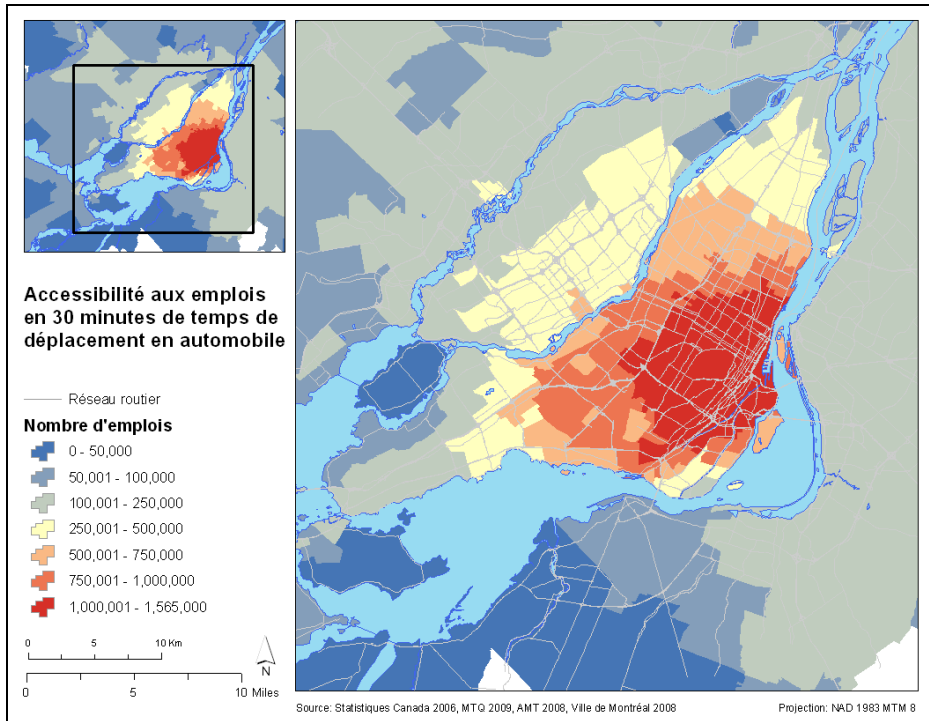


20 minutes

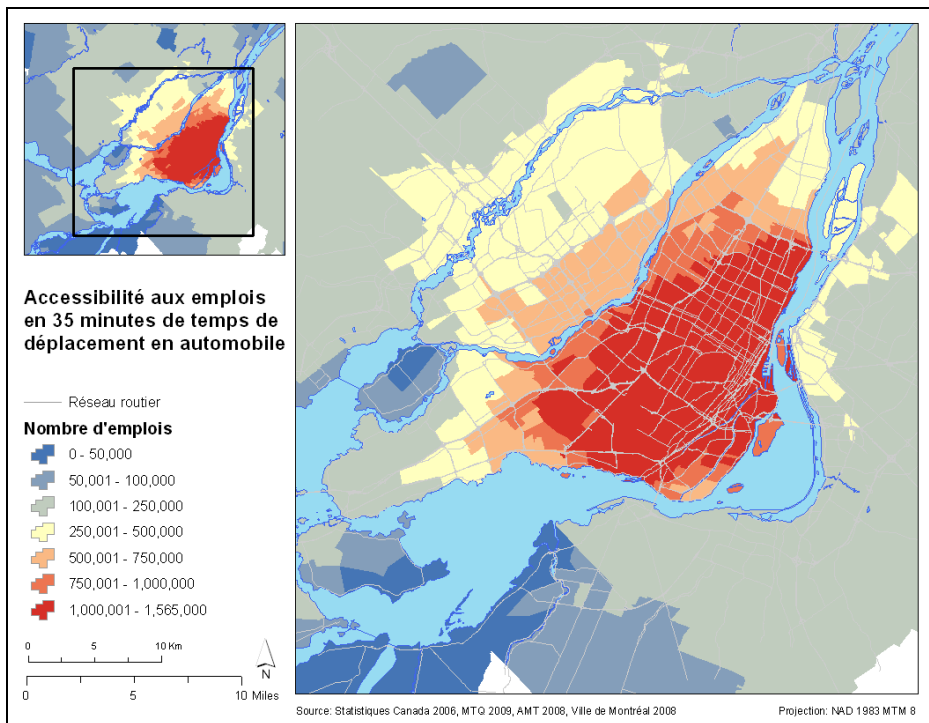


25 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

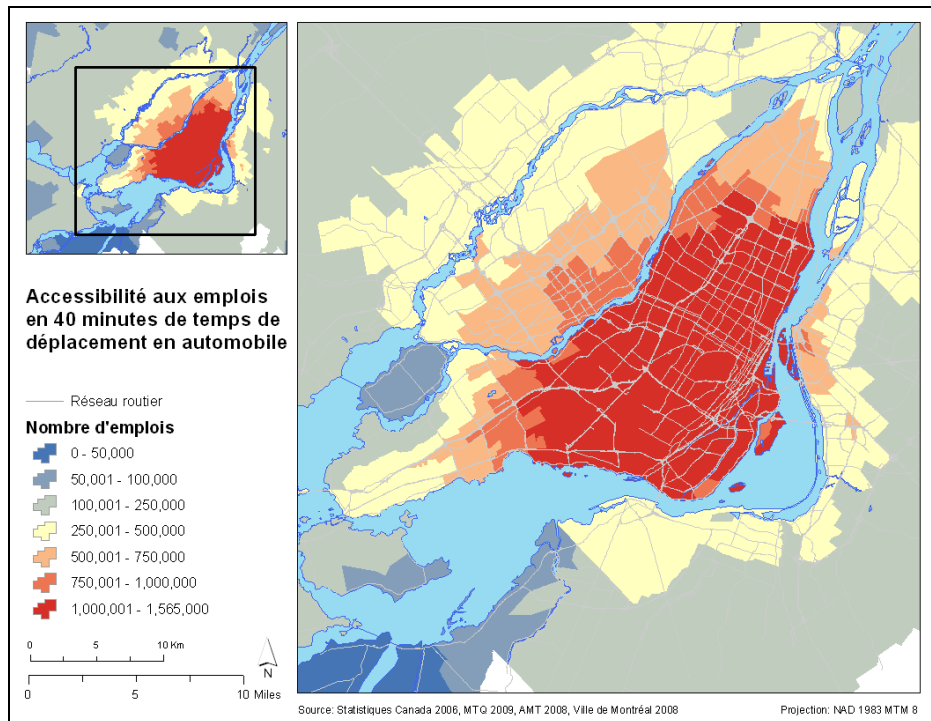


30 minutes

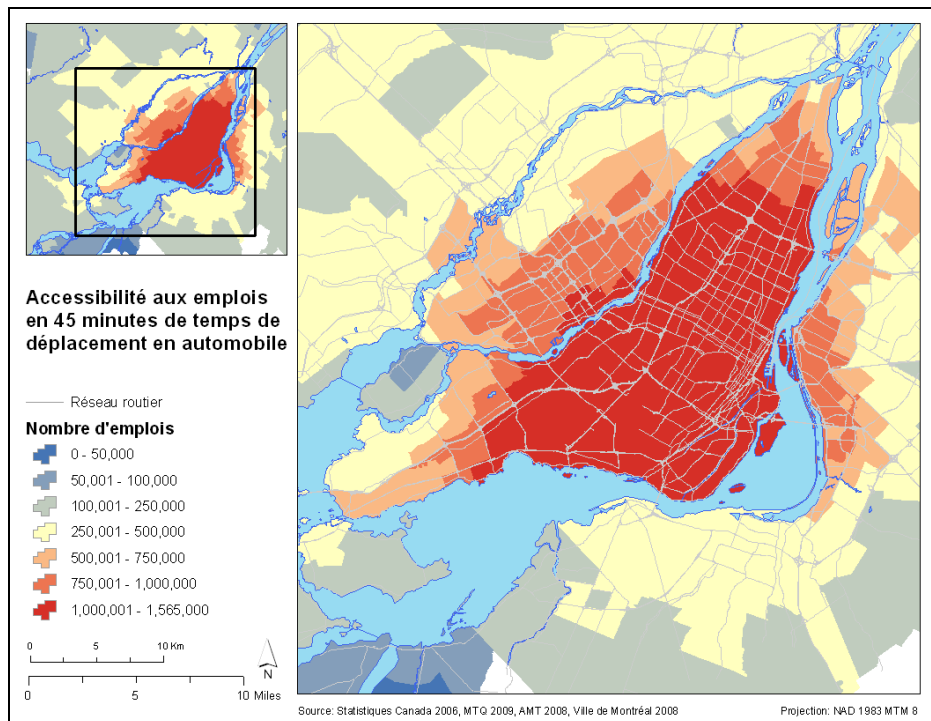


35 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

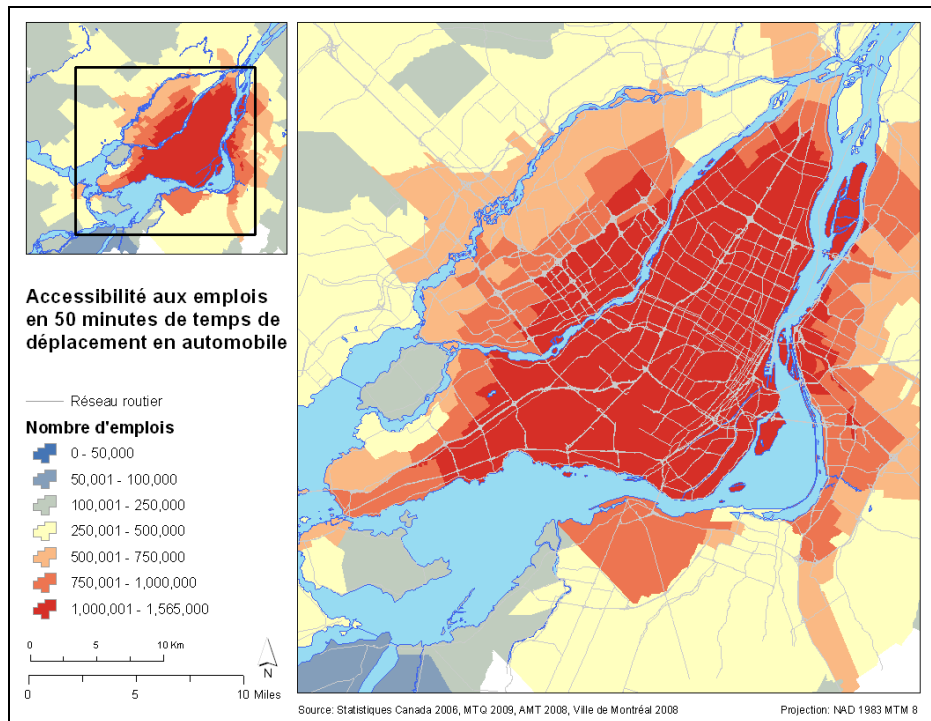


40 minutes

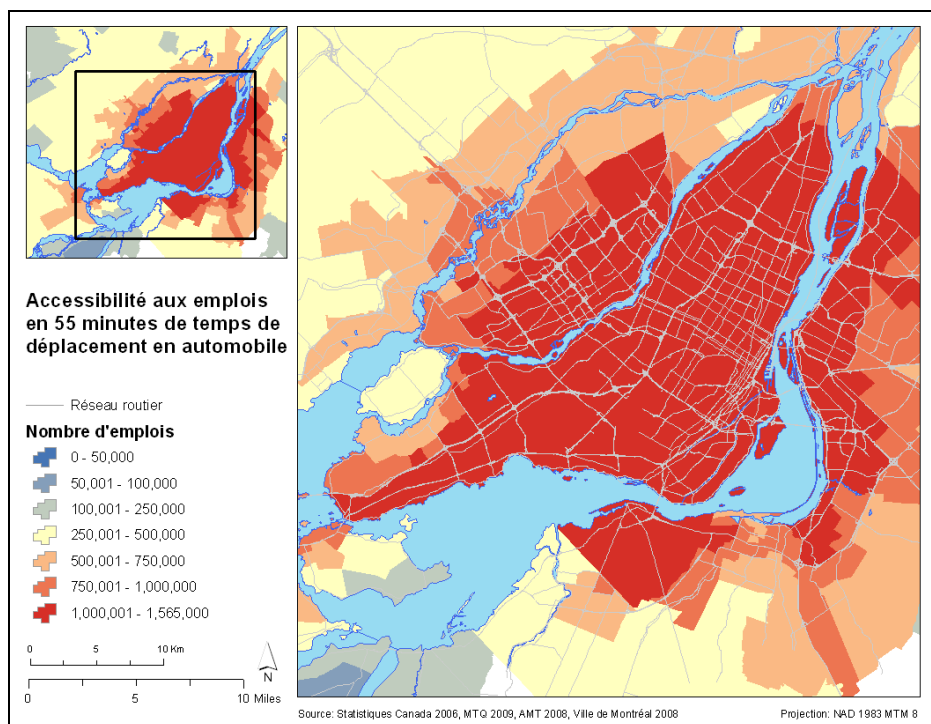


45 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

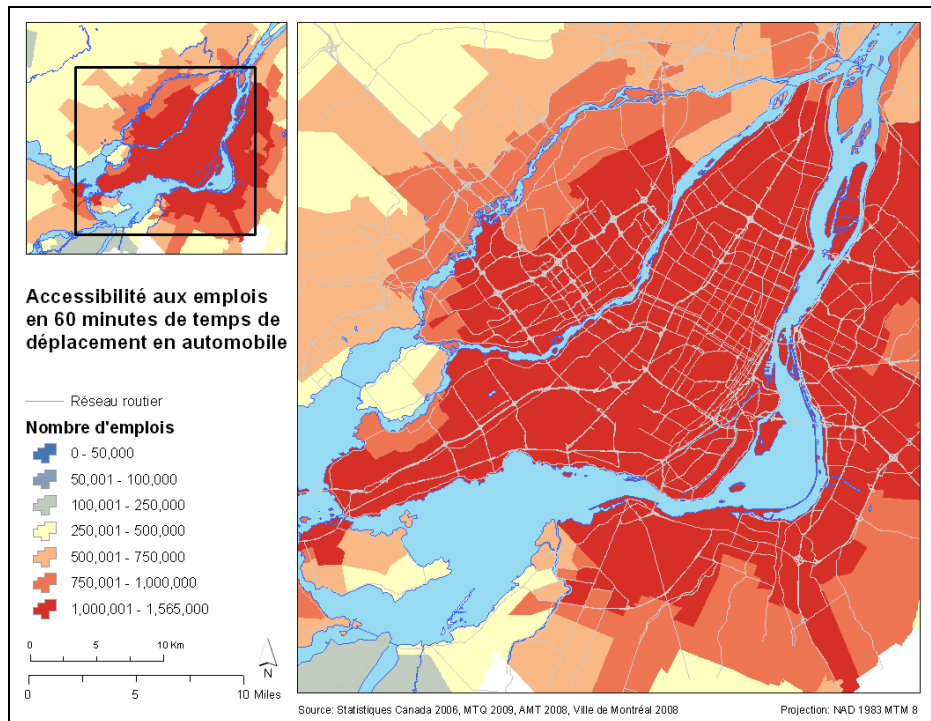


50 minutes



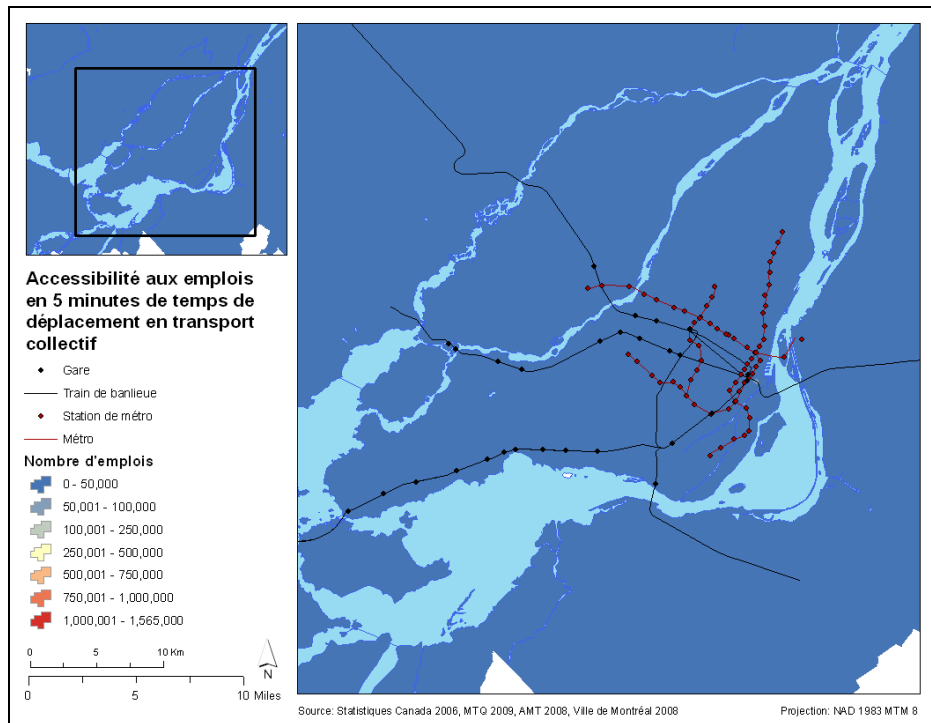
55 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL



