

## **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

Janvier 2010

## Collaborateurs

Ahmed El-Genaidy,

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

Assumpta Cerdá

Candidate à la maîtrise en urbanisme, Université McGill

## **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, analyse du marché à la Fédération des Chambres immobilières du Québec, d'avoir fourni les données MLS (Multiple Listing Services) 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 également reconnaître la contribution de Paul Tétrault, Kevin Manaugh et Farhana Yasmin qui ont collaboré à différentes parties du projet. Finalement, un remerciement spécial pour Dijana Lazar qui a traduit le texte en français et 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'opportunités, 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 en transport collectif entre toutes les zones d'analyse de transport (ZAT). La mesure gravitaire, qui pondère la valeur des opportunités 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 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 par le transport collectif suit de près les lignes du métro et du train de banlieue, ce qui indique que ces infrastructures jouent un rôle essentiel dans le cadre de l'accessibilité en transport collectif. L'accessibilité gravitaire se déploie dans une distribution spatiale similaire. 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, estimer les besoins en transport et soutenir la planification communautaire. Par contre, elles ont tendance à surestimer le niveau d'accessibilité, car elles ne prennent pas en compte 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 opportunités potentielles à partir d'un point d'origine et du nombre de concurrents potentiels à se disputer ces opportunités. 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 premier en ce qui concerne l'accessibilité aux travailleurs ayant fait des études postsecondaires, ce qui pourrait inciter les entreprises œuvrant dans certains secteurs à venir s'installer dans cette zone.

Deux grands pôles d'emploi se dégagent sur l'île de Montréal. La zone Ville St-Laurent/Dorval a une accessibilité élevée aux emplois dans le secteur manufacturier, le secteur 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 où 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 tous 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 génère 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 d'accessibilité concurrentielle sur la Rive-Sud change sensiblement grâce à Longueuil et Valleyfield qui émergent 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) ont été développées. 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 cet emplacement 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'emploi 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 afin de mesurer la valeur accordée par les individus 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 qu'elle est prisée par les individus 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.
- L'accessibilité mesure la capacité de rejoindre 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 (par exemple, travail, magasinage, loisir) et de la distribution spatiale de ces activités dans une ville ou une région.

#### **La congestion et l'accessibilité**

- Les niveaux et les coûts de 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.
- L'accessibilité, en accordant une grande place à l'utilisation du sol, 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, les temps de déplacement, les données sur la population et l'emploi.

### **Une mesure extrêmement polyvalente**

- On peut employer les calculs d'accessibilité afin d'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 impact sur l'équité sociale.
- On peut utiliser l'accessibilité pour comparer les divers modes de transport et le service qu'ils procurent, comme par exemple, le transport collectif versus l'automobile personnelle.

### **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 l'utilise 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 .....	23
1.1 Définitions .....	23
1.2 Composantes .....	24
1.3 Importance .....	25
2 • REVUE DE LA LITTÉRATURE .....	27
2.1 Mesures d'accessibilité basées sur la localisation .....	27
2.1.1 La mesure isochrone.....	27
2.1.2 Le modèle gravitaire.....	28
2.1.3 Les facteurs de concurrence.....	30
2.1.4 Les facteurs d'équilibre inverses.....	32
2.1.6 Le classement local.....	33
2.2 Mesures d'accessibilité individuelle .....	35
2.2.1 La géographie des espaces-temps et ses mesures.....	35
2.2.2 Les espaces d'activités du ménage .....	37
2.3 Mesure fondée sur le maximum d'utilité.....	38
2.3.1 La mesure basée sur l'activité.....	40
2.3.2 Les mesures mixtes .....	41
2.4 Résumé des différentes mesures d'accessibilité .....	42
2.5 Choisir une mesure d'accessibilité.....	43
3 • ÉTUDE DE CAS: APPLICATION DES MESURES D'ACCESSIBILITÉ BASÉES SUR LA LOCALISATION DANS LA RÉGION DE MONTRÉAL.....	49
3.1. Les données et les hypothèses.....	49
3.2 Accessibilité isochrone.....	52
3.2.1 L'accessibilité isochrone aux emplois en voiture .....	52
3.2.2 L'accessibilité isochrone aux emplois en transport collectif .....	55

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

3.2.3	L'accessibilité isochrone aux travailleurs en voiture .....	59
3.2.4	L'accessibilité isochrone aux travailleurs en transport collectif .....	63
3.2.5	L'accessibilité isochrone aux commerces en voiture et en transport collectif	67
3.3	Le modèle gravitaire.....	73
3.4	Les corrélations.....	77
4	• L'ACCESSIBILITÉ CONCURRENTIELLE AUX EMPLOIS ET AUX TRAVAILLEURS À MONTRÉAL.....	79
4.1.	Les facteurs de concurrence.....	79
4.1.1	L'accessibilité concurrentielle par secteur industriel .....	80
4.1.2	L'accessibilité concurrentielle selon les exigences de formation ...	101
4.1.3	Interprétation des résultats.....	109
4.2	Les facteurs d'équilibre inverses.....	111
4.3	Le classement local.....	118
5	• LES INDICATEURS D'ACCESSIBILITÉ .....	121
5.1	Les indicateurs de changement .....	121
5.2	L'évolution de l'accessibilité .....	125
5.3	L'accessibilité normalisée par arrondissement .....	131
6	• L'ACCESSIBILITÉ INDIVIDUELLE: ESPACES D'ACTIVITÉS DU MÉNAGE .....	135
6.2	Les données et les hypothèses.....	137
6.3	L'analyse des regroupements des mesures de l'espace d'activités ..	138
6.4	La relation entre l'accessibilité régionale et l'accessibilité du ménage	141
6.4.1	La dispersion spatiale de l'espace d'activités .....	144
6.4.2	L'influence de l'accessibilité sur la dispersion spatiale .....	144
6.4.3	Analyse .....	145
7	• LA VALEUR DE L'ACCESSIBILITÉ .....	149
7.1	Les données et les hypothèses.....	150



7.2	Le modèle hédonique.....	150
7.2.1	L'impact de l'accessibilité.....	153
7.2.2	L'analyse.....	154
8 •	CONCLUSION.....	157
	BIBLIOGRAPHIE .....	164
	Annexe 1.....	167
1.1	La Région métropolitaine de Montréal.....	168
1.2.	Grandes infrastructures de transport .....	174
1.3.	Distribution spatiale des opportunités.....	177
	Annexe 2.....	183
2.1.	Accessibilité isochrone aux emplois en automobile.....	184
2.2.	Accessibilité isochrone aux emplois en transport collectif .....	190
2.3.	Accessibilité isochrone aux travailleurs en automobile.....	196
2.4.	Accessibilité isochrone aux travailleurs en transport collectif .....	202
2.5.	Accessibilité isochrone aux magasins à grande surface en automobile.	209
2.6.	Accessibilité isochrone aux magasins d'alimentation en automobile.....	211
2.7.	Accessibilité isochrone aux magasins d'alimentation en transport collectif.....	213
2.8.	Accessibilité isochrone aux restaurants en automobile .....	215
2.9.	Accessibilité isochrone aux restaurants en transport collectif.....	215



## TABLEAUX

Tableau 1– Comparaison du modèle simulé et du modèle fourni par le MTQ. .....	51
Tableau 2 – Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) .....	81
Tableau 3– Catégories d'emplois selon les exigences en matière d'éducation .....	102
Tableau 4 - Nom des variables et statistiques sommaires .....	142
Tableau 5- Modèle statistique mesurant la relation entre l'accessibilité personnelle et régionale .....	147
Tableau 6 - Nom des variables et statistiques sommaires .....	151
Tableau 7- Analyse hédonique .....	154



**FIGURES**

Figure 1. La fonction exponentielle négative utilisée pour le calcul de l'impédance .....	50
Figure 2. Nombre d'emplois à 15 minutes en voiture .....	52
Figure 3. Nombre d'emplois à 30 minutes en voiture .....	53
Figure 4. Nombre d'emplois à 45 minutes en voiture .....	54
Figure 5. Nombre d'emplois à 60 minutes en voiture .....	55
Figure 6. Nombre d'emplois à 15 minutes en transport collectif .....	56
Figure 7. Nombre d'emplois à 30 minutes en transport collectif .....	57
Figure 8. Nombre d'emplois à 45 minutes en transport collectif .....	58
Figure 9. Nombre d'emplois à 60 minutes en transport collectif .....	59
Figure 10. Nombre de travailleurs à 15 minutes en voiture .....	60
Figure 11. Nombre de travailleurs à 30 minutes en voiture .....	61
Figure 12. Nombre de travailleurs à 45 minutes en voiture .....	62
Figure 13. Nombre de travailleurs à 60 minutes en voiture .....	63
Figure 14. Nombre de travailleurs à 15 minutes de transport collectif .....	64
Figure 15. Nombre de travailleurs à 30 minutes en transport collectif .....	65
Figure 16. Nombre de travailleurs à 45 minutes en transport collectif .....	66
Figure 17. Nombre de travailleurs à 60 minutes en transport collectif .....	67
Figure 18. Nombre de magasins à grande surface à 10 minutes en voiture ..	68
Figure 19. Nombre de magasins d'alimentation à 10 minutes en voiture .....	69
Figure 20. Nombre de restaurants à 10 minutes en voiture .....	70
Figure 21. Nombre de magasins d'alimentation à 25 minutes en transport collectif .....	71
Figure 22. Nombre de restaurants à 25 minutes en transport collectif .....	72
Figure 23. Accessibilité gravitaire aux emplois en voiture .....	74
Figure 24. Accessibilité gravitaire aux emplois en transport collectif .....	75
Figure 25. L'accessibilité gravitaire aux travailleurs en voiture .....	76
Figure 26. L'accessibilité gravitaire aux travailleurs en transport collectif .....	77
Figure 27. La corrélation entre l'accessibilité isochrone et l'accessibilité gravitaire .....	78
Figure 28. L'accessibilité concurrentielle aux emplois .....	79
Figure 29. L'accessibilité concurrentielle aux travailleurs .....	80
Figure 30. L'accessibilité concurrentielle au secteur de l'agriculture, la foresterie, la pêche et la chasse .....	82
Figure 31. L'accessibilité concurrentielle au secteur de l'extraction minière, l'exploitation en carrière, et l'extraction de pétrole et de gaz .....	83
Figure 32. L'accessibilité concurrentielle au secteur des services publics .....	84
Figure 33. L'accessibilité concurrentielle au secteur de la construction .....	85



Figure 34. L'accessibilité concurrentielle au secteur de la fabrication .....	86
Figure 35. L'accessibilité concurrentielle au secteur du commerce de gros...	87
Figure 36. L'accessibilité concurrentielle au secteur du commerce de détail .	88
Figure 37. L'accessibilité concurrentielle au secteur de transport et de l'entreposage .....	89
Figure 38. L'accessibilité concurrentielle au secteur de l'information et de la culture .....	90
Figure 39. L'accessibilité concurrentielle au secteur des finances et des assurances .....	91
Figure 40. L'accessibilité concurrentielle au secteur des services immobiliers, services de location et de location à bail .....	92
Figure 41. L'accessibilité concurrentielle au secteur des services professionnels, techniques et scientifiques .....	93
Figure 42. L'accessibilité concurrentielle au secteur de gestion de sociétés et d'entreprises .....	94
Figure 43. L'accessibilité concurrentielle au secteur des services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement .....	95
Figure 44. L'accessibilité concurrentielle au secteur des services d'enseignement .....	96
Figure 45. L'accessibilité concurrentielle au secteur des soins de santé et d'assistance sociale.....	97
Figure 46. L'accessibilité concurrentielle au secteur des arts, spectacles et loisirs .....	98
Figure 47. L'accessibilité concurrentielle au secteur de l'hébergement et services de restauration.....	99
Figure 48. L'accessibilité concurrentielle au secteur des autres services, sauf les administrations publiques .....	100
Figure 49. L'accessibilité concurrentielle au secteur des administrations publiques .....	101
Figure 50. L'accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme d'études secondaires ou moins .....	103
Figure 51. L'accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme de cégep.....	104
Figure 52. L'accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme universitaire .....	105
Figure 53. L'accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires ou moins .....	106
Figure 54. L'accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme de cégep.....	107

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

Figure 55. L'accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme universitaire .....	108
Figure 56. L'accessibilité équilibrée à tous les emplois .....	111
Figure 57. L'accessibilité équilibrée à tous les travailleurs .....	112
Figure 58. L'accessibilité équilibrée aux emplois exigeant un niveau d'éducation secondaire ou moins .....	114
Figure 59. L'accessibilité équilibrée aux emplois exigeant une éducation postsecondaire .....	115
Figure 60. L'accessibilité équilibrée aux travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires .....	116
Figure 61. L'accessibilité aux travailleurs ayant un diplôme d'études postsecondaires .....	117
Figure 62. Le classement des emplacements de travail.....	118
Figure 63. Le classement des emplacements résidentiels .....	119
Figure 64. Nombre d'emplois à 30 minutes en voiture présentement .....	122
Figure 65. Nombre d'emplois à 30 minutes en voiture en 2011 .....	123
Figure 66. Le changement du nombre d'emplois à 30 minutes en voiture entre 2003 et 2011.....	124
Figure 67. Nombre d'emplois à 30 minutes en voiture en 1993 .....	126
Figure 68. Nombre de travailleurs à 30 minutes en voiture en 1993 .....	127
Figure 69. Surface interpolée de l'accessibilité isochrone aux travailleurs en 1993.....	128
Figure 70. Les changements de l'accessibilité isochrone aux emplois au cours des années .....	129
Figure 71. Les changements de l'accessibilité isochrone aux travailleurs au cours des années .....	130
Figure 72. L'accessibilité normalisée aux emplois.....	132
Figure 73. L'accessibilité normalisée aux travailleurs.....	133
Figure 74. Les comparaisons entre les différentes mesures de l'espace d'activités .....	136
Figure 75. Les regroupements de la distance totale parcourue.....	139
Figure 76. Les regroupements de l'aire de l'espace d'activités .....	140
Figure 77. Les regroupements de la dispersion spatiale .....	141



## 1.1 INTRODUCTION

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 and Lerman, 1979), et/ou comme la facilité à atteindre des opportunités prisées (Morris, Dumble and 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 afin de participer à différentes activités qui sont spatialement réparties. Le transport est un des coûts associés à la participation à des activités dispersées spatialement (Wachs and Kumagai, 1973). Ce coût va dépendre d'une multitude de facteurs; par exemple, l'individu possédant une voiture aura accès à plus d'opportunités 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 and Ramjerdi, 2001, El-Geneidy and Levinson, 2006, Geurs, 2006, Geurs and Ritsema van Eck, 2001, Handy and Niemeier, 1997). Il existe différentes approches pour mesurer l'accessibilité; la plus simple consiste à compter les opportunités 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 Hagerstand (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 and Tiefelsdorf, 2003, Kwan and Weber, 2003). Les niveaux d'accessibilité ont été comparés selon le genre, l'ethnie et la mobilité physique des personnes à une multitude de destinations (Kwan, 1999, Leck, Bekhor and Gat, 2008, Scott and 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 and Kapoen, 2005, Geurs, 2006), mesurer la desserte en transport collectif (Murray and Wu, 2003) et évaluer

l'incidence des technologies de l'information et des communications (TIC) et du télétravail sur l'accessibilité à l'emploi (Muhammad, De Jong and 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 ciblé 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, bien que le but n'ait pas été 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 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 and 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'opportunités, pouvant être des emplois, des hôpitaux, des garderies, etc. Il est possible d'examiner ces opportunités afin de déterminer leur attractivité ou leur concurrence. La composante de transport 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 hors-pointe. 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 and 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). La composante individuelle de l'accessibilité reflète les besoins et les aptitudes 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 opportunités, comme les emplois ou le système de santé (Kwan, 1999, Scott and 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

au niveau individuel à l'aide de données provenant d'enquêtes de déplacements.

### **1.3 Importance**

Les plans de transport ont pour but d'augmenter l'accessibilité (Handy, 2002), mais analysent surtout la croissance de la mobilité et ne tiennent pas compte de l'utilisation du sol (Levinson, Krizek and 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 and 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 opportunités. 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 sont confrontés les usagers. 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 dans le cadre 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, & Kapoen 2005).

L'accessibilité est une mesure importante pour le Ministère des Transports (MTQ) et 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 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 distribuée dans la région métropolitaine de Montréal. Ces mesures sont utiles afin d'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 et que les mesures du rendement doivent appuyer le processus de prise de décision et ne devraient pas remplacer la vision politique en tant que telle (Carmona & Sieh, 2008).

La première partie de ce rapport, 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 présente 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, présente une analyse statistique. Le chapitre 6 présente 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. Le chapitre 7 présente 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 présente la conclusion de ce rapport et souligne les découvertes clés et les différences principales entre les résultats de chaque mesure d'accessibilité.

## 2 • REVUE DE LA LITTÉRATURE

La revue de la littérature fournira une vue d'ensemble des mesures d'accessibilité actuelles et abordera 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 Mesures d'accessibilité basées sur la localisation

Les premières mesures d'accessibilité développées étaient 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 ce qui concerne les gains (ou les pertes) 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, pour 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

Cette mesure est l'une des plus simples à calculer et l'une des premières mesures d'accessibilité à avoir été développée (Vickerman, 1974, Wachs and Kumagai, 1973). Elle recense le nombre d'opportunités 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 :

$$A_i = \sum_{j=1}^J b_j O_j$$

où  $A_i$  est l'accessibilité mesurée au point  $i$  aux activités potentielles dans la zone  $j$ ,  $O_j$  représente les opportunités dans la zone  $j$ , et  $b_j$  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, ou encore on peut 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 mesurer les changements d'accessibilité provoqués par une infrastructure de transport (Gutierrez, 2001, Gutierrez and Gomez, 1999, Gutierrez and Urbano, 1996, Handy and Niemeier, 1997, Talen, 1996, Talen, 1998).

#### *Avantages et inconvénients de la mesure*

Cette mesure est simple à calculer car elle utilise des données facilement disponibles. 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 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 and Ritsema van Eck, 2001). Le défaut principal de cette mesure est qu'elle ne prend pas en compte l'impédance associée au déplacement, de sorte que toutes les opportunités 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 opportunités situées à 399 mètres (valorisées) et celles situées à 401 mètres (qui n'ont aucune valeur) (Ben-Akiva and Lerman, 1979).

#### **2.1.2 Le modèle gravitaire**

Le modèle gravitaire est la méthode la plus répandue pour calculer l'accessibilité. Ce modèle 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 :

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

où :  $A_{im}$  est l'accessibilité au point  $i$  aux activités potentielles au point  $j$  en employant le mode  $m$ ,  $O_j$  représente les opportunités dans la zone  $j$ ,  $f(C_{ijm})$  est l'impédance ou la fonction du coût du transport pour se déplacer entre  $i$  et  $j$  en utilisant le mode  $m$ , et  $\exp(-\theta C_{ijm})$  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; le facteur d'impédance va déterminer 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 and 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 niveau de réalisme des mesures (Bruinsma and 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 and Piñero, 1998) ou donner plus d'importance aux destinations rapprochées par rapport à d'autres plus attrayantes mais éloignées (Gutierrez and Urbano, 1996).

#### *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'opportunités augmente les chances de trouver la destination convoitée 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 and Niemeier, 1997).

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

Tel qu'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 déplacements différents (Geurs and 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 and Lerman, 1979), même si dans une même zone les individus pourraient avoir différents niveaux d'accessibilité 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 un individu qui ne possède pas les qualifications exigées pour le type d'emploi disponible pourrait quand même avoir un niveau d'accessibilité à l'emploi peu élevé. Si on veut tenir compte de cette situation, on doit désagréger les données en utilisant les facteurs socio-économiques, comme 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 and Niemeier, 1997).

La mesure gravitaire explique la distribution spatiale en matière de l'offre des opportunités (par exemple les emplois), mais ne tient pas compte de la demande et de la concurrence pour les opportunités disponibles (i.e. les travailleurs). Elle présume que la demande pour les opportunités 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 compte la concurrence sera fautive 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 en comparaison avec toute la région et en faisant un classement des emplacements, ou bien de mesurer les changements de niveaux d'accessibilité provoqués par les changements dans le domaine des transports ou de l'aménagement (Baradaran and Ramjerdi, 2001, Handy and Niemeier, 1997).

### **2.1.3 Les facteurs de concurrence**

Plusieurs variations du modèle gravitaire initial ont été développées afin de prendre en compte la concurrence lorsque celle-ci joue rôle important au point d'origine et/ou à la destination quand on mesure l'accès aux opportunités. Tel que 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 opportunités disponibles est distribuée uniformément à travers l'espace et ces opportunités 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 remplie 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 (i.e. le nombre de personnes cherchant une opportunité déterminée). Le procédé est le suivant : diviser l'offre (i.e. 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'opportunités et du nombre total de chercheurs d'opportunités dans la zone  $j$ . On peut formuler cette mesure ainsi :

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

où  $A_i$  représente l'accessibilité des gens qui habitent dans la zone  $i$ ,  $O_j$  sont les opportunités dans la zone  $j$ ,  $f(C_{ij})$  est l'impédance ou la fonction du coût du transport pour se déplacer entre  $i$  et  $j$ ,  $B_j$  est la demande pour les opportunités,  $D_j$  est le nombre de personnes dans la zone  $j$  cherchant les opportunités et  $f(C_{ij})$  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 à l'égard de l'emplacement avantageux des quartiers centraux par rapport aux banlieues. Cependant, la possession d'une voiture s'est avérée être un facteur beaucoup plus important en matière d'accessibilité à l'emploi que la localisation.

#### *Avantages et inconvénients de la mesure*

Même si l'introduction de la concurrence dans la mesure gravitaire accroît son niveau de réalisme, 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, elle examine les effets du nombre de chercheurs d'emploi potentiels sur l'accessibilité aux emplois, mais ne considère pas l'incidence d'autres emplois dans d'autres zones sur l'accessibilité.

#### 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'opportunités (Geurs and Ritsema van Eck, 2003).

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

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

où  $A_i$  représente l'accessibilité aux emplois des personnes résidant à l'emplacement  $i$  et  $B_j$  est l'accessibilité aux travailleurs dans la zone  $j$ ;  $O_i$  est le nombre d'opportunités dans la zone  $j$ ,  $D_j$  le nombre de personnes à l'emplacement  $i$  cherchant les opportunités, et  $f(C_{ij})$  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). Le résultat est alors intégré de nouveau dans le 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 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.

Dans une étude sur l'accessibilité à l'emploi dans les Pays-Bas, la méthode des facteurs d'équilibre inverses s'est avérée être la meilleure pour mesurer

les effets de la concurrence, générant un modèle complexe de changements en matière d'accessibilité locale (Geurs and Ritsema van Eck, 2003).

### *Avantages et inconvénients de la mesure*

L'inconvénient principal de cette mesure est qu'elle est plus difficile à calculer et à interpréter que les autres mesures en raison de sa nature itérative qui intègre à la fois les emplacements de la demande et ceux de l'offre. Cependant, on peut améliorer son interprétation si 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 and 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 pointent 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 de rejoindre 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 prend en compte le nombre d'opportunités auxquelles un individu renonce afin de rejoindre une opportunité dans une autre zone (El-Geneidy and Levinson, 2006). La formule mathématique du modèle est la suivante:

$$P_{t,c} = \frac{R_{j,c}}{Q_t} \quad (1)$$

$$B_{t,j,c} = B_{t,j,c} - 1 * P_{t,c} - 1 \quad (2)$$

$$R_{j,c} = \sum_{t=1}^I B_{t,j,c} \quad (3)$$

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

$$\text{Si } R_{t,c} = R_{t,c} - 1, \text{ arrêter; sinon, Eq. 1} \quad (5)$$

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

$$R_{i,c} = \sum_j E_{i,j,c}$$

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

$$R_{i,c} = R_{j,c}^T ;$$

$I$  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  $i$ ,

$$O_i = \sum_j E_{i,j,0}$$

La mesure de classement local prend le nombre total de personnes qui participent à une activité précise (i.e. 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. Elle 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'opportunités auxquelles ils ont accès dans leurs zones d'origine et de destination.

Cette mesure requiert des données sur les origines et les destinations, disponible dans un grand nombre d'études. L'avantage d'utiliser les données OD 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.

#### *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 à l'intérieur de la région selon leur niveau d'attractivité. Ce classement peut identifier 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 compte la demande et l'offre pour une activité donnée, car elle estime à la fois la population participant à l'activité et les opportunités 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 générer cette mesure.

## **2.2 Mesures d'accessibilité individuelle**

Les mesures d'accessibilité basées sur le lieu décrites ci-haut 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 d'un autre point que le domicile, ni des enchaînements de déplacements. Ces deux phénomènes représentent une importante partie du comportement de déplacement et ils réduisent, dans le cas des femmes par exemple, les niveaux d'accessibilité en raison des arrêts faisant partie du trajet vers le travail, comme 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 opportunités 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 opportunités ne sont pas accessibles le soir (Kim et Kwan, 2003). Les mesures d'accessibilité conventionnelles 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 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 à la participation aux activités dans le temps et l'espace : les contraintes de capacité, qui sont les limites personnelles empêchant un individu de rejoindre 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 alors que d'autres peuvent être flexibles; les heures de travail sont fixes alors qu'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.

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 différents endroits et des contraintes temporelles de la personne. Par exemple, on doit passer un certain temps à la maison (i.e. manger et dormir) et au travail. Les obligations d'arriver au travail avant 9 heures ou à la garderie avant 17 heures sont des exemples de pivots qui vont déterminer les autres activités de la journée. Afin de 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 vont déterminer 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* (PPA)). Cette zone contient toutes les activités auxquelles un individu a accès ou tous les endroits où une personne peut se trouver considérant ses contraintes espace-temps (Kwan, Murray, O'Kelly and Tiefelsdorf, 2003, Miller, 2007). Dans cette optique, le prisme spatio-temporel peut être considéré comme une mesure d'accessibilité, étant donné qu'il définit le nombre d'opportunités à la disponibilité d'un individu dans les limites d'une zone espace-temps (Djist and Vidakovic, 2000, Kwan, 1999, Kwan, 1998, Weber and 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). Les données recueillies par les 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 augmentent la vitesse et la facilité d'obtenir ce type d'information, 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 tel que 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 PPA comme mesure d'accessibilité. Cependant, ces mesures ne tiennent pas compte de l'attractivité, de la distribution spatiale ou de la disponibilité des opportunités, ni des vitesses de déplacement variables et des contraintes du réseau liées au déplacement (Kim et Kwan, 2003).

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

#### *Avantages et inconvénients de la mesure*

Les mesures de l'espace-temps sont encore à l'étape de développement. 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 opérationnaliser (Geurs and Ritsema van Eck, 2001, Kim and 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 ont effectué leur recherche sur un petit nombre d'individus.

En comparant les résultats des mesures de l'espace-temps et ceux des mesures conventionnelles basées sur la localisation, on a constaté que les premières avaient détecté des différences de niveaux d'accessibilité imperceptibles aux dernières, 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 acquises à l'aide des enquêtes de déplacements afin d'analyser la représentation spatiale du comportement de déplacement individuel (Djist, 1999, Newsome, Walcott and 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 pour un jour donné à l'intérieur de laquelle un individu se déplace (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 en matière 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 and Garling, 1992).

Dans cette étude, nous utilisons l'espace d'activités réel pour représenter l'accessibilité individuelle. L'espace d'activités réel devrait refléter les niveaux d'accessibilité régionale à la disposition des 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 opportunités régionales. Cette mesure n'est pas utilisée pour expliquer le potentiel d'interaction, mais pour évaluer l'accessibilité réelle dont jouit un ménage.

#### *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 avec cette mesure et il serait difficile de l'appliquer comme mesure d'accessibilité à un grand nombre de cas. Nous discuterons de ses forces et faiblesses plus en détail dans le chapitre 4.

### **2.3 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 de toutes les mesures basées sur la localisation. Elle a été développée afin de fournir un cadre théorique solide au concept de l'accessibilité (Ben-Akiva and 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 va dépendre 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 ensuite choisit l'option qui va maximiser son utilité, l'accessibilité peut être définie comme dénominateur du modèle logit multinomial, connu aussi sous le nom de logsum (Ben-Akiva and Lerman, 1979, Ben-Akiva and 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 :

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

où  $A_n^i$  est le niveau d'accessibilité mesuré pour l'individu  $n$  à un emplacement  $i$ ,  $V_{n(c)}$  est la composante spatio-temporelle observée de l'utilité indirecte du choix  $c$  pour la personne  $n$ , et  $C_n$  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 and Lerman, 1979).

Il existe une correspondance rapprochée entre l'utilité maximale attendue d'une situation où on effectue un choix et le concept de surplus du consommateur dans la théorie microéconomique (Ben-Akiva and 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 à l'intérieur de 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.

#### *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 rendent la comparaison entre différents scénarios et régions plus facile. 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 ce que 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, entre différents quartiers par exemple. Finalement, cette approche exige beaucoup de données et des calculs complexes, ce qui pourrait expliquer la raison de sa faible utilisation dans la pratique (Geurs and 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 prend en compte toutes les activités et déplacements inscrits à l'horaire d'un individu au cours de la journée. Cette approche est basée 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 conventionnels à quatre étapes. Ils utilisent les parcours de la journée au lieu des déplacements individuels comme unité de base. Les parcours sont générés à l'aide des horaires d'activités quotidiennes 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 représentent le comportement de déplacement des individus de façon beaucoup plus réaliste que les mesure basées sur un seul déplacement, comme le trajet au travail. Chen (1997) a développé une mesure d'accessibilité en utilisant les modèles basés sur l'activité fondés sur le prisme spatio-temporel. Ben-Akiva et Bowman (1998) 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, elle 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 au travail ou les déplacements pour le magasinage) et la souplesse dans la programmation des activités (Dong, Ben-Akiva, Bowman and Walker, 2006). La différence fondamentale entre les mesures basées 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 chaque horaire décrit en détail une journée entière d'activités et de déplacements prévus (Dong et al., 2006).

### *Avantages et inconvénients de la mesure*

La mesure basée sur l'activité reflète l'aspect individuel de l'accessibilité en analysant les impacts de certains attributs, tels que la possession d'une voiture, l'emploi, le revenu et la structure du ménage, ainsi que les différents modes de transport et leurs coûts en matière d'argent et de 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 au sein de la population et un moyen efficace pour mesurer l'exclusion sociale et ses répercussions sur les groupes défavorisés. Tout comme les mesures basées 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 la facilité d'interprétation lorsque convertie en valeur monétaire.

### **2.3.2 Les mesures mixtes**

Afin de pallier les points faibles de la mesure de l'espace-temps, particulièrement à l'égard de 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 cadre des activités obligatoires qui présentent des coûts de déplacement définis et des horaires fixes. Donc, si une personne est au travail jusqu'à 17h et doit être chez elle à 20h, 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),  $j$  est la deuxième activité obligatoire (travail),  $k$  est l'activité discrétionnaire (commerce),  $a_k$  est l'attractivité de l'activité discrétionnaire,  $T_k$  est le temps alloué à l'activité discrétionnaire, défini comme :

$$\begin{cases} t_j - t_i - t_k & \text{0} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

et  $t_i, t_j$  représentent, respectivement, l'heure de fin de l'activité obligatoire  $i$  et l'heure de début de l'activité obligatoire  $j$ .

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

où  $x_i$  est le vecteur de l'emplacement de l'activité obligatoire  $i$ ,  $d(x_i, x_k)$  est la distance entre l'emplacement de l'activité  $i$  et l'emplacement de l'activité  $k$  et  $v$  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)).

#### *Avantages et inconvénients de la mesure*

La mesure mixte de l'accessibilité exige plus de données que les mesures basées sur le maximum d'utilité et elle est encore plus complexe en matière de calculs. De plus, elle ne distingue pas les diverses opportunités selon leur attrait et elle ne tient pas compte de la concurrence. Elle 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 ajuster 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 l'opportunité de décaler les activités avaient une incidence sur l'accessibilité. L'accès à de l'information en temps réel sur les temps de trajet (comme la localisation de la congestion) augmentait l'accessibilité, particulièrement si les activités pouvaient entraîner les pénalités de retard. De plus, l'utilité a augmenté quand on a assoupli les contraintes d'horaire, comme les heures de début et les durées. De tels éléments indiquent des politiques à adopter pour accroître l'accessibilité, telles que les horaires de travail souples et les heures d'ouverture de commerce allongées.

#### **2.4 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. Ces mesures évaluent l'accessibilité d'un emplacement et attribuent le même niveau d'accessibilité à tous les individus résidant à cet emplacement. 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 entraînés par des projets d'aménagement. On les utilise généralement dans le cadre des modèles hédoniques pour évaluer la volonté des consommateurs de payer pour l'accès à diverses opportunités. 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 par les 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 le cas des mesures traditionnelles. Finalement, elles peuvent être utiles à l'élaboration de différentes politiques, comme 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 régions, mais les théories sur lesquelles elles s'appuient sont très complexes. Elles exigent aussi beaucoup de données. Les mesures basées sur l'activité 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 politiques ou projets de transport sur différentes populations, comme l'impact d'un péage à l'heure de pointe sur les travailleurs et sur les individus qui ne travaillent pas ou encore la volonté des voyageurs à assumer les coûts d'un tel péage.

### **2.5 Choisir une mesure d'accessibilité**

Tel que décrit plus haut, il existe un bon nombre de mesures d'accessibilité et chacune a ses propres avantages et inconvénients. Dans cette section, nous allons décrire 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 utilisées pour évaluer les plans d'aménagement. La mobilité, l'analyse coût-bénéfice, la productivité et l'équité sociale sont d'autres mesures qui peuvent être utilisées. Voici des éléments importants que l'on devrait retrouver 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 encore la désagrégation (pour analyser les différentes composantes du système) devrait être simple;
- les mesures devraient être claires pour les usagers et devraient correspondre à leur expérience, elles devraient être capables de 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 être pertinents dans le choix d'une mesure d'accessibilité pour évaluer les plans d'aménagement : la robustesse de leur cadre théorique, la facilité à les interpréter et à les communiquer, leurs exigences en matière de données et leur utilité en tant qu'indices 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 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 compte 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'opportunités 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'opportunités dans une zone ne devrait pas changer les niveaux d'accessibilité des individus qui ne peuvent pas participer à l'activité à cause de contraintes personnelles (permis de conduire, niveau d'éducation).