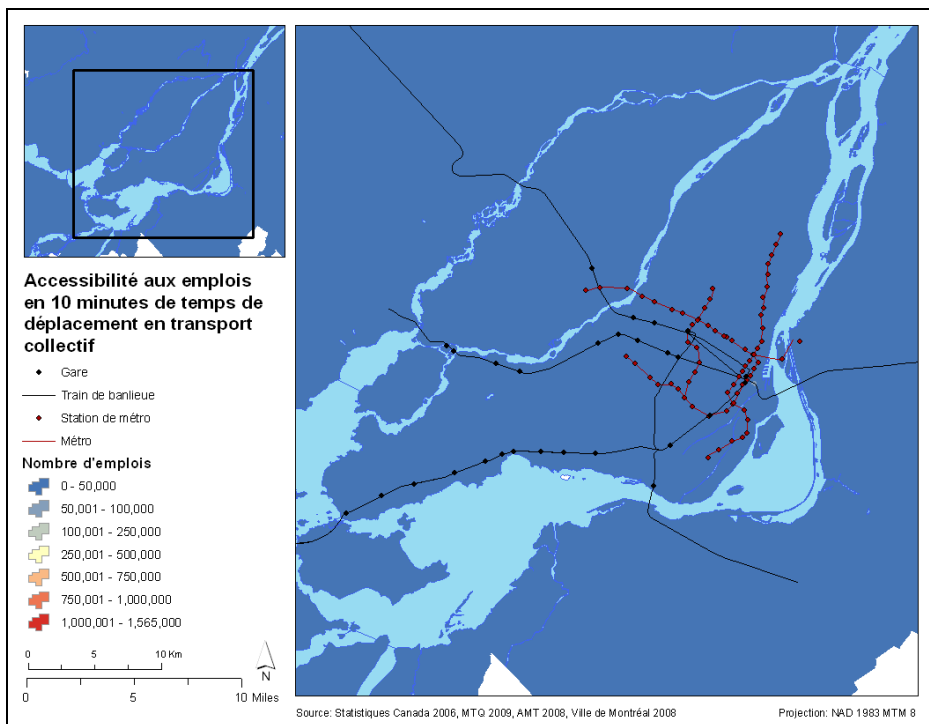
60 minutes

2.2. Accessibilité isochrone aux emplois en transport collectif

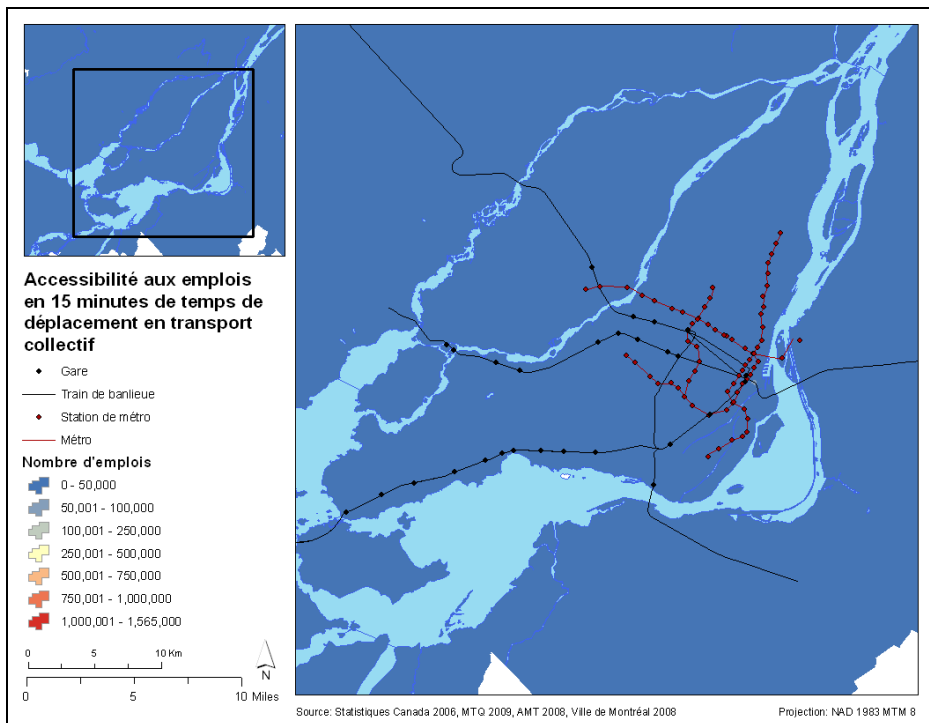


5 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

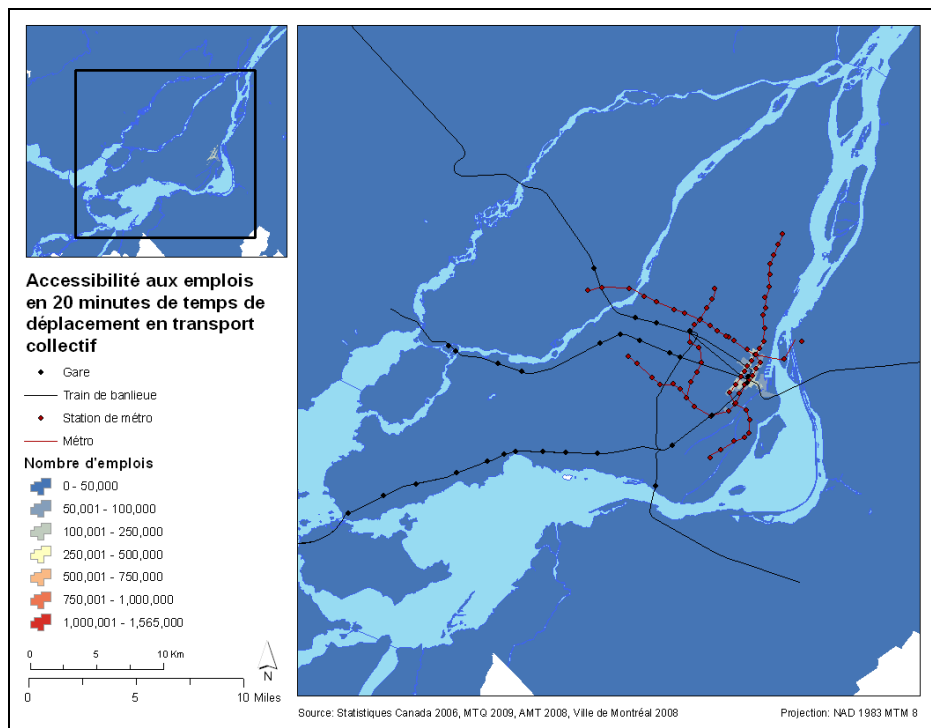


10 minutes

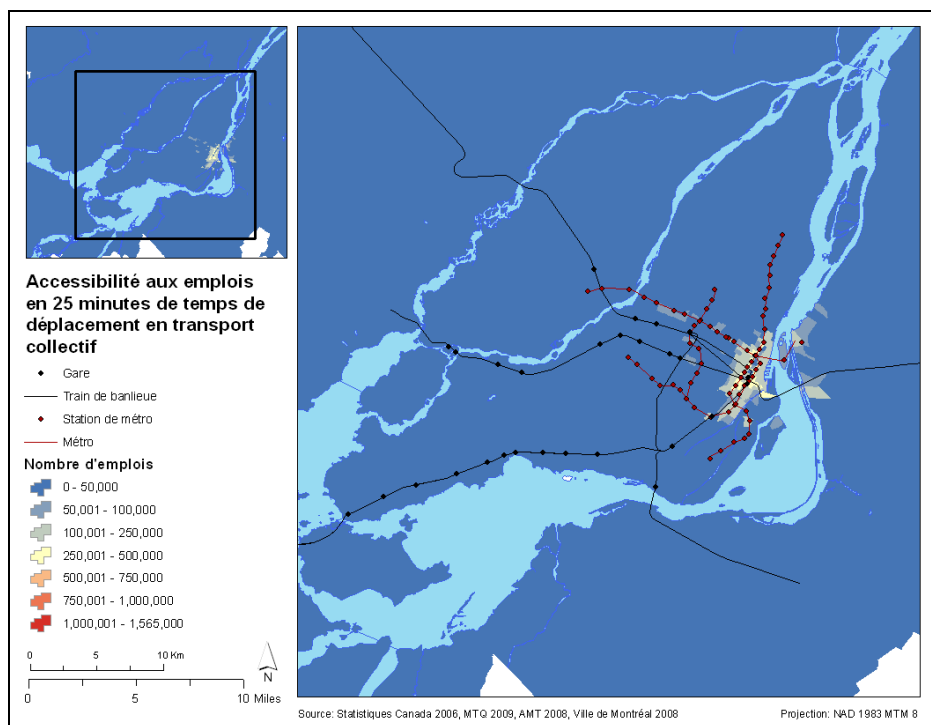


15 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

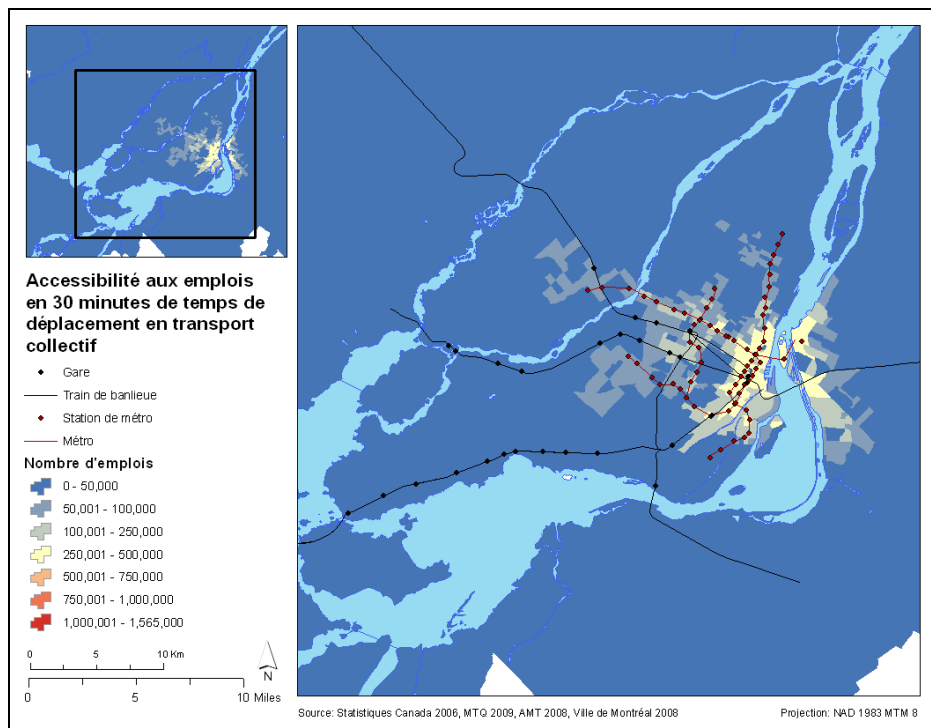


20 minutes

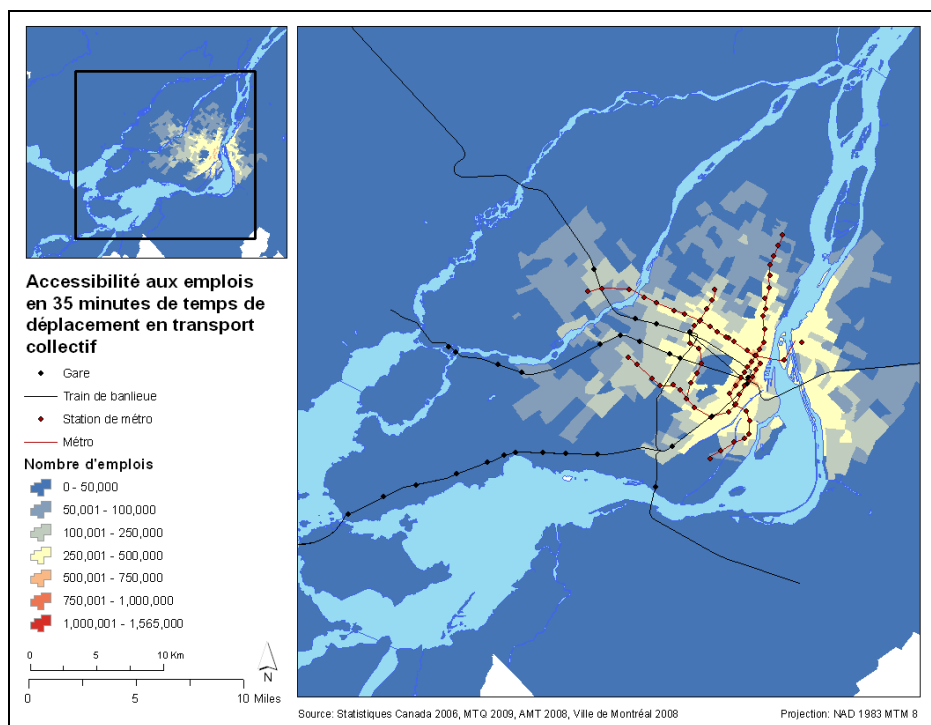


25 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

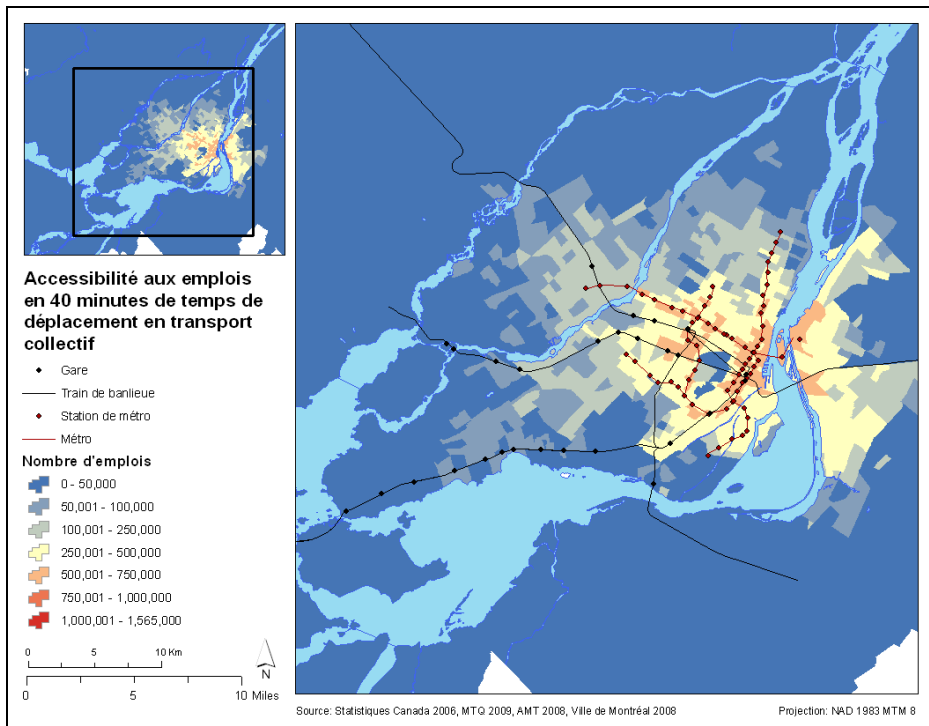


30 minutes

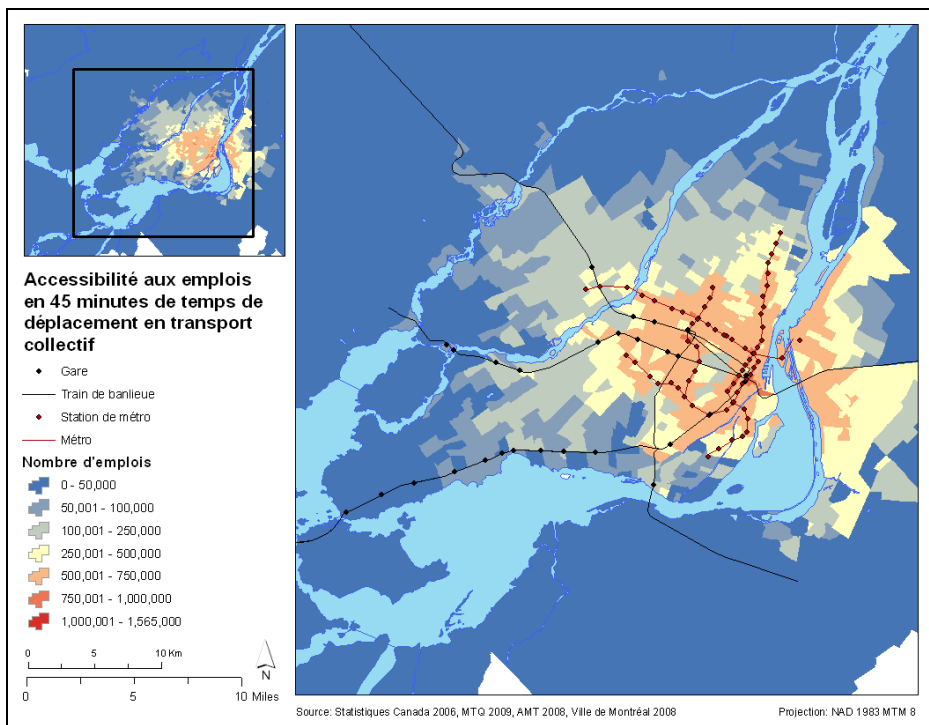


35 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

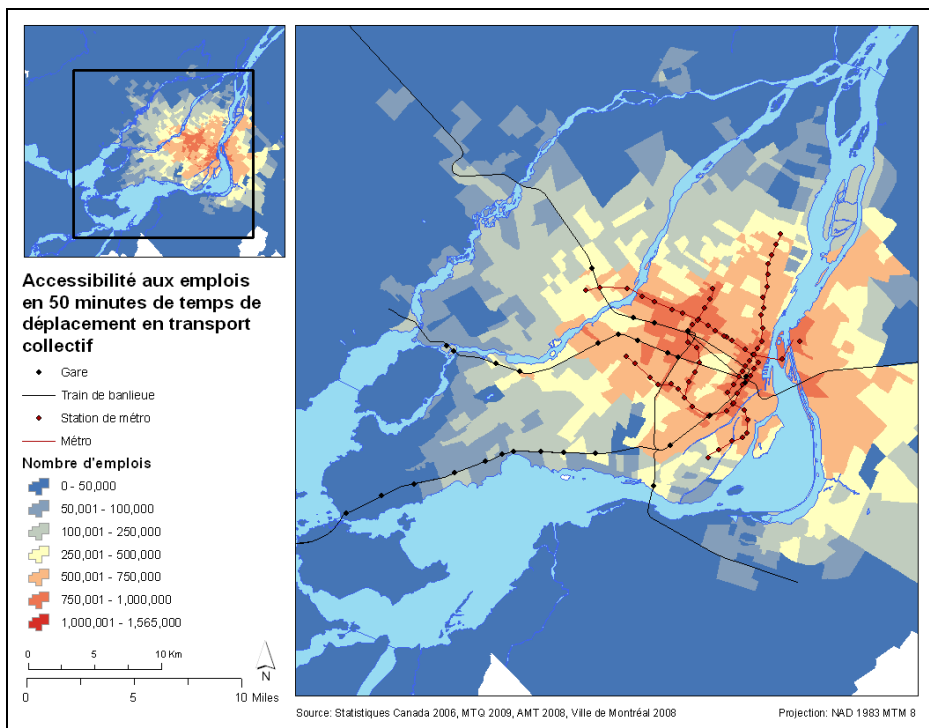


40 minutes

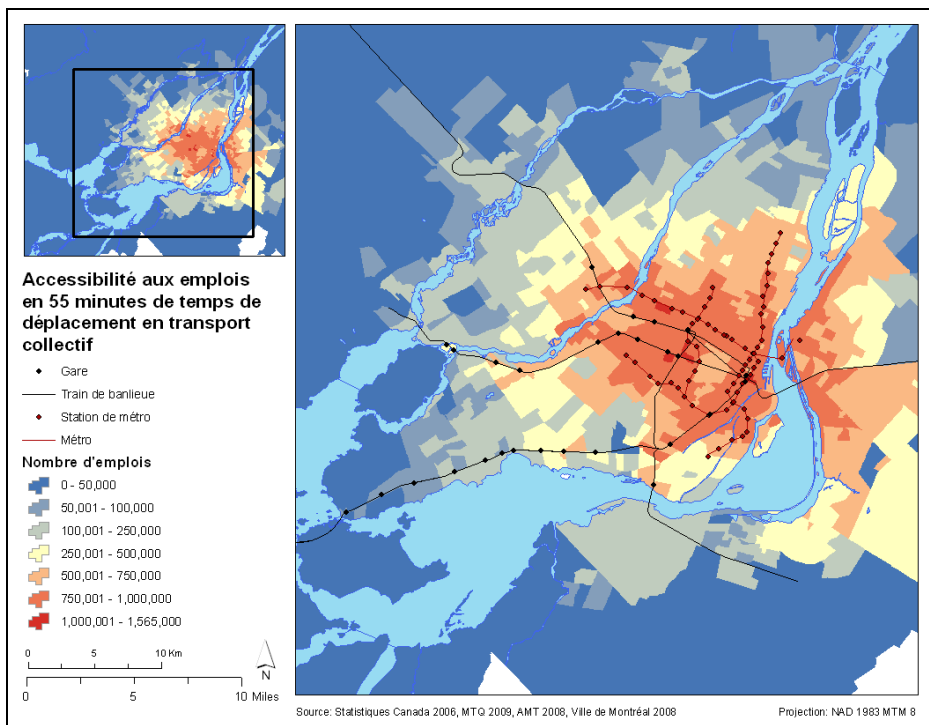


45 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

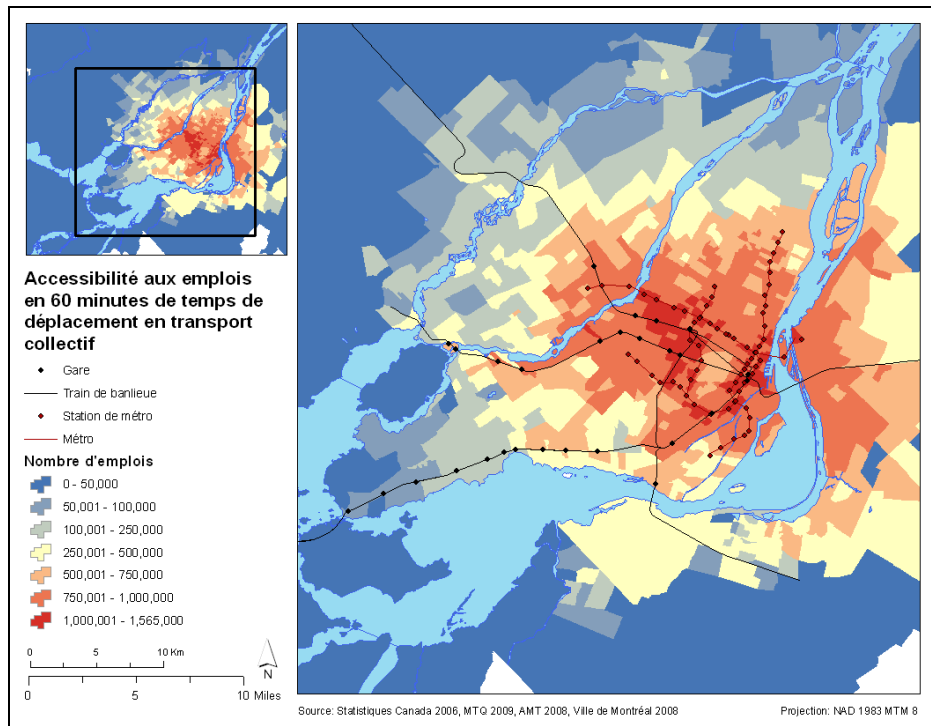


50 minutes



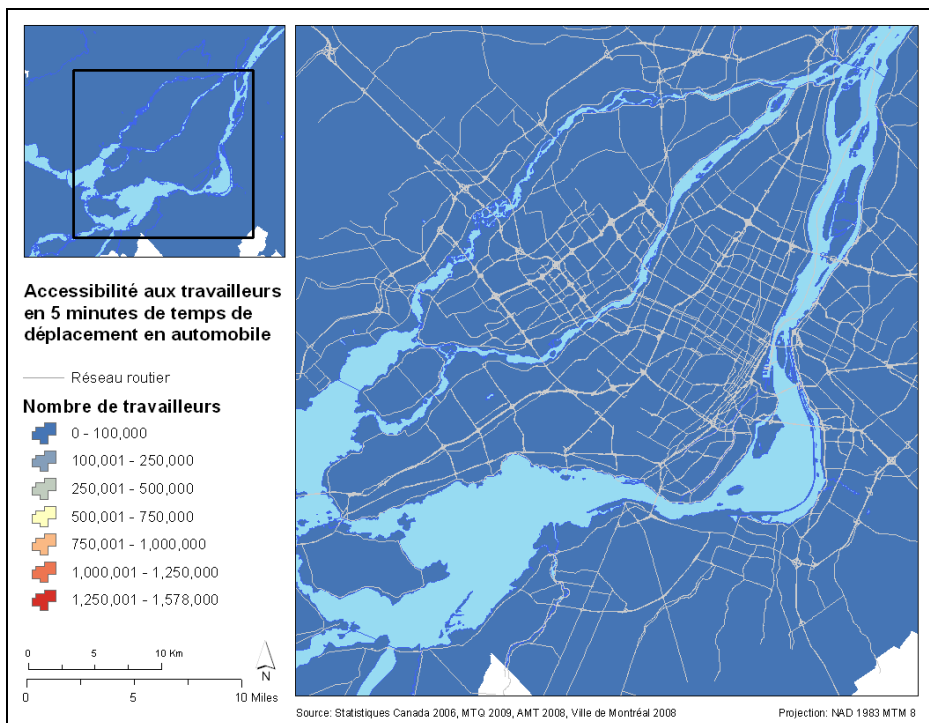
55 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

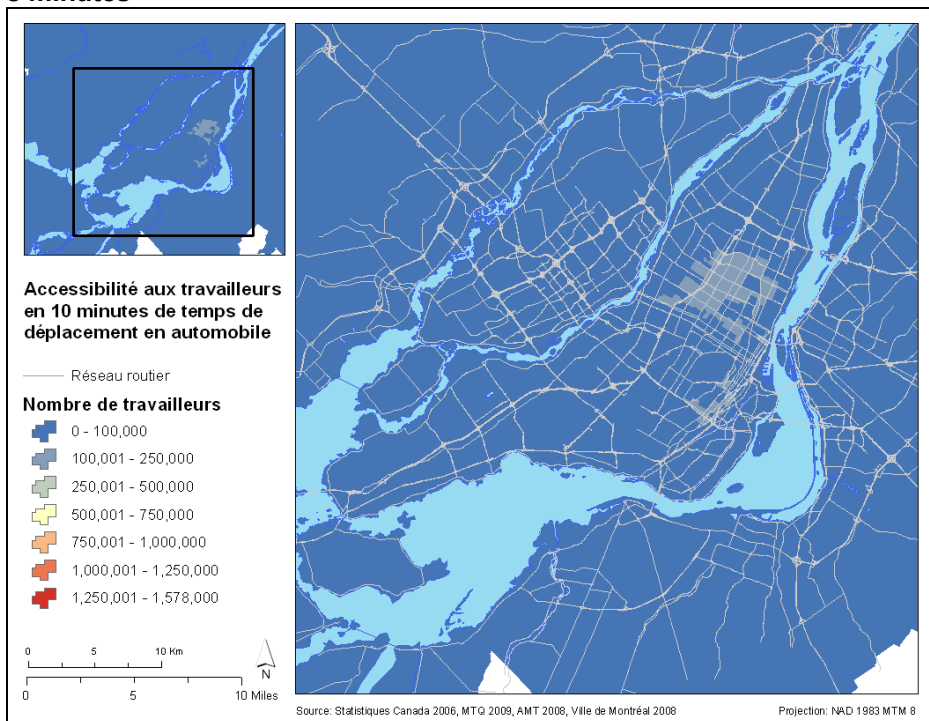


60 minutes

2.3. Accessibilité isochrone aux travailleurs en automobile

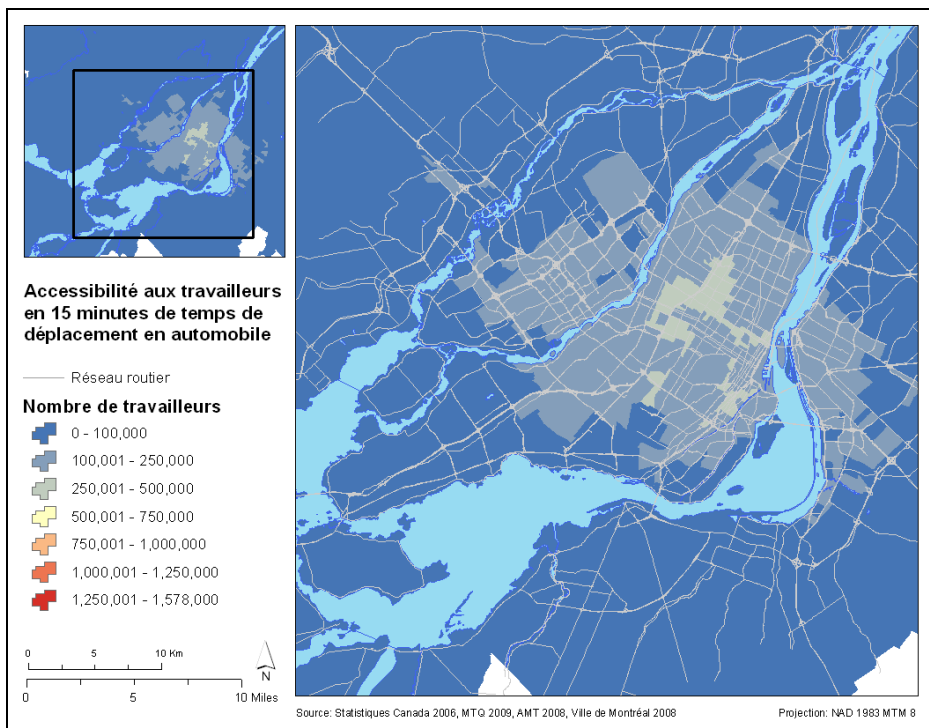


5 minutes

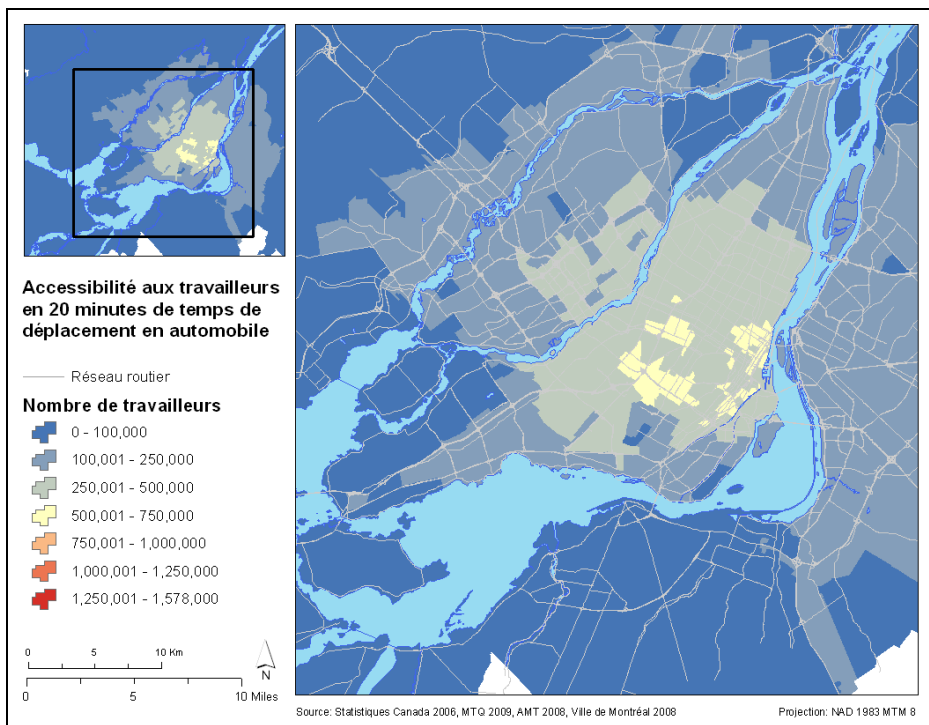


10 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

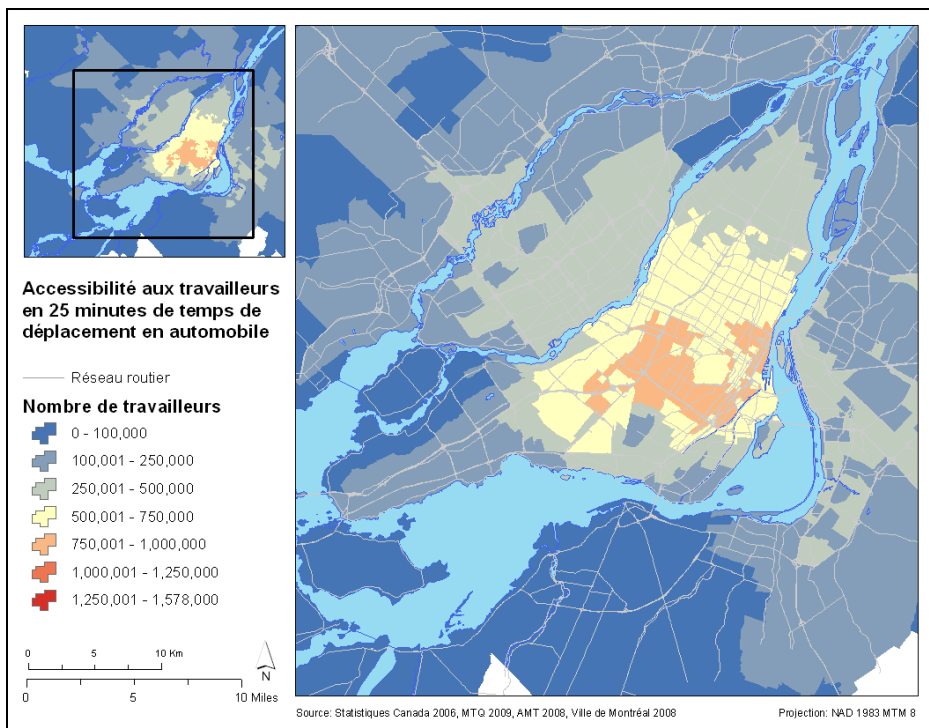


15 minutes

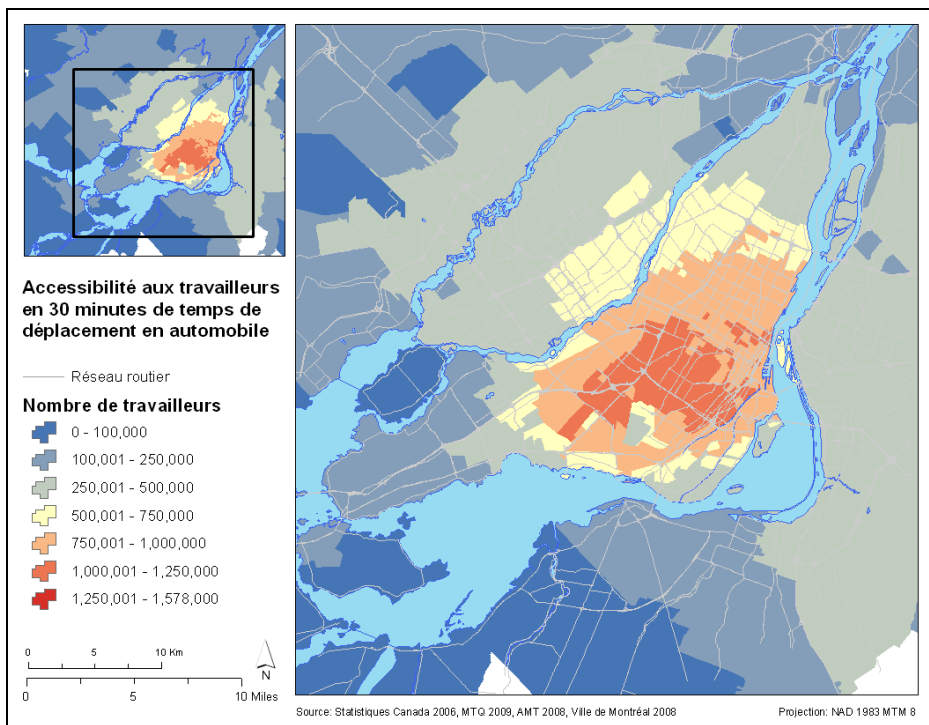


20 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

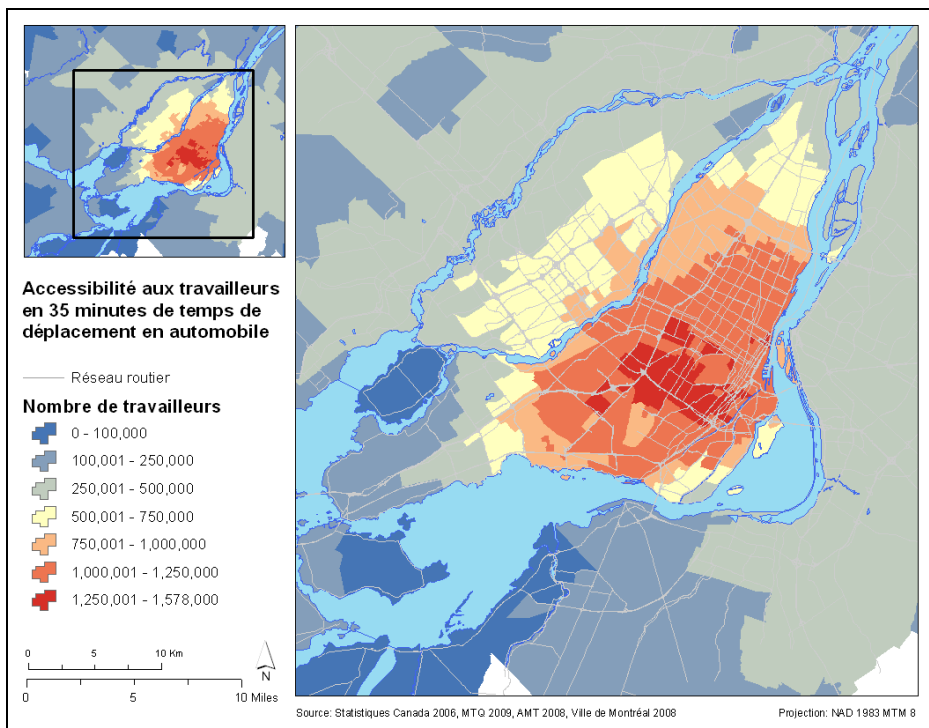


25 minutes

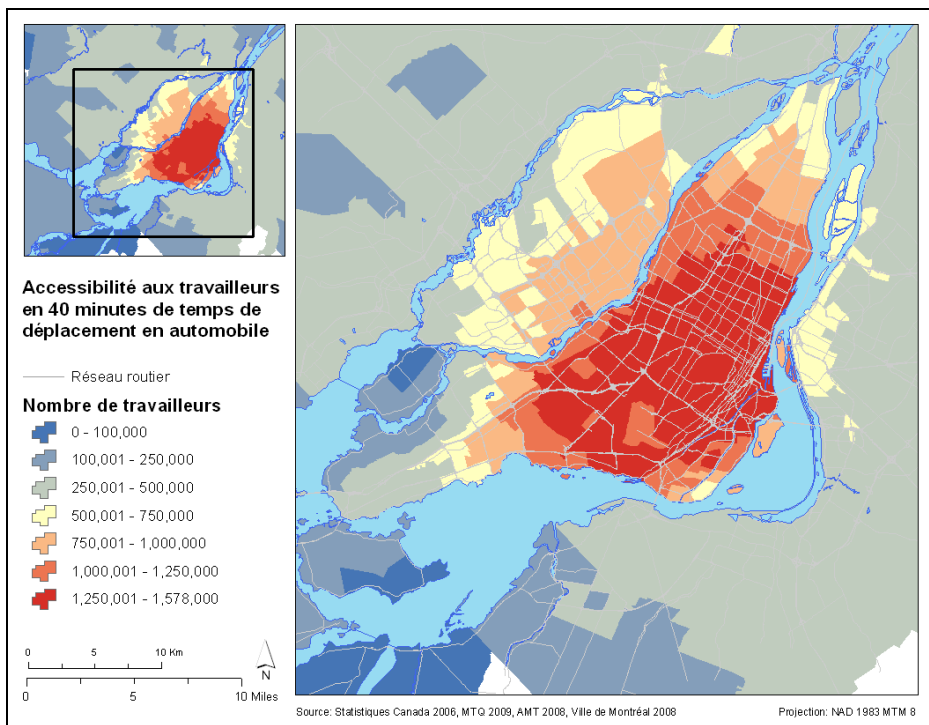


30 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

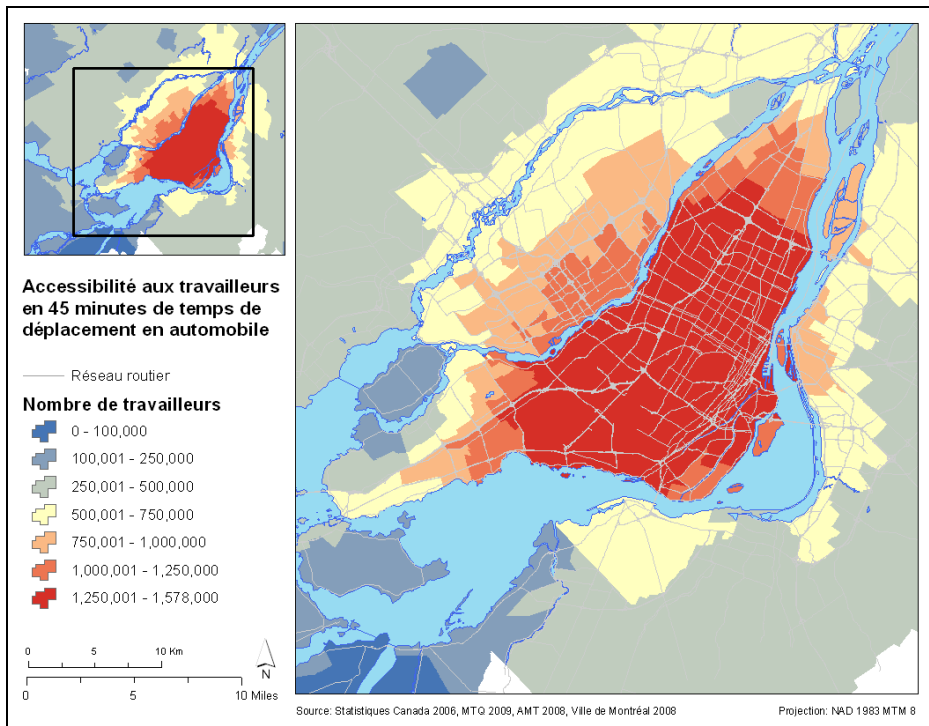