Les cinq règles énumérées ci-dessus évaluent à quel degré les mesures d'accessibilité représentent la réalité. Cependant, on devra acquérir beaucoup de données et effectuer des calculs complexes si 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 interpréter une mesure d'accessibilité est un critère déterminant pour 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 de transposer ces mesures de la théorie à la pratique. L'éducation du public sur les mesures et leurs avantages sera nécessaire. L'accessibilité doit devenir un enjeu fortement politisé avant de pouvoir entraîner des politiques et des objectifs d'aménagement (Geurs and 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 (O-D) 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 barrières. 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 va déterminer leur niveau 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 on analyse les stratégies mixtes (Geurs, Van Wee, & Rietveld, 2006).

### *Les indices économiques*

Les projets d'aménagement et de transport peuvent avoir deux types d'impacts économiques : les avantages directs pour l'utilisateur tels que les temps de déplacement réduits et les vitesses et capacités accrues, et 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 le cadre des 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 on définit l'accès à l'emploi ou l'augmentation de la zone de chalandise comme objectif économique.

### *Les indices sociaux*

Les conséquences sociales causées par les 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 per capita, l'accessibilité aux services publics a été mesurée dans une grande variété de situations, allant de 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 and Shearmur, 2007, Leck, Bekhor and 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 à populations ethniques. La mesure qui en résulte peut être cartographiée afin qu'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 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, elle sera toujours accompagnée 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 du transport et de l'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 CO<sub>2</sub> et de GES, la pollution de l'air, le bruit causé par la circulation, la distance parcourue en voiture par personne et les transferts modaux. Lorsqu'appliquée comme indice de durabilité, l'accessibilité doit être mesurée par tous les modes de transport, y compris la marche et le vélo, et encourager les distances courtes ainsi qu'un meilleur accès aux destinations.

### *Choisir 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 (i.e. ce qui doit être mesuré et pourquoi) avant d'effectuer le choix de la mesure. Aussi, 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 cartes représentant les niveaux d'accessibilité actuels peuvent servir aux planificateurs de transport afin d'identifier les besoins, classer les différentes

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

zones et fixer des objectifs. Cependant, si 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 prioriser les projets.

### **3 • ÉTUDE DE CAS: APPLICATION DES MESURES D'ACCESSIBILITÉ BASÉES SUR LA LOCALISATION DANS LA RÉGION DE MONTRÉAL**

Dans cette section, nous allons appliquer certaines mesures d'accessibilité décrites plus haut à la région métropolitaine de Montréal. Ce procédé implique deux objectifs : premièrement, plusieurs mesures d'accessibilité seront testées pour la même zone et en utilisant 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 s'opère 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 opportunités. Le territoire considéré pour l'étude de cas correspond à celui de la Région métropolitaine de recensement de Montréal, qui comprend l'île de Montréal, les rives Nord et Sud, ainsi que Laval (voir figures 1 à 4 de l'annexe 1). Cette région occupe plus de 4000km<sup>2</sup> et compte plus de 3,6 millions d'habitants (Statistics Canada, 2009).

Nous utiliserons 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 basées sur le maximum d'utilité ne seront pas examinées dans ce projet de recherche parce qu'elles exigent l'utilisation de logiciels de modélisation, reposent sur des calculs complexes et 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**

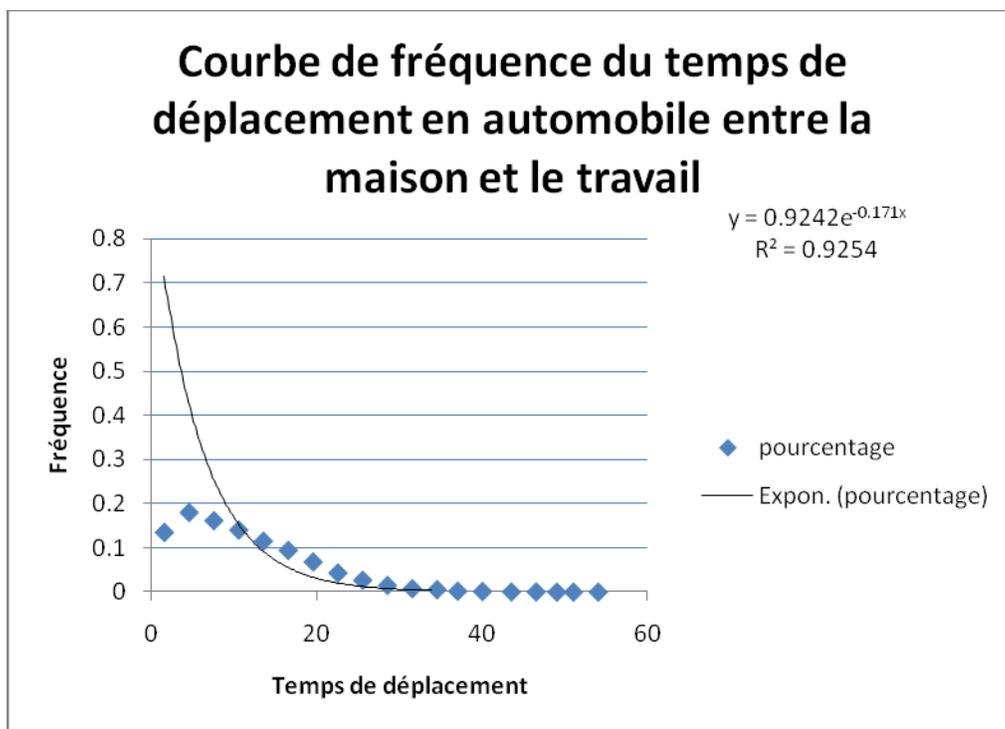
L'accessibilité aux emplois, aux travailleurs et aux commerces a été calculée pour la zone étudiée à l'aide de plusieurs mesures d'accessibilité basées sur la localisation décrites précédemment. Ces mesures sont générées à l'échelle des zones d'analyse de transport (ZAT)<sup>1</sup> fournies par le ministère des Transports du Québec (MTQ). Le MTQ a aussi fourni à l'équipe de recherche une matrice de temps de déplacements 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 ont été obtenues de la banque de

---

<sup>1</sup> 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 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 (SCIAN).

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 des transports (AMT) (Agence métropolitaine de transport, 2003). La courbe de décroissance est utilisée pour générer les mesures gravitaires d'accessibilité, ainsi que les facteurs d'équilibre inverses.



**Figure 1. La 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 comprend 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 est présentée sous forme d'un délai additionnel de 6 minutes pour chaque usager du pont. Cependant, il n'est pas possible de

déterminer, dans le cadre de cette matrice, quels seront les déplacements sujets à cette impédance. Pour cette raison, les résultats d'accessibilité pour 2011 doivent être interprétés avec prudence et tenir compte de ce facteur important.

Les temps de déplacement en transport collectif ont été générés à l'aide d'un réseau dans un SIG et ajustés grâce aux temps de déplacement en transport collectif évalués pour 11000 déplacements individuels recensés dans l'enquête O-D 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 les échantillons de déplacements obtenus du MTQ étaient importants, il n'y avait pas assez de déplacements pour remplir la matrice origine-destination. Afin de pallier cela, nous avons 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 du transport collectif voyageant du point d'origine à la destination. Les durées de déplacements dans le véhicule du transport collectif ont été estimées à l'aide de la vitesse moyenne de chaque ligne de transport collectif. Une matrice O-D a été générée 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. Cette méthode présume qu'il n'y a pas de temps d'attente et ne prend pas en compte les correspondances ; afin de corriger cela, nous avons généré 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 le cadre des calculs d'accessibilité.

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

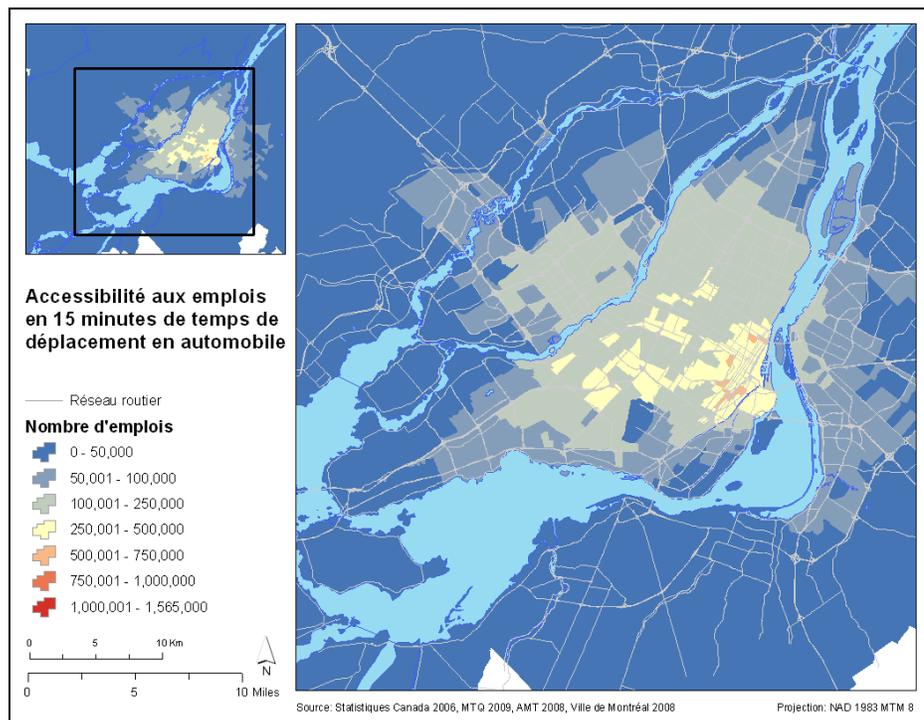
<b>Variable</b>	<b>B</b>	<b>t</b>	<b>Sig.</b>
(Constante)	10.727	59.14	0.000
Temps simulé (SIG)	1.276	190.12	0.000

Variable dépendante: Estimation des temps de déplacement du MTQ  
 $R^2 = 0.762$   
 $N = 11,270$

### 3.2 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 allant de 5 à 60 minutes, en voiture et en transport collectif. Les résultats pour chaque intervalle de temps de déplacement sont cités dans l'annexe 2. Les cartes montrant la distribution spatiale des emplois, des travailleurs et des commerces se trouvent dans l'annexe 1 afin de faciliter l'interprétation des résultats.

#### 3.2.1 L'accessibilité isochrone aux emplois en voiture

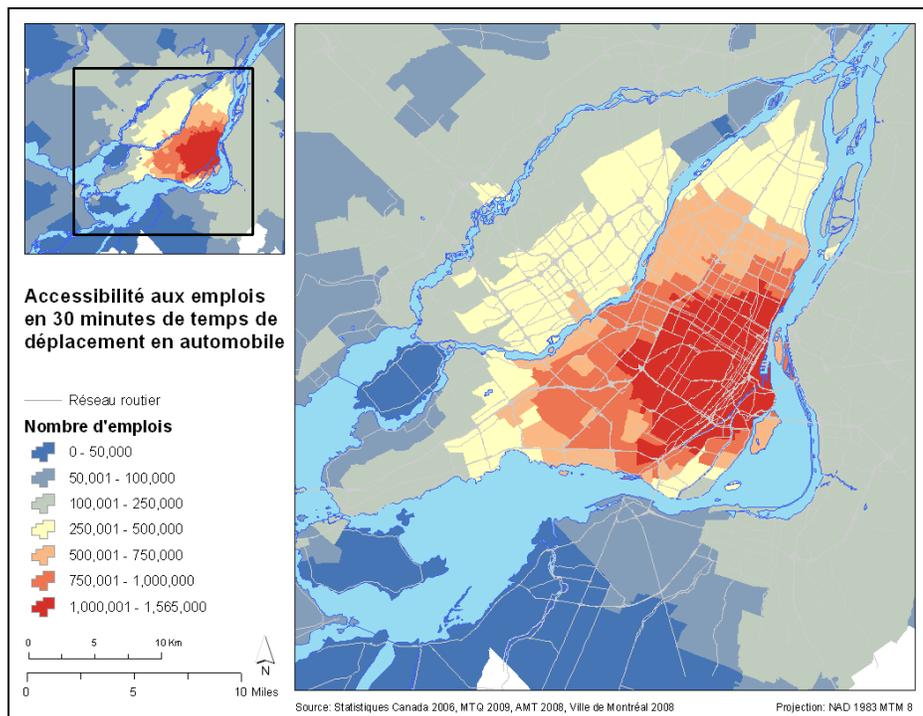


**Figure 2. Nombre d'emplois à 15 minutes en voiture**

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

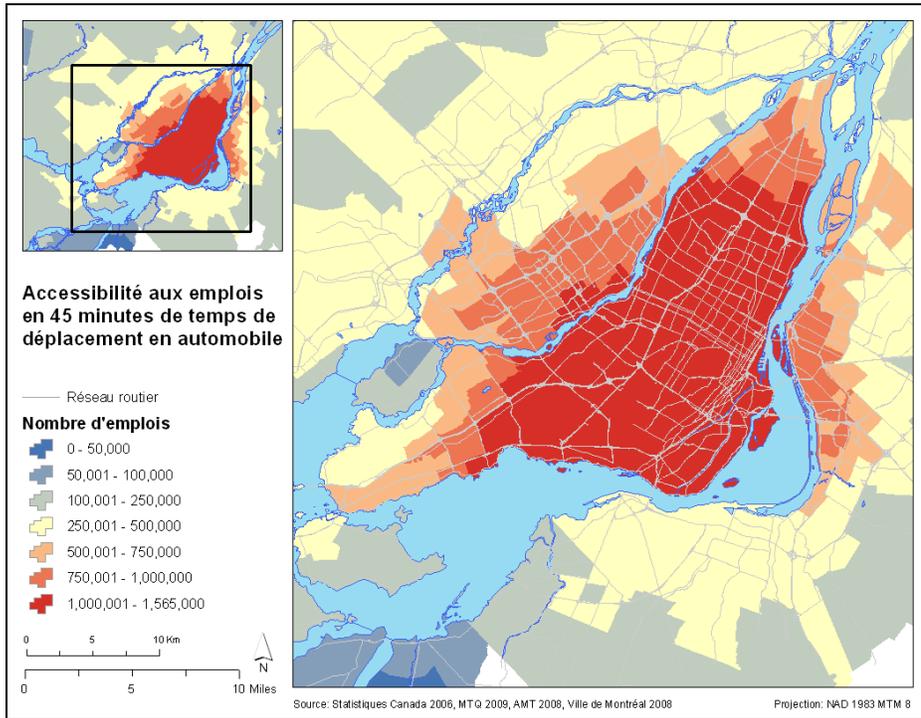
minutes, les résidents de ce secteur ont accès à quasiment tous les emplois de la région. Cela démontre que les résidents des quartiers centraux sont très bien situés au niveau de l'accessibilité à une grande variété d'emplois. À 60 minutes de trajet en voiture, presque toute l'île de Montréal, ainsi qu'une grande partie des Rives Nord et Sud, ont accès à tous les emplois de la région. Cela indique que la région métropolitaine de Montréal a un développement 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 Pincourt, 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-Genève 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 prolonger 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.

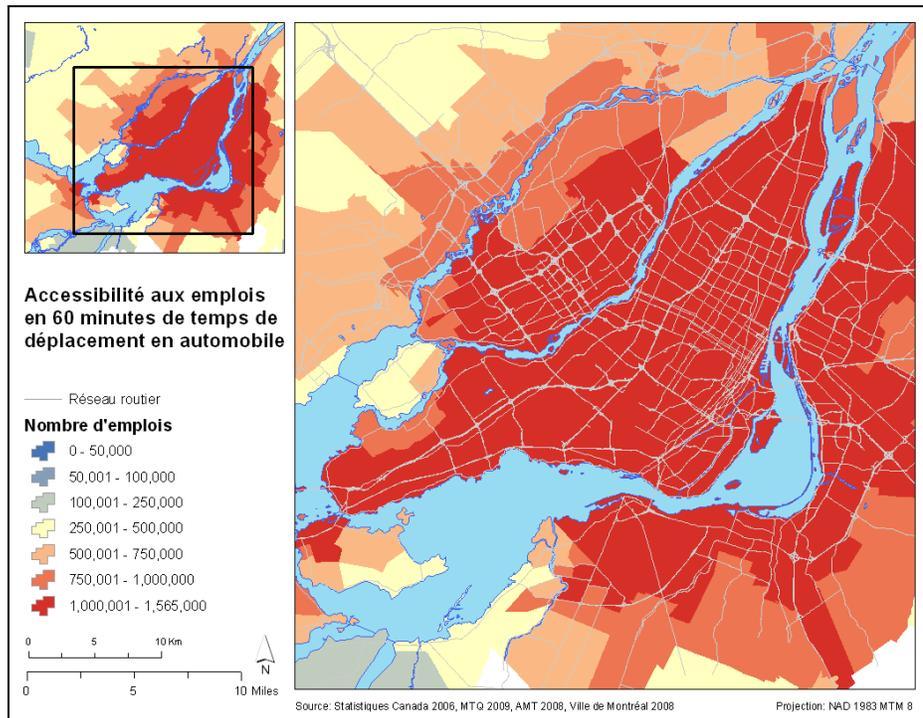


**Figure 3. Nombre d'emplois à 30 minutes en voiture**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



**Figure 4. Nombre d'emplois à 45 minutes en voiture**

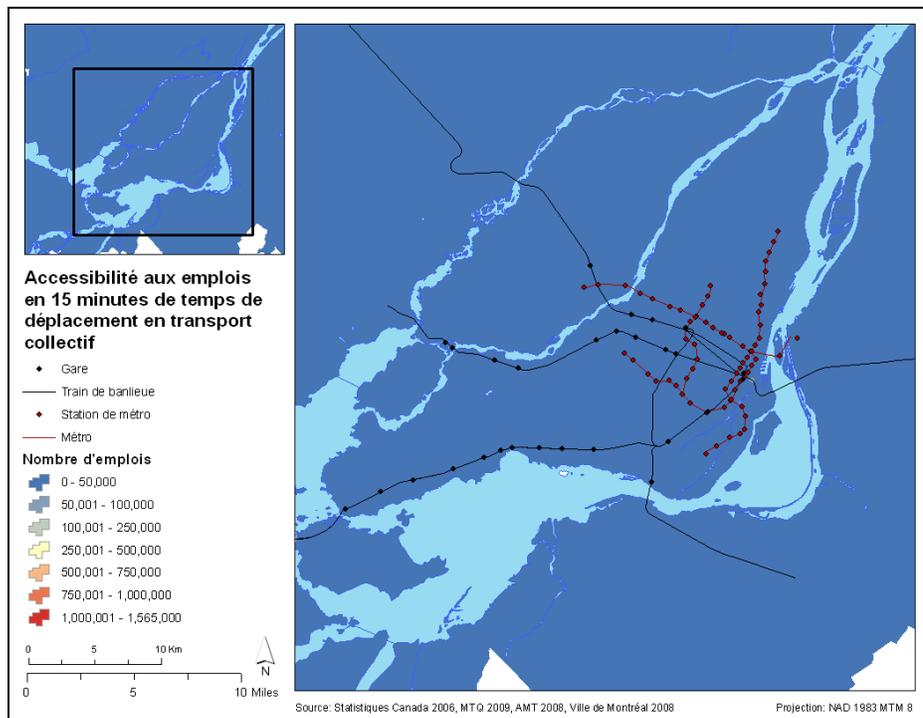


**Figure 5. Nombre d'emplois à 60 minutes en voiture**

### **3.2.2 L'accessibilité isochrone aux emplois en transport collectif**

L'accessibilité aux emplois en utilisant le réseau de transport collectif a une distribution spatiale différente de celle employant 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 a été généré à l'aide de logiciels et paramètres différents que le réseau routier (exemple : utilisation du SIG versus les modèles de prévision de la demande de déplacements) et que les temps d'accès au transport collectif et d'attente sont pris en compte 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 comparativement aux 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 à concurrence de 20 minutes de trajet, par contre l'accessibilité en voiture est déjà élevée pour certaines ZAT à partir de cinq minutes de trajet, 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 qu'ont les usagers de l'utilisation de ce mode. En revanche, la période d'attente et le temps d'accès font partie de la perception des usagers

quant aux déplacements en transport collectif et même ont plus de valeur à leurs yeux que le temps de trajet (Vuchic, 2005).



**Figure 6. Nombre d'emplois à 15 minutes en transport collectif**

L'augmentation des niveaux d'accessibilité (figure 7) est directement liée aux réseaux du métro et du 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 ceux 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 sur 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, et particulièrement par un manque de transport rapide, ainsi que par un nombre peu élevé d'emplois dans ces zones majoritairement résidentielles.

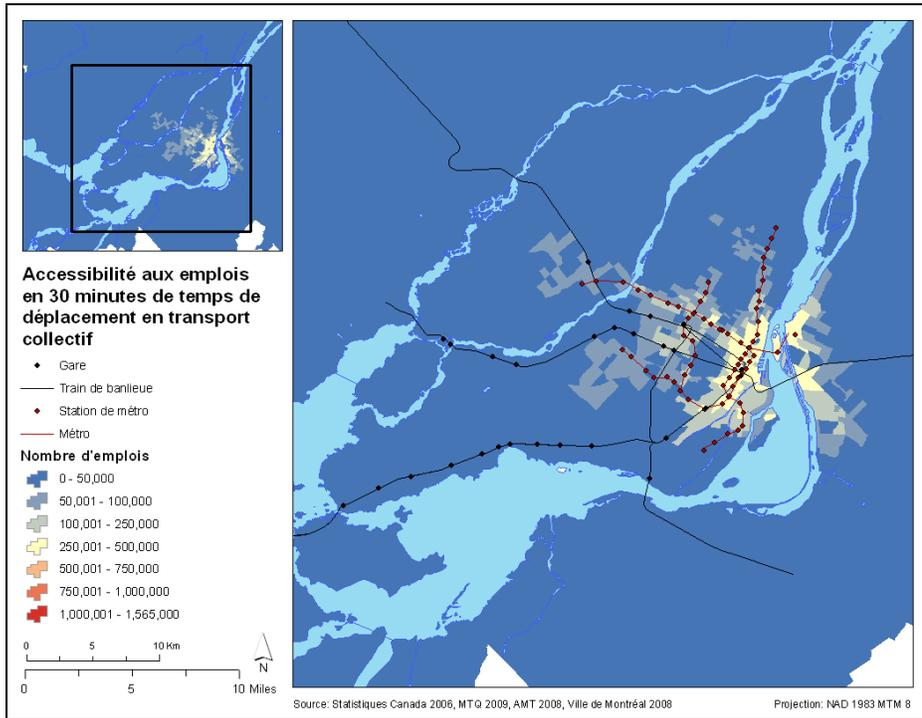


Figure 7. Nombre d'emplois à 30 minutes en transport collectif

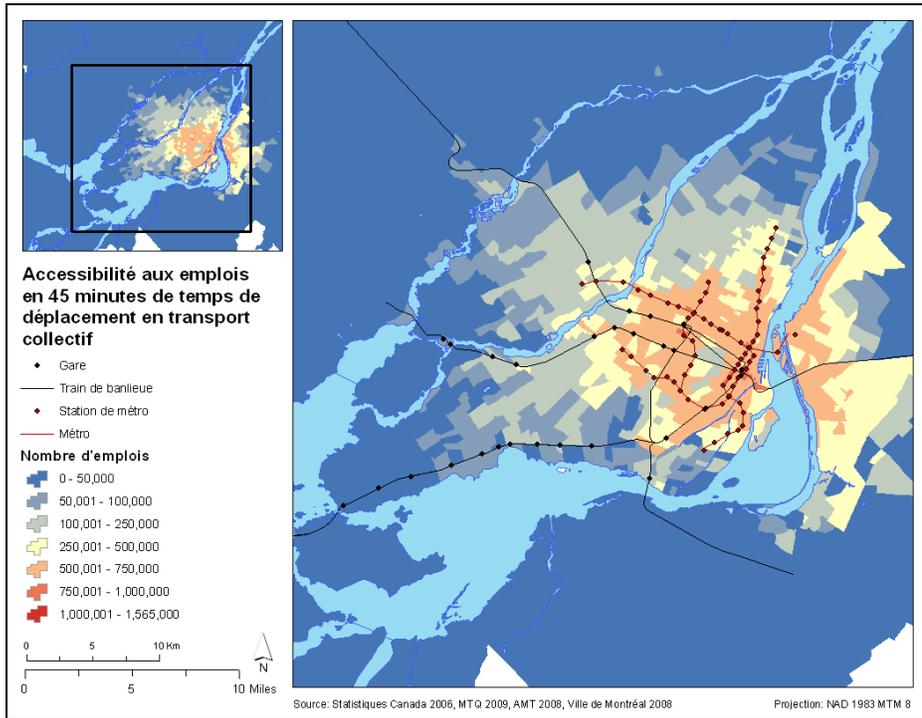
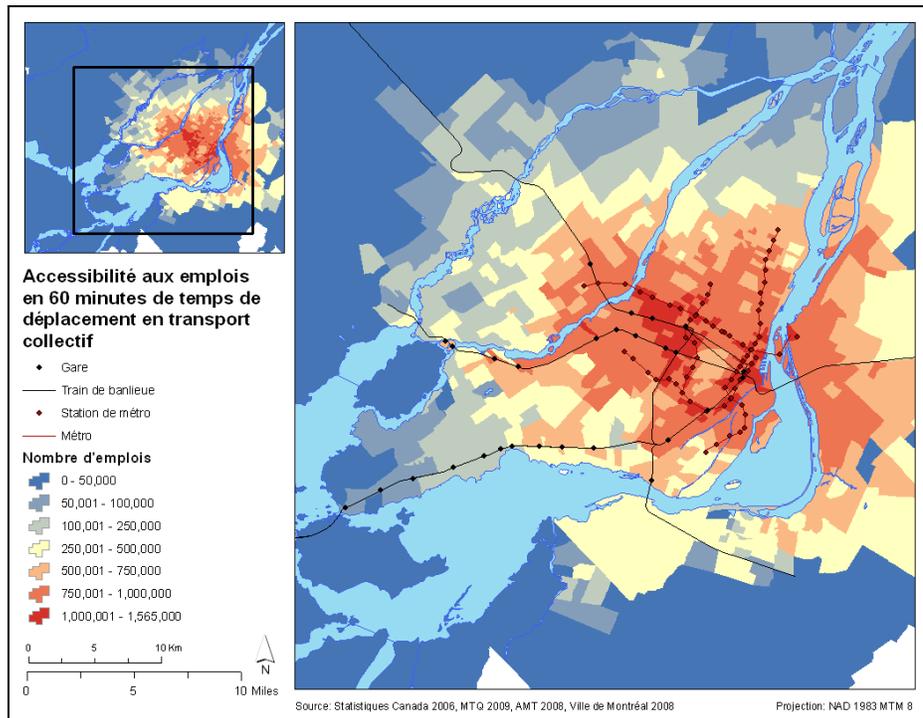


Figure 8. Nombre d'emplois à 45 minutes en transport collectif

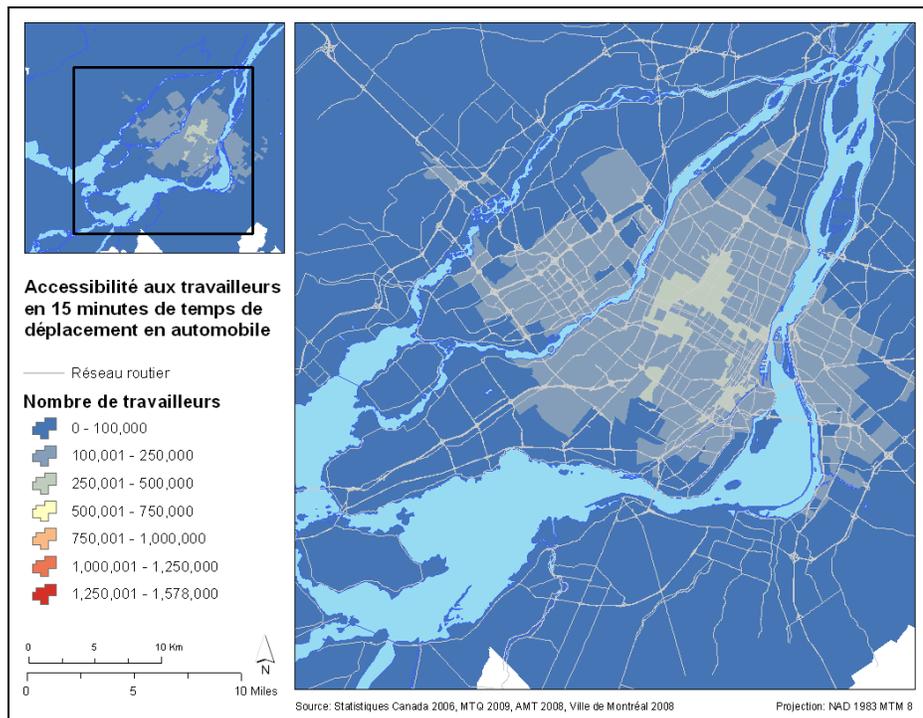


**Figure 9. Nombre d'emplois à 60 minutes en transport collectif**

### 3.2.3 L'accessibilité isochrone aux travailleurs en voiture

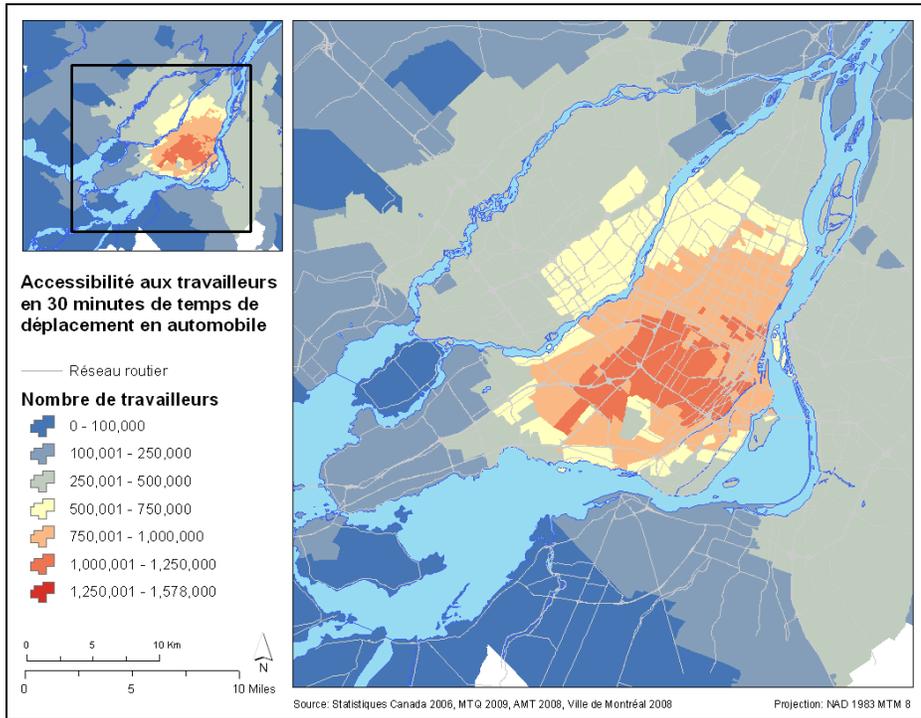
L'accessibilité aux travailleurs en voiture démontre une distribution spatiale similaire à l'accessibilité aux emplois. Les niveaux d'accessibilité augmentent dans les quartiers centraux à forte densité (figure 10); plutôt que de se concentrer dans le centre des affaires, ils s'intensifient rapidement 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 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 émergent à une vitesse fulgurante pourraient éventuellement attirer les employeurs cherchant un accès facile aux employés et créer un équilibre plus stable « emploi – habitation » dans ces régions.



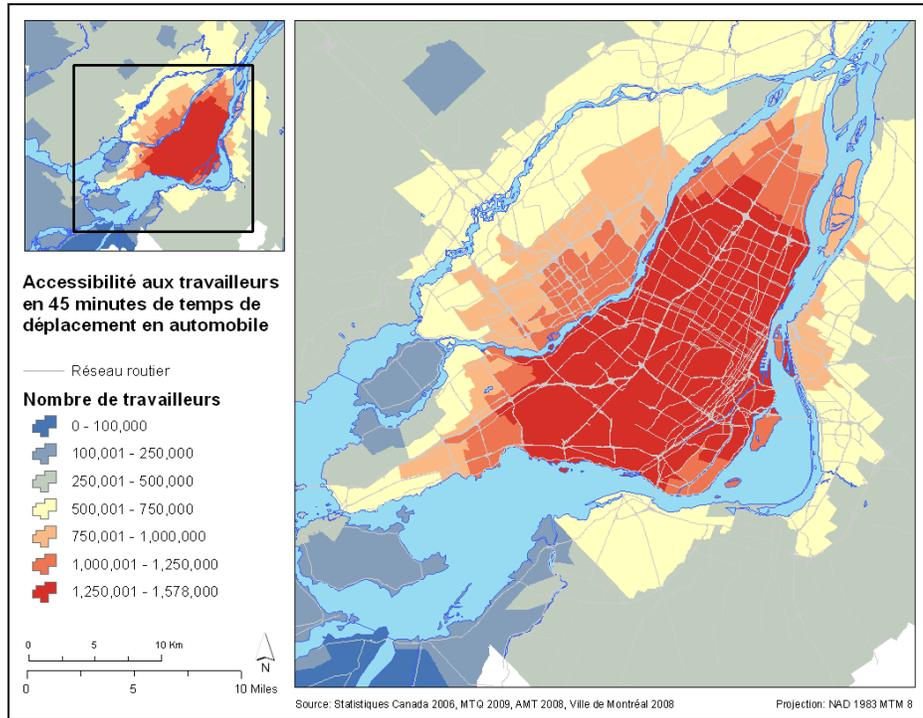
**Figure 10. Nombre de travailleurs à 15 minutes en voiture**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

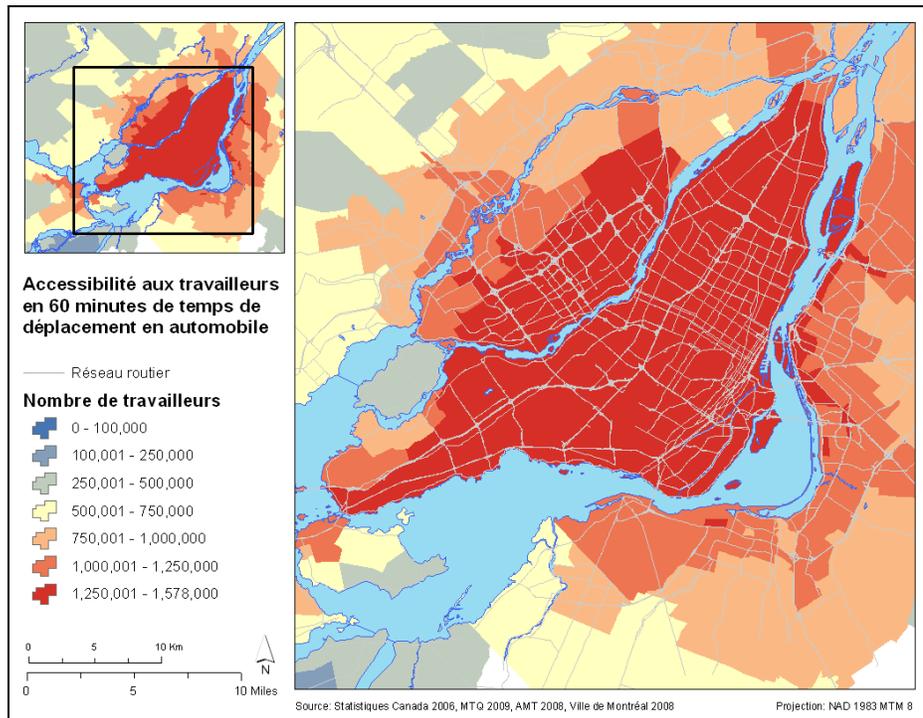


**Figure 11. Nombre de travailleurs à 30 minutes en voiture**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



**Figure 12. Nombre de travailleurs à 45 minutes en voiture**



**Figure 13. Nombre de travailleurs à 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). Lorsqu'on augmente les temps de déplacement, certaines parties de la Rive Sud à proximité des stations de train ou de métro gagnent en accessibilité aux travailleurs au même rythme que 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 en transport collectif cités plus haut (figures 6 à 9). Cela prouve que la disponibilité des infrastructures joue un rôle déterminant, et 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 voudrait enlever des places de stationnement, par exemple pour y installer un nouveau bâtiment, ne bénéficierait pas nécessairement d'une telle décision, à moins d'être dans un quartier central à proximité des stations de métro.