35 minutes

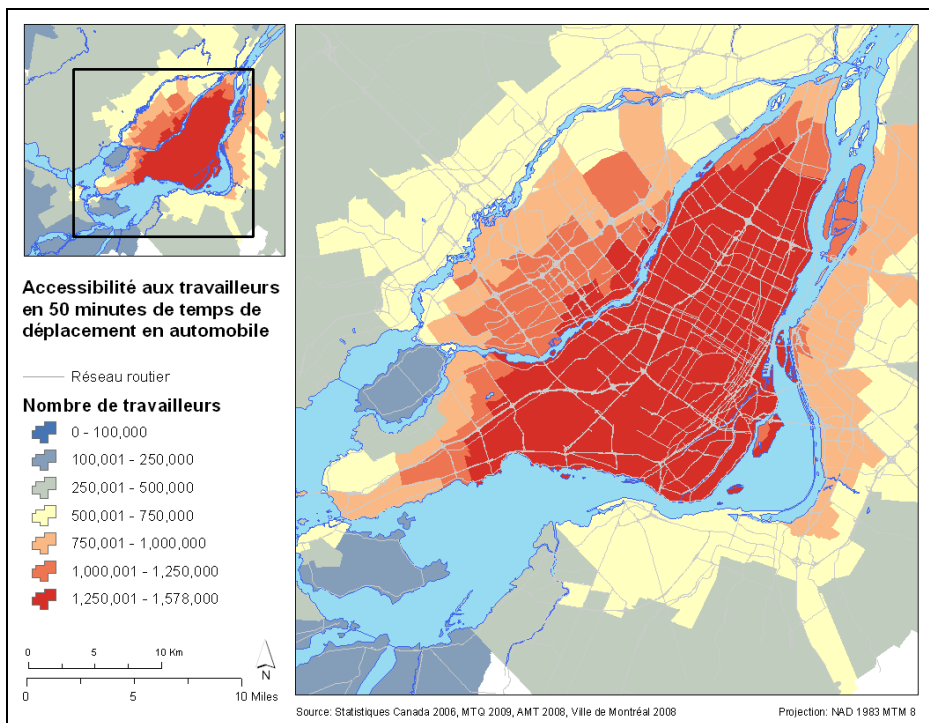


40 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

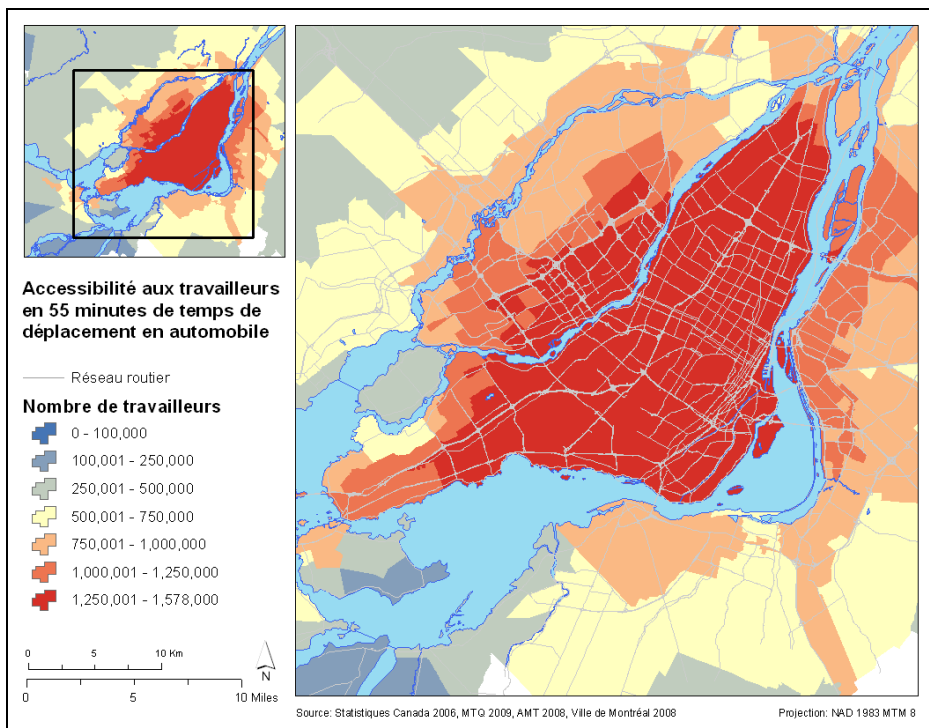


45 minutes

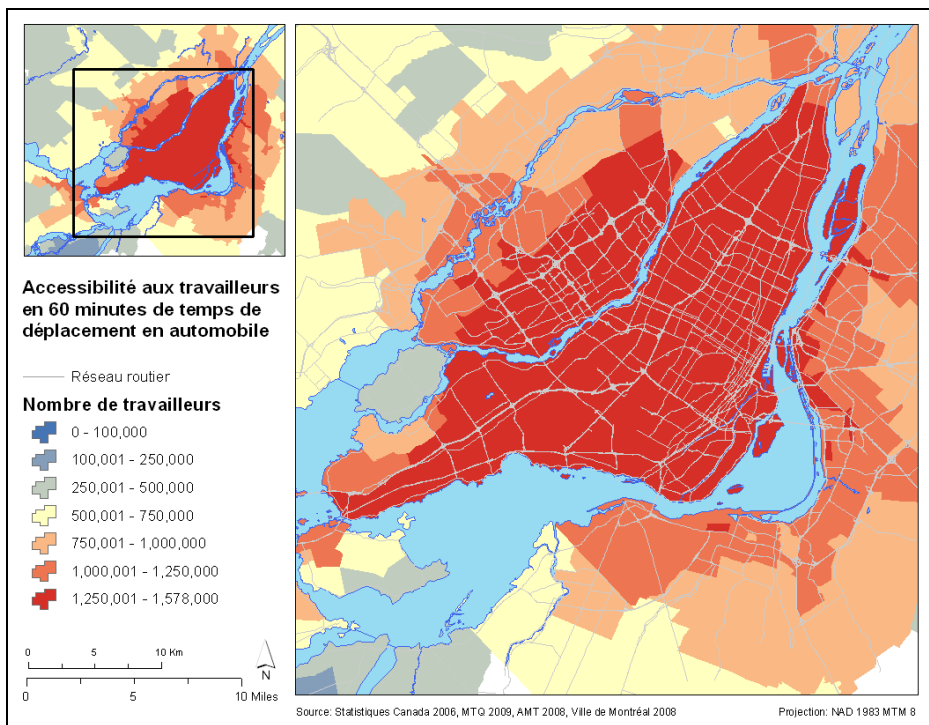


50 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

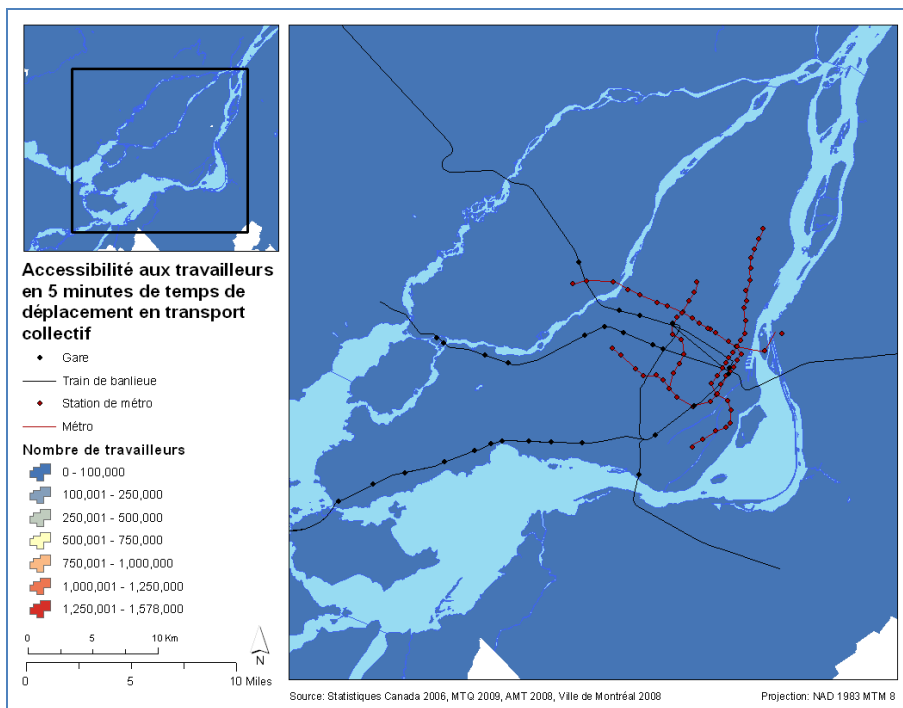


55 minutes

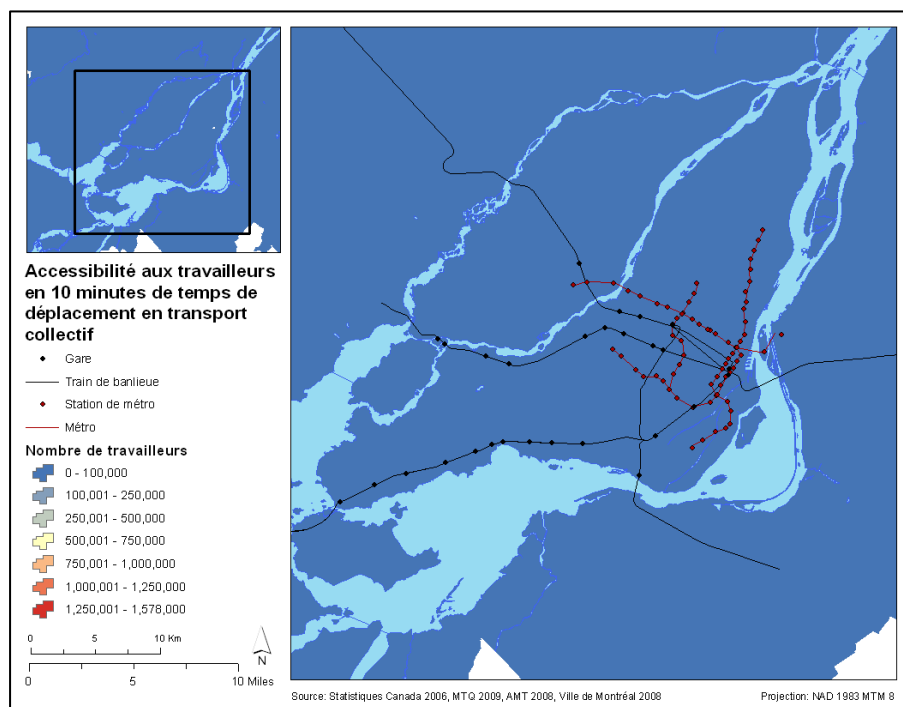


60 minutes

2.4. Accessibilité isochrone aux travailleurs en transport collectif

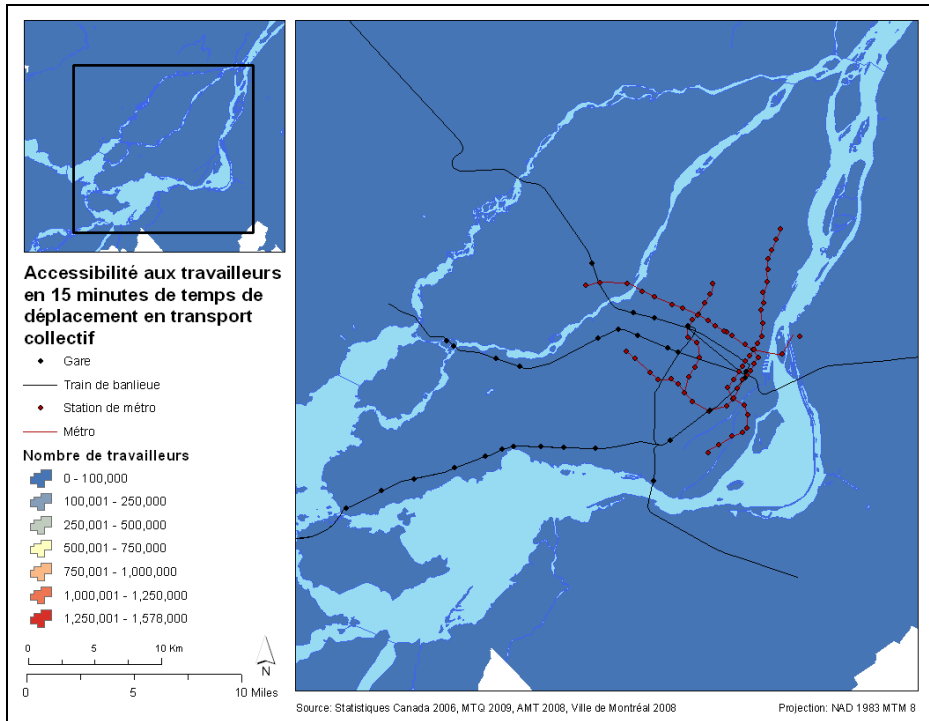


5 minutes

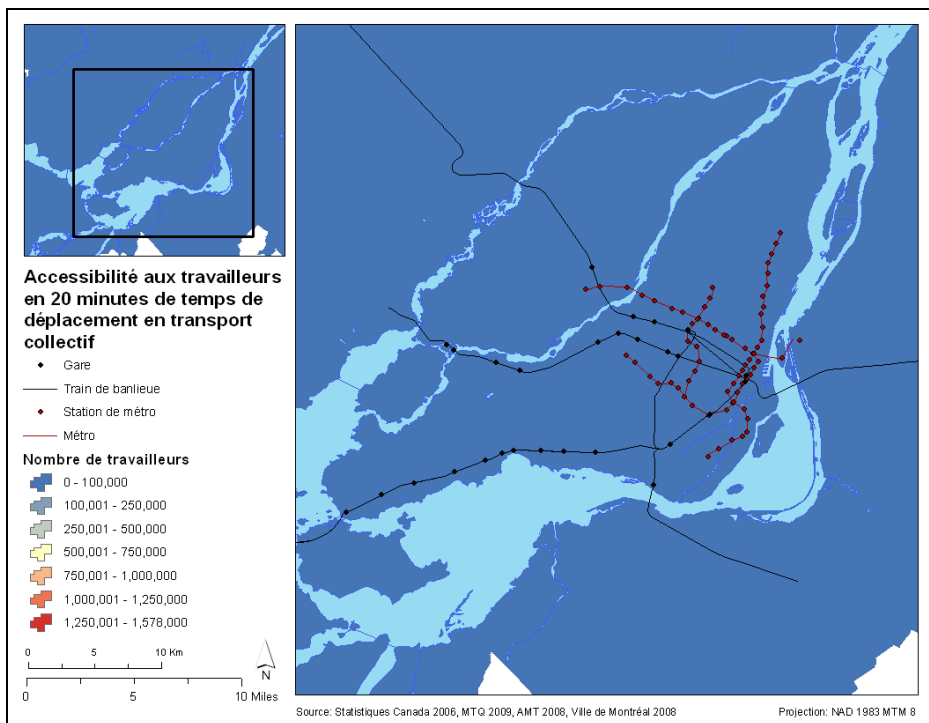


10 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

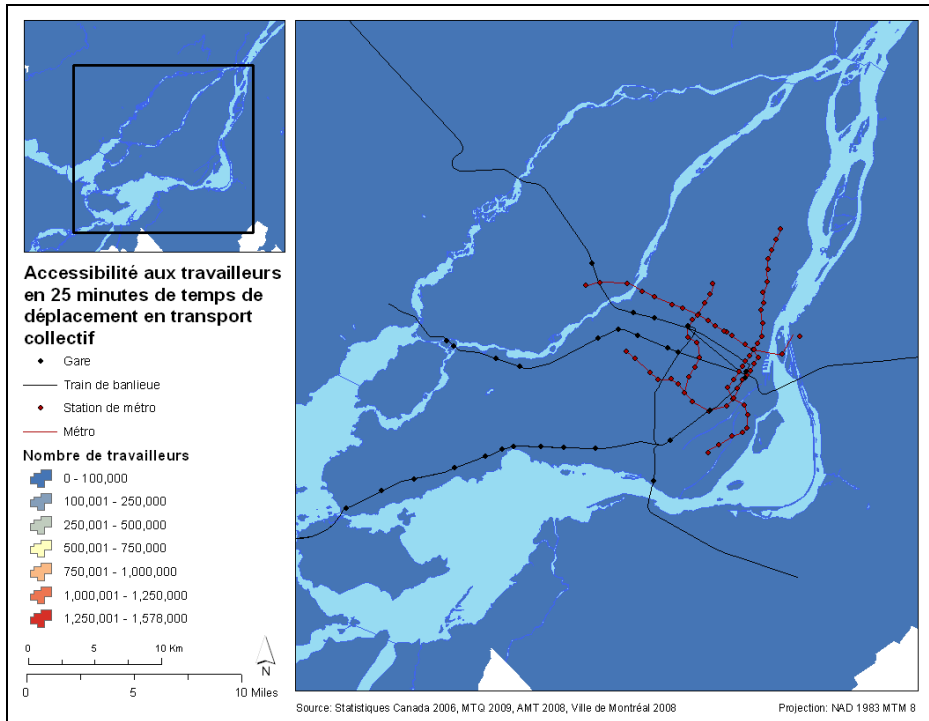


15 minutes

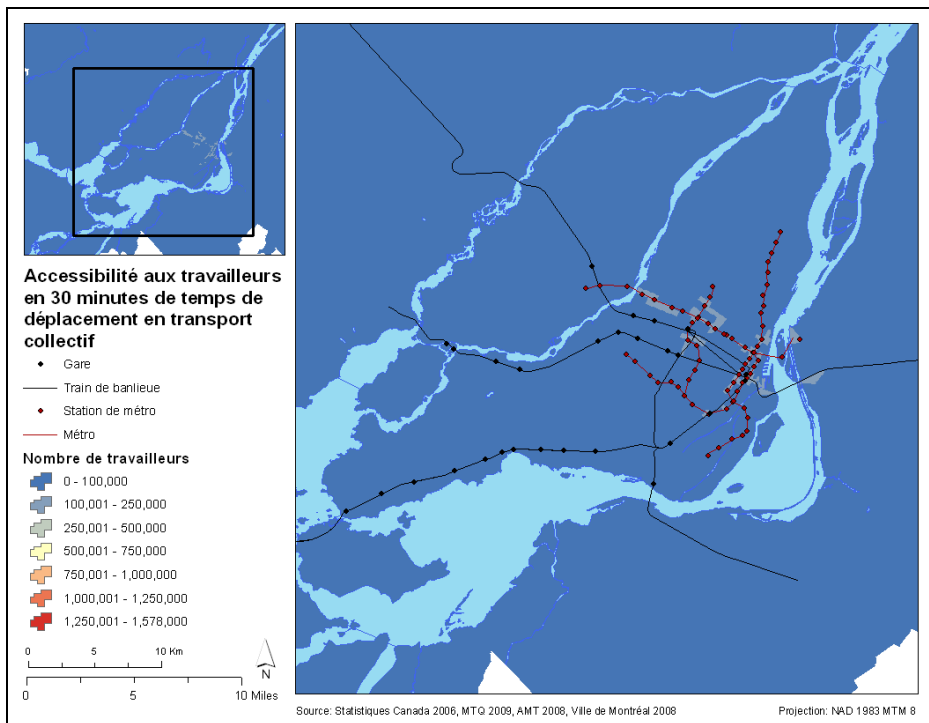


20 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

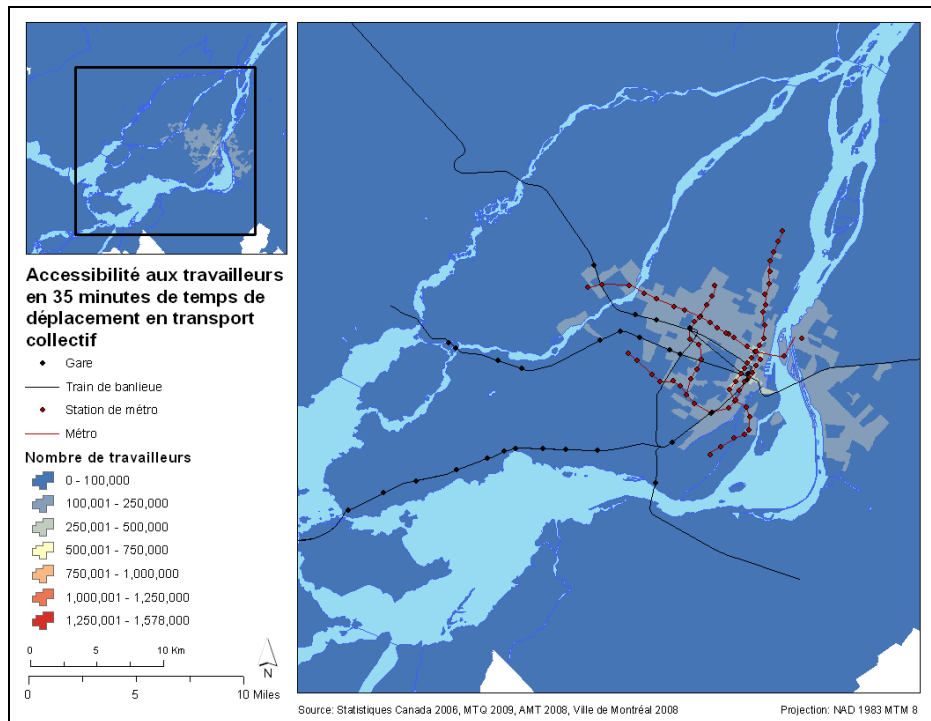


25 minutes

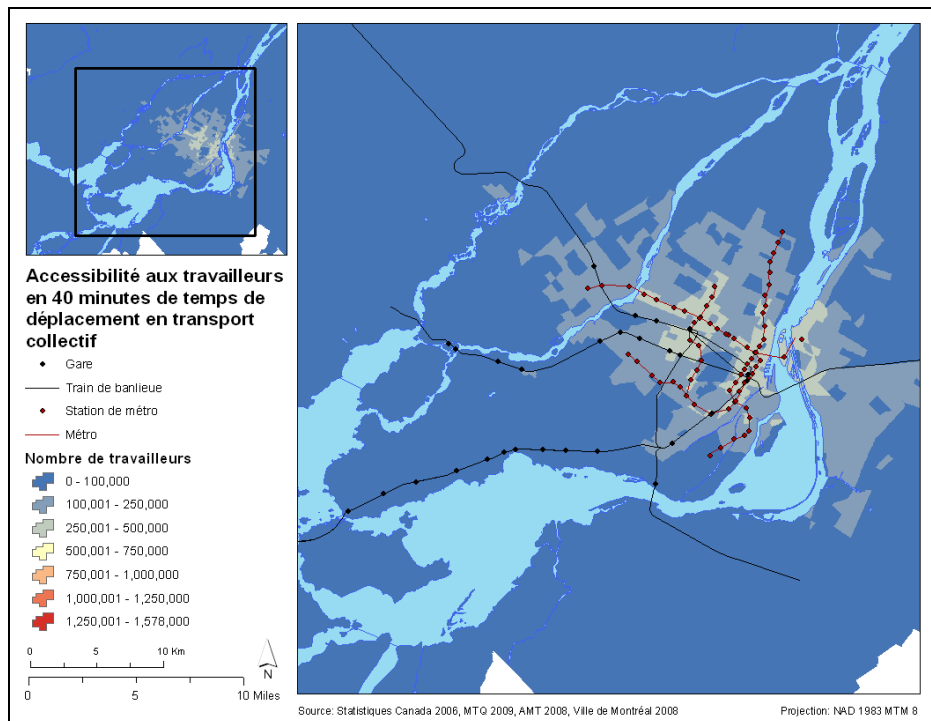


30 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

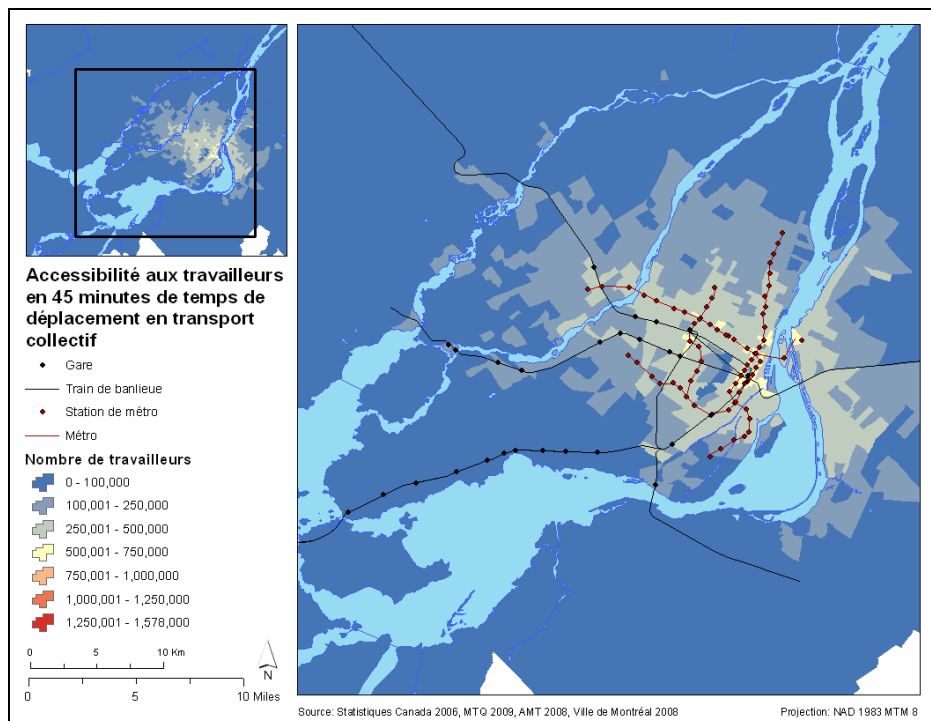


35 minutes

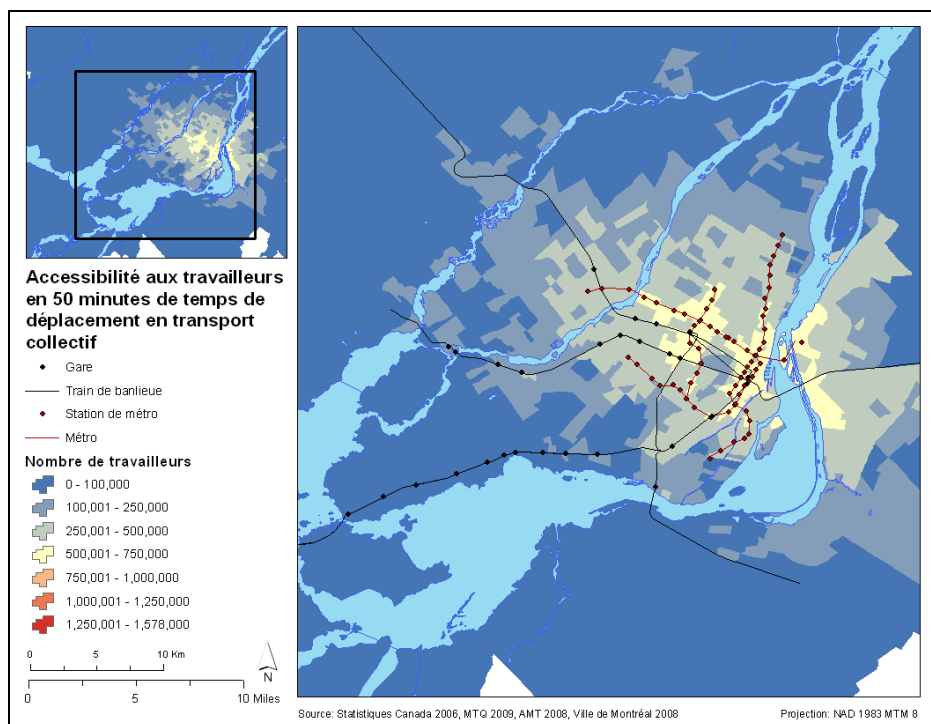


40 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

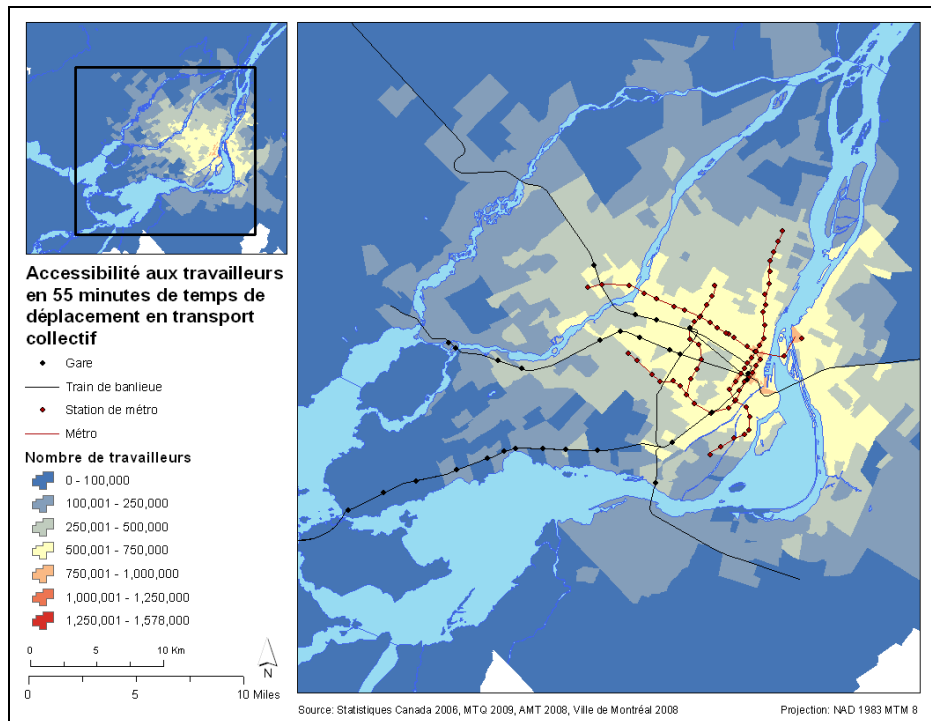


45 minutes

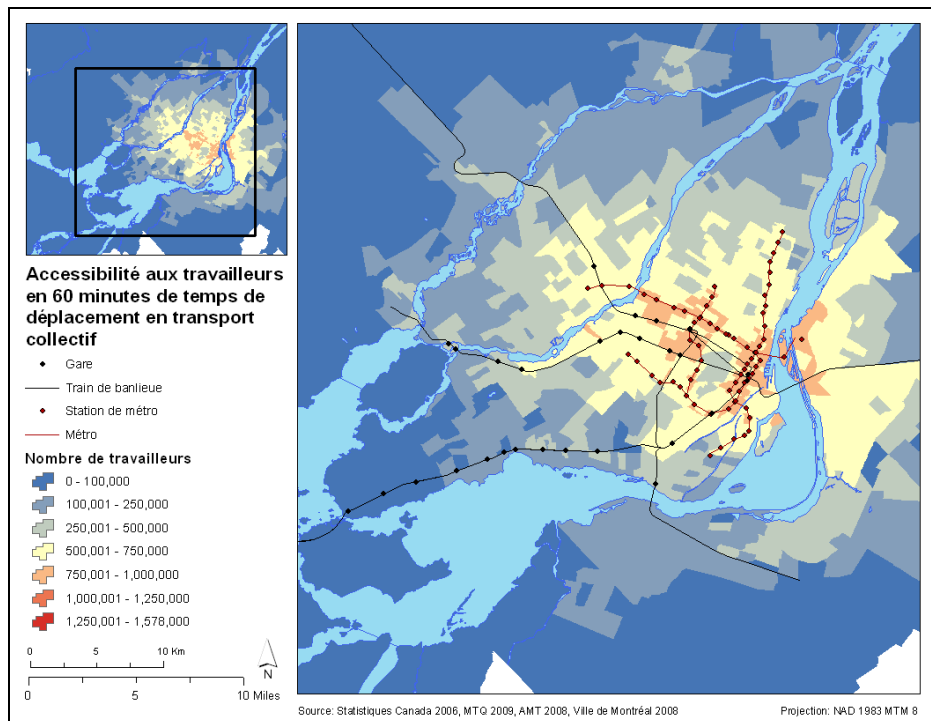