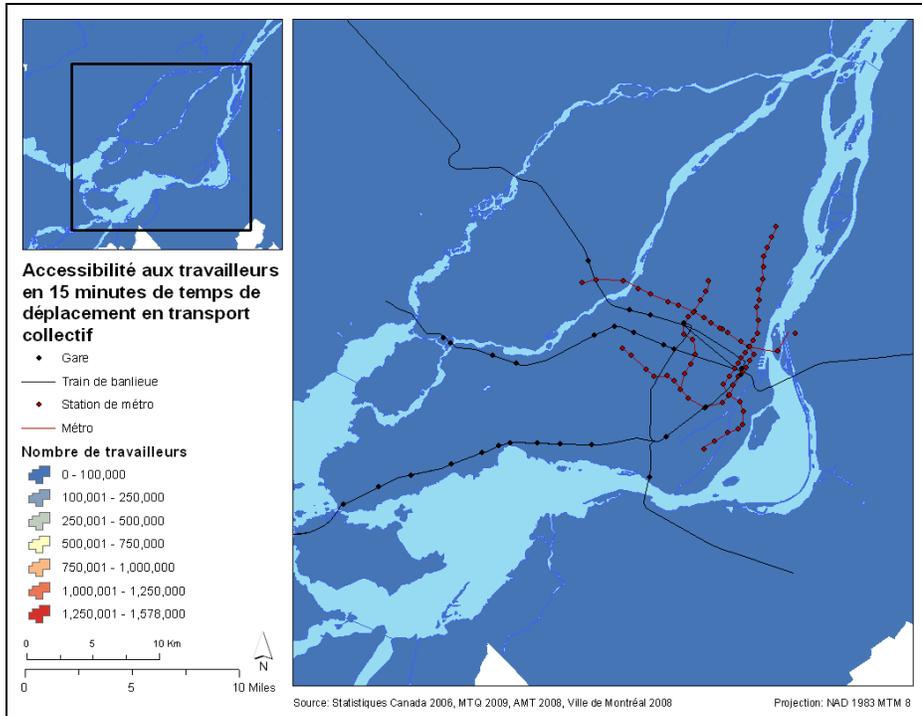
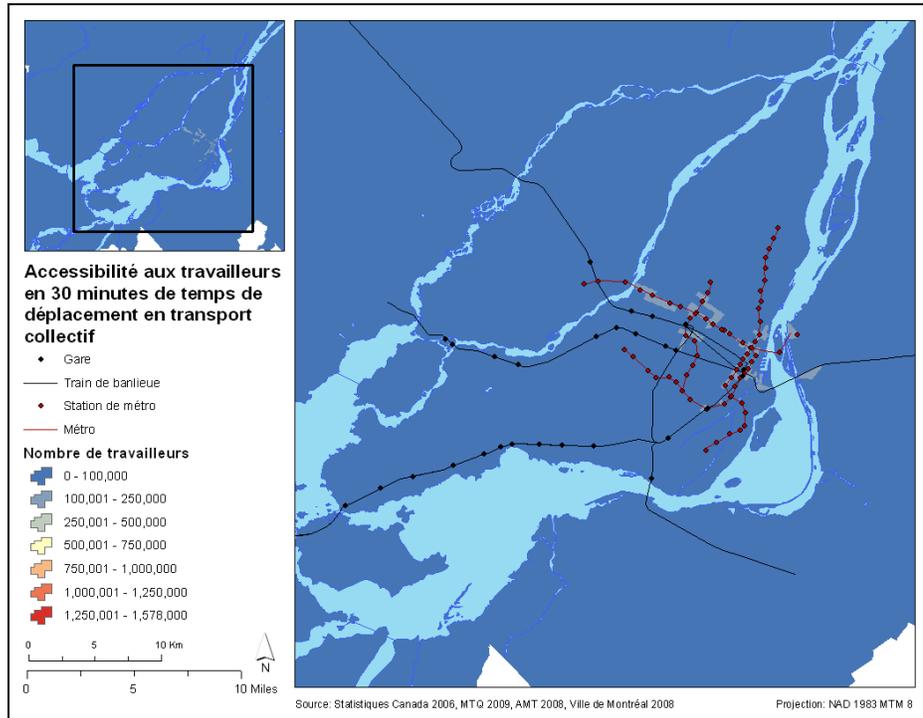


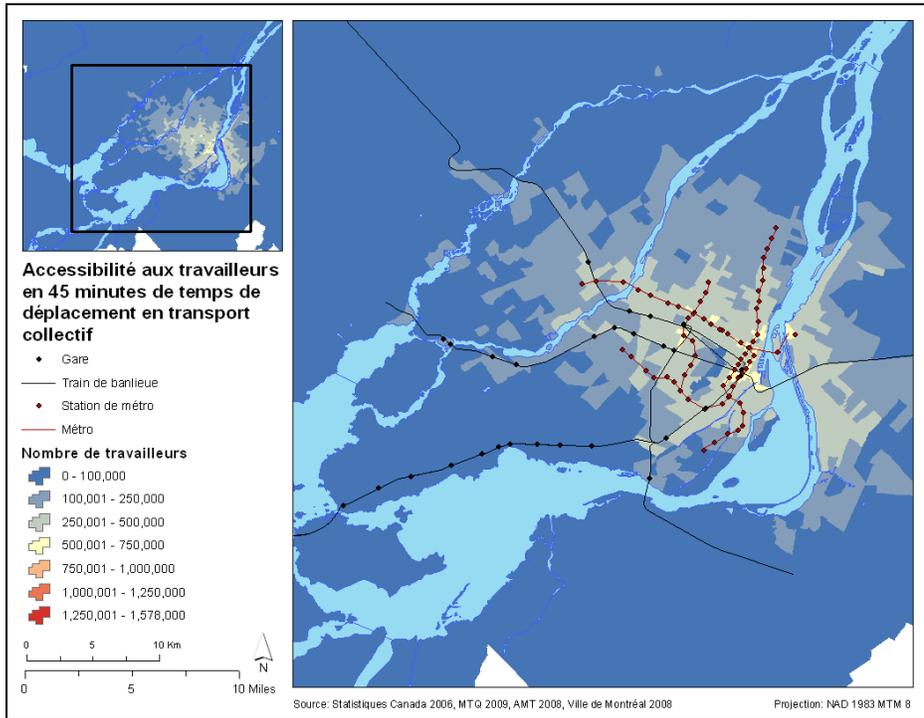
Figure 14. Nombre de travailleurs à 15 minutes de transport collectif

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

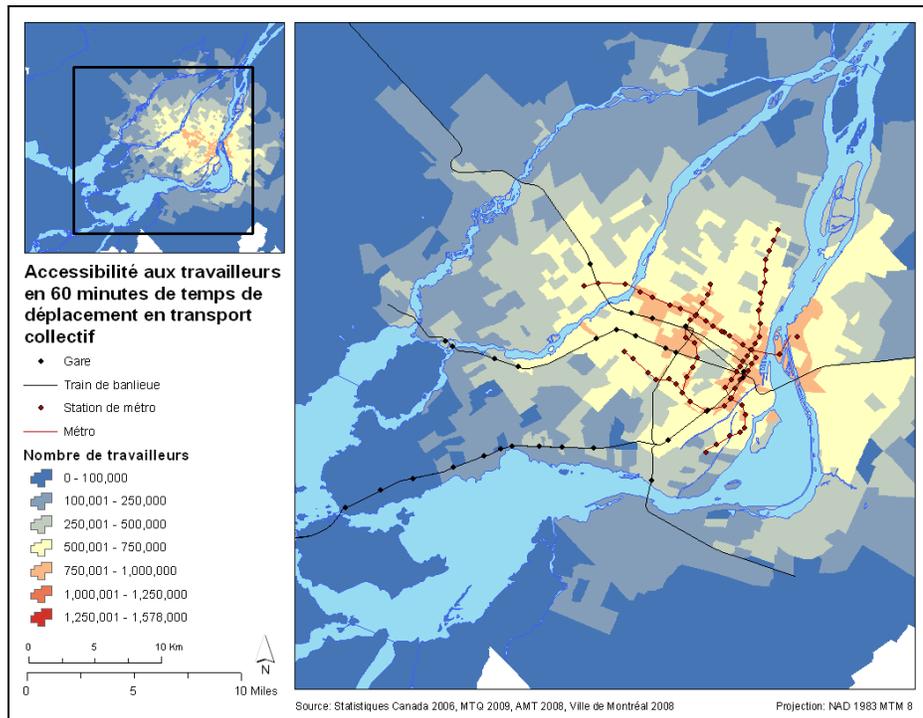


**Figure 15. Nombre de travailleurs à 30 minutes en transport collectif**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



**Figure 16. Nombre de travailleurs à 45 minutes en transport collectif**



**Figure 17. Nombre de travailleurs à 60 minutes en transport collectif**

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

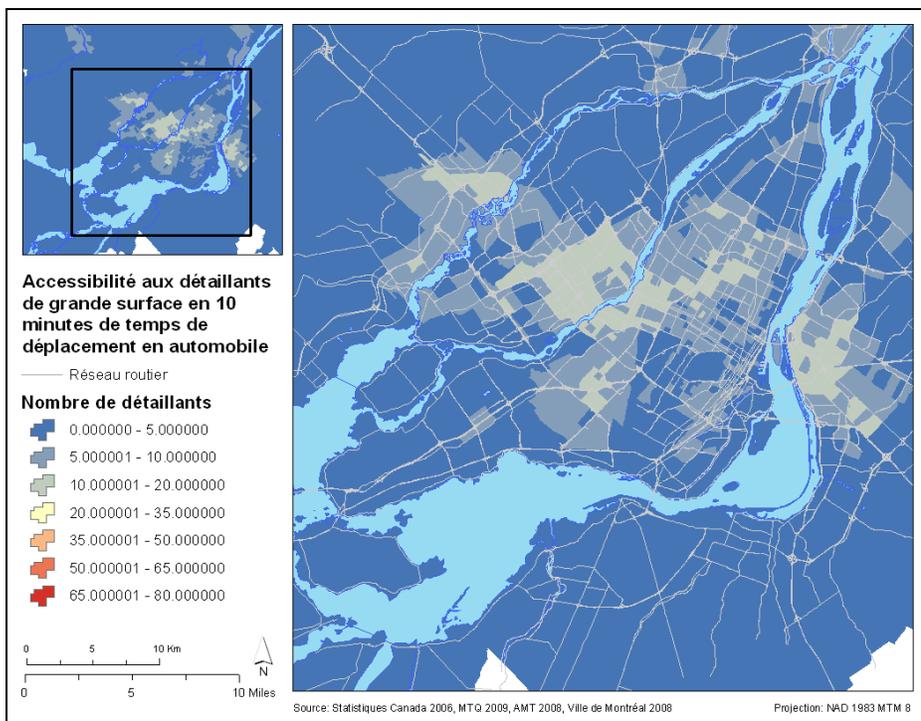
Les comportements de déplacement pour motif de magasinage varient beaucoup et sont difficiles à prédire. Une des raisons pour cela est qu'on n'étudie pas souvent ce type de comportement, étant donné que le navettage quotidien génère le plus grande part de circulation et de congestion. De plus, le magasinage fait souvent partie d'une chaîne de déplacements combinée à un déplacement pendulaire, ce qui le rend plus difficile à isoler et 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'opportunités liés aux commerces 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 impact 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

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

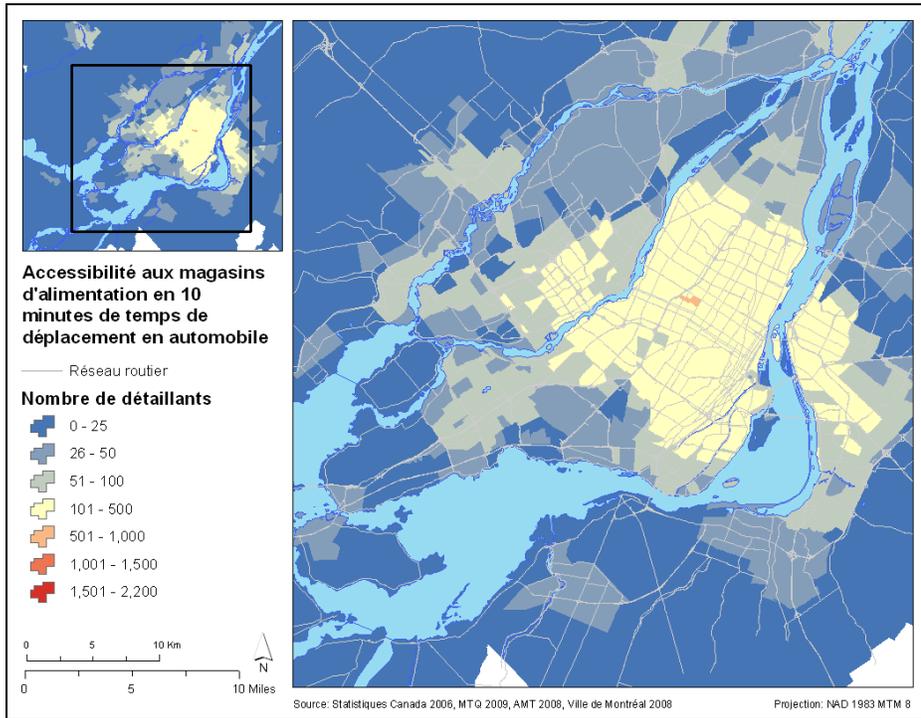
magasins d'alimentation ou les services de santé. Dans ce cas, le choix du mode de transport et de distance ou temps de déplacement sera particulièrement important pour déterminer le degré d'accessibilité considéré comme acceptable. En ce qui concerne le développement durable, des cartes d'accessibilité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



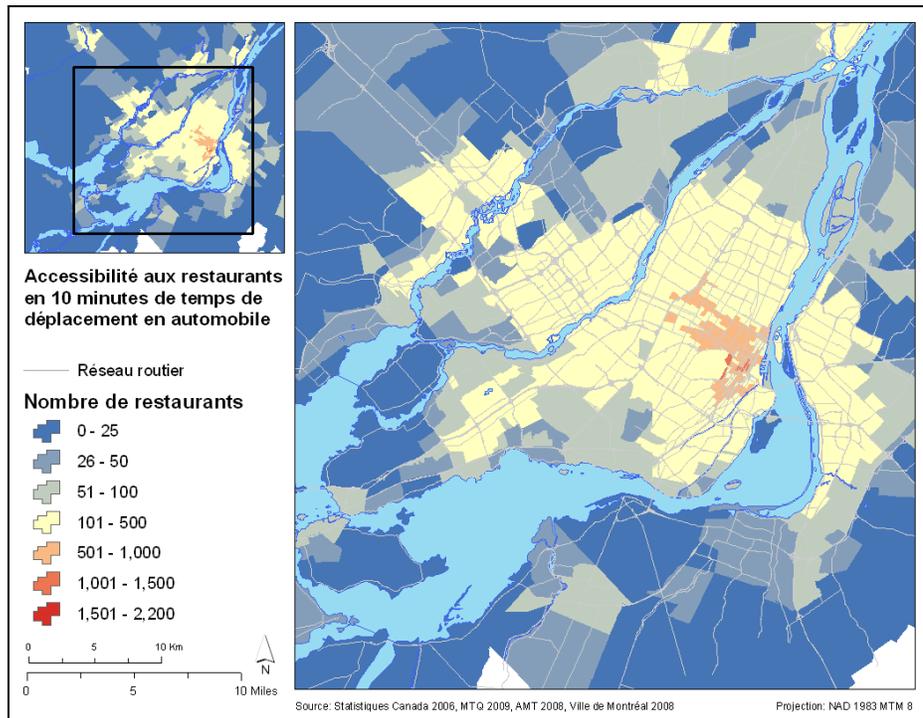
**Figure 18. Nombre de magasins à grande surface à 10 minutes en voiture**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

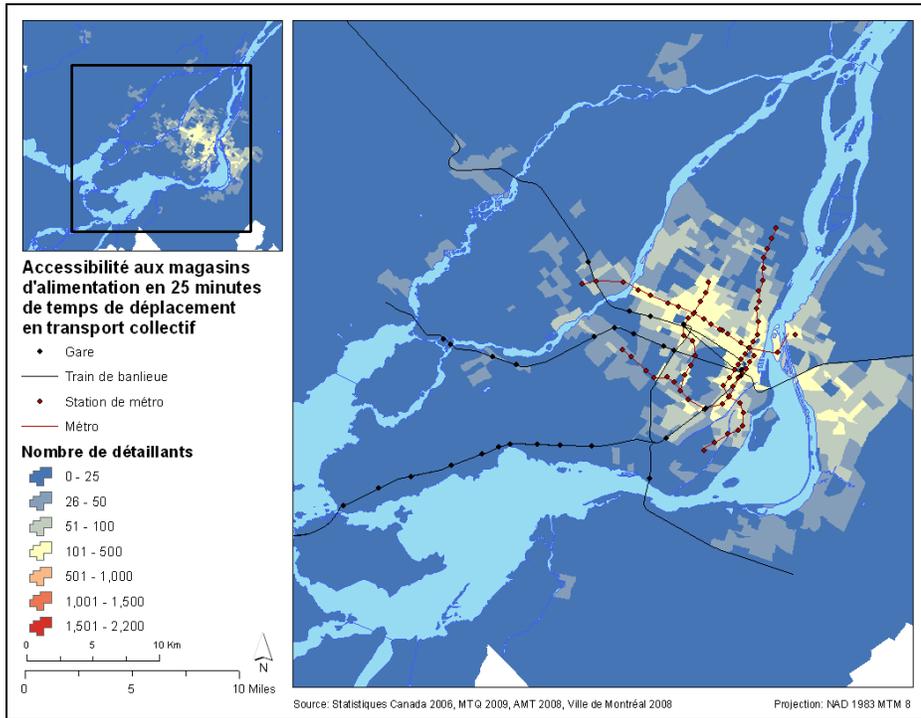


**Figure 19. Nombre de magasins d'alimentation à 10 minutes en voiture**

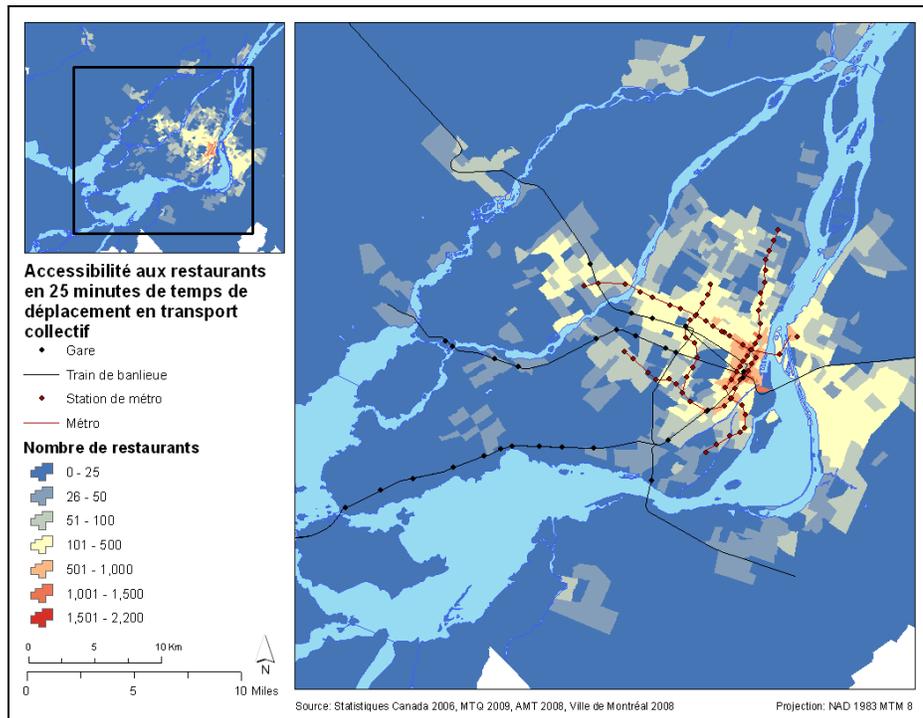
## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



**Figure 20. Nombre de restaurants à 10 minutes en voiture**



**Figure 21. Nombre de magasins d'alimentation à 25 minutes en transport collectif**



**Figure 22. Nombre de restaurants à 25 minutes en transport collectif**

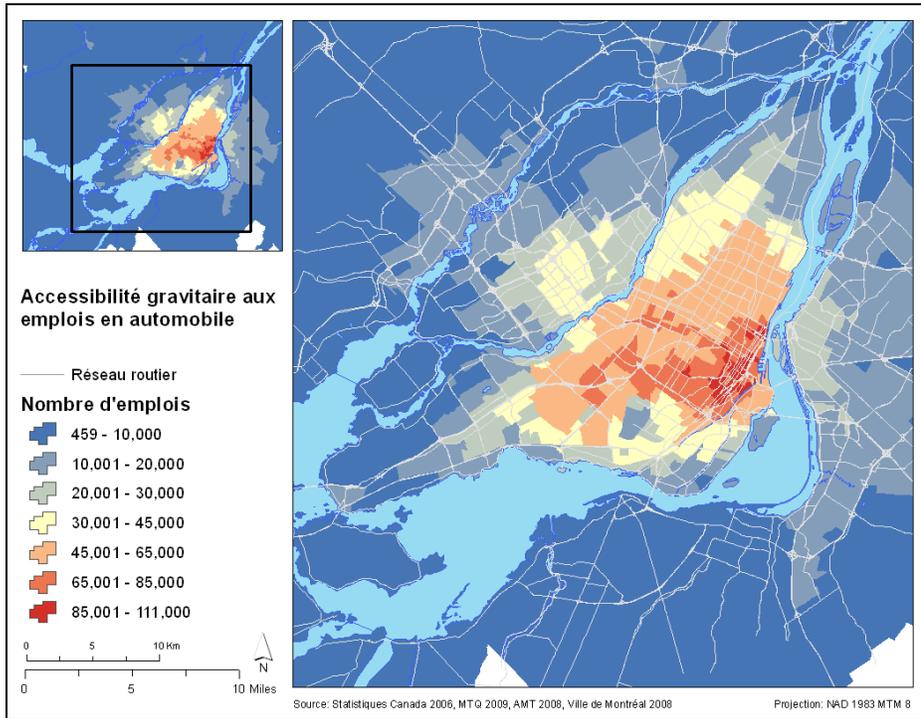
Encore une fois, l'accessibilité isochrone en utilisant le transport collectif est moins élevée qu'en utilisant la voiture et elle est plus concentrée autour des réseaux de transport collectif rapide. Dans ce type de déplacement, il est particulièrement difficile pour le transport collectif de concurrencer 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 du marché, il doit se positionner comme un mode de transport pratique pour une variété de déplacements et pas seulement 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

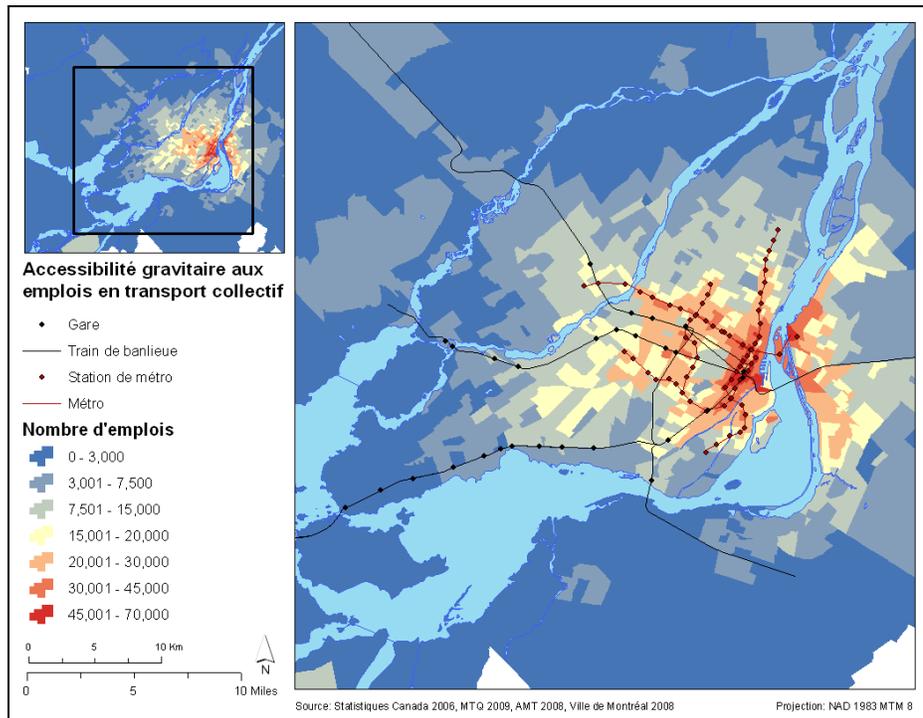
La mesure gravitaire d'accessibilité a été appliquée à l'aide de la fonction d'impédance dérivée de la courbe de fréquence du temps de déplacement en automobile entre la maison et le travail (figure 1) pour les déplacements en voiture, et en utilisant une fonction exponentielle négative pour les déplacements en transport collectif. Une courbe de décroissance a été générée 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 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 que le modèle gravitaire tente de simuler la façon dont les usagers perçoivent le système de transport et la disponibilité des opportunités, les opportunités 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 opportunités locales et qu'ils jugent moins important d'habiter dans un quartier avec une accessibilité élevée aux restaurants ou magasins d'alimentation; il suffit d'en avoir quelques-uns. Pour mesurer l'accessibilité gravitaire aux commerces, il faudrait générer une courbe de décroissance en utilisant les données sur les déplacements pour motif de magasinage. Cette courbe devrait s'infléchir plus rapidement que la courbe relative au travail.



**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 lorsqu'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 concurrencent le centre des affaires en matière de hauts niveaux d'accessibilité (figure 24). En général, la majeure partie de la Rive Sud semble avoir une accessibilité aux emplois peu élevée, de même que 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.

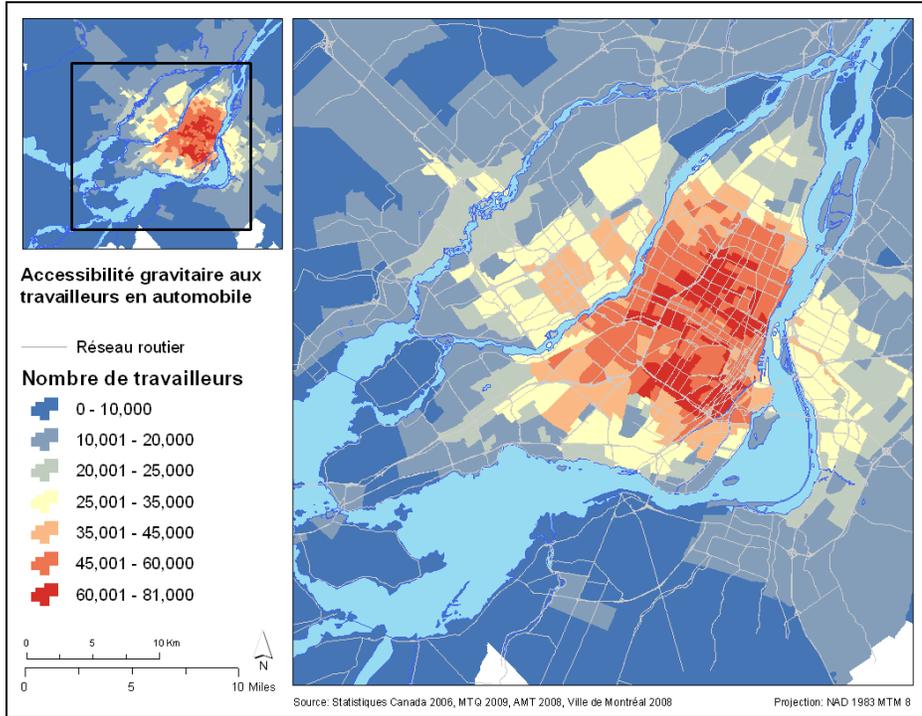
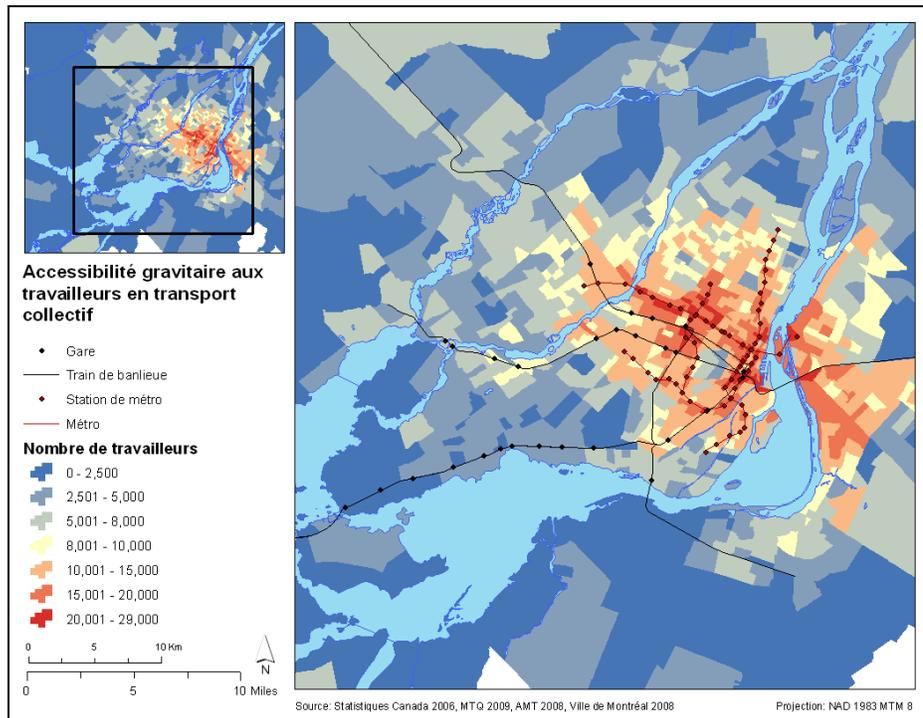


Figure 25. L'accessibilité gravitaire aux travailleurs en voiture



**Figure 26. L'accessibilité gravitaire aux travailleurs en transport collectif**

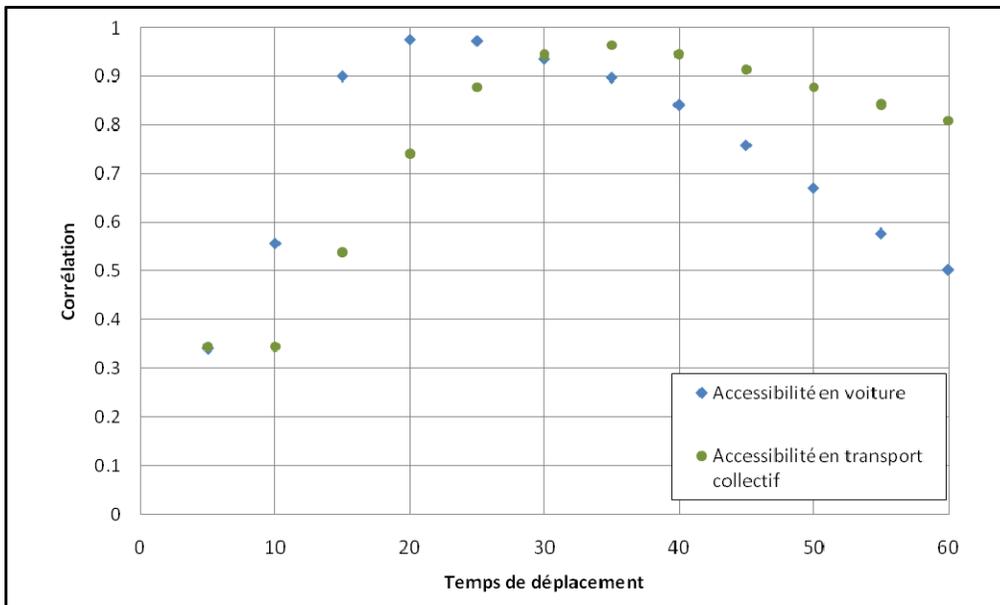
L'accessibilité gravitaire aux travailleurs est distribuée de façon moins uniforme que l'accessibilité aux emplois. Les parties ouest et est du centre de Montréal ont les niveaux d'accessibilité en voiture les plus élevés, de même que certains quartiers de Laval (figure 25). Des zones isolées où on trouve 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 et 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 les résultats issus de la mesure isochrone pour les déplacements en voiture d'une durée variant de 20 à 45 minutes et pour les déplacements en transport collectif d'une durée variant de 30 à 45 minutes (figure 27). Une corrélation

aussi significative a été constatée dans de précédentes recherches (El-Genaidy 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 peut être difficile à interpréter et 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 utiliser la mesure isochrone pour au lieu de la mesure gravitaire pour les seuils de temps de déplacements qui sont fortement corrélés.