50 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

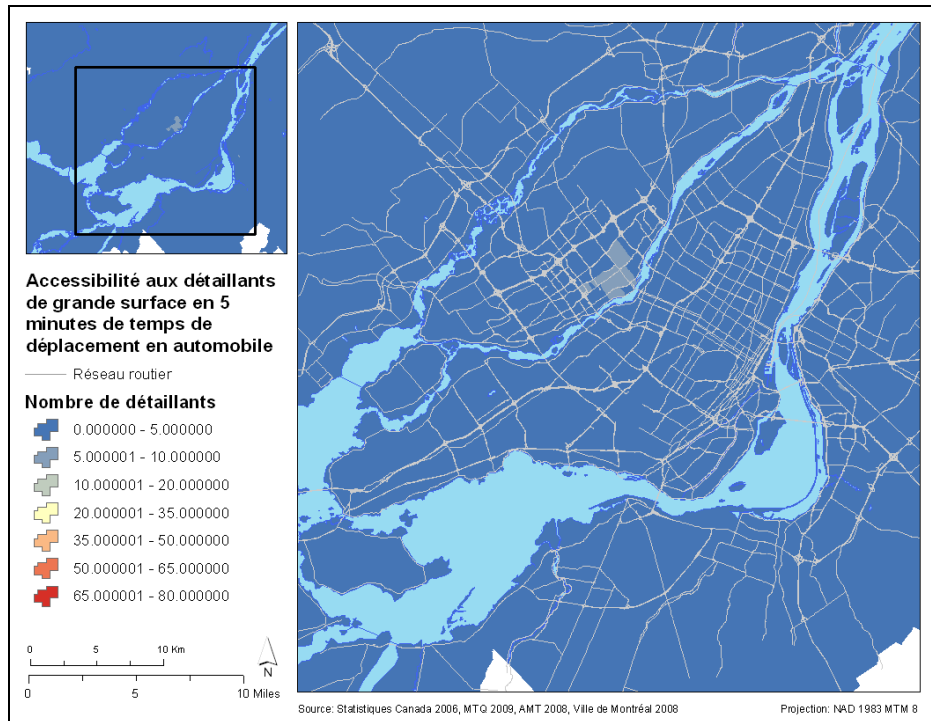


55 minutes



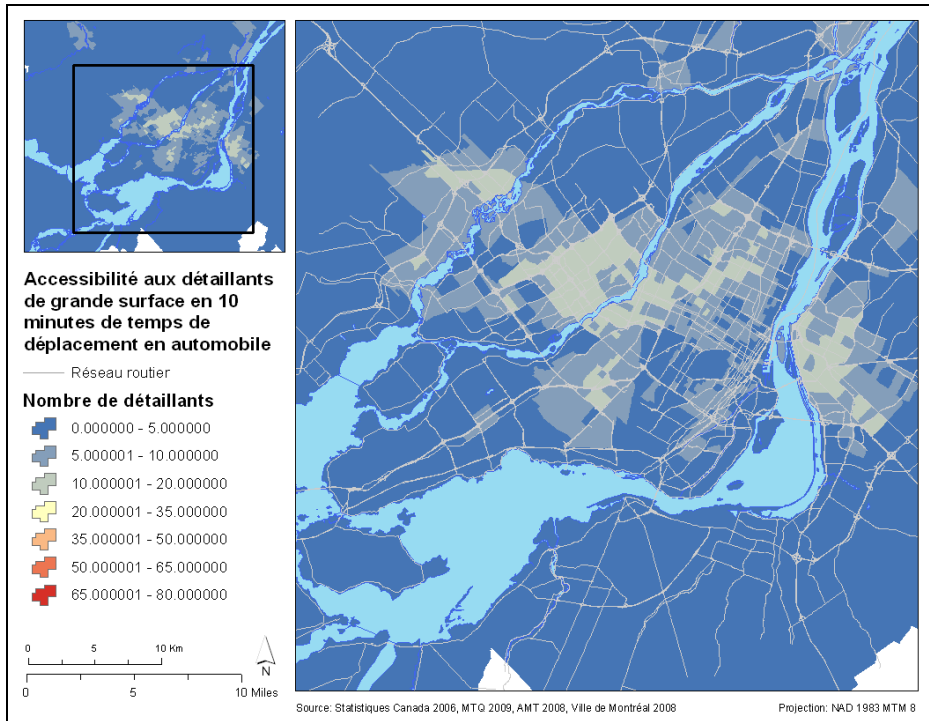
60 minutes

2.5 Accessibilité isochrone aux magasins à grande surface en automobile

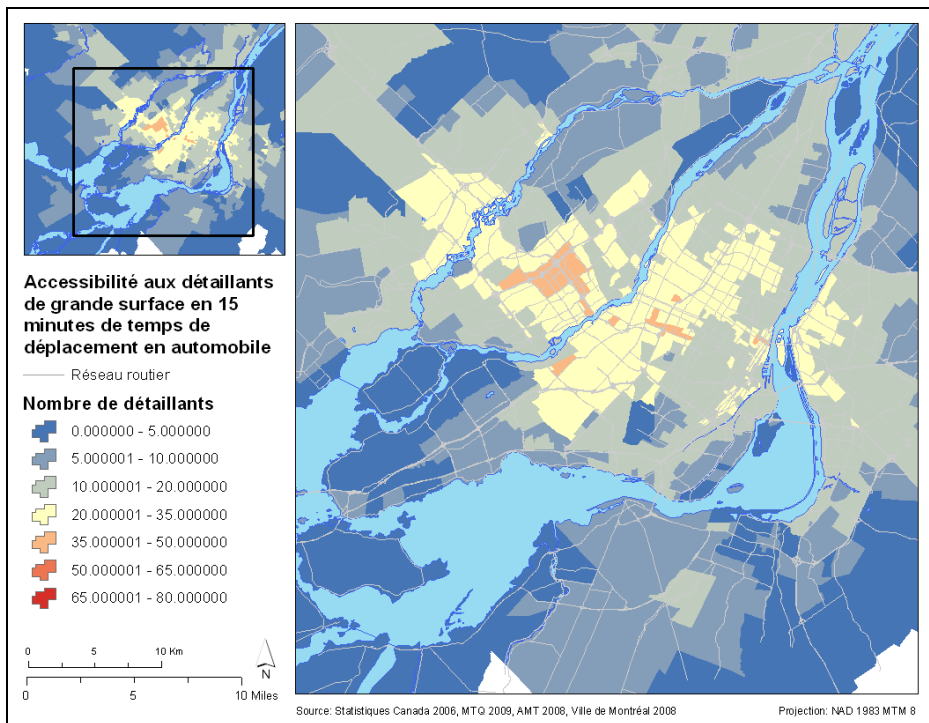


5 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

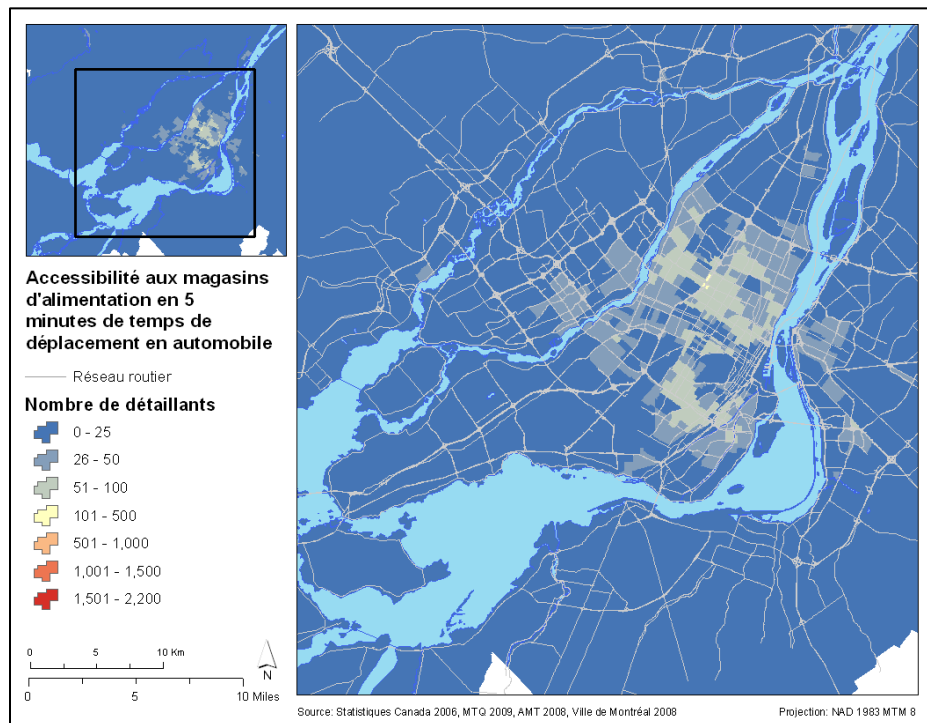


10 minutes



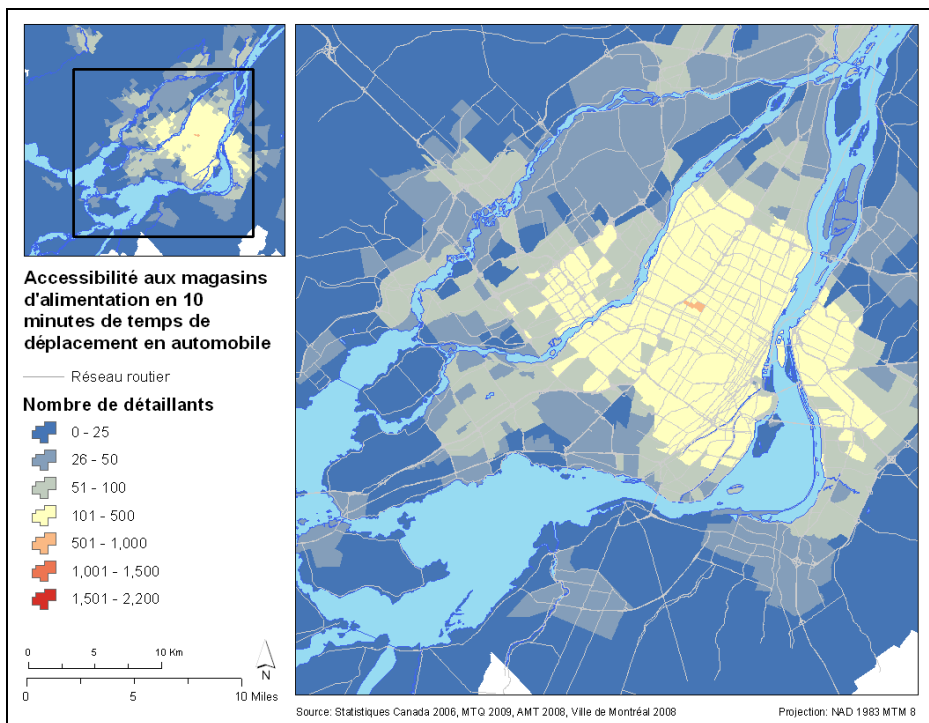
15 minutes

2.6 Accessibilité isochrone aux magasins d'alimentation en automobile

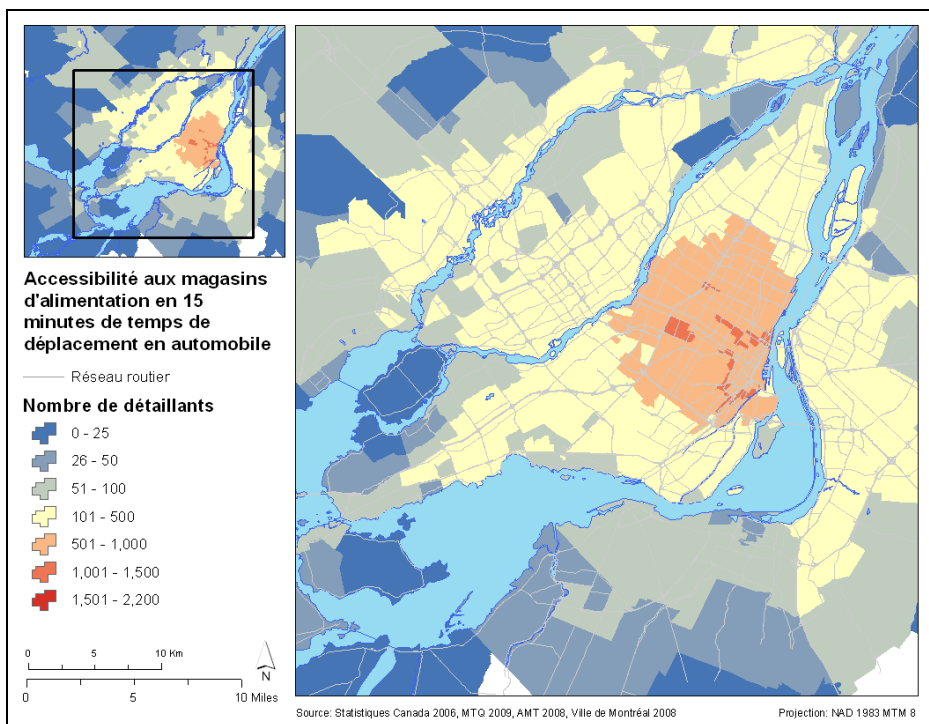


5 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