**Figure 27. La 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 qu'on ne peut pas interpréter comme un nombre de travailleurs ou d'emplois, mais plutôt comme un niveau d'accessibilité. L'interprétation des 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.

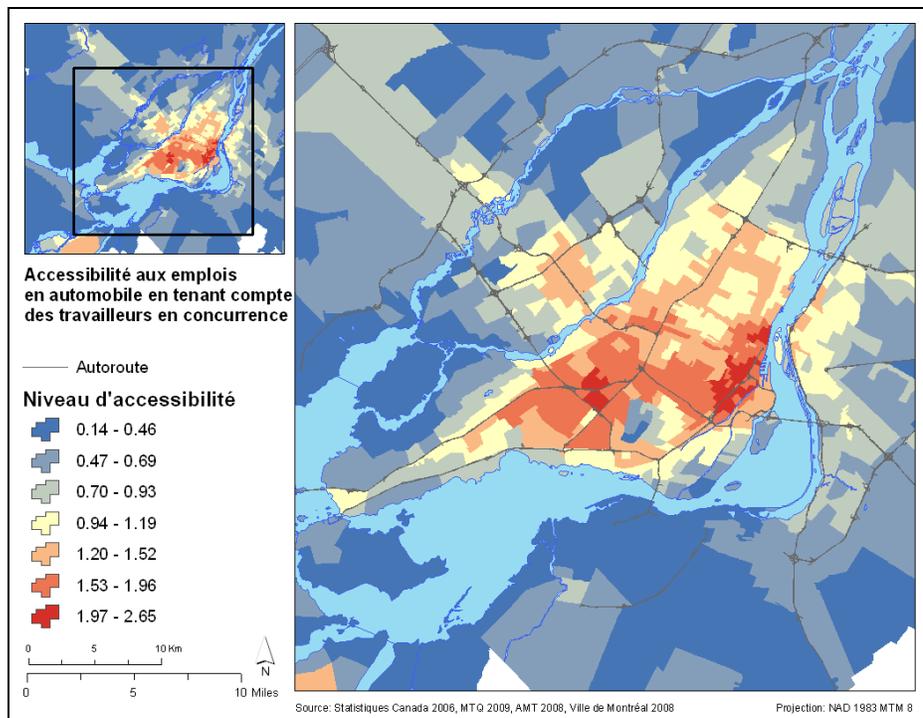
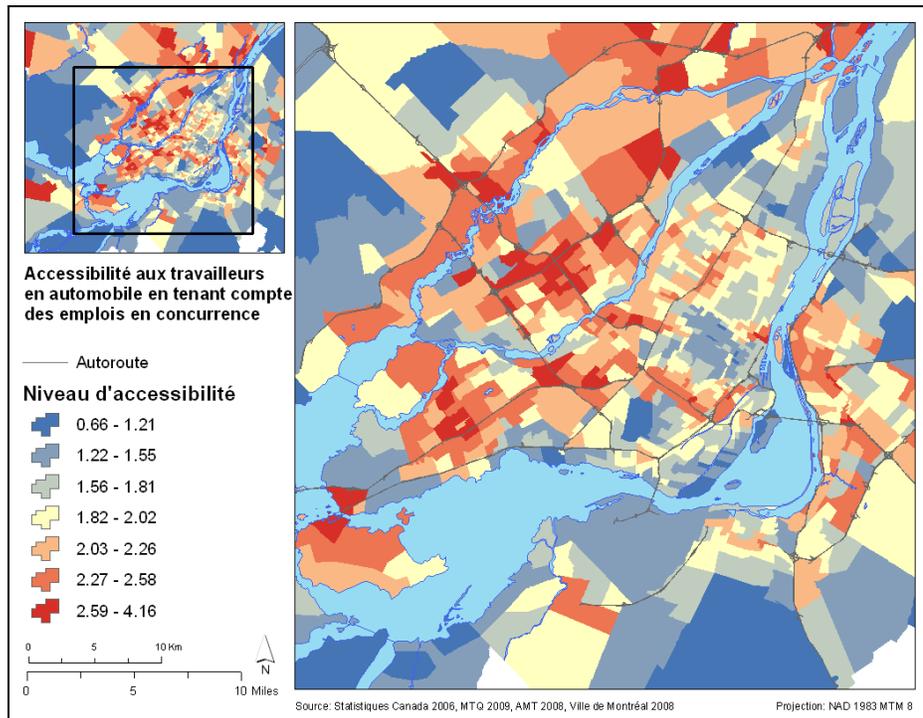


Figure 28. L'accessibilité concurrentielle aux emplois



**Figure 29. L'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. Lorsqu'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'emploi (le centre des affaires et Ville St-Laurent/Dorval) émergent 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 présente 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 dû à 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**

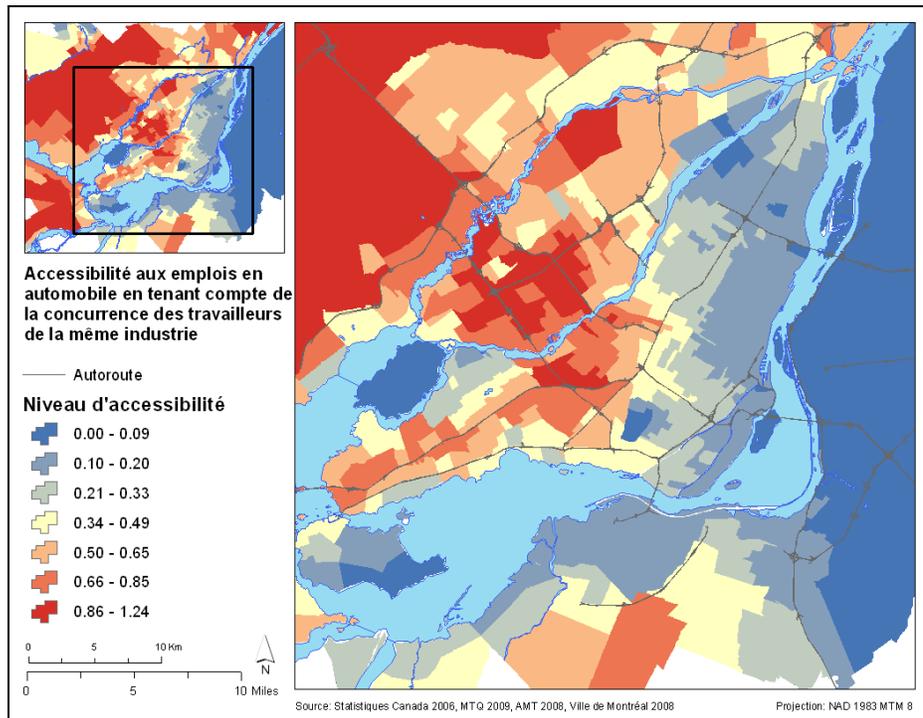
Afin d'examiner les questions relatives à l'équité sociale et à l'aménagement plus en détail, la mesure d'accessibilité concurrentielle a été employée pour évaluer l'accessibilité aux emplois dans divers secteurs industriels. À l'aide du système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN,

tableau 2) et des données issues 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)**

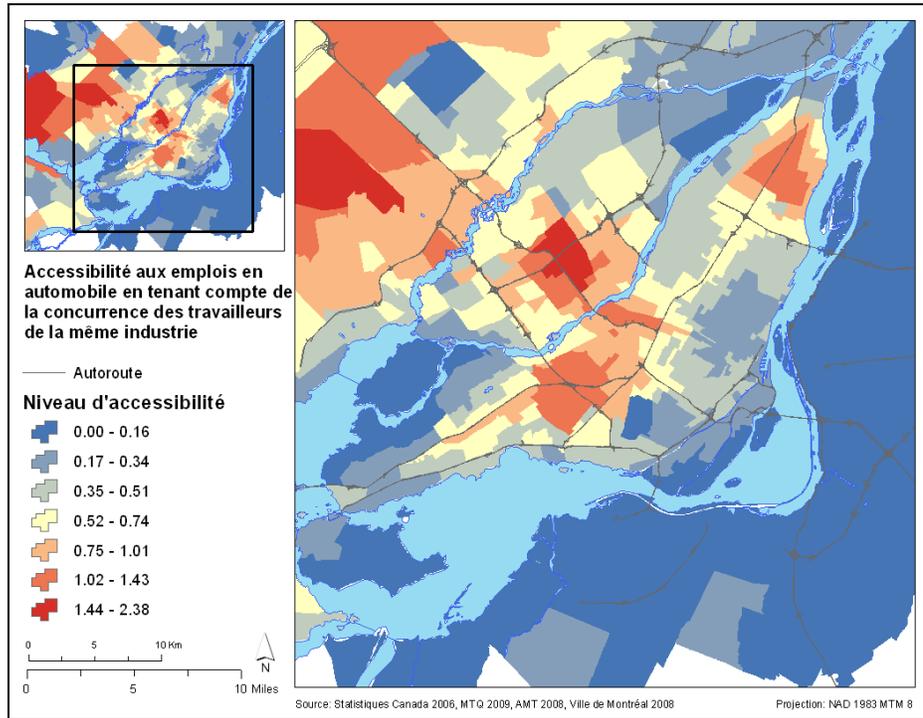
<b>SCIAN Code</b>	<b>Description</b>
11	Agriculture, foresterie, pêche et chasse
21	Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz
22	Services publics
31-33	Fabrication
41	Commerce de gros
44-45	Commerce de détail
48-49	Transport et entreposage
51	Information et culture
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

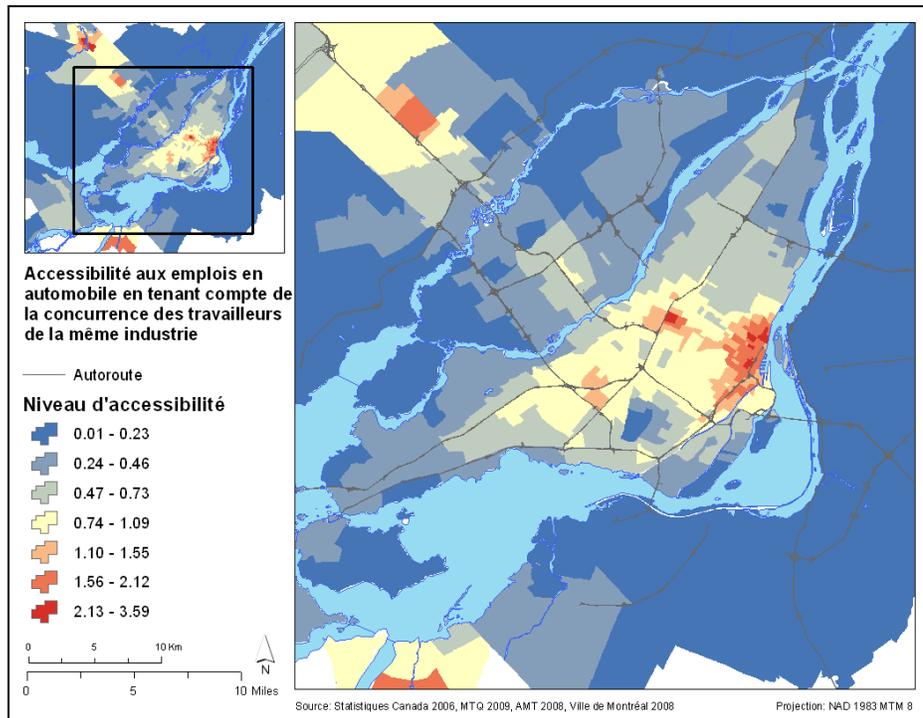


**Figure 30. L'accessibilité concurrentielle au secteur de l'agriculture, la foresterie, la pêche et la chasse**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



**Figure 31. L'accessibilité concurrentielle au secteur de l'extraction minière, l'exploitation en carrière, et l'extraction de pétrole et de gaz**



**Figure 32. L'accessibilité concurrentielle au secteur des services publics**

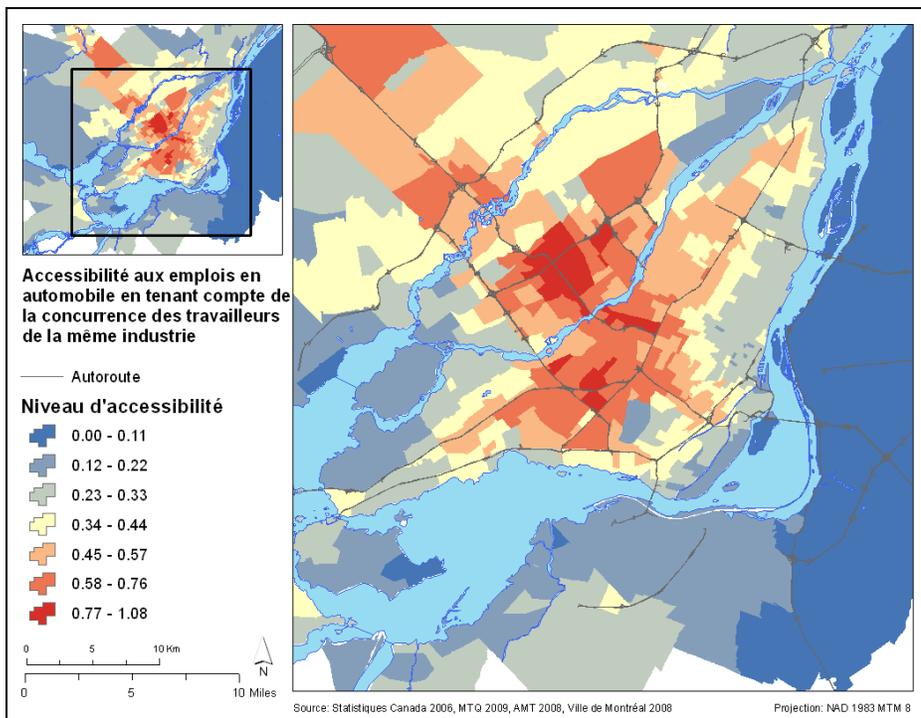
Chaque figure présente des résultats intéressants qui peuvent être étudiés séparément, si on connaît l'emplacement des entreprises et la structure socio-économique des quartiers où celles-ci sont situées. Certains secteurs d'industries, tels que le commerce, les services publics et les services sociaux ont des niveaux d'accessibilité élevés dans presque toute la région, alors que d'autres, tels que 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, la foresterie, la chasse et la pêche, où on détecte 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 le secteur des 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 hauts pour tous les secteurs. L'influence des autoroutes 15 et 440 semble cruciale sur la plupart des cartes. Les secteurs

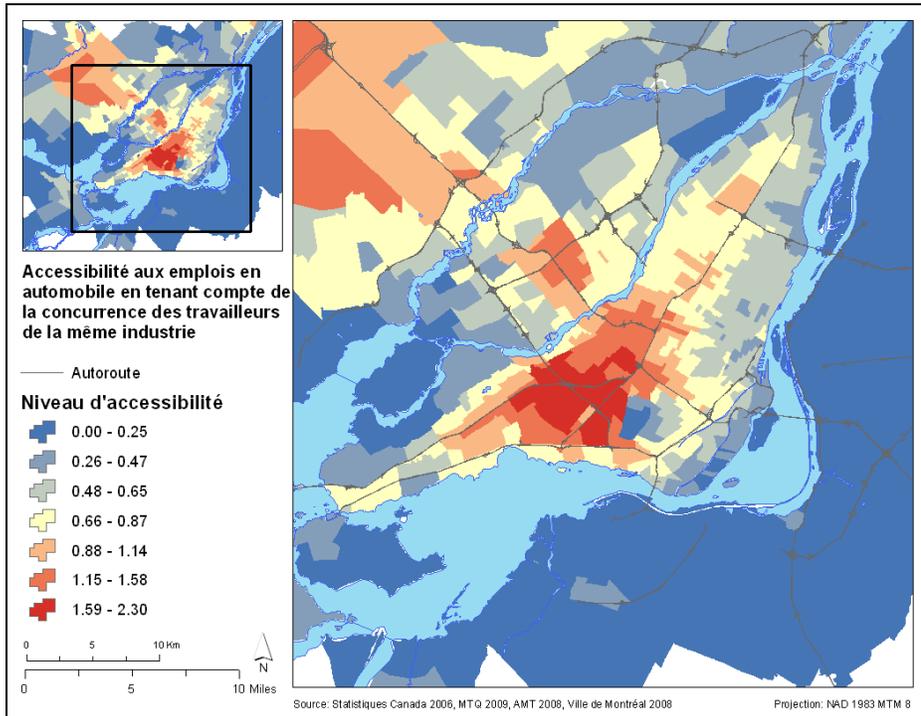
relatifs à l'exploitation des ressources humaines (figures 30 et 31) sont largement accessibles dans toute la région de Laval et de la Rive Nord. L'accessibilité aux emplois dans les secteurs de la construction, de la fabrication, du commerce de gros et de détail est très élevée à Laval, dans la zone qui représente le pôle d'emploi 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). Saint-Jerôme dispose d'une accessibilité concurrentielle élevée aux emplois dans les secteurs de la finance et des assurances, de la gestion de sociétés et d'entreprises, des services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et 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. L'accessibilité concurrentielle au secteur de la construction**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



**Figure 34. L'accessibilité concurrentielle au secteur de la fabrication**

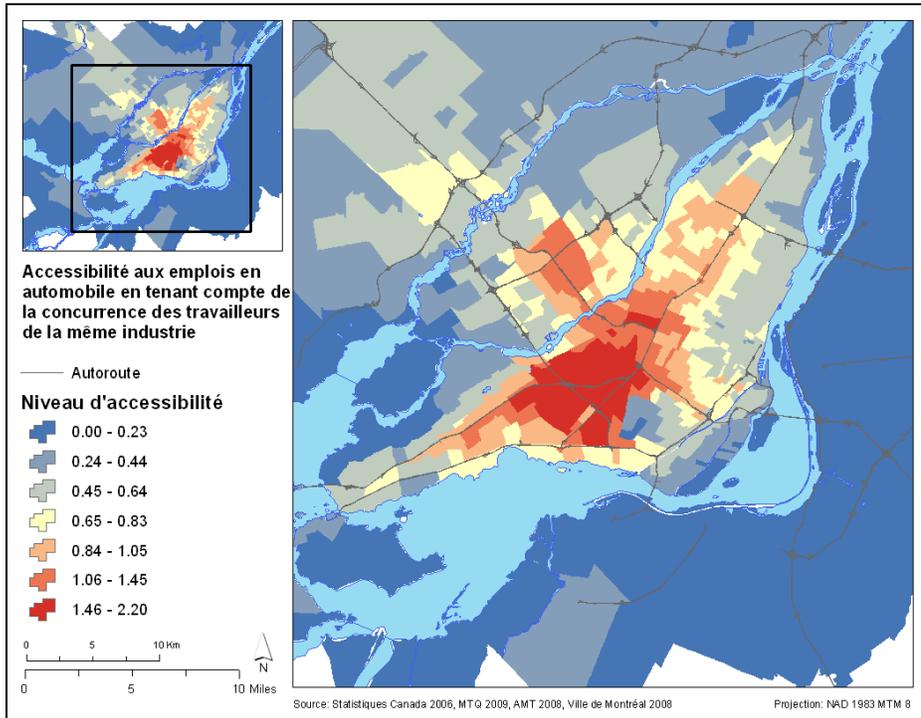
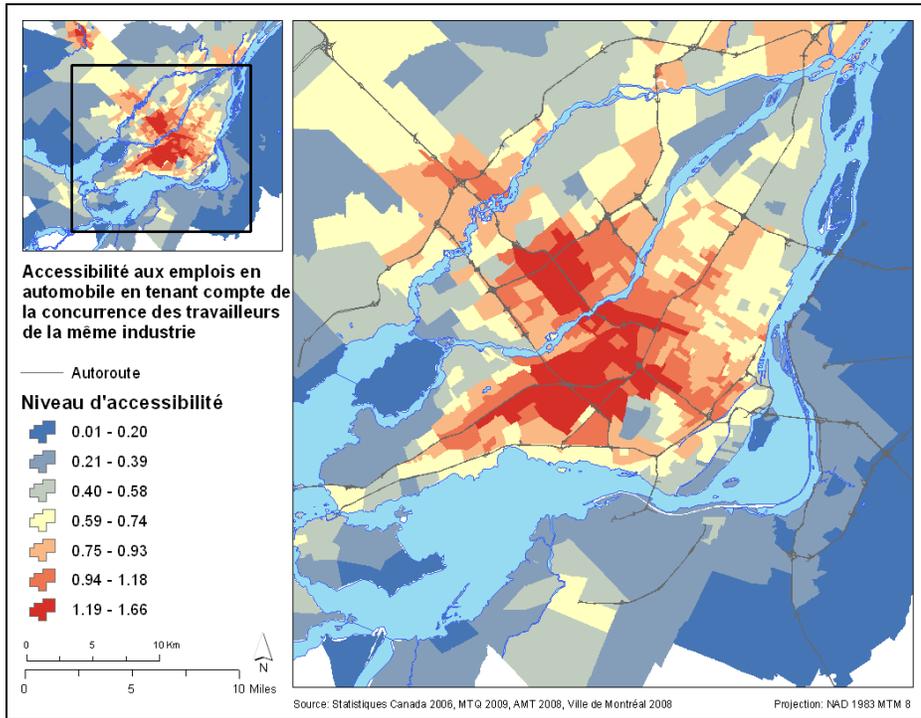
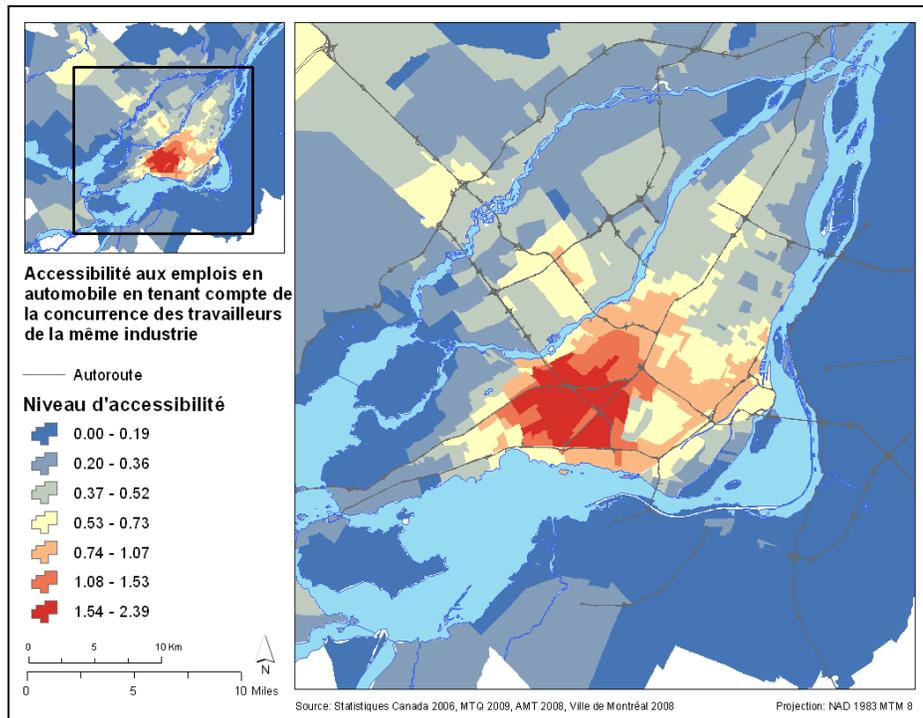


Figure 35. L'accessibilité concurrentielle au secteur du commerce de gros

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



**Figure 36. L'accessibilité concurrentielle au secteur du commerce de détail**



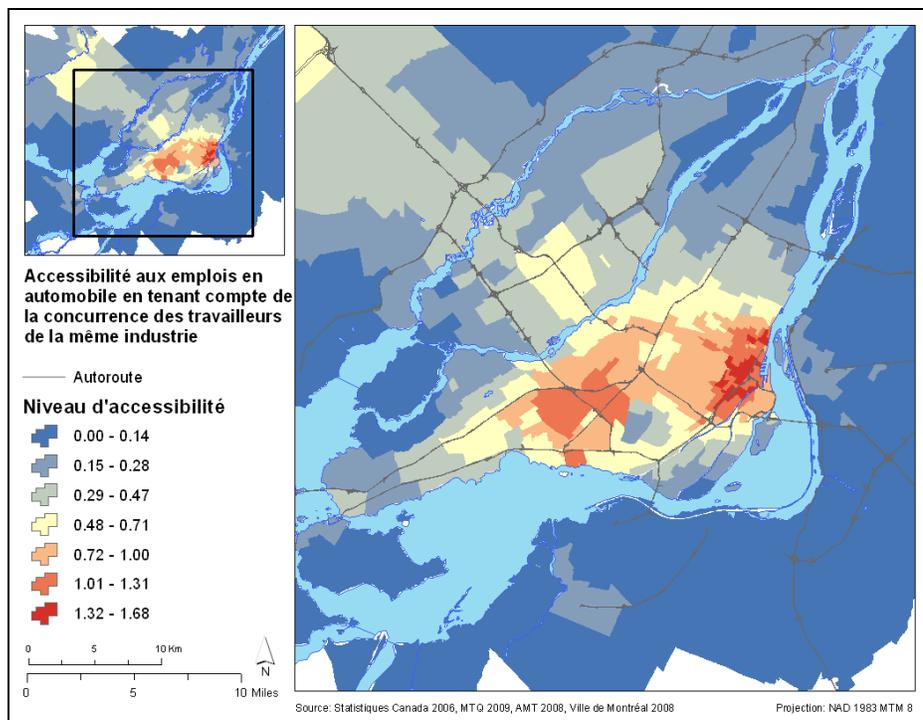
**Figure 37. L'accessibilité concurrentielle au secteur de transport et de l'entreposage**

Sur l'île de Montréal, le centre des affaires et le secteur Ville Saint-Laurent/Dorval surgissent presque toujours comme des zones ayant une accessibilité concurrentielle aux emplois élevée. Le centre des affaires est la seule zone où 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 des 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 et du transport et entreposage (figures 34-36, 38).

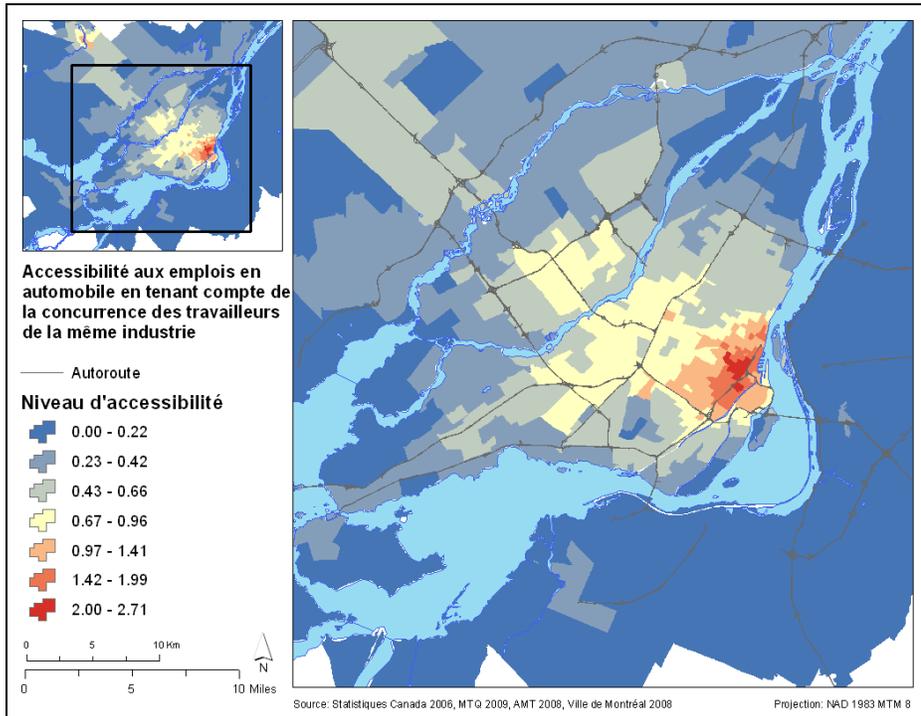
Les niveaux d'accessibilité concurrentielle aux emplois dans les secteurs du commerce de détail, des services immobiliers et services de location et de location à bail, des services professionnels, scientifiques et techniques, des arts, spectacles et loisirs, et des autres services (sauf les administrations 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

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

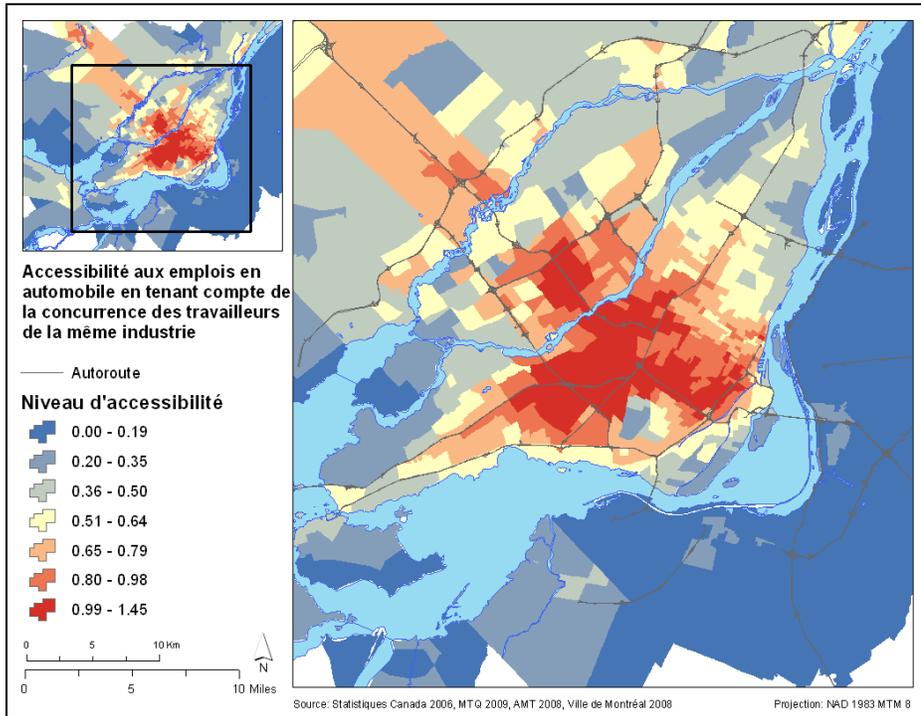
distinguent clairement par leur niveau d'accessibilité concurrentielle plus élevé, mais les zones avoisinantes jouissent aussi d'un niveau moyen à élevé d'accessibilité concurrentielle aux emplois. C'est le cas pour l'accessibilité concurrentielle aux secteurs du commerce de détail, de l'information 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 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 ces secteurs industriels soient moins concentrés spatialement ou que les individus occupant des postes dans ces secteurs soient moins concentrés spatialement.



**Figure 38. L'accessibilité concurrentielle au secteur de l'information et de la culture**

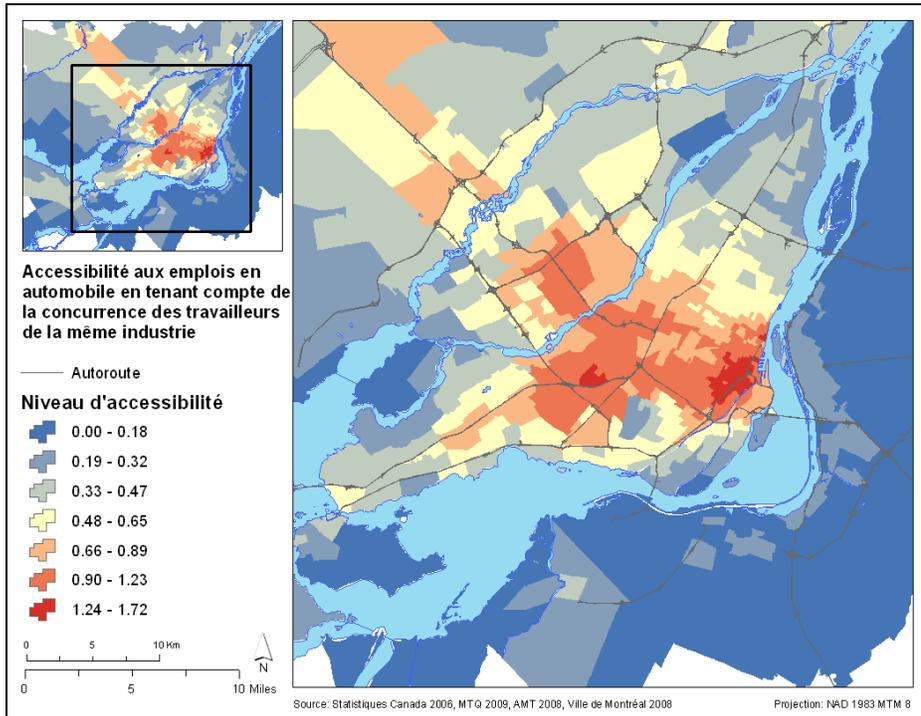


**Figure 39. L'accessibilité concurrentielle au secteur des finances et des assurances**

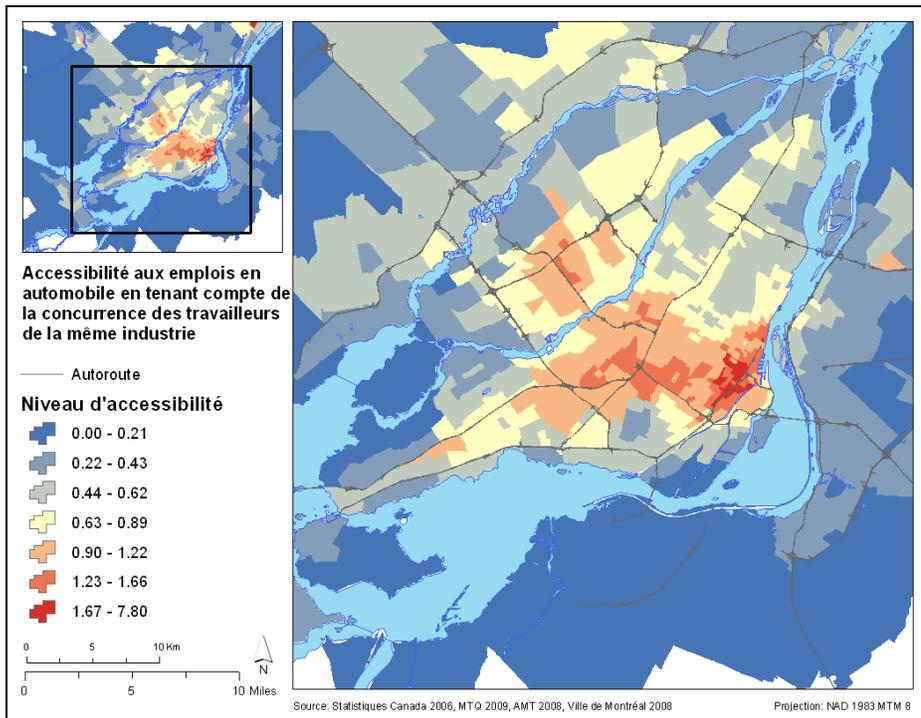


**Figure 40. L'accessibilité concurrentielle au secteur des services immobiliers, services de location et de location à bail**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

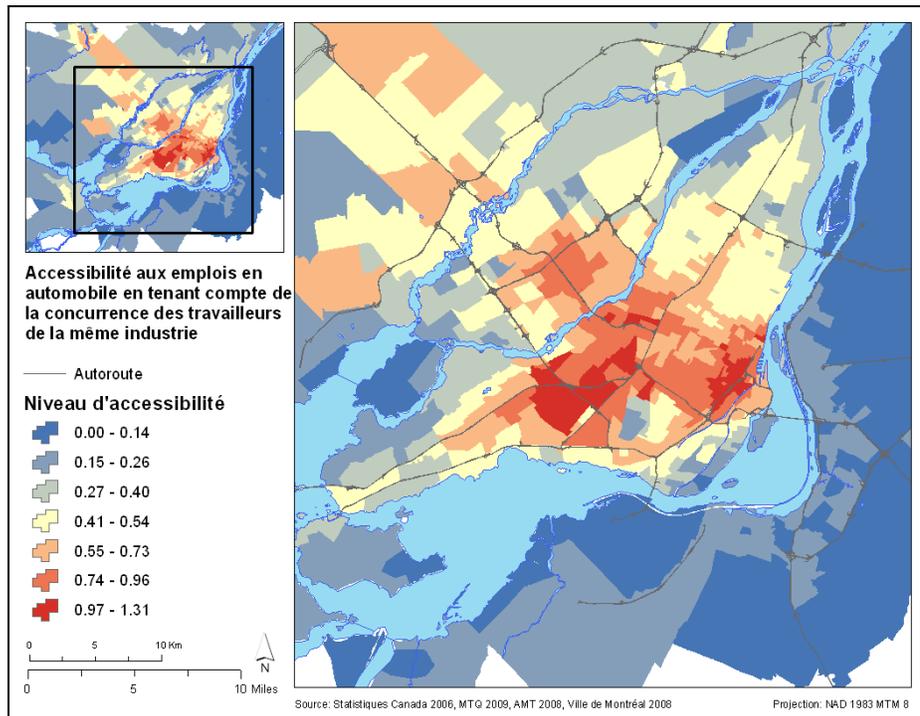


**Figure 41. L'accessibilité concurrentielle au secteur des services professionnels, techniques et scientifiques**

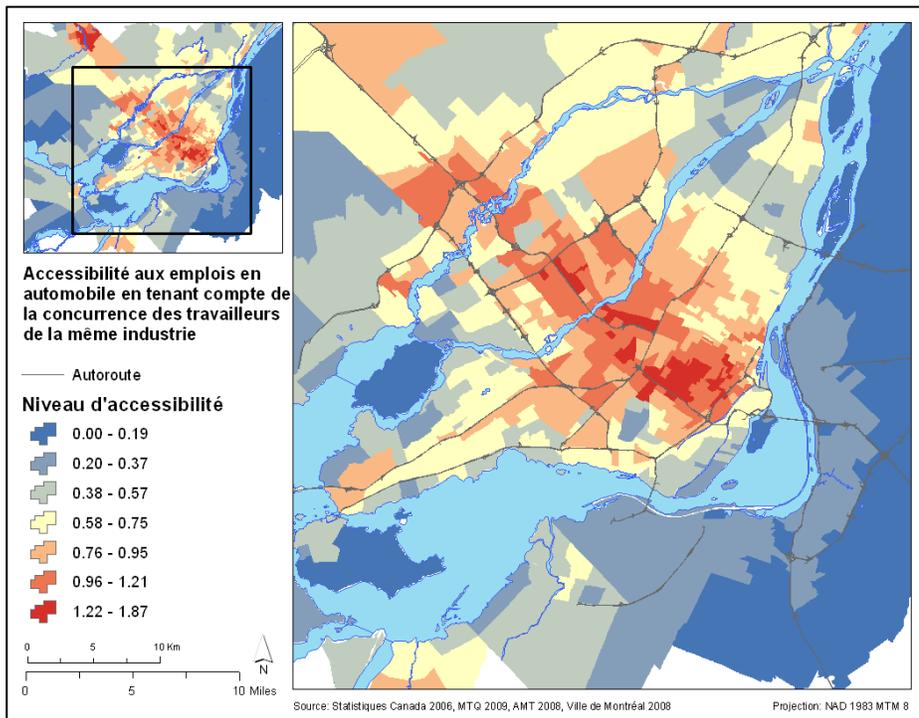


**Figure 42. L'accessibilité concurrentielle au secteur de gestion de sociétés et d'entreprises**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

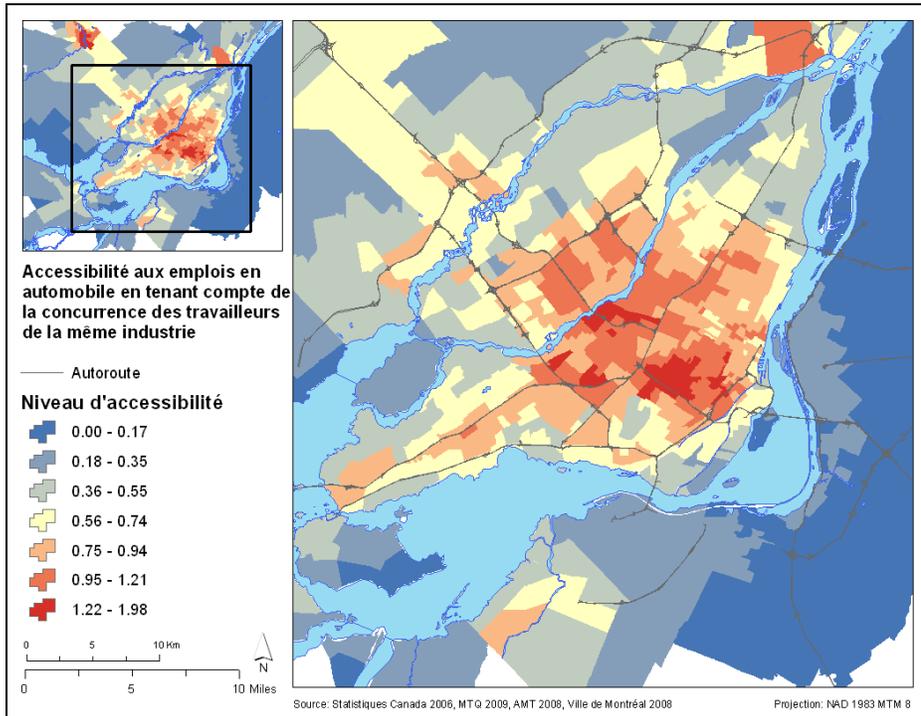


**Figure 43. L'accessibilité concurrentielle au secteur des services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement**



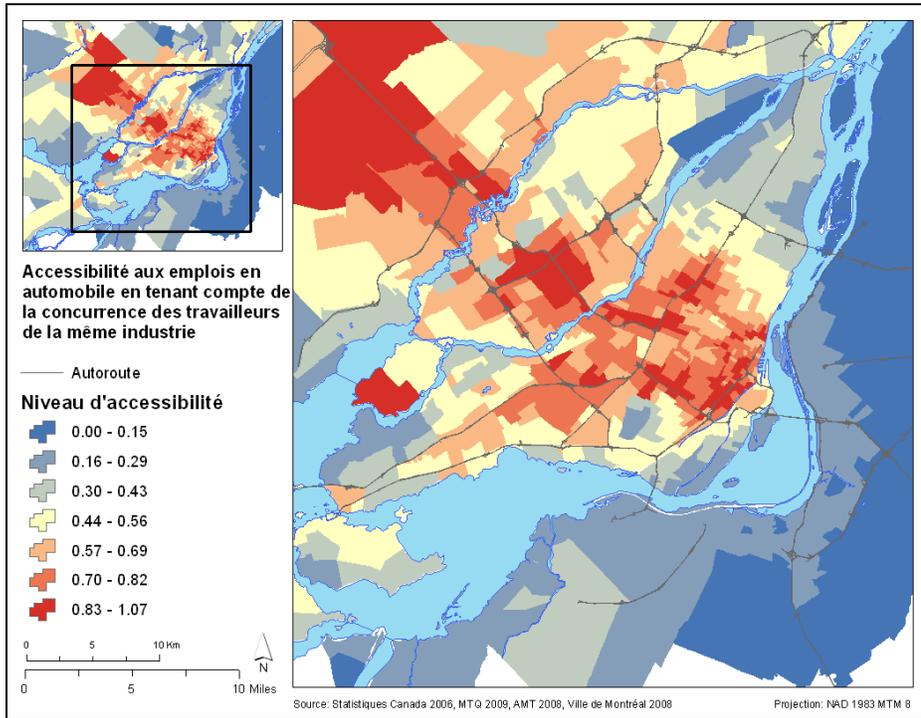
**Figure 44. L'accessibilité concurrentielle au secteur des services d'enseignement**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



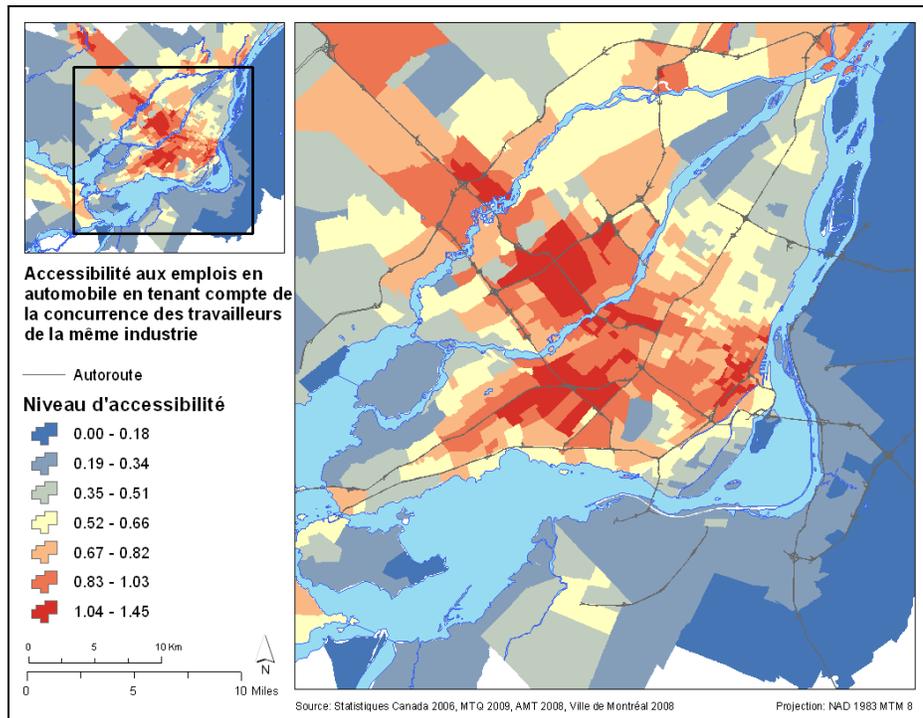
**Figure 45. L'accessibilité concurrentielle au secteur des soins de santé et d'assistance sociale**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

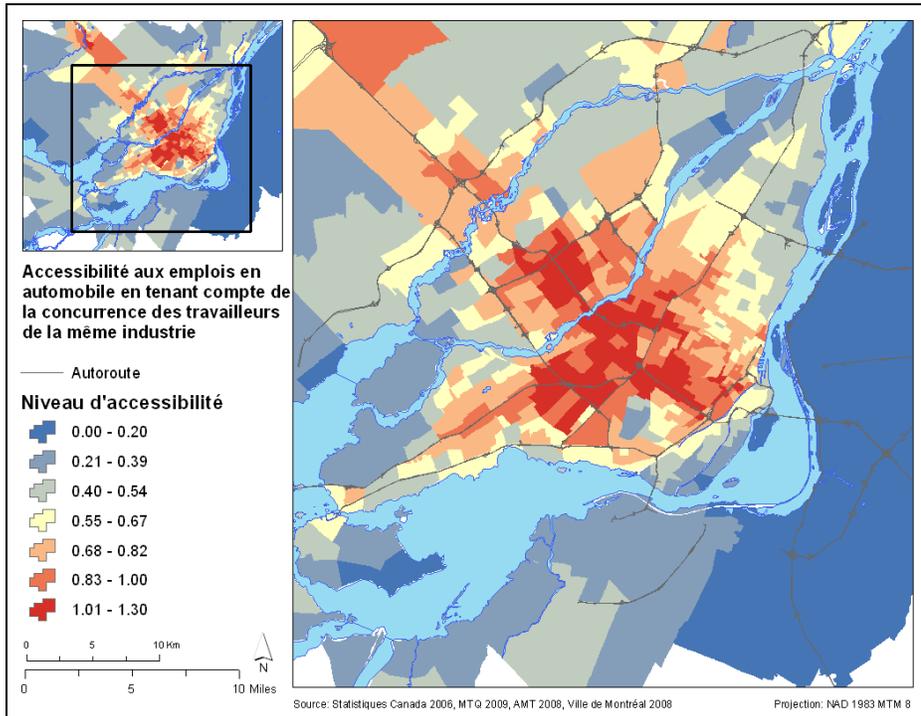


**Figure 46. L'accessibilité concurrentielle au secteur des arts, spectacles et loisirs**

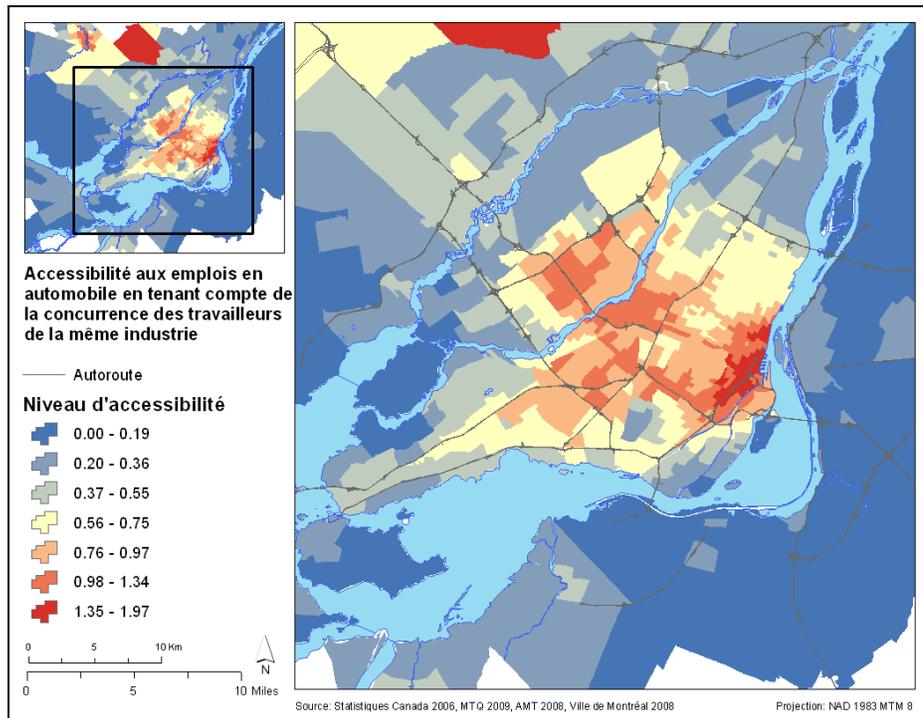
## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



**Figure 47. L'accessibilité concurrentielle au secteur de l'hébergement et services de restauration**



**Figure 48. L'accessibilité concurrentielle au secteur des autres services, sauf les administrations publiques**



**Figure 49. L'accessibilité concurrentielle au secteur des administrations publiques**

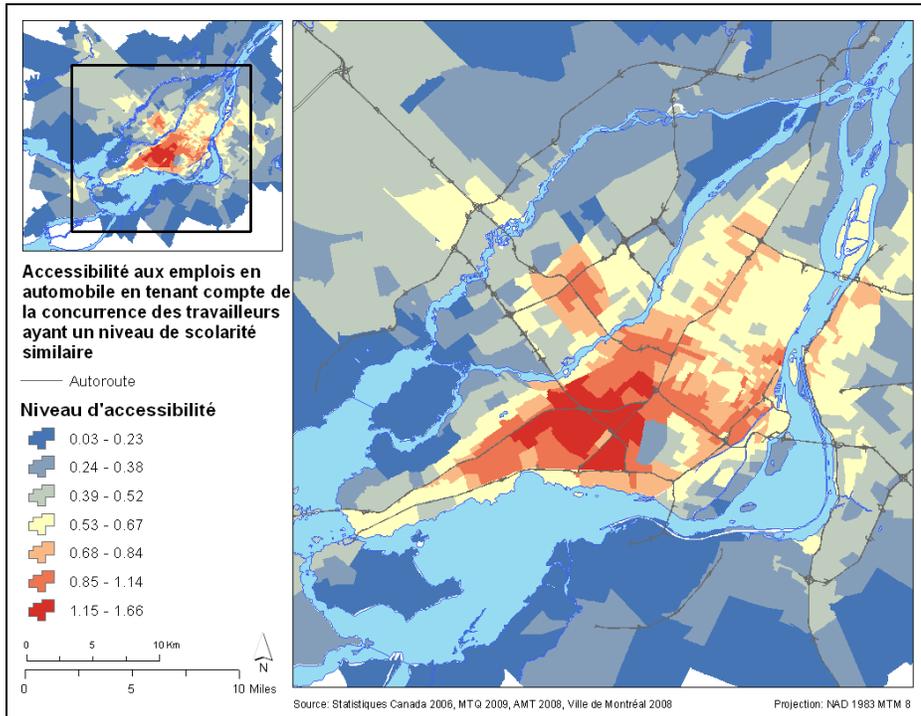
#### **4.1.2 L'accessibilité concurrentielle selon les exigences de formation**

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 leur dernier diplôme obtenu. Le modèle d'accessibilité concurrentielle a été ensuite 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 ensemble 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.

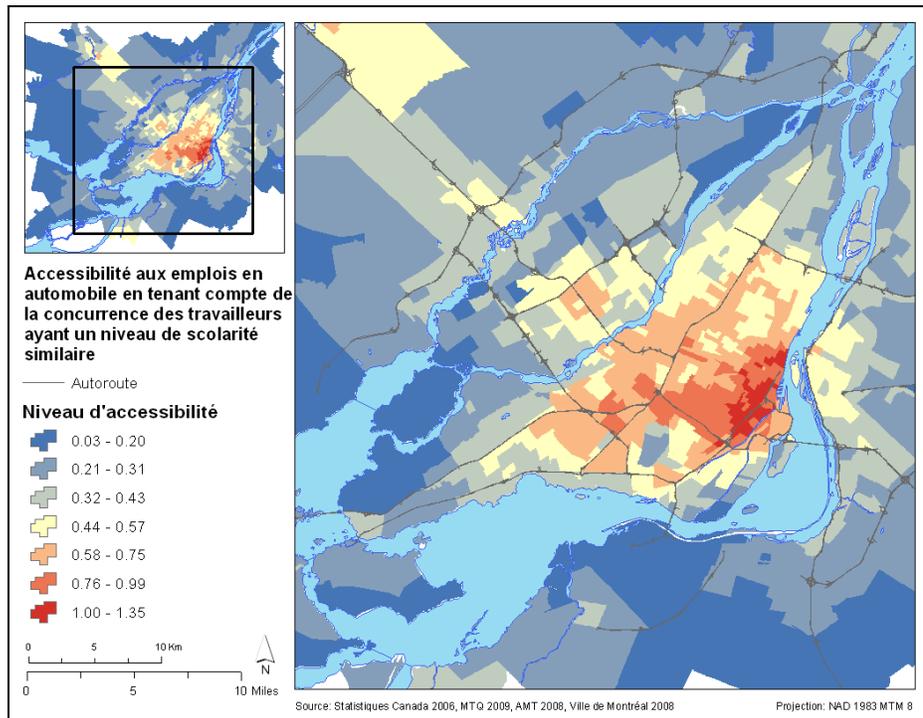
**Tableau 3– Catégories d'emplois selon les exigences en matière d'éducation**

<b>Catégorie</b>	<b>SCIAN</b>	<b>Description</b>
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
Diplôme de cégep	71	Arts, spectacles et loisirs
	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
Diplôme universitaire	81	Autres services, sauf les administrations publiques
	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



**Figure 50. L'accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme d'études secondaires ou moins**

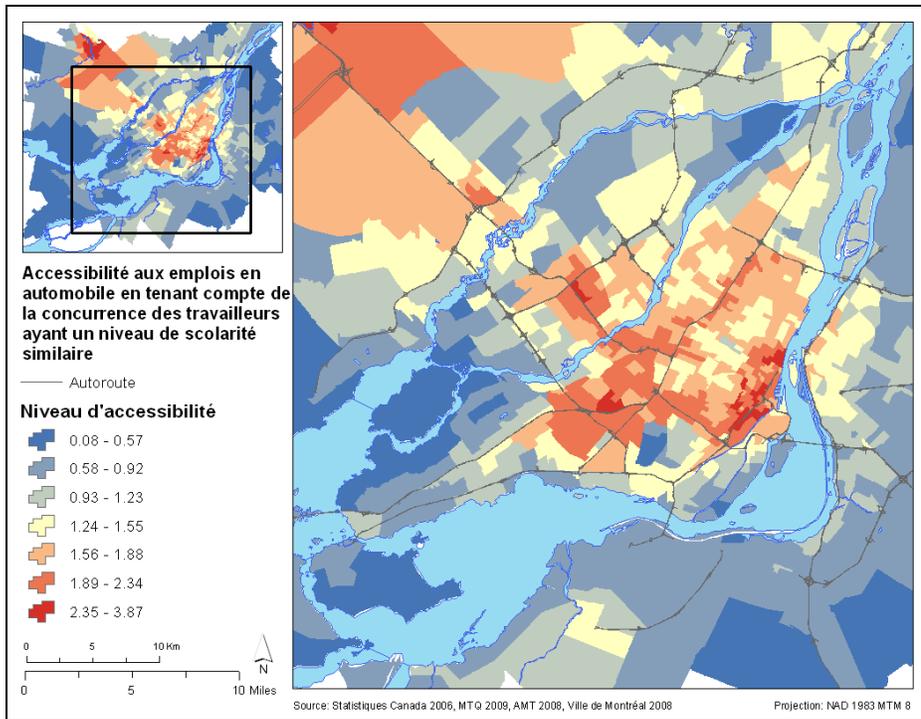


**Figure 51. L'accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme de cégep**

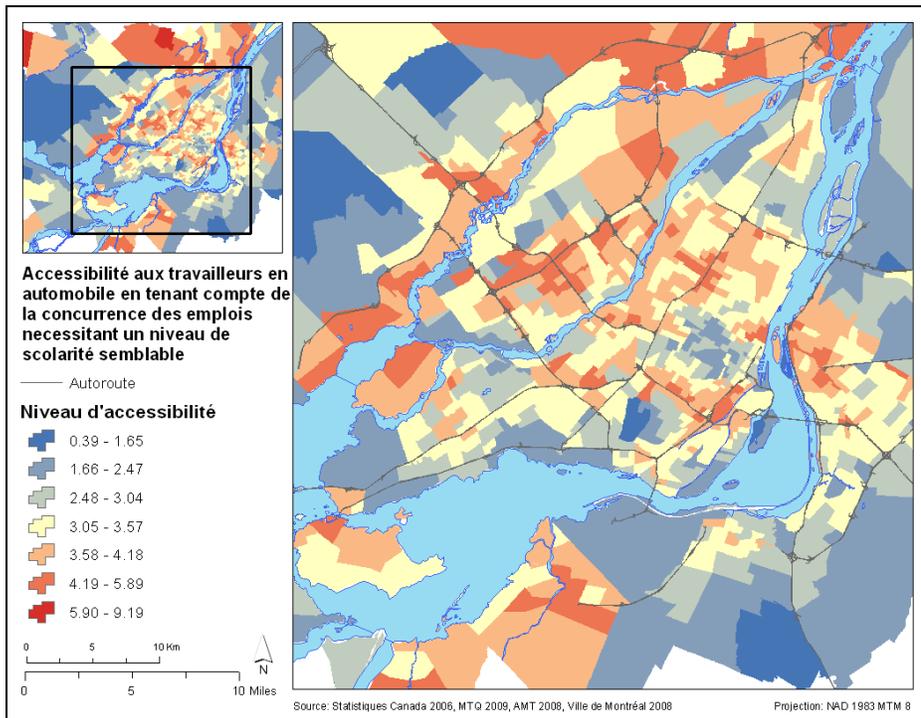
Les niveaux élevés d'accessibilité aux emplois exigeant un diplôme d'études secondaires ou moins sont concentrés dans la partie ouest de Montréal, particulièrement à l'intérieur du pôle d'emploi Ville Saint-Laurent/Dorval (figure 50). Les quartiers avoisinants, ainsi que les deux autres pôles d'emploi (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 puissent 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 de cégep 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

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

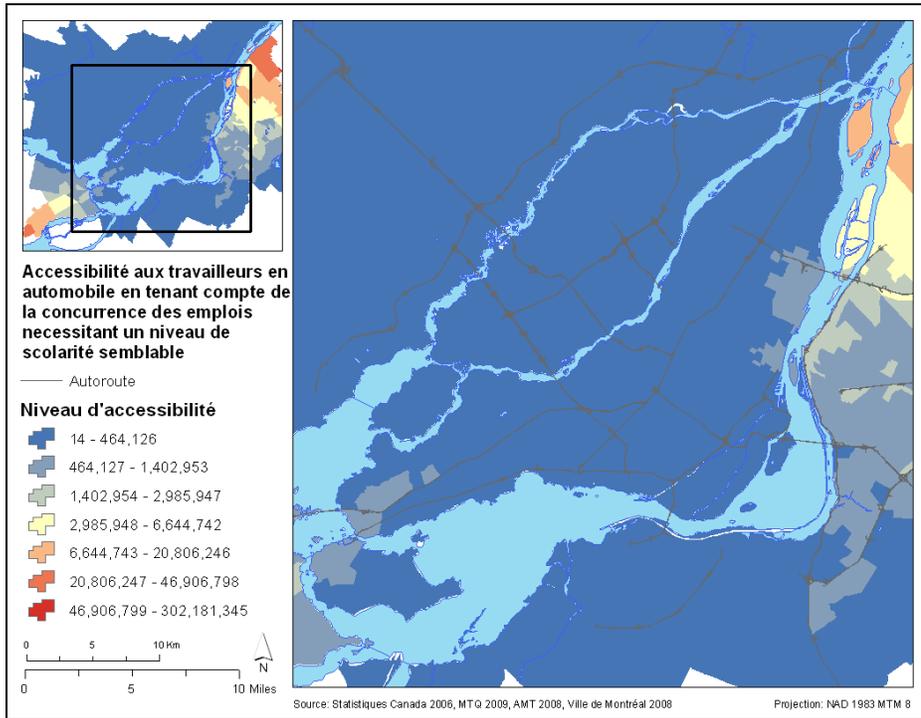
culminants au centre des affaires, à Ville Saint-Laurent, à Laval et dans la région des Laurentides (figure 52).



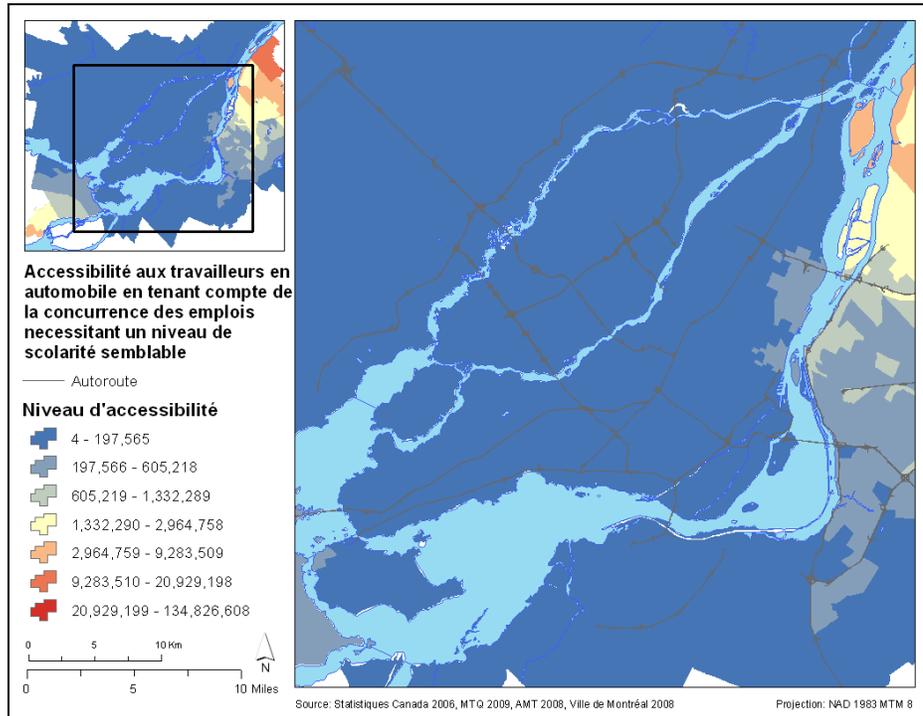
**Figure 52. L'accessibilité concurrentielle aux emplois exigeant un diplôme universitaire**



**Figure 53. L'accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires ou moins**



**Figure 54. L'accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme de cégep**



**Figure 55. L'accessibilité concurrentielle aux travailleurs ayant un diplôme universitaire**

Les résultats relatifs à l'accessibilité concurrentielle aux travailleurs prennent en compte 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 on trouve beaucoup d'emplois et peu de travailleurs, l'accessibilité sera peu élevée. La figure 53 montre les résultats en ce qui concerne l'accessibilité concurrentielle aux travailleurs qui détiennent un diplôme d'études secondaires ou moins : on trouve des niveaux moyens à élevés d'accessibilité concurrentielle répartis 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.

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

### **4.1.3 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, pêche et 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 afin de gagner 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'emploi, particulièrement dans les zones situées le long de l'autoroute 15 et à proximité du pont Jacques-Cartier. La proximité de Longueuil au centre-ville de Montréal est ici à souligner. La ville de Longueuil se classe première en matière d'accessibilité concurrentielle aux travailleurs qui détiennent 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'emploi Ville Saint-Laurent / Dorval) a une accessibilité concurrentielle élevée aux emplois dans les secteurs de la fabrication, du commerce de gros et de détail, de transport et entreposage. Cela est dû, en partie, à une forte concentration d'emplois du secteur industriel dans cette zone et à son emplacement stratégique près des autres pôles d'emplois (centre des affaires et Laval) ainsi qu'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 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 qui se trouvent 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 du fait que ce sont des secteurs résidentiels sans forte concentration d'emplois. 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 prend en compte 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. Les résultats 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 simplifier la comparaison entre les mesures.