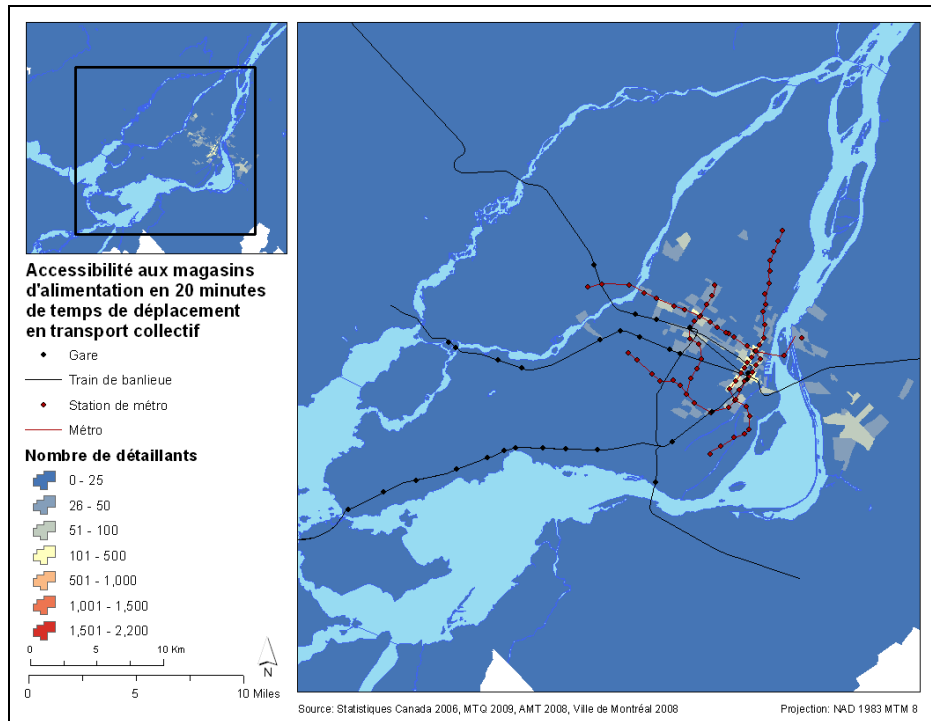


10 minutes



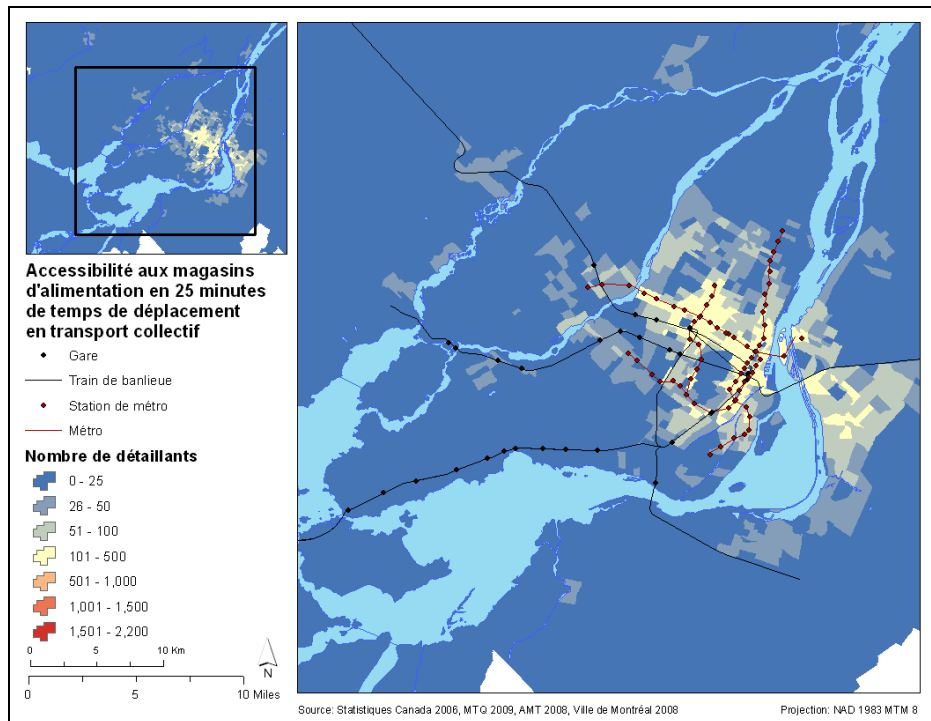
15 minutes

2.7 Accessibilité isochrone aux magasins d'alimentation en transport collectif

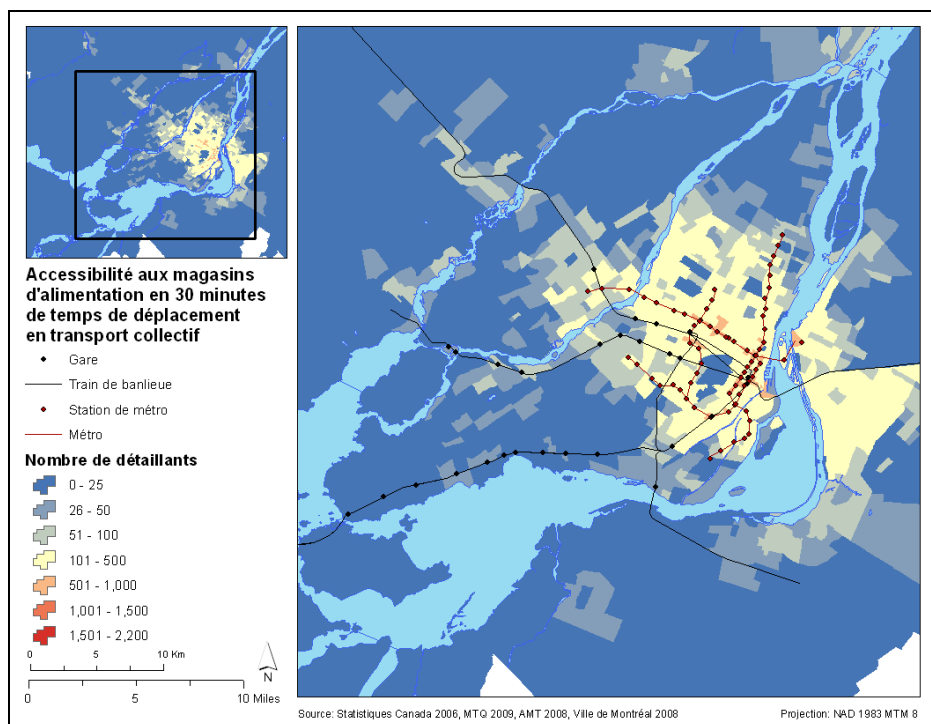


20 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

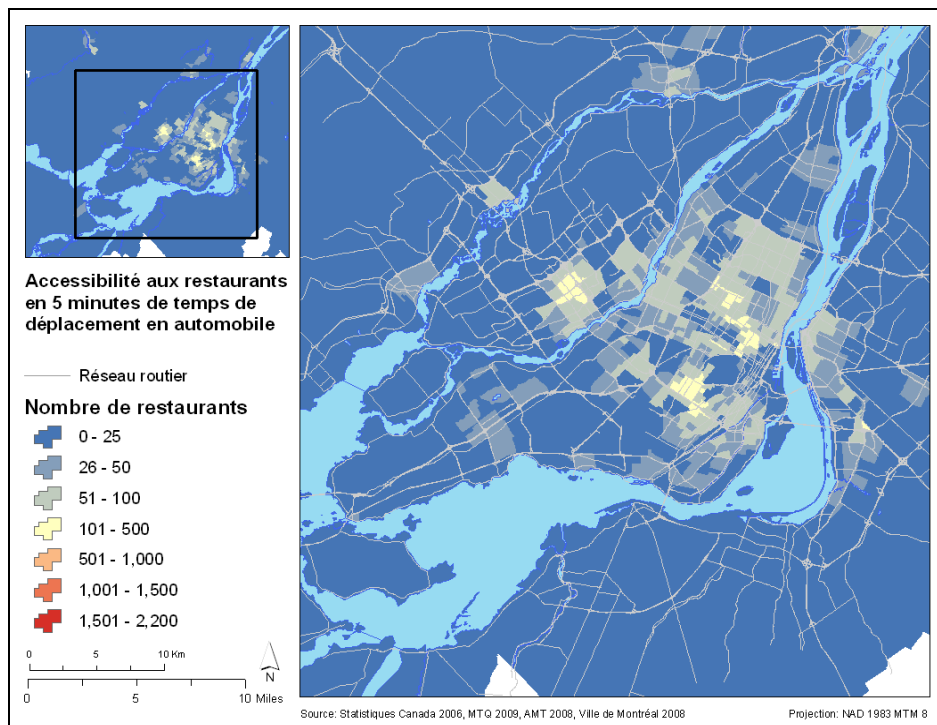


25 minutes

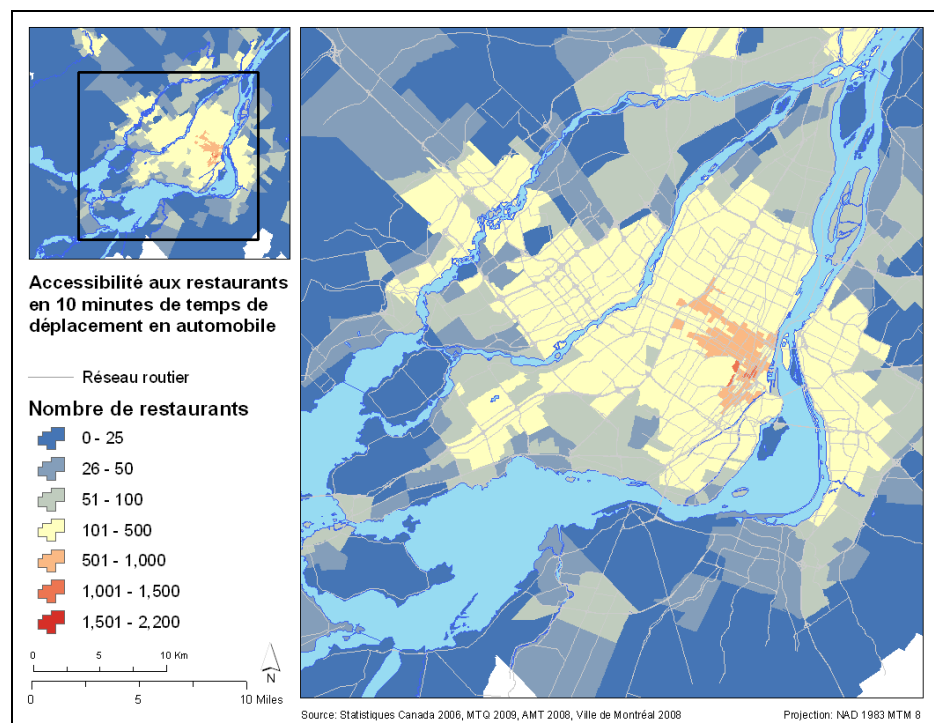


30 minutes

2.8 Accessibilité isochrone aux restaurants en automobile

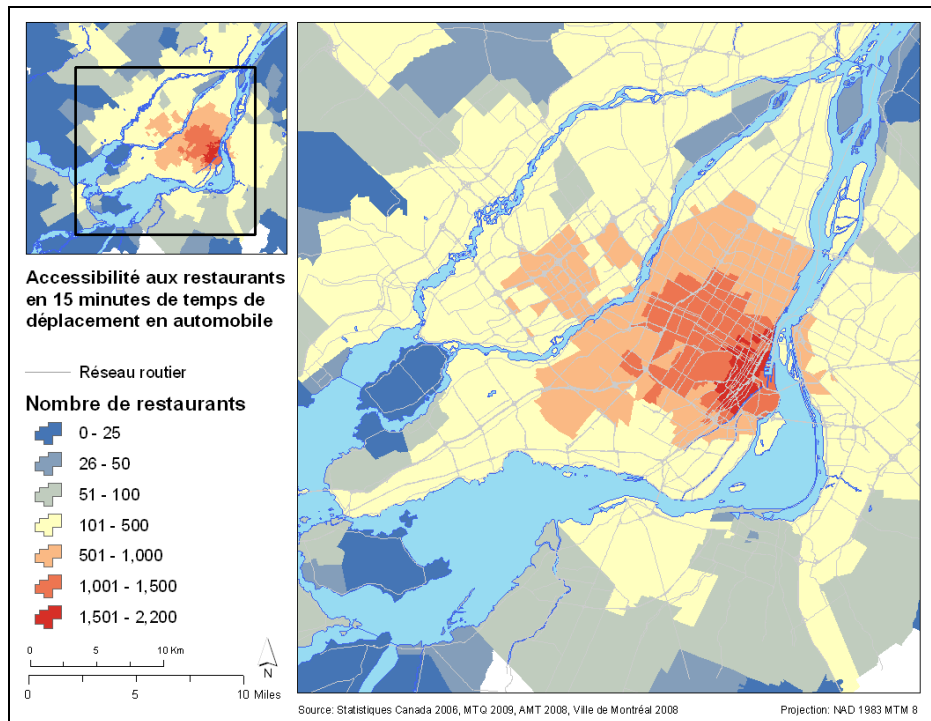


5 minutes



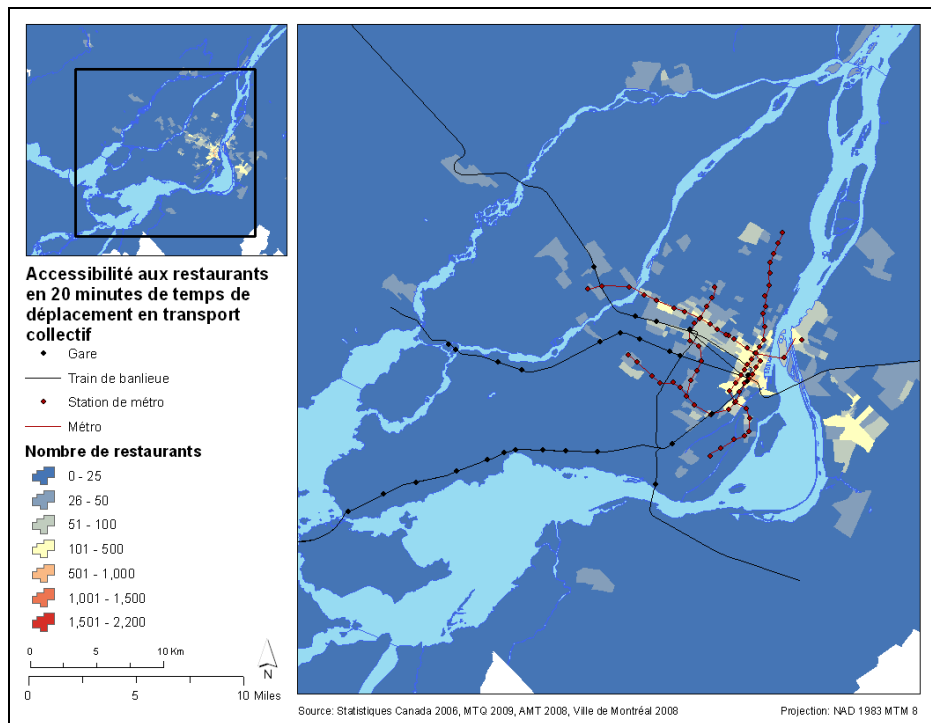
10 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL