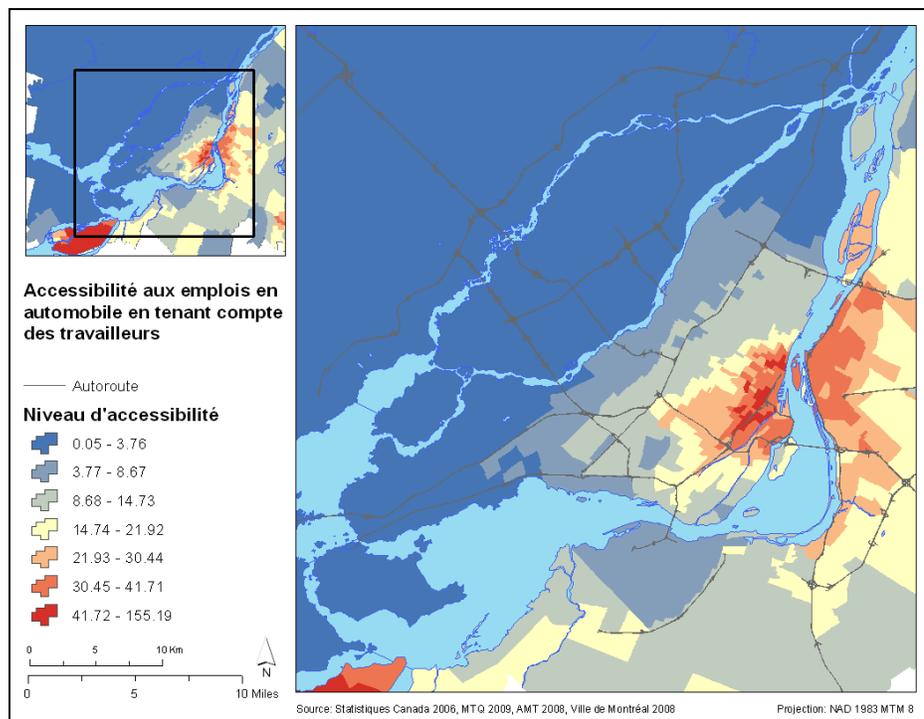
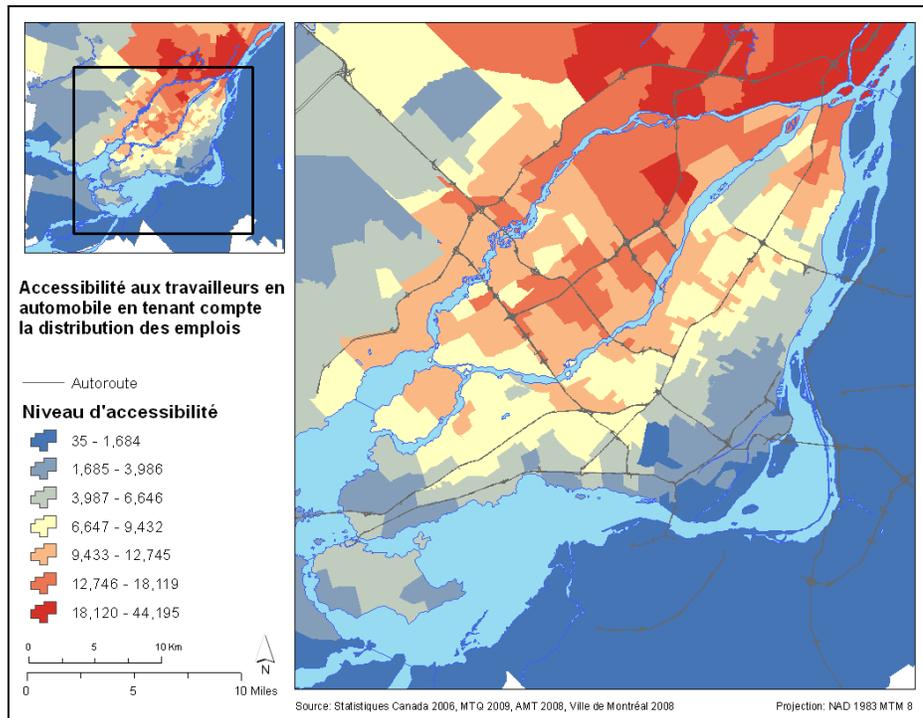


Figure 56. L'accessibilité équilibrée à tous les emplois



**Figure 57. L'accessibilité équilibrée à tous les travailleurs**

L'accessibilité équilibrée aux emplois et aux travailleurs présente une distribution spatiale 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 zones qui suivent pour leurs 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 révèlent pour la première fois l'accessibilité élevée aux emplois de Longueuil. En effet, Longueuil est situé juste en face du centre des affaires et dispose d'un grand pôle d'emploi. Valleyfield bénéficie aussi d'une concentration élevée d'emplois et est situé 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'emploi ou pour un développement mixte.

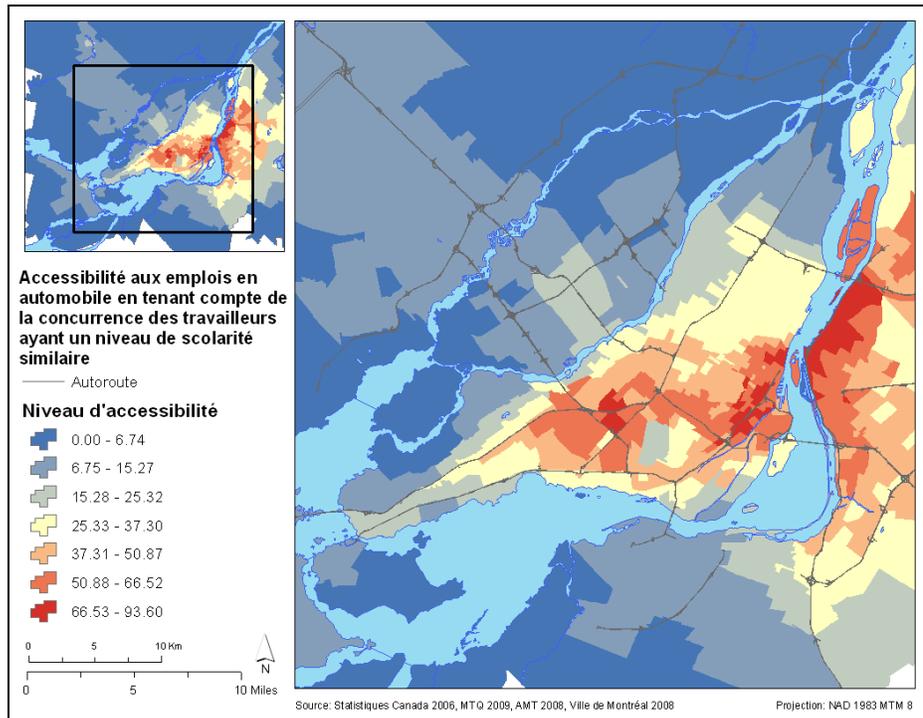
Étant donné que chaque calcul explique l'autre et est équilibré à l'aide du procédé itératif, chaque facteur d'équilibre inverse contient l'autre facteur. Par exemple, comme le premier facteur (l'accessibilité aux emplois) explique la concurrence entre les travailleurs, il n'est pas nécessaire d'utiliser 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 de cégep ou un diplôme universitaire ainsi que tous les emplois correspondant à ces catégories (voir 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'emploi : 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 qu'on s'éloigne de l'île de Montréal.

Les deux figures suivantes représentent le résultat opposé : l'accessibilité équilibrée aux travailleurs tel qu'exprimé 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 qu'on se déplace vers le nord, et elle est très peu élevée à Laval et sur la Rive Nord.

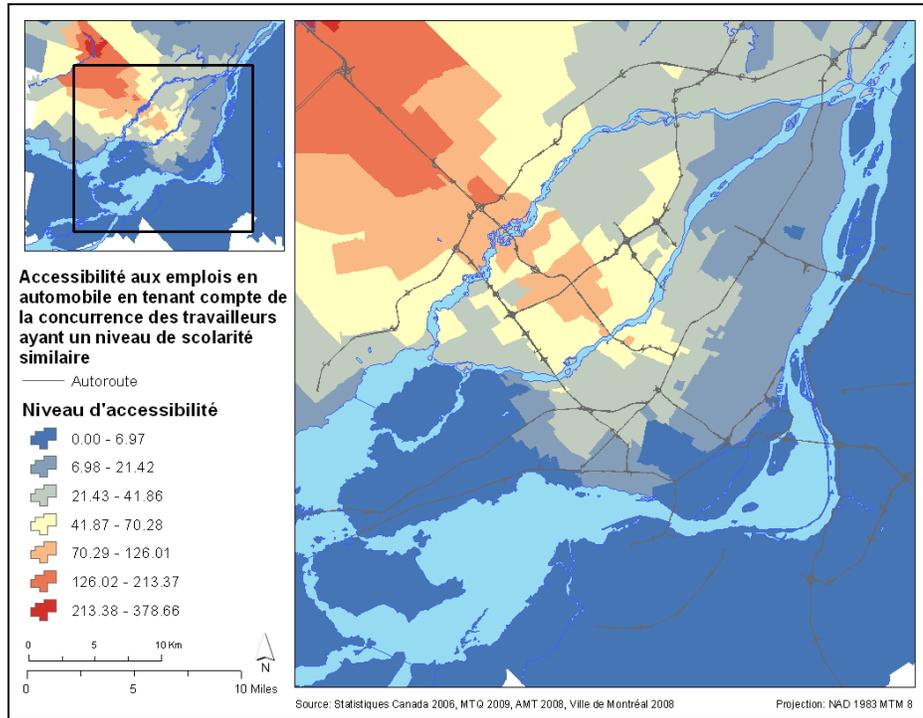
Il est important de souligner que les résultats du modèle concurrentiel sont identiques aux résultats issus de la première itération des facteurs d'équilibre inverses. Il est normal que les tendances observées lors de la première itération deviennent plus précises au fur et à mesure que le modèle atteint l'équilibre. On peut en conclure donc, 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.



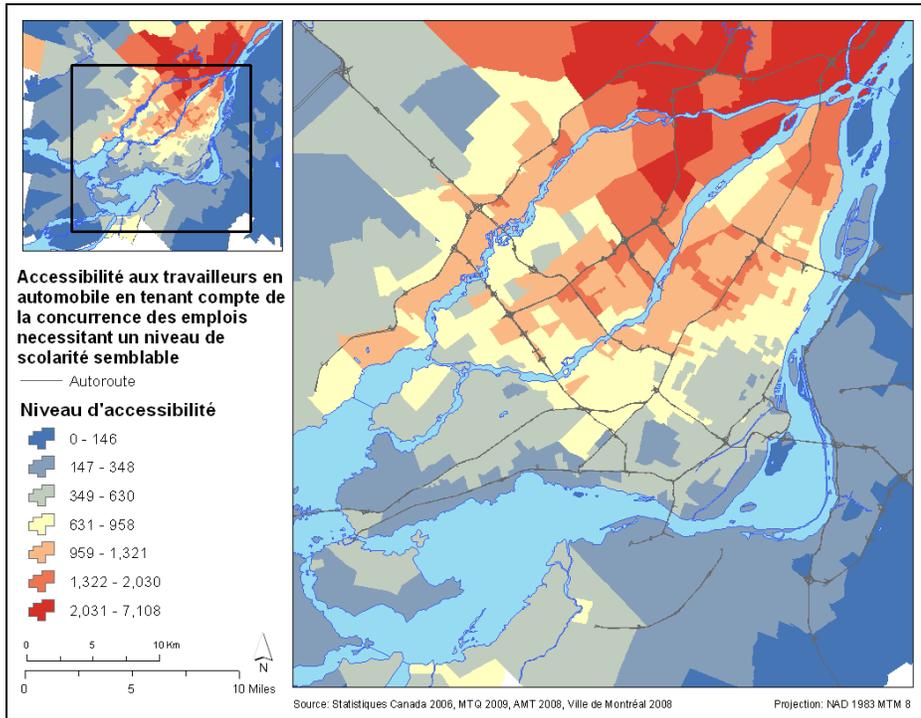
**Figure 58. L'accessibilité équilibrée aux emplois exigeant un niveau d'éducation secondaire ou moins**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

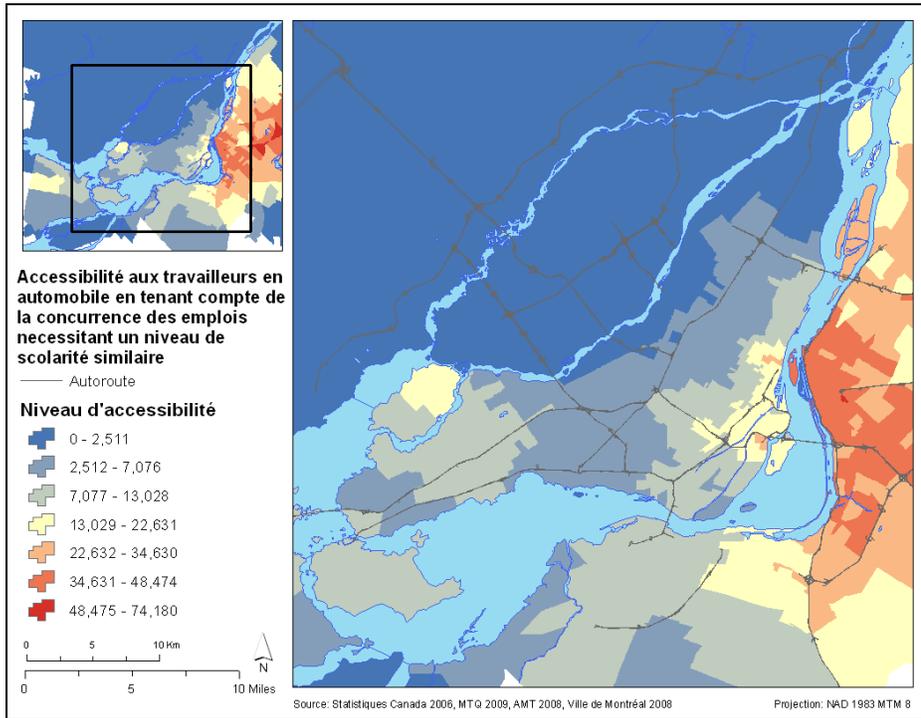


**Figure 59. L'accessibilité équilibrée aux emplois exigeant une éducation postsecondaire**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



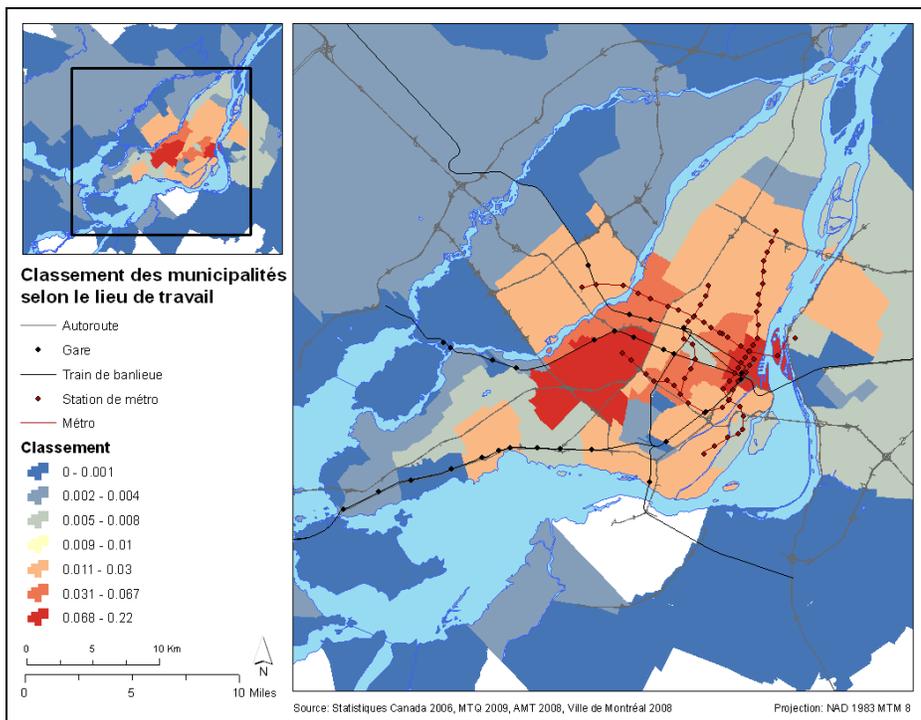
**Figure 60. L'accessibilité équilibrée aux travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires**



**Figure 61. L'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 qui partent d'un secteur de recensement et dont la destination est un autre secteur de recensement. Les données ont été regroupées au niveau municipal et au niveau des arrondissements. Les villes de Montréal, Laval et 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. Le 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 opportunités, 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 opportunités

potentielles, le classement local ne mesure pas l'accessibilité de façon conventionnelle 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'opportunités, 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'emploi Ville Saint-Laurent/Dorval. Les autres pôles d'emploi, tels que Laval, Longueuil et Anjou, affichent aussi un classement élevé. 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.

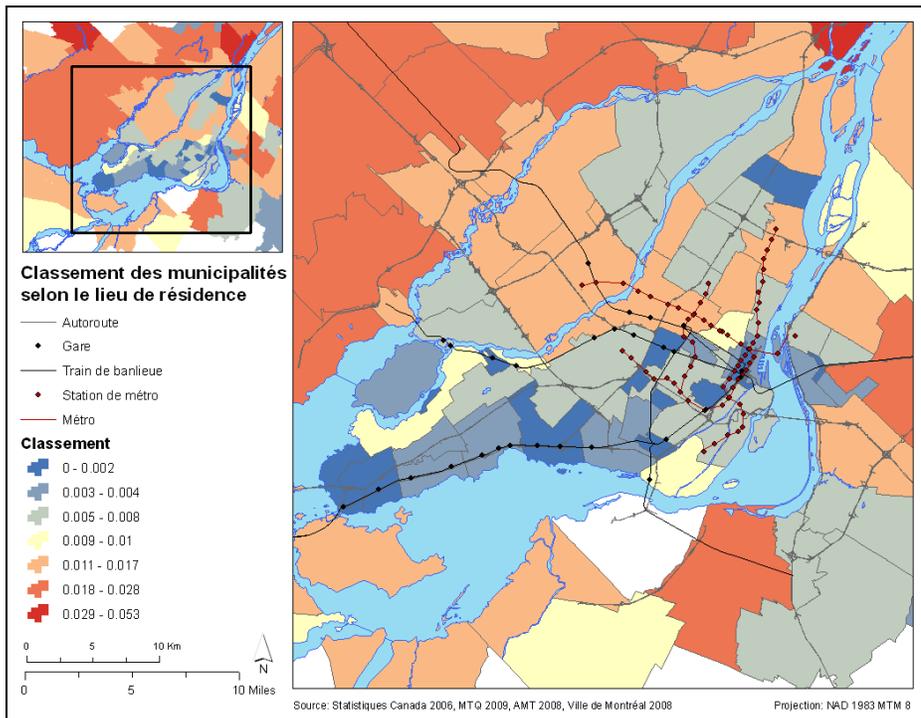


Figure 63. Le classement des emplacements résidentiels

La figure 63 montre la même mesure de classement local appliquée aux emplacements résidentiels. Il indique 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, Villeray, Rosemont, Ahuntsic et Cartierville, se trouvent en bas de classement. La plupart de ces zones se classent de moyen à haut 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

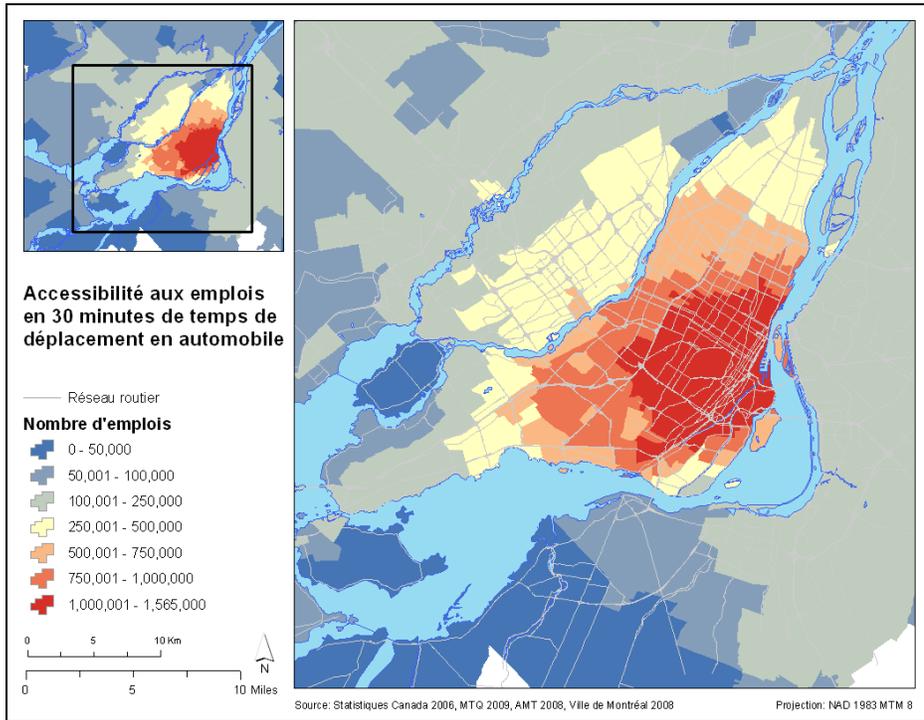
### 5.1 Les indicateurs de changement

L'accessibilité peut être utile pour évaluer les effets des plans d'aménagement et prioriser les projets. 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 présents. Pour y parvenir, on doit modéliser les conditions de déplacements dans le futur, en incluant les projets de transport proposés, et on doit créer une nouvelle matrice des temps de déplacement. Cela peut s'appliquer à tout projet qui affectera considérablement 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 comprennent le nouveau prolongement de l'autoroute 25 et le pont vers Laval. On prévoit imposer un péage sur ce pont; afin de le simuler une impédance de 6 minutes s'applique 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 affectés 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 à 30 minutes de trajet.

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



**Figure 64. Nombre d'emplois à 30 minutes en voiture présentement**

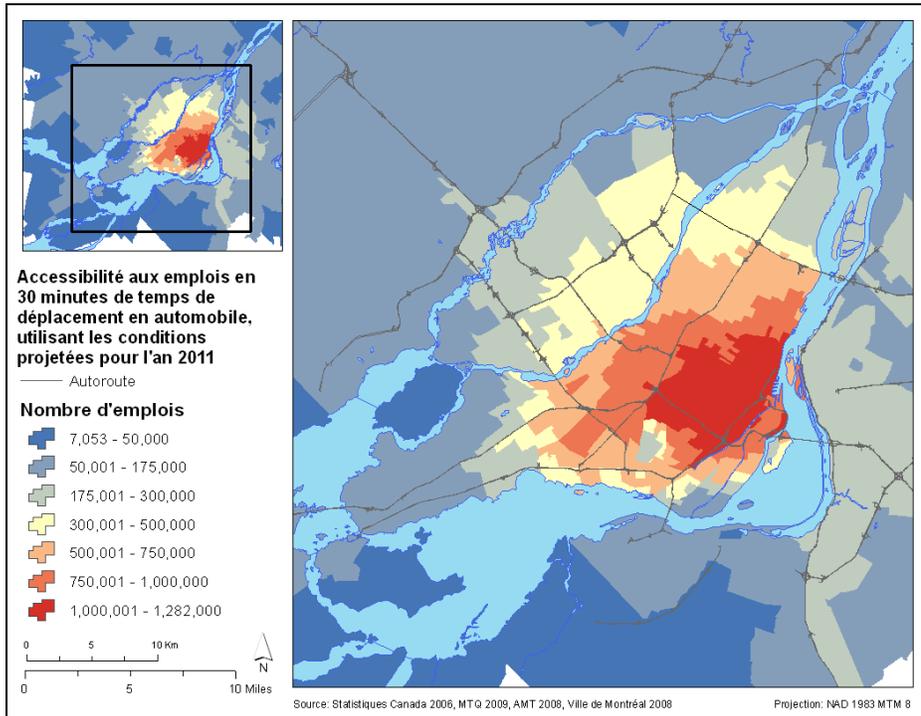
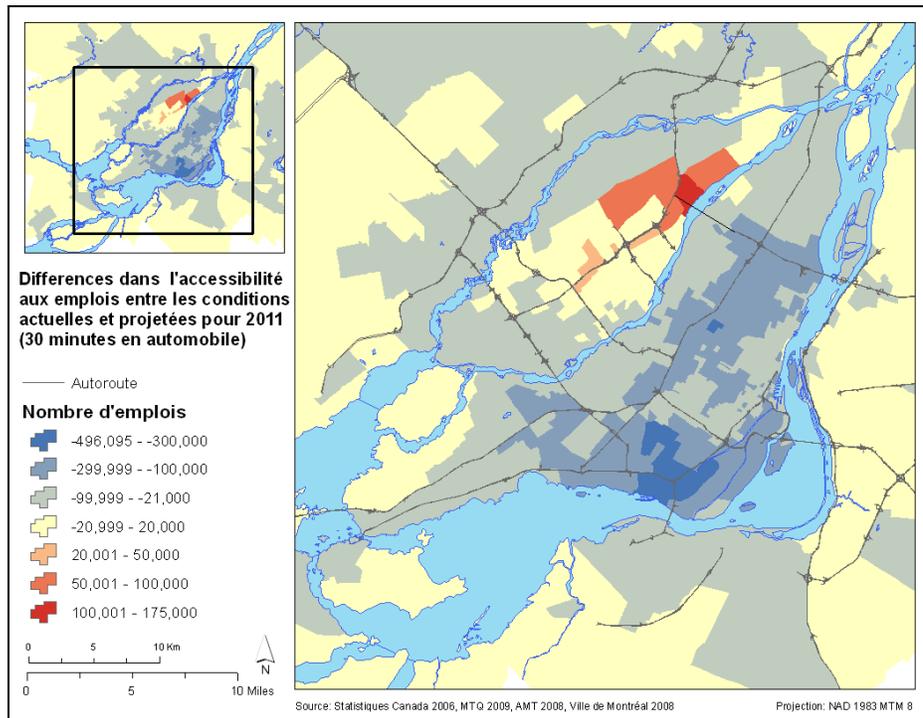


Figure 65. Nombre d'emplois à 30 minutes en voiture en 2011



**Figure 66. Le changement du nombre d'emplois à 30 minutes en voiture entre 2003 et 2011**

Plutôt que de comparer visuellement 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 opportunités 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 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 mis en place. Une grande partie de Montréal connaîtra une diminution d'accessibilité aux emplois, variant entre 20 000 et 100 000 emplois perdus, alors que les banlieues avoisinantes demeureront stables, et risqueront de gagner ou perdre l'accès à 20 000 emplois. Au centre de l'île de Montréal, les quartiers entre Anjou et Dorval constateront une diminution de l'accessibilité aux emplois encore plus

accrue, 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 : premièrement, une diminution possible de l'accessibilité aux emplois en voiture. Cela ouvre la voie à des projets et politiques qui pourraient compenser pour cette situation en augmentant l'accessibilité globale et en proposant des alternatives à la voiture individuelle, comme des politiques encourageant le covoiturage, de nouvelles infrastructures de transport collectif rapide ou une capacité accrue dans les transports collectifs actuels.

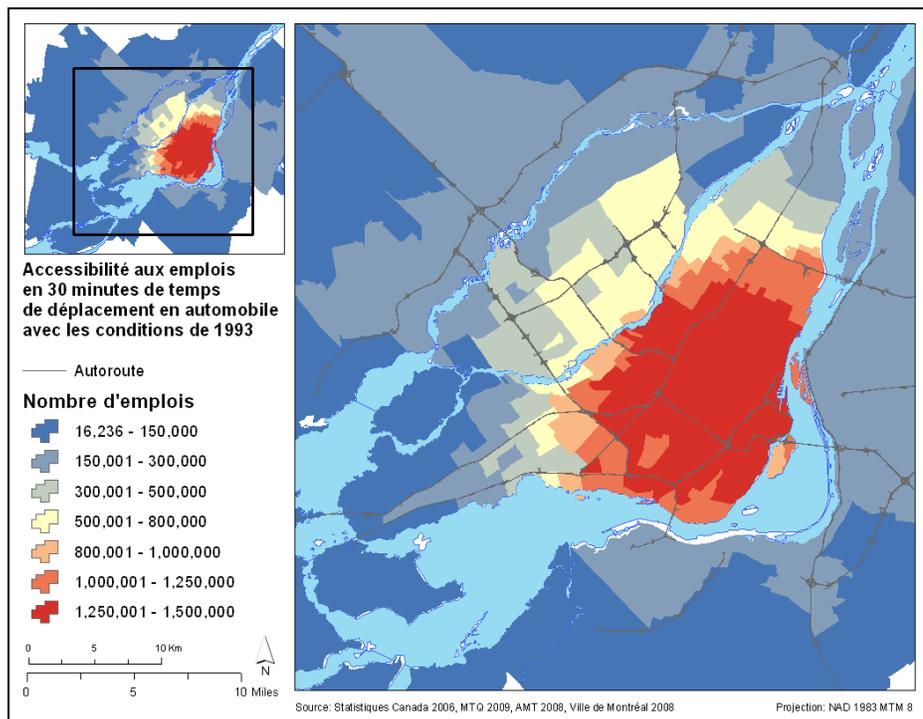
La deuxième tendance qui apparaît dans ces cartes est la croissance des niveaux d'accessibilité que l'on peut attribuer au nouveau pont et au prolongement de l'autoroute à Laval. Comme nous le verrons plus loin, cette situation va influencer les prix des maisons et des terrains dans cette zone et stimuler le développement. Cela devrait aussi influencer 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 à elle seule le comportement de déplacement. C'est précisément pour cette raison que ce type de projet, qui entraînera de nouveaux développements résidentiels et commerciaux, 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 comparer les deux afin d'identifier 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 identifier les projets et les politiques passés qui ont contribué à l'augmentation d'accessibilité, ou 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 affichée dans 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 de temps, 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.

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

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 fournies par le recensement de 2006 (voir les figures 7 et 11 dans le 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 fournies par le recensement de 2001. Les figures 67 et 68 montrent l'accessibilité isochrone aux emplois et aux travailleurs en se basant sur les conditions de transport de 1993.



**Figure 67. Nombre d'emplois à 30 minutes en voiture en 1993**

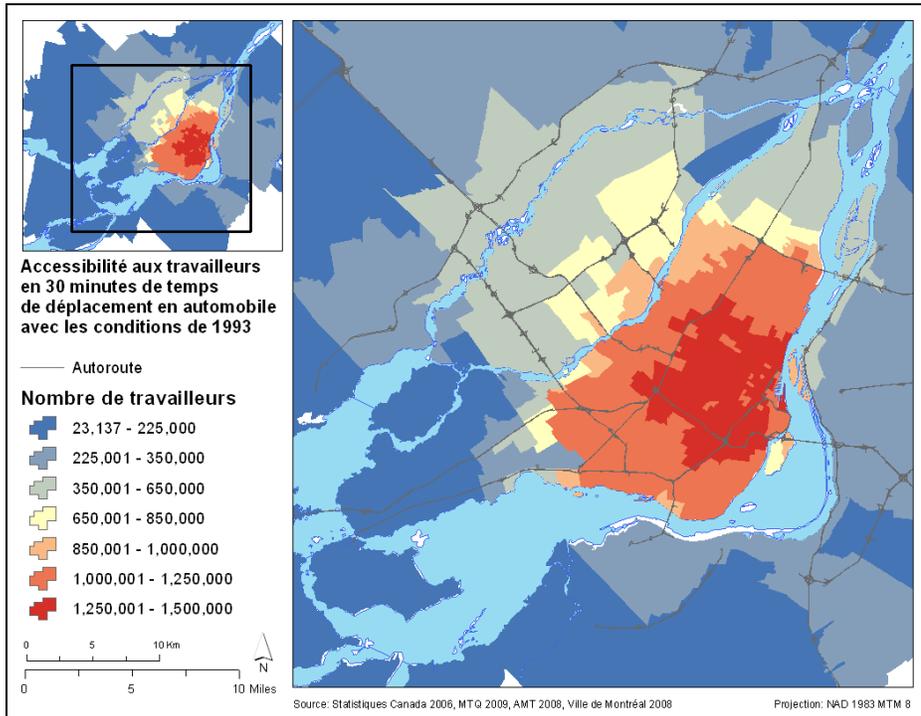
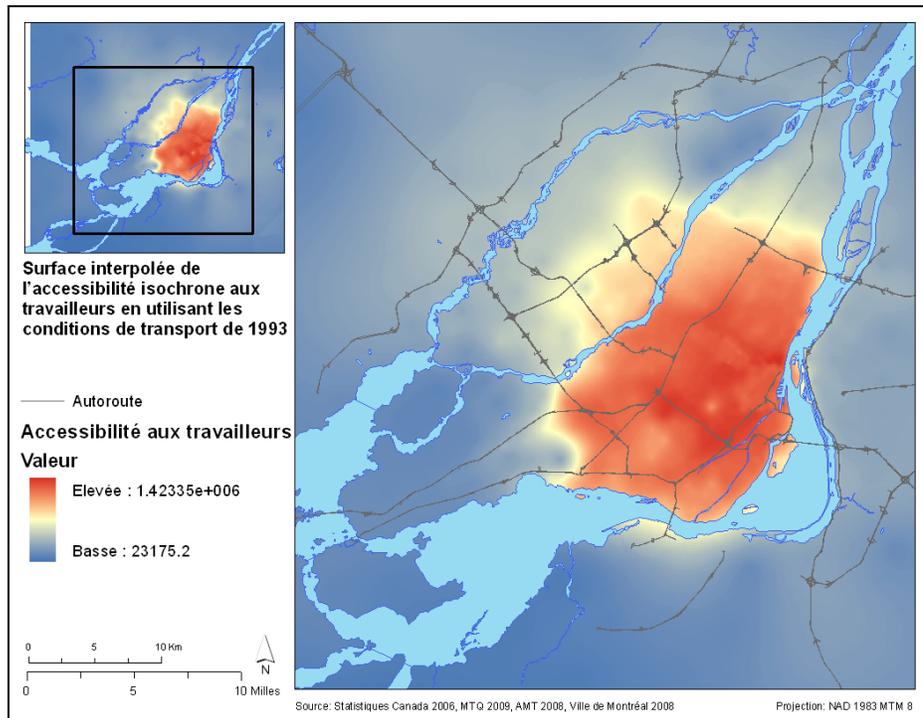


Figure 68. Nombre de travailleurs à 30 minutes en voiture en 1993

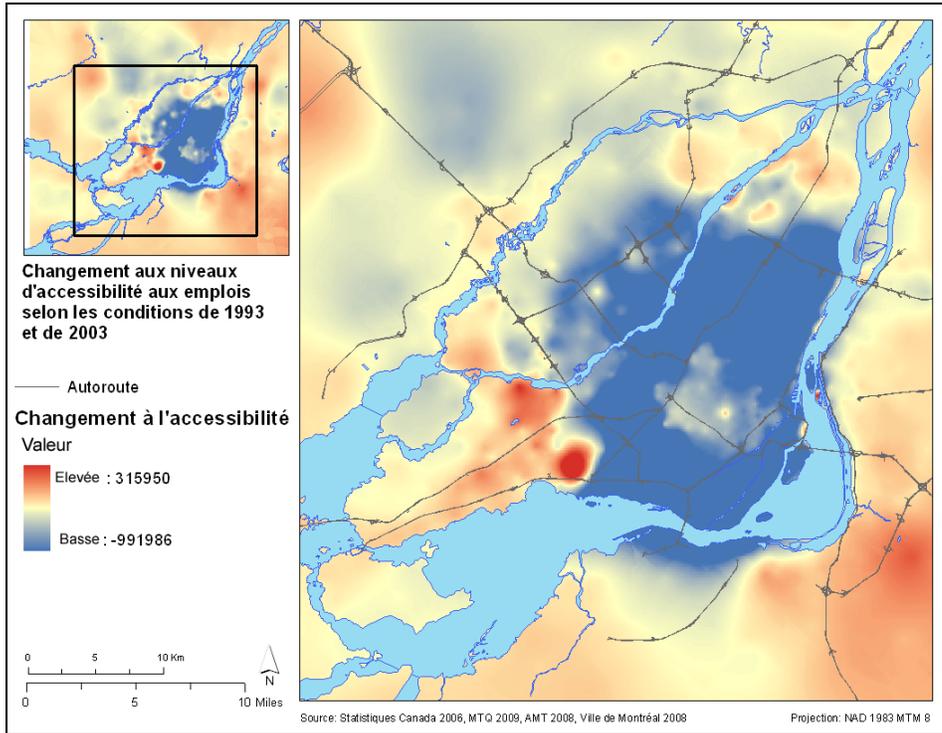


**Figure 69. Surface interpolée de l'accessibilité isochrone aux travailleurs en 1993**

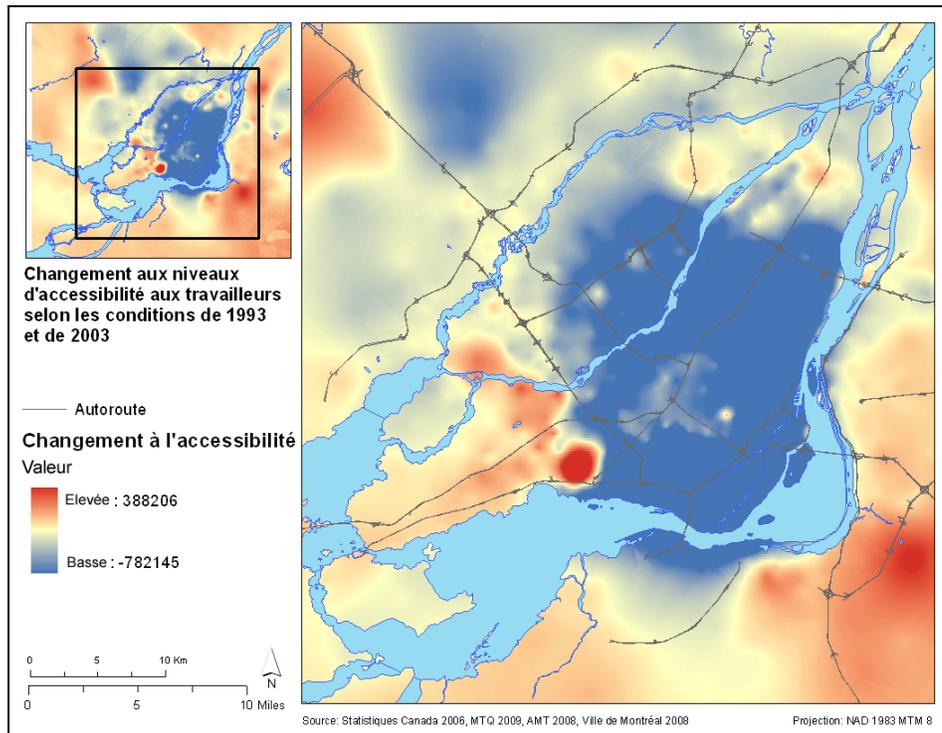
De nombreuses limites de ZAT ont changé entre 1993 et 2003, donc on ne pouvait pas créer une simple carte montrant l'évolution par ZAT. Nous avons plutôt interpolé, avec les méthodes de Krigage dans ArcGIS, deux surfaces à partir des résultats de la mesure d'accessibilité isochrone aux emplois et aux 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. Les changements de l'accessibilité isochrone aux emplois au cours des années**



**Figure 71. Les 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 l'accessibilité isochrone aux emplois. 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 en accessibilité ont été rendus possibles grâce à d'importantes améliorations du transport, dont ont bénéficié les travailleurs et les employeurs, 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 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.

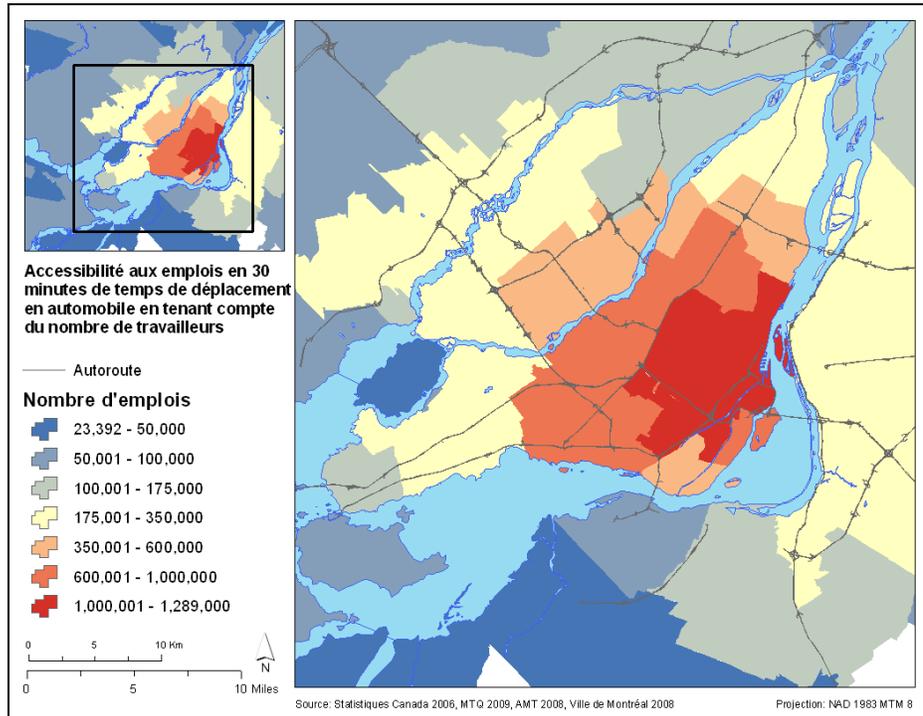
### 5.3 L'accessibilité normalisée par arrondissement

Un troisième type d'indicateur qui est simple, éloquent et tient compte de la concurrence entre les travailleurs se nomme l'accessibilité normalisée. Dans le cadre de cette recherche, l'accessibilité est mesurée au niveau des ZAT, le grain le plus fin qu'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  $i$ ,  $O_j$  représente les opportunités dans la zone  $j$ ,  $B_j$  est une valeur binaire égale à 1 si la zone  $j$  se trouve à l'intérieur du seuil prédéterminé et sinon elle est égale à 0,  $D_j$  sont les travailleurs dans la zone  $j$  et  $D_i$  sont les travailleurs dans la zone  $i$ .

Les résultats de l'accessibilité normalisée présentent une distribution spatiale 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 compte 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. L'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. Hors 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 l'accessibilité n'est pas distribuée de façon 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'emploi, à la présence des quartiers centraux densément peuplés et à un réseau routier efficace. L'accessibilité aux travailleurs est beaucoup plus répandue à travers l'île que l'accessibilité aux emplois, ce qui pourrait indiquer des opportunités pour les entreprises dans le nord de l'île de Montréal. Il serait intéressant de produire ce type de carte pour une analyse d'équité sociale, telle que l'accessibilité aux hôpitaux ou aux écoles, ou même pour comparer l'accessibilité au réseau du transport collectif (au lieu de comparer l'accessibilité en transport collectif).

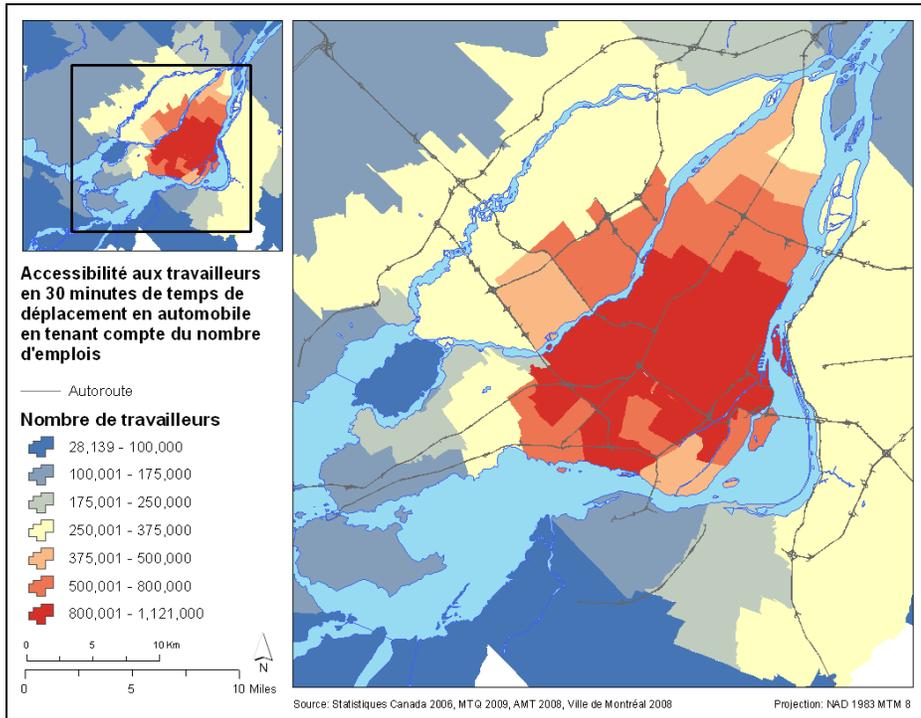


Figure 73. L'accessibilité normalisée aux travailleurs



## 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 généré trois mesures représentant les comportements de déplacements 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 résidents 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. La distance totale parcourue par les résidents d'un ménage 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. Lorsqu'on compare les polygones, on s'aperçoit qu'une petite aire n'indique pas nécessairement des comportements de déplacements localisés. La figure 74 montre une comparaison de polygones selon les mesures générées. Les polygones A-1 et A-2 ont la même aire mais correspondent à deux différents comportements de déplacement : A-1 a plus de déplacements à proximité du point d'origine, alors que A-2 affiche un déplacement très long, mais qui va dans une direction seulement. Une mesure de concentration (*compactness*) est utilisée pour différencier ces deux types de comportements de déplacements (Selkirk, 1982). La mesure de concentration se définit comme suit:

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

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

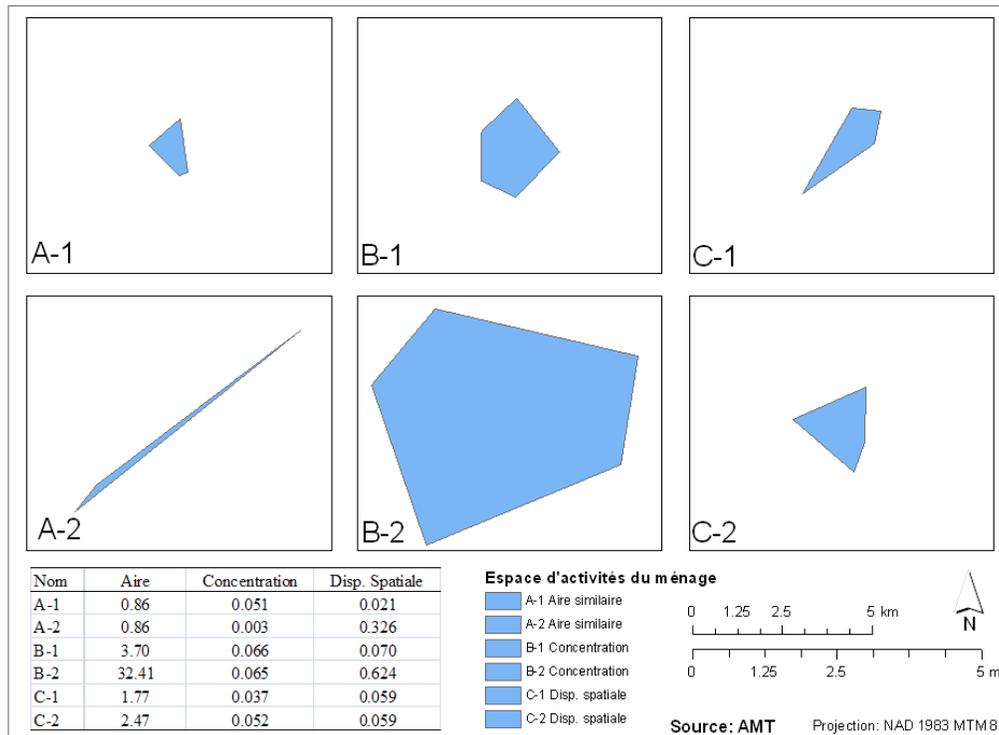
Cette mesure crée un ratio entre l'aire du polygone et la distance totale parcourue. On différencie de cette façon les ménages qui ont des aires similaires, mais des distances parcourues différentes. Par contre, comme on peut voir d'après les polygones B-1 et B-2, cette mesure ne fait pas de différence entre un ménage où on observe des activités localisées et celui où 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 qu'elle prenne en compte la dispersion spatiale. La mesure de dispersion spatiale repose en grande partie sur les ratios entre les aires et

sur la concentration et elle crée un pont entre les mesures mentionnées ci-haut.

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

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

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



**Figure 74. Les 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 on

totalise le nombre d'opportunités qui se trouvent à l'intérieur de ses limites. Cependant, il est difficile de recueillir les données sur la disponibilité des opportunités à une échelle si petite et des problèmes liés à l'échelle et à la concentration pourraient être rencontrés.

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 et donc, elle ne représente pas l'accessibilité dans le sens traditionnel qui implique le potentiel d'interaction. Cette mesure 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 va probablement habiter dans une zone où on trouve des hauts niveaux d'accessibilité régionale, si on exclut l'influence que pourraient avoir ses autres caractéristiques sociodémographiques. La distribution spatiale de cette mesure à l'échelle régionale pourrait être utilisée afin de cibler les besoins en aménagement ou d'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.

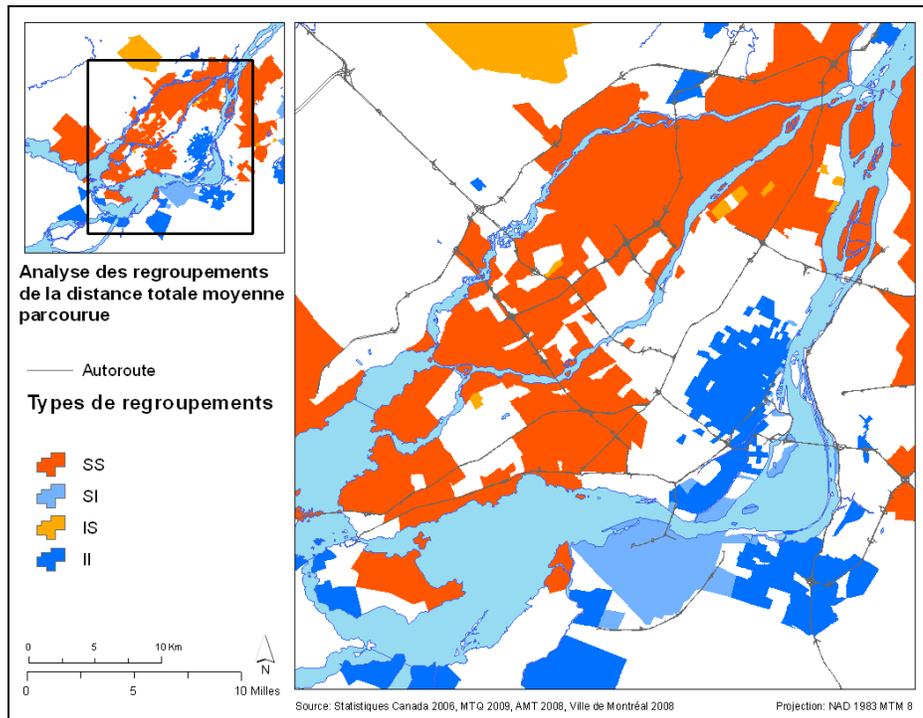
### **6.2 Les données et les hypothèses**

Nous avons utilisé les données issues de l'enquête Origine-Destination de l'AMT (Agence métropolitaine de transport, 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 au niveau du ménage afin d'étudier le comportement de déplacement des ménages. Un échantillon de 22 930 ménages, qui avaient chacun au moins trois déplacements, a été utilisé pour générer 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 générer le plus petit polygone possible pour chaque ménage. Ce polygone correspond à l'espace d'activités réel du ménage.

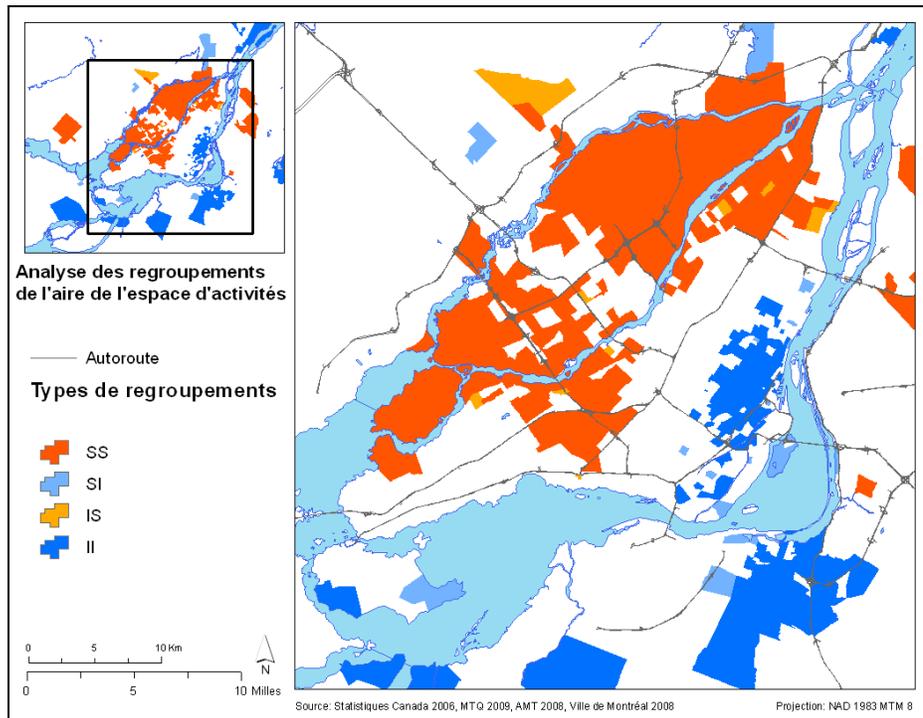
### **6.3 L'analyse des regroupements des mesures de l'espace d'activités**

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 identifier où sont regroupées les valeurs inférieures et les valeurs supérieures. Nous avons aussi identifié 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 qu'elles représentent les caractéristiques basées sur la localisation plutôt que le comportement de déplacement individuel. Les 22 930 ménages ont été regroupés selon la ZAT auquel ils appartiennent 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 opportunités 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, certaines régions de la Rive Sud révèlent des regroupements de valeurs inférieures dans les 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 en termes d'opportunités de travail, d'études, de magasinage, etc. Une zone où on trouve des valeurs supérieures entourées de valeurs inférieures est située près du pont Mercier.



**Figure 75. Les regroupements de la distance totale parcourue**



**Figure 76. Les 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 généralement 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.

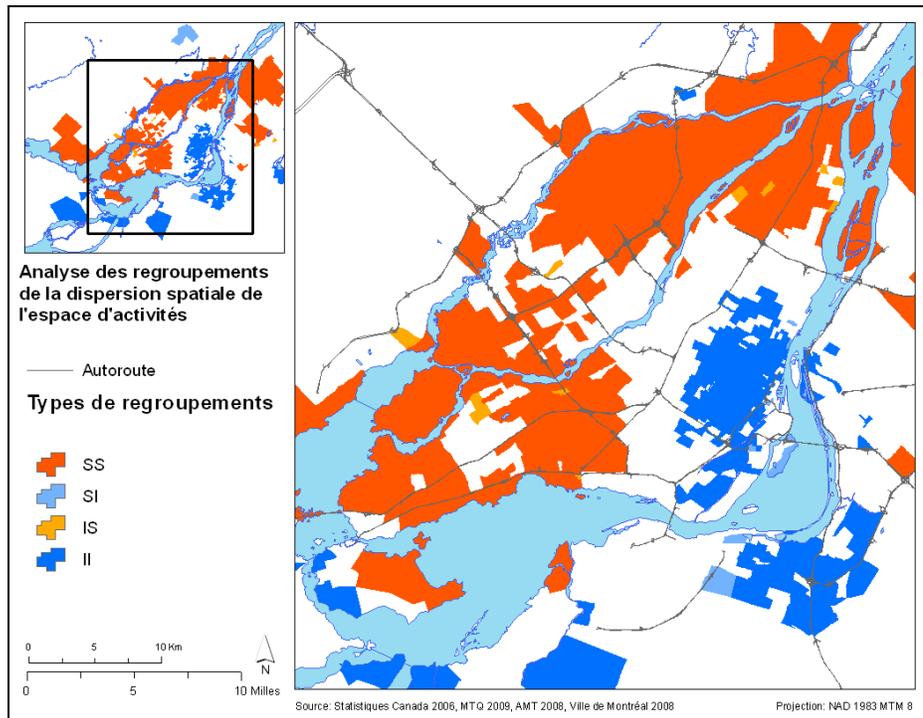


Figure 77. Les regroupements de la dispersion spatiale

#### 6.4 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 résidents 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.

Tableau 4 - Nom des variables et statistiques sommaires

Variable	Description	Moyenne	STD.
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 résidents du ménage	46413.02	40153.22
Véhicules	Le nombre de véhicules dont le ménage dispose	1.31	0.88
Nombre pers.	Le nombre de personnes dans le ménage	2.44	1.15
Age moyen	L'âge moyen des résidents du ménage	38.49	14.79
Revenu inférieur à 60 000	Une variable nominale si le revenu du ménage est inférieur à 60 000	0.62	0.48
Nom. de permis de conduire	Nombre de personnes qui détiennent un permis de conduire dans le ménage	1.66	0.82
Tous les déplacements	Le nombre total de déplacements effectués ce jour par les résidents du ménage	7.24	3.91
Nom. de déplacements actifs	Le nombre total de déplacements utilisant les modes de transport actifs effectués ce jour par les résidents du ménage	0.94	1.96
Sur l'île	Une variable nominale si le ménage est situé sur l'île de Montréal	0.64	0.48
Distance des pôles d'emploi	La distance entre le domicile et le pôle d'emploi le plus près	4157.82	3824.08
Nom commerces	Nombre de commerces dans un rayon de 1 km autour de la maison	592.90	812.80
Magasins d'alimentation à 10 min	Le nombre de magasins d'alimentation à 10 minutes de trajet en voiture	180.50	127.49
Nom d'emplois à 30 min	Le nombre d'emplois à 30 minutes de trajet en voiture	728900.39	417179.56
Nom de travailleurs à 30 min	Le nombre de travailleurs à 30 minutes de trajet en voiture	700730.48	316293.82

MESURES D'ACCESSIBILITÉ

<b>Variable</b>	<b>Description</b>	<b>Moyenne</b>	<b>STD.</b>
Emplois gravitaire	La mesure gravitaire d'accessibilité aux emplois	43090.32	24660.50
Travailleurs gravitaire	La mesure gravitaire d'accessibilité aux travailleurs	41332.72	17648.54
Concurrence pour les emplois	Le facteur d'équilibre de l'accessibilité aux emplois	14.93	11.83

#### **6.4.1 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 de 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 termes du comportement des variables indépendantes et de 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% pour chaque véhicule additionnel dans le ménage. De plus, il devrait croître de 6% pour chaque personne additionnelle 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 niveau de revenu, une caractéristique individuelle, est reflété dans le facteur de dispersion spatiale ainsi que dans l'aire de l'espace d'activités. Le nombre total de déplacements générés 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'emploi le plus proche.

#### **6.4.2 L'influence de l'accessibilité sur la dispersion spatiale**

Nous avons développé 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 en 30 minutes de temps de déplacement a un effet négatif sur la dispersion spatiale de l'aire d'activités. Même si l'effet est minime en termes de grandeur dans le modèle (0,0002%), le nombre d'emplois qui sont accessibles à l'intérieur de 30 minutes de trajet varie entre 7 900 et 1 400 000 dans la région. Par conséquent, le niveau

d'accessibilité aux emplois a une incidence significative sur la réduction de la dispersion spatiale. De la même façon, l'augmentation du nombre de travailleurs qu'on peut rejoindre en 30 minutes de temps de déplacement 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 spatialement 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, plutôt que 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. Ceci 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 on retrouve 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 résidents 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.

### **6.4.3 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 développées 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 l'accessibilité personnelle et régionale

	Dispersion spatiale						Aire		Distance totale	
	Accessibilité isochrone		Gravitaire		Facteurs d'équilibre		B	t	B	t
	B	t	B	T	B	T				
Nom. de véhicules	0.290327*	15.82	0.30090*	16.34	0.279666*	15.31	0.296421*	13.92	5587.2220*	14.14
Nom. de personnes	0.064325*	3.77	0.07060*	4.11	0.061199*	3.59	0.063404*	3.19	2309.5596*	6.27
Age 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
Nom. 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
Nom 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'emploi	-0.000050*	-13.73	-0.00006*	-17.12	0.000071*	20.88	0.000084*	21.29	-1.2655*	-17.20
Nom. 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 minutes	-0.000863*	-6.69	-0.00160*	-6.72	0.000387*	-3.38	0.000550*	4.13	-30.2743*	-12.26

	Dispersion spatiale						Aire		Distance totale	
	Accessibilité isochrone		Gravitaire		Facteurs d'équilibre		B	t	B	t
	B	t	B	T	B	T				
Nombre d'emplois à 30 min	-0.000002*	-14.61	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre de travailleurs à 30 min	0.000002*	14.83	-	-	-	-	-	-	-	-
Emplois gravitaire	-	-	-0.00001*	-6.985	-	-	-	-	-	-
Travailleurs gravitaire	-	-	0.00002*	5.888	-	-	-	-	-	-
Concurrence pour les emplois	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Constante)	-0.354551*	-4.505	-0.04069	-.507	0.020452*	18.13	0.019060*	14.49	-426.6481	-17.48
Dépendante	Ln (Disper. Sp.)		Ln (Disper. Sp.)		Ln (Disper. Sp.)		ln(Aire)		Distance totale	
R au carré	0.359		0.352		0.363		0.369		0.424	

\*Statistiquement significatif avec un niveau de confiance de 99%

## 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 du montant versé 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 (Srouf, 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 avons effectué une analyse des 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 and Levinson, 2006, Franklin and Waddell, 2003). Des variables représentant la distance entre une résidence et la localisation des opportunités sont habituellement utilisées pour représenter l'accessibilité, telles que la distance au centre des affaires ou aux 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'impact d'une nouvelle infrastructure de transport, souvent du transport collectif et particulièrement du transport léger sur rail, sur les prix des maisons (NEORail II Parsons Brinkerhoff, 2001; Sirmans & Macpherson, 2003; Smith & Ghiring, 2006). La plupart des études ont indiqué une incidence positive, quoique variable. On a démontré que l'accessibilité aux emplois a une incidence positive sur la valeur des terrains dans trois études indépendantes (El-Geneidy and Levinson, 2006, Franklin and Waddell, 2003, Srouf, Kockelman and 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 incidence beaucoup moins élevée en banlieue. Cela signale le besoin d'inclure des mesures d'accessibilité plus élaborées dans les modèles.

### **7.1 Les données et les hypothèses**

Nous avons utilisé les données obtenues du « Montréal Multiple listing service » (MLS) pour générer le modèle hédonique. Un échantillon de 1961 transactions effectuées au cours de l'année 2006 a été utilisé. Les données 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, travailleurs et 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 comprend 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 un proxy pour ces zones étant donné qu'elle additionne simplement le nombre de personnes âgées de 15 à 64 ans résidant dans chaque ZAT.

Tableau 6 - Nom des variables et statistiques sommaires

<b>Coefficient</b>	<b>Description des variables</b>	<b>Moyenne</b>	<b>STD</b>
Prix de vente		267340.84	149663.71
Chambres à coucher	Nombre de chambres à coucher	2.81	0.81
Xtra salle de bain	Nombre de salles de bain additionnelles	0.50	0.70
Nom. cabinet de toilette	Nombre de cabinets de toilette	0.53	0.56
Nom. de pièces	Nombre de pièces	7.37	2.12
Age du bâtiment	Age du bâtiment	37.94	28.34
Age du bâtiment au carré	Age 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	Log 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 contigüe	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
Diplôme universitaire par quartier	Pourcentage de personnes qui détiennent un diplôme universitaire résidant 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

MESURES D'ACCESSIBILITÉ

<b>Coefficient</b>	<b>Description des variables</b>	<b>Moyenne</b>	<b>STD</b>
Nom. de commerces	Nombre de commerces dans un rayon de 1 km autour de la maison	262.80	380.36
Distance des pôles d'emploi	Distance jusqu'au pôle d'emplois le plus près	8037.37	7096.09
Magasins d'alimentation à 10 minutes	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'impact 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\$. Tel que montré dans 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'emploi 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 dans le cadre du 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 un proxy 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 la concurrence est prise en compte par cette mesure au niveau régional.

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
Xtra salle de bain	57451.60*	15.296	53471.36*	14.458
Nom. cabinet de toilette	27797.39*	5.781	28941.35*	6.150
Nom. de pièces	6360.47*	4.135	6990.93*	4.639
Age du bâtiment	-1054.66*	-3.987	-1232.83*	-4.755
Age 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
Log de la superficie du terrain	37788.12*	8.950	41343.74*	9.969
Jumelé	15955.83**	2.371	8437.90	1.272
Habitation contigüe	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
Diplôme univer. par quartier	906.30*	3.802	617.05*	2.634
Sur l'île	23730.57*	3.414	26136.72*	3.622
Nom. de commerces	47.10*	5.738	-	-
Distance des pôles d'emplois	-1.57*	-3.466	-1.55*	-3.497
Magasins d'aliment. 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 significative sur les prix des maisons : l'accessibilité aux emplois et aux travailleurs est capitalisée dans le cadre du 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 générer la concurrence qui serait en mesure de stimuler les développements 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 opportunités, telles que les emplois et les commerces, joue un rôle important dans le cadre du 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 produit 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 cadre 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 lorsqu'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 ainsi que de les appliquer à la région métropolitaine de Montréal afin de comprendre la distribution des niveaux d'accessibilité régionale et y identifier 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 mesurées 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 compte le temps de stationnement ou tout 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 dans un but général.

En premier lieu, nous avons 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 caractéristique pour les tendances d'urbanisation observées dans ces zones.

Les niveaux élevés d'accessibilité isochrone en transport collectif sont concentrés autour des lignes du métro et des 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 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 être 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 pour l'usage des non-spécialistes ou lors d'un processus de planification participatif.

Deux mesures qui prennent en compte 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 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'emploi important. On pourrait en déduire aussi que le réseau routier est déficient sur la Rive-Sud et que les résidents doivent voyager plus longtemps afin de rejoindre les zones riches en emplois à Montréal et à Laval. De plus, Longueuil se classe premier en matière d'accessibilité aux travailleurs ayant un diplôme d'éducation postsecondaire, 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, qu'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, de transport et d'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'éducation secondaire 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 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'éducation postsecondaire. 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 tous des niveaux très élevés d'accessibilité concurrentielle pour certains secteurs d'emplois, ce qui est surprenant compte tenu du fait 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 décelé des tendances qui étaient difficiles à lire dans les résultats du modèle gravitaire tenant compte de la concurrence. En particulier, cette mesure 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 situé 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 situé 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 avec le nombre de travailleurs à proximité. Les zones présentant des niveaux élevés d'accessibilité équilibrée devraient avoir 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 qu'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 développement plus diversifié. L'accessibilité équilibrée aux emplois et aux travailleurs selon le niveau d'éducation présente une distribution similaire à celle de la mesure gravitaire tenant compte de la concurrence : les hauts niveaux d'accessibilité équilibrée aux travailleurs ayant un diplôme d'éducation secondaire ou moins sont concentrés dans la région de Lanaudière et la partie est de Laval et de Montréal. L'accessibilité équilibrée aux travailleurs qui détiennent un diplôme d'éducation 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. Cette mesure, fondée sur les données des flux de déplacement, 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 générée à l'aide des données 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 est une nouvelle mesure de l'espace d'activités qui prend en compte 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'impact 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 impact sur les prix des maisons, elle influence aussi le comportement de déplacement, ce qui est manifesté par son impact 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 quant au développement 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 du transport collectif (dans le cas des déplacements en transport collectif) jouent un rôle important en matière de connexions entre les gens et les opportunités. 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 d'une accessibilité aux emplois élevée à Longueuil et Valleyfield qui n'étaient pas visibles dans les résultats précédents.

Chaque mesure d'accessibilité dans cette étude a fourni des résultats différents. Chaque mesure comprend sa propre définition de l'accessibilité et pondère les opportunités de façon différente. Lorsqu'on choisit une mesure d'accessibilité, plusieurs facteurs doivent être pris en considération, tels que le type d'opportunités, 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 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.

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'impact des stations de métro à Laval et à Longueuil démontre clairement que le réseau du métro procure aux Rives Nord et Sud des niveaux d'accessibilité équivalents à ceux des quartiers centraux. Cette découverte 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 requis 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 l'augmenter 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 redéveloppement 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 impact sur l'accessibilité serait particulièrement pertinente, étant donné qu'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 d'identifier 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, parcs et établissements d'éducation afin de créer des points de référence pour les nouveaux quartiers verts qui sont en cours de développement à Montréal.

**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.
- DOWNES, 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.