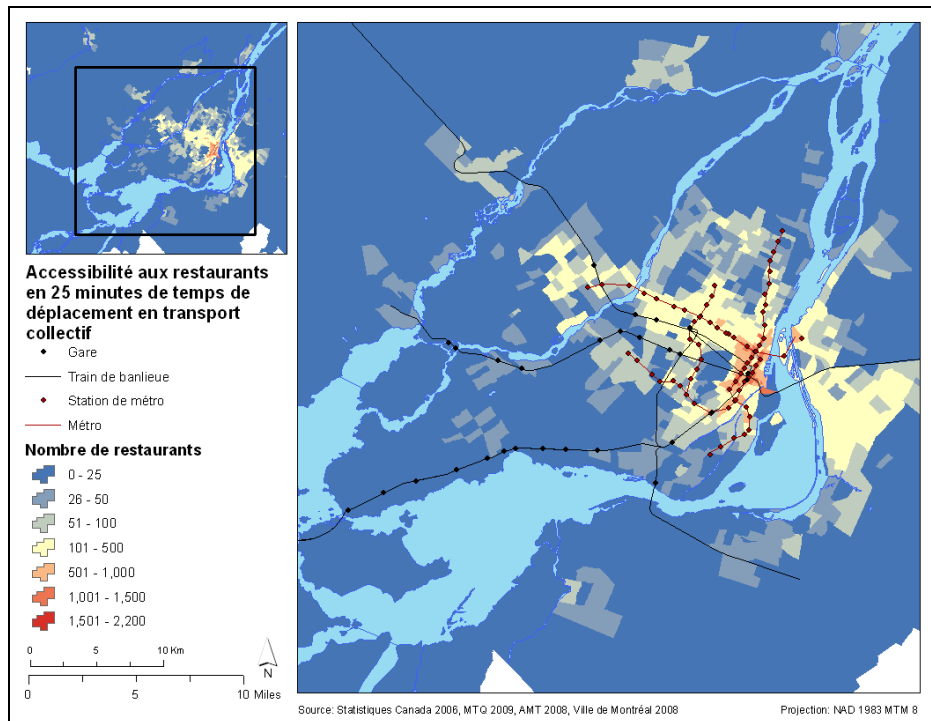
15 minutes

2.9 Accessibilité isochrone aux restaurants en transport collectif

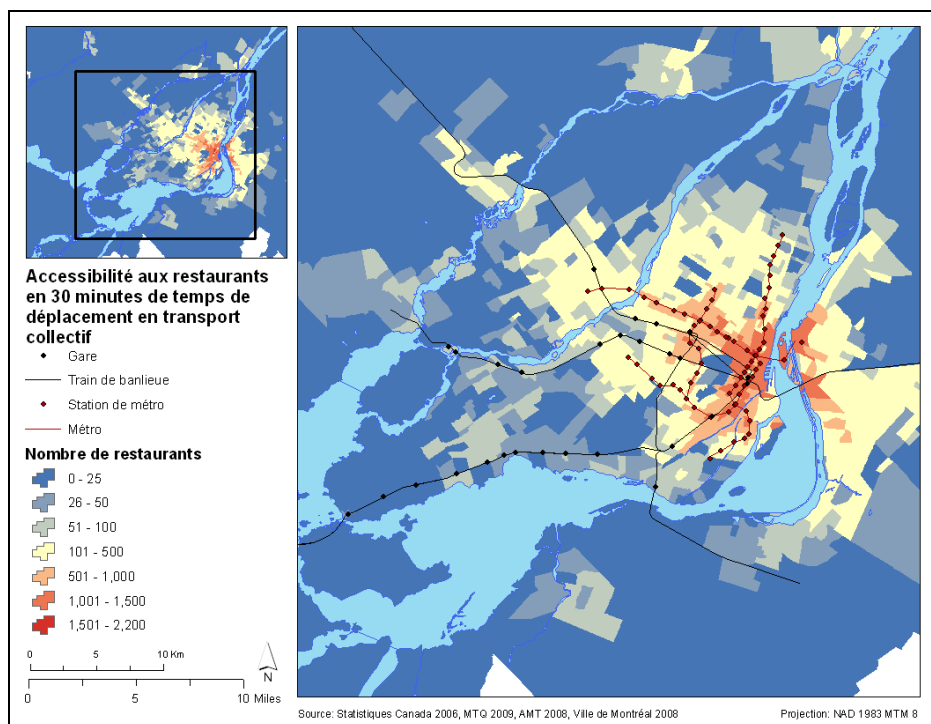


20 minutes

MESURES D'ACCESSIBILITÉ :
MESURES DE PERFORMANCE POUR LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DU SOL ET DU TRANSPORT DANS LA
RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL



25 minutes



30 minutes

BIBLIOGRAPHIE

- ADAIR, A., *et al.* « House Prices and accessibility: the testing of relationships within the Belfast urban area », *Housing Studies*, vol. 15, no 5, 2000, 699-716.
- AGENCE MÉTROPOLITAINE DE TRANSPORT. « *Fichier de déplacements des personnes dans la région de Montréal Enquête Origine-Destination 2003, version 03.b, période automne* », in AMT (ed.), Montréal, 2003.
- APPARICIO, P., M.-S. CLOUTIER et R. SHEARMUR. « The case of Montréal's missing food deserts: Evaluation of accessibility to food supermarkets », *International Journal of Health Geographics*, vol. 6, no 4, 2007.
- AXHAUSEN, KAY W. et TOMMY GARLING. « Activity-based approaches to travel analysis: conceptual frameworks, models, and research problems », *Transport Reviews*, vol. 12, no 4, Oct./Dec. 1992, 323-41.
- BARADARAN, S. et F. RAMJERDI. « Performance of accessibility measures in Europe », *Journal of Transportation Statistics*, vol.4, no 2, 2001, 31-48.
- BEN-AKIVA, M. et S. R. LERMAN. « Disaggregate travel and mobility-choice models and measures of accessibility », in D.A. Hensher et P.R. Storper (eds.), *Behavioral Travel Modelling* (London: Croom-Helm), 1979, 654-79.
- , « *Discrete choice analysis* » (Transportation Studies: MIT Press), 1985.
- BEN-AKIVA, M. et J. BOWMAN. « Integration of an activity-based model system and a residential location model », vol. 35, no 7, 1998, 1131-53.
- BERTOLINI, L., F. LE CLERQ et L. KAPOEN. « Sustainable accessibility: A conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward », *Transport Policy*, vol. 12, 2005, 201-20.
- BRUINSMA, F. et P. RIETVELD. « The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison approaches », *Environment & Planning A*, vol. 30, 1998, 499-521.
- CERVERO, R. *The Transit Metropolis*, ed. Island Press, Washington D.C., 1998.
- CHEN, C., W. RECKER et M.G. McNALLY. « An activity-based approach to accessibility », (Center for Activity Systems Analysis), 1997.
- DJIST, M. « Action space as planning concept in spatial planning », *Netherlands Journal of Housing and the Built Environment*, vol. 14, no 2, 1999, 163-82.
- , « Two-earner families and their action spaces: A case study of two dutch communities », *GeoJournal*, vol. 48, 1999, 195-206.
- DJIST, M. et V. VIDA KOVIC. « Travel time ratio: the key factor of spatial reach », *Transportation*, vol. 27, 2000, 179-199.
- DONG, X., *et al.* « Moving from trip-based to activity-based measures of accessibility », *Transportation Research A*, vol. 40, no 2, 2006, 163-80.
- DOWNS, A. *Still Stuck in Traffic*, ed. Brookings, Washington D.C., 2004.
- EL-GENEIDY, A. et D. LEVINSON. « Access to destinations: Development of accessibility measures », Minnesota : Minnesota Department of Transportation, 2006, 124.

- ETTEMA, D. et H. TIMMERMANS. « Space-time accessibility under conditions of uncertain travel-times: theory and numerical simulations », *Geographical Analysis*, vol. 39, 2007, 217-40.
- FAN, Y. et A. KHATTAK. « Urban form, individual spatial footprints, and travel examination of space-use behavior », *Transportation Research Record*, vol. 2082, 2008, 98-106.
- FRANKLIN, J. et WADDELL. « A hedonic regression of home prices in King County, Washington using activity-specific accessibility measures », *Transportation Research Board 82nd Annual Meeting*, Washington DC, 2003.
- GEURS, K. T. et J. RITSEMA VAN ECK. « Accessibility measures: Review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transport scenarios, and related social and economic impacts », in RIVM (ed.), National Institute of Public Health and the Environment, 2001.
- GEURS, K. T. et J. RITSEMA VAN ECK. « Evaluation of accessibility impacts of land-use scenarios: The implications of job competition, land-use, and infrastructure developments for the Netherlands », *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 30, 2003, 69-87.
- GEURS, K. T. et BERT VAN WEE. « Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions », *Journal of Transport Geography*, vol. 12, 2004, 127-40.
- GEURS, K. T. « Accessibility, land-use and transport: Accessibility evaluations of land-use and transport developments and policy strategies », Utrecht University, 2006.
- , « Job accessibility impacts of intensive and multiple land-use scenarios for the Netherlands' Randstad Area », *Journal of Housing and the Built Environment* 21, 2006, 51-67.
- GUTIERREZ, J. et P. URBANO. « Accessibility in the European Union: the impact of the trans-European road network », *Journal of Transport Geography*, vol. 4, no 1, 1996, 15-25.
- GUTIERREZ, J. et G. GOMEZ. « The impact of orbital motorways on intra-metropolitan accessibility: the case of Madrid's M-40 », *Journal of Transport Geography*, vol. 7, 1999, 1-15.
- GUTIERREZ, J. « Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelon-French border », *Journal of Transport Geography*, vol. 9, 2001, 229-42.
- GUTIÉRREZ, J., A. MONZÓN et J.M. PIÑERO. « Accessibility, network efficiency, and transport infrastructure planning », *Environment & Planning A*, vol. 30, 1998, 1337-50.
- HAGERSTRAND, T. « What about people in regional science? », *Papers of the Regional Science Association*, vol. 24, 1970, 7-21.
- HANDY, S. « Highway blues: Nothing a little accessibility can't cure », *Access*, vol. 5, 1994, 3-7.
- HANDY, S. et T. YANTIS. « The Impacts of telecommunications technologies on Nonwork Travel Behavior », *Research Report SWUTC/97/721927-1F*, Southwest Region University Transportation Center, 1996.

- HANDY, S. et D. NIEMEIER. « Measuring accessibility: An exploration of issues and alternatives », *Environment and Planning A*, vol. 29, no 7, 1997, 1175-94.
- HANDY, S. « Accessibility vs. mobility-enhancing strategies for addressing automobile dependence in the U.S. », *European Conference of Ministers of Transport*, 2002.
- , « Planning for accessibility: in theory and in practice », in D. Levinson and K. Krizek (eds.), *Access to Destinations*, Elsevier Ltd., 2005, 131-47.
- HANSEN, W. « How accessibility shape land use », *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 25, no 2, 1959, 73-76.
- KIM, H.-M. et M.-P. KWAN. « Space-time accessibility measures: A geocomputational algorithm with a focus on the feasible opportunity set and possible activity duration », *Journal of Geographical Systems*, vol. 5, 2003, 71-91.
- KOENIG, J. G. « Indicators of urban accessibility: Theory and application », *Transportation*, vol. 9, 1980, 145-72.
- KWAN, M.-P. « Space-time and integral measures of individual accessibility: A comparative analysis using a point-based framework », *Geographical Analysis*, vol. 30, no 3, 1998, 191-212.
- , « Gender and individual access to urban opportunities: A study using space-time measures », *Professional Geographer*, vol. 51, no 2, 1999, 210-27.
- KWAN, M.-P. et W. WEBER. « Individual accessibility revisited: Implications for geographical analysis in the twenty-first century », *Geographical Analysis*, vol. 35, no 4, 2003, 341-53.
- KWAN, M.-P., et al. « Recent advances in accessibility research: Representation, methodology and application », *Journal of Geographic Systems*, vol. 5, 2003, 129-38.
- LECK, E., S. BEKHOR et D. GAT. « Equity impacts of transportation improvements on core and peripheral cities », *Journal of Transport and Land Use*, vol. 2, no 1, 2008, 153-82.
- LENNTORP, B. *Paths in space-time environment*, ed. Royal University of Sweden, Lund Studies in Geography, Malmo: CWK Gleerup, 1976.
- LEVINSON, D. « Perspectives in efficiency in transportation », *International Journal of Transportation Management*, vol. 1, 2003, 145-55.
- LEVINSON, D., K. KRIZEK et D. GILLEN. « The machine for access », in D. Levinson et K. Krizek (eds.), *Access to Destinations*, Netherlands: Elsevier Inc., 2005, 1-10.
- MARTEL, L. et E. CARON-MALENFANT. « 2006 Census: Portrait of the Canadian Population in 2006: Findings », in Statistics Canada Demography Division (ed.), 2009.
- MILLER, H. « Measuring space-time accessibility benefits within transportation networks: Basic theory and computational procedures », *Geographical Analysis*, vol. 31, 1999, 187-212.
- MILLER, H. et Y.-H. WU. « GIS software for measuring space-time accessibility in transportation planning and analysis », *GeoInformatica*, vol. 4, no 2, 2000, 141-59.

- MILLER, H. « Place-based versus people-based accessibility », in D. Levinson et K. Krizek (eds.), *Access to Destinations*, Netherlands: Elsevier Inc., 2005, 63-89.
- , « Place-based versus people-based Geographic Information Science », *Geography Compass*, vol. 1, no 3, 2007, 503-35.
- MORRIS, J. M., P. L. DUMBLE et M. R. WIGAN. « Accessibility indicators for transport planning », *Transportation Research A*, vol. 13, 1979, 91-109.
- MUHAMMAD, S., T. DE JONG et H. F. L. OTTENS. « Job accessibility under the influence of information and communication technologies, in the Netherlands », *Journal of Transport Geography*, vol. 16, 2008, 203-16.
- MURRAY, A. et XIAOLAN WU. « Accessibility tradeoffs in public transit planning », *Journal of Geographical Systems*, vol. 5, no 1, 2003, 93-107.
- NEWSOME, T. H., W. A. WALCOTT et P. D. SMITH. « Urban activity spaces: Illustrations and application of a conceptual model for integrating the time and space dimensions », *Transportation*, vol. 25, 1998, 357-77.
- PRIMERANO, F. et M. A. P. TAYLOR. « An accessibility framework for evaluating transport policies », in D. Levinson et K. Krizek (eds.), *Access to destinations*, Elsevier Ltd., 2005, 325-46.
- SCOTT, D. M. et M. W. HORNER. « The role of urban form in shaping access to opportunities. An exploratory spatial data analysis », *Journal of Transport and Land Use*, vol. 1, no 2, 2008, 89-119.
- SELKIRK, K. E. *Pattern and place an introduction to the mathematics of geography*, ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
- SHEN, Q. « Location characteristics of inner-city neighborhoods and employment accessibility of low-wage workers », *Environment & Planning B : Planning and Design*, vol. 25, 1998, 345-65.
- SROUR, I, K. KOCKELMAN et T. DUNN. « Accessibility indices: Connection to residential land prices and location choices », *Transportation Research Record*, vol. 1805, 2002, 25-34.
- TALEN, E. « After the plans: Methods to evaluate the implementation success of plans », *Journal of Planning Education and Research*, vol. 16, no 2, 1996, 79-91.
- TALEN, E. et L. ANSELIN. « Assessing spatial equity: An evaluation of measures of accessibility to public playgrounds », *Environment & Planning A*, vol. 30, 1998, 595-313.
- TALEN, E. « Visualizing fairness: Equity maps for planners », *Journal of the American Planning Association*, vol. 64, no 1, 1998, 22-38.
- , « School, community and spatial equity. An empirical investigation of access to elementary schools in West Virginia », *Annals of the association of American geographers*, vol. 91, no 3, 2001, 465-86.
- TOBLER, W. « A computer movie simulating urban growth in the Detroit region », *Economic Geography*, vol. 46, no 2, 1970, 234-240.
- VICKERMAN, R. W. « Accessibility, attraction and potential: A review of some concepts and their use in determining mobility », *Environment and Planning A*, vol. 6, 1974, 675-691.
- VUCHIC, V. *Urban Transit: Operations, Planning, and Economics*, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2005.

- WACHS, M. et T. KUMAGAI. « Physical accessibility as a social indicator », *Socioeconomic Planning Science*, vol. 7, 1973, 327-456.
- WEBER, J. et M. P. KWAN. « Bringing time back in: A study on the influence of travel time variations and facility opening hours on individual accessibility », *The Professional Geographer*, vol. 54, no 2, 2002, 226-240.
- WILSON, ALAN G. « A family of spatial interaction models, and associated developments », *Environment & Planning A*, vol. 3, no 1, 1971, 1-32.
- WU, Y. et H. MILLER. « Computational tools for measuring space-time accessibility within transportation networks with dynamic flow (special issue on accessibility) », *Journal of Transportation and Statistics*, vol. 4, no 2, 2002, 1-14.