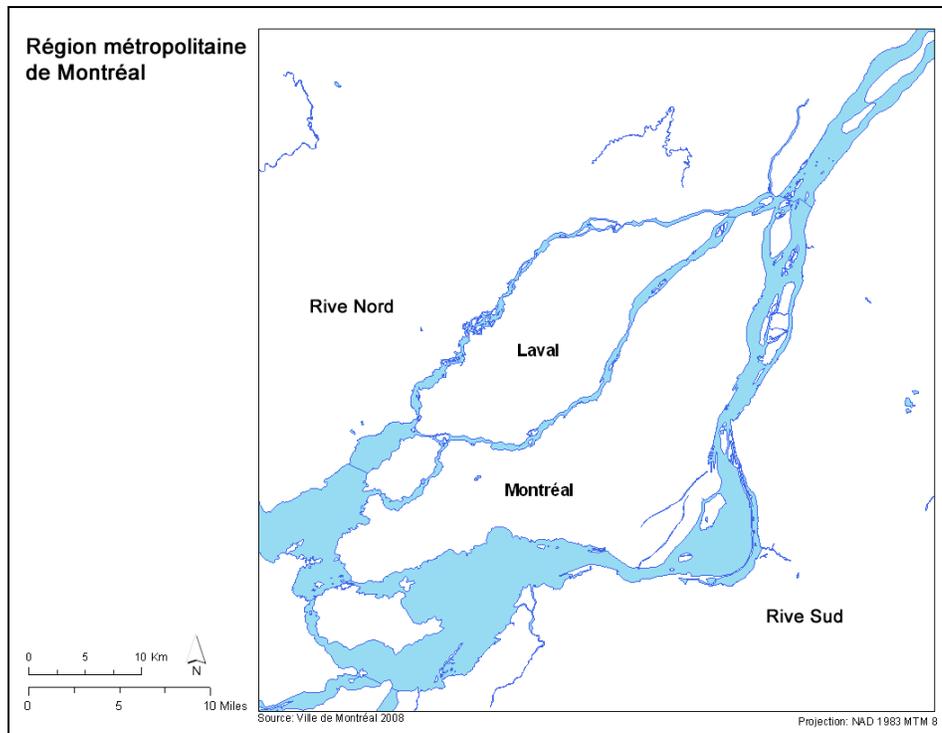
- HANDY, S. et T. YANTIS. «The Impacts of telecommunications technologies on Nonwork Travel Behavior». *Research Report SWUTC/97/721927-1F'*, Southwest Region University Transportation Center, 1996.
- HANDY, S. et D. NIEMEIER. «Measuring accessibility: An exploration of issues and alternatives», *Environment 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, 234-40.

- 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, 675-91.
- 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, JOE 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, 226-40.
- 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.



## 1.1. La Région métropolitaine de Montréal



**Figure 1. La Région métropolitaine de Montréal**

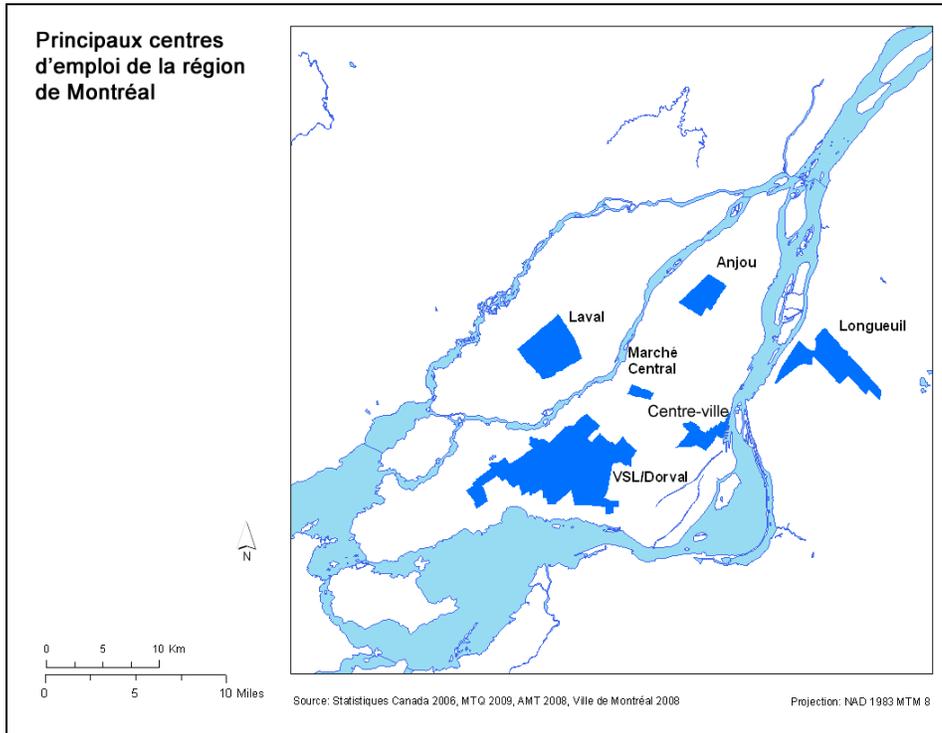
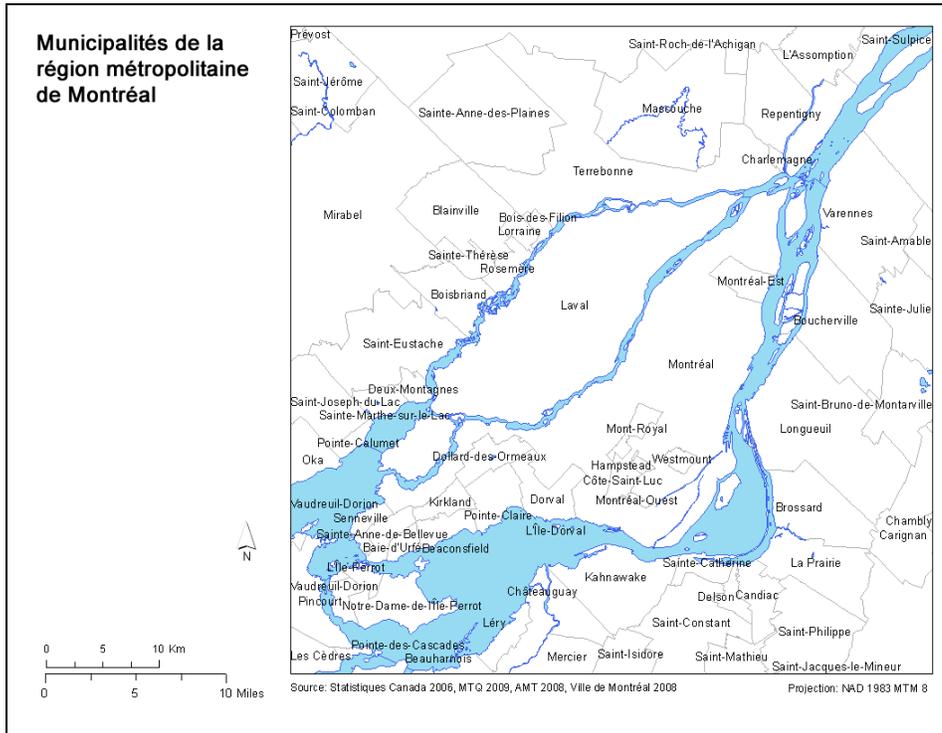


Figure 2. Les grands centres d'emploi de Montréal



**Figure 3. Municipalités de la région métropolitaine de Montréal**

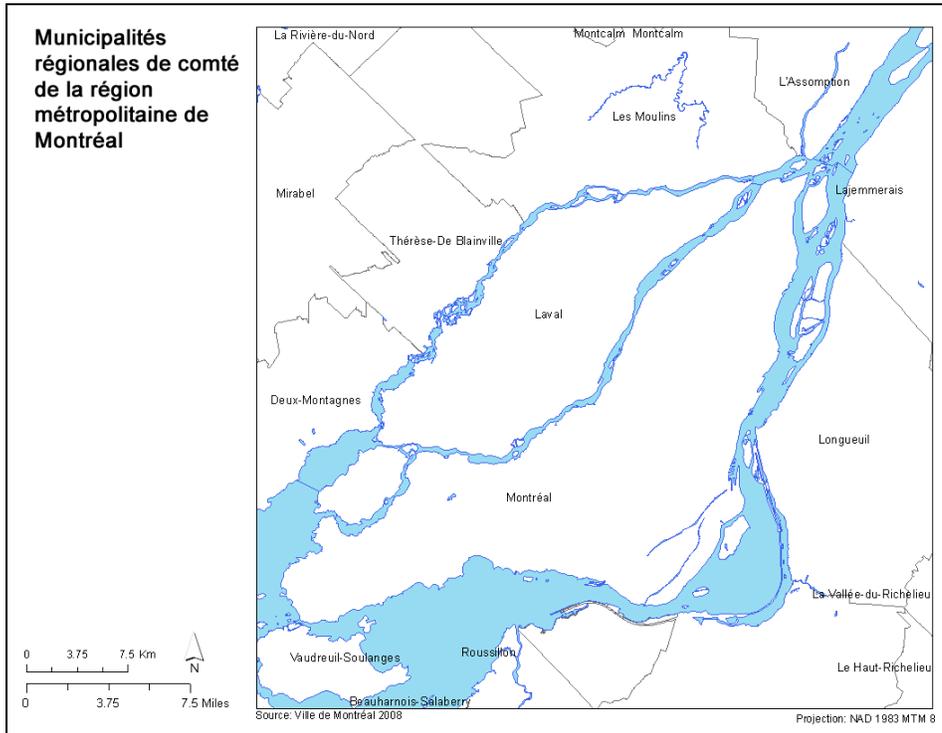


Figure 4. Municipalités régionales de comté

## 1.2. Grandes infrastructures de transport

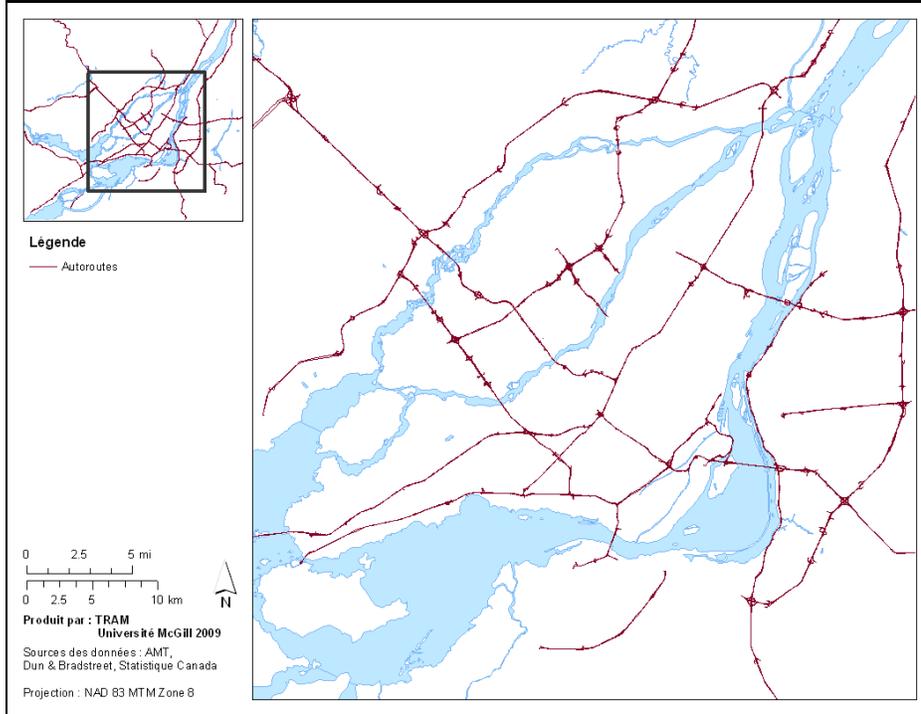


Figure 5. Le réseau autoroutier

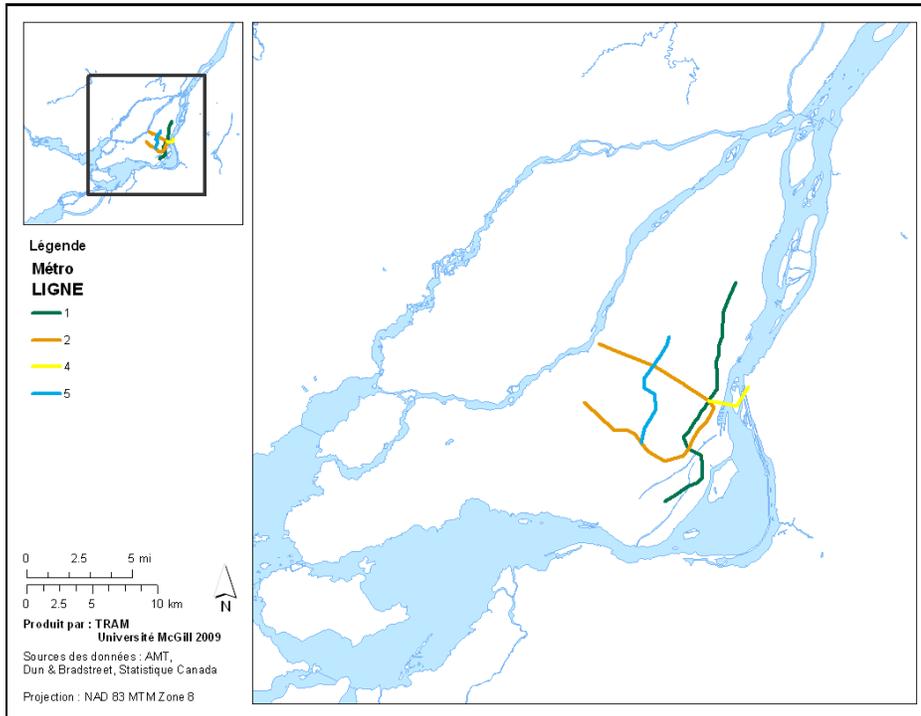


Figure 6. Le réseau de métro

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

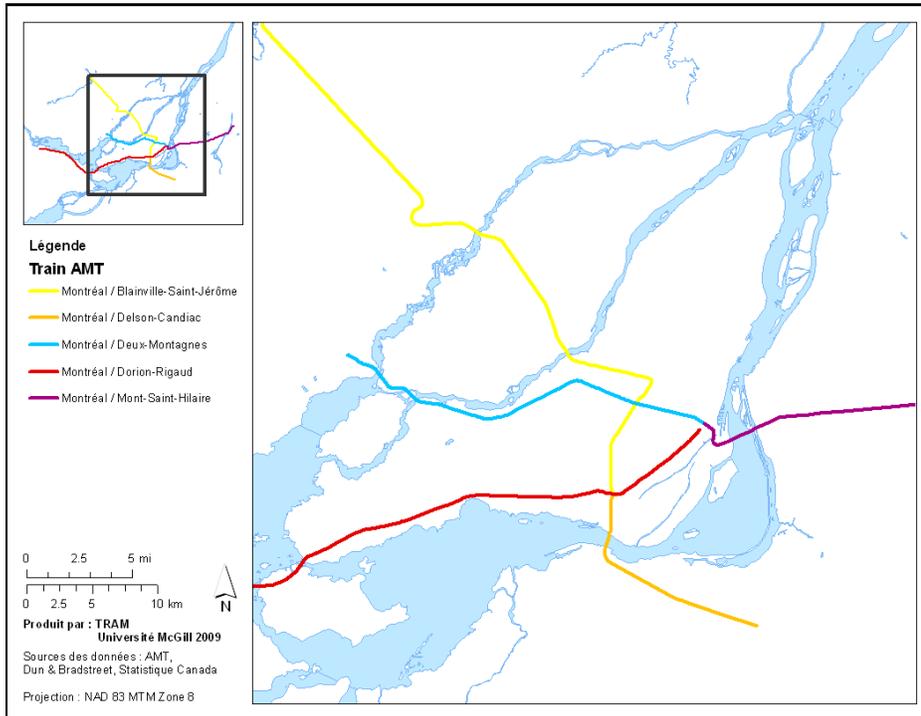


Figure 7. Le réseau de trains de banlieue

### 1.3. Distribution spatiale des opportunités

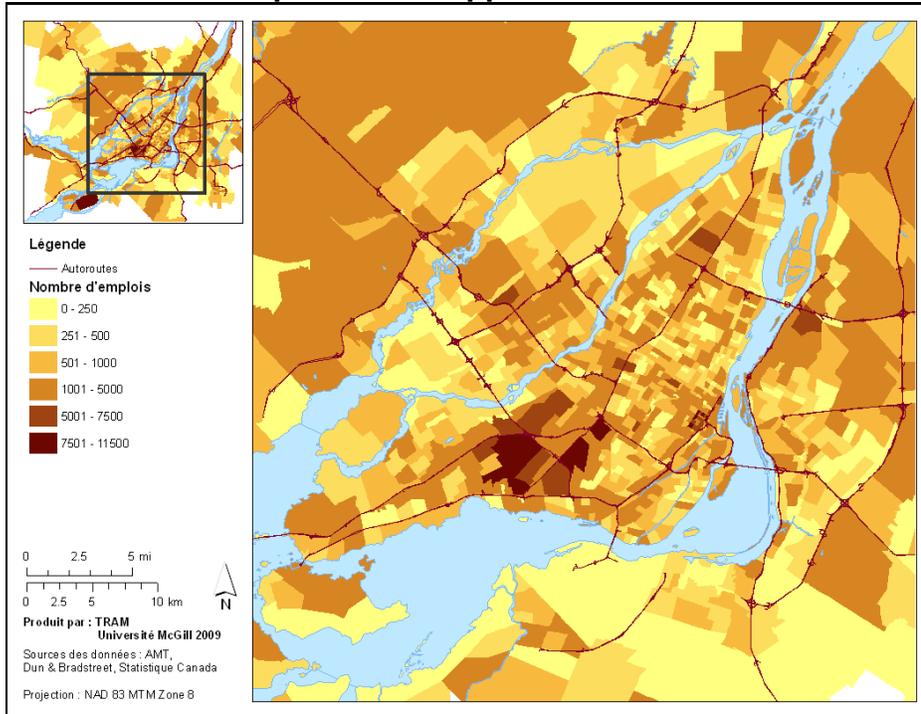


Figure 8. Nombre d'opportunités d'emploi

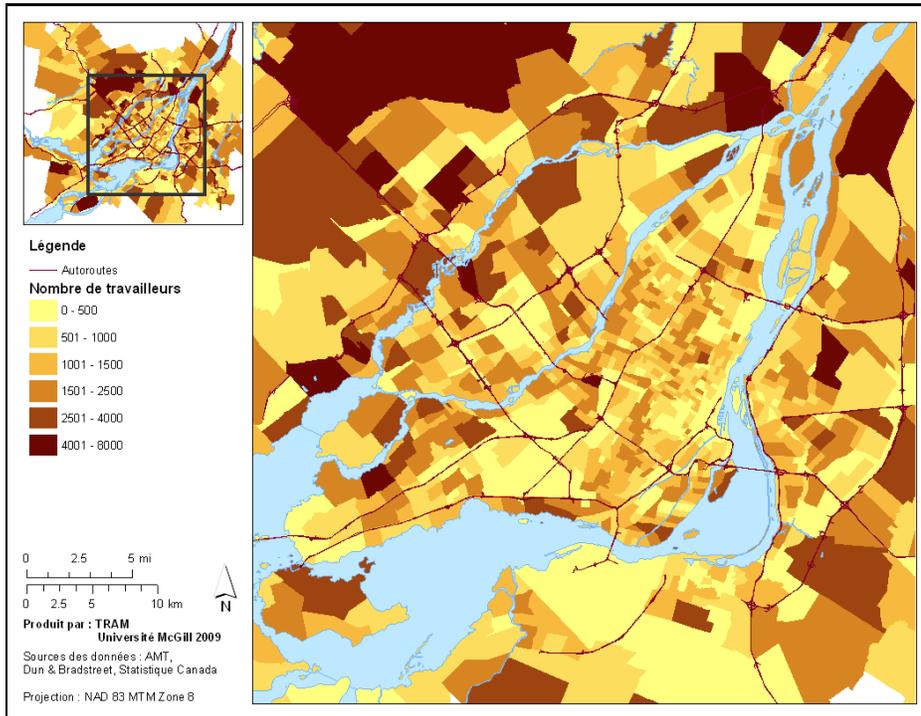


Figure 9. Nombre de travailleurs

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

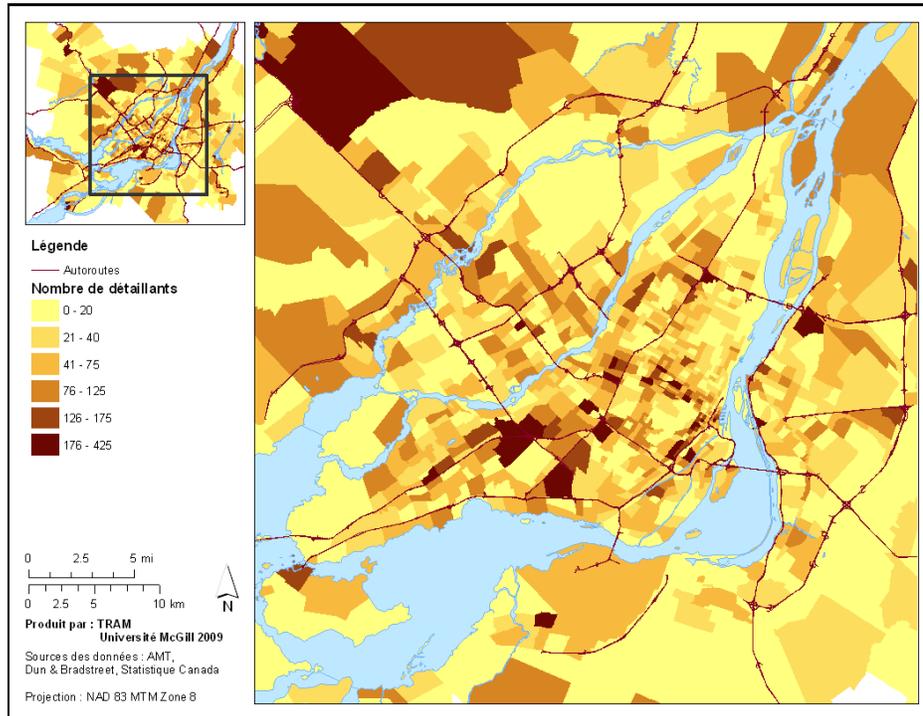
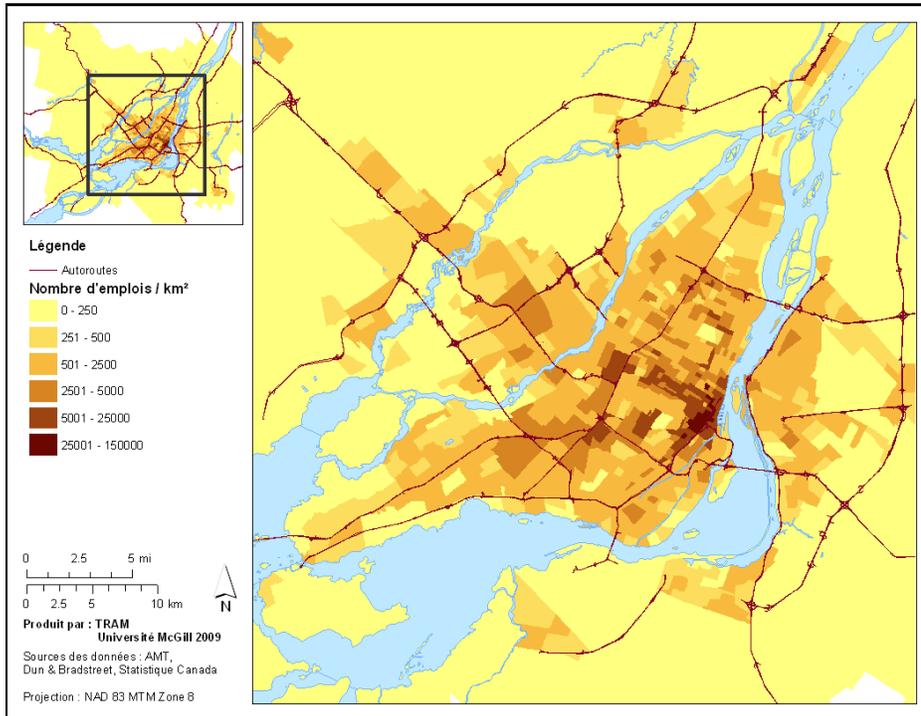


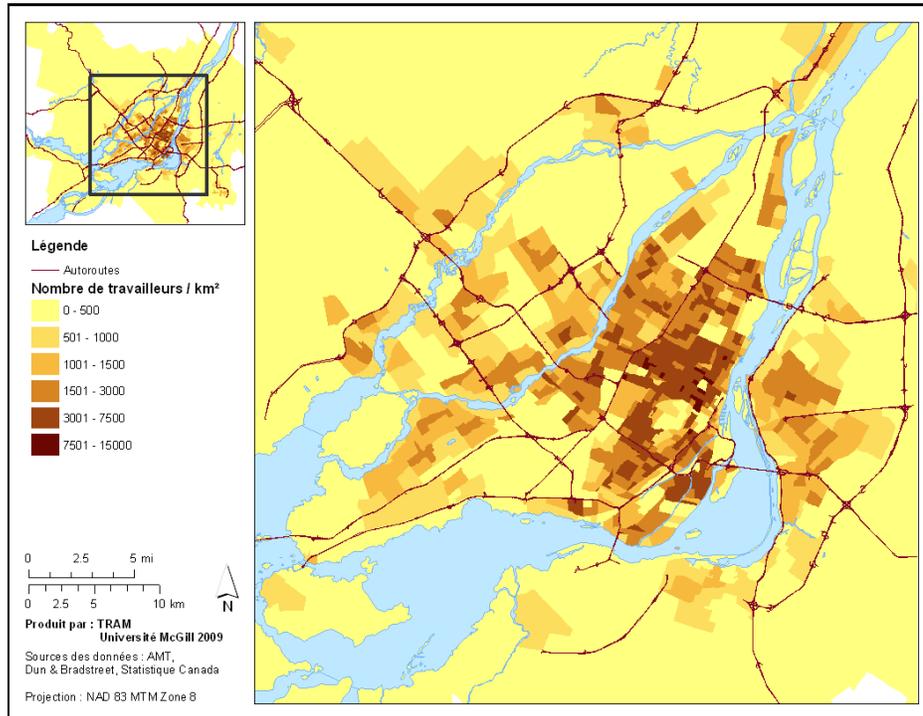
Figure 10. Nombre d'opportunités de commerce de détail

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



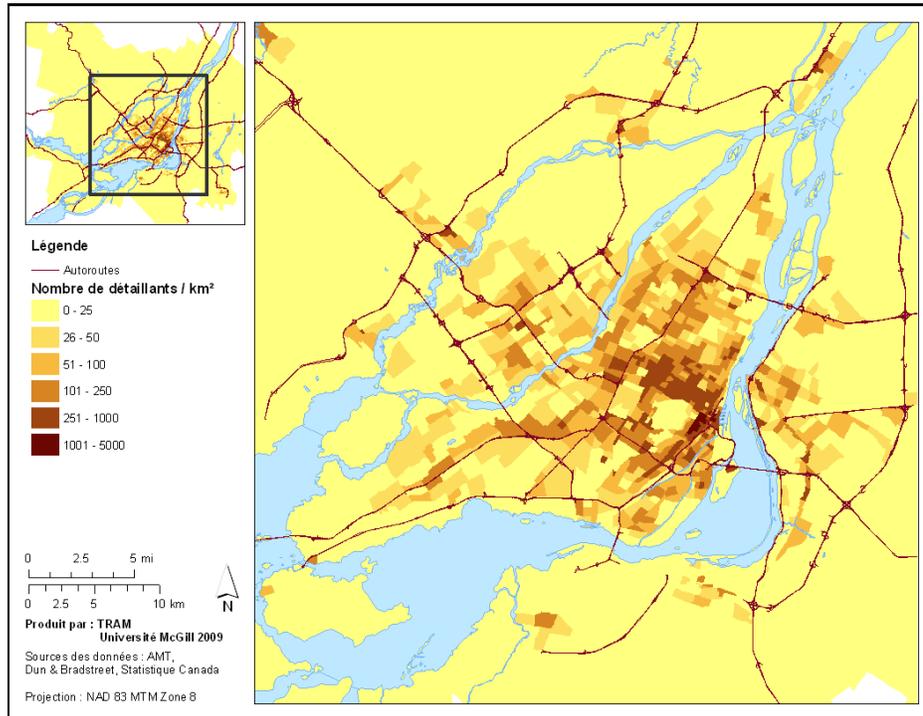
**Figure 11. Distribution de la densité des emplois**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ



**Figure 12. Distribution de la densité des travailleurs**

## MESURES D'ACCESSIBILITÉ

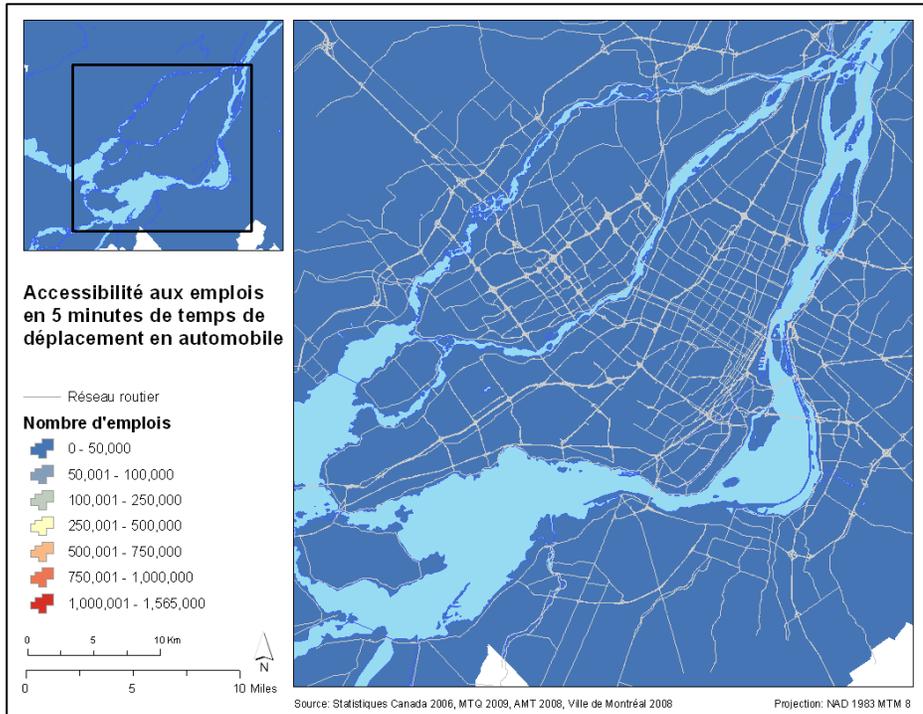


**Figure 13. Distribution de la densité des commerces de détail**

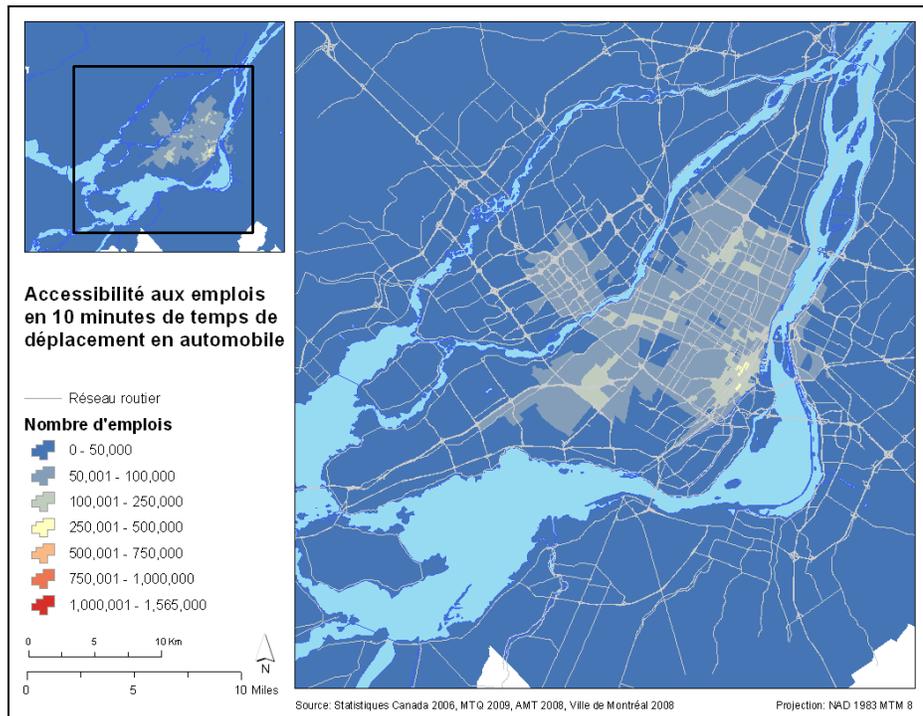
***Annexe 2***

---

## 2.1. Accessibilité isochrone aux emplois en automobile

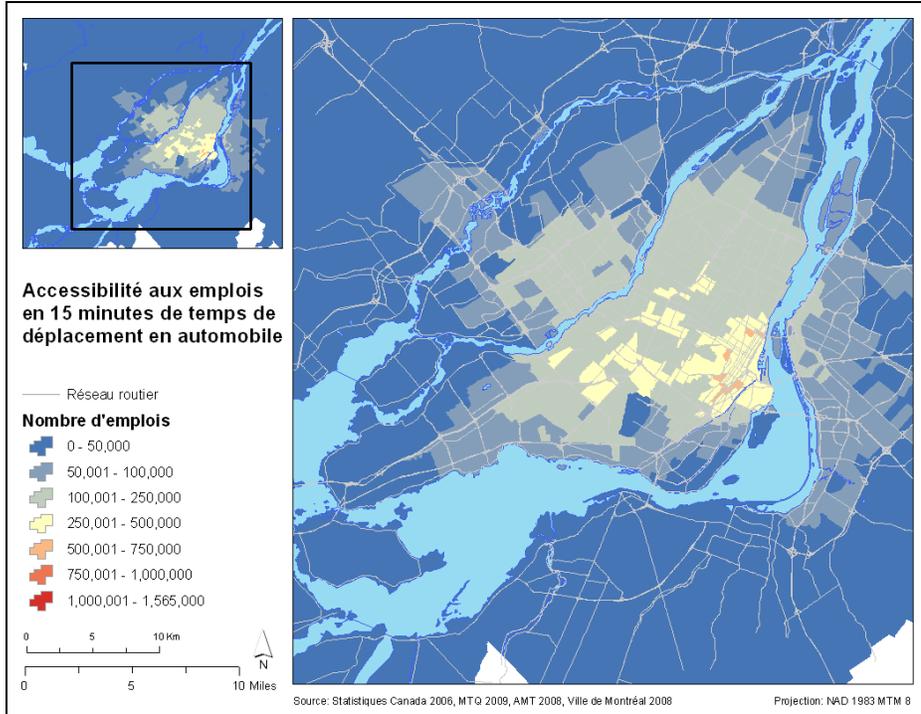


**5 minutes**

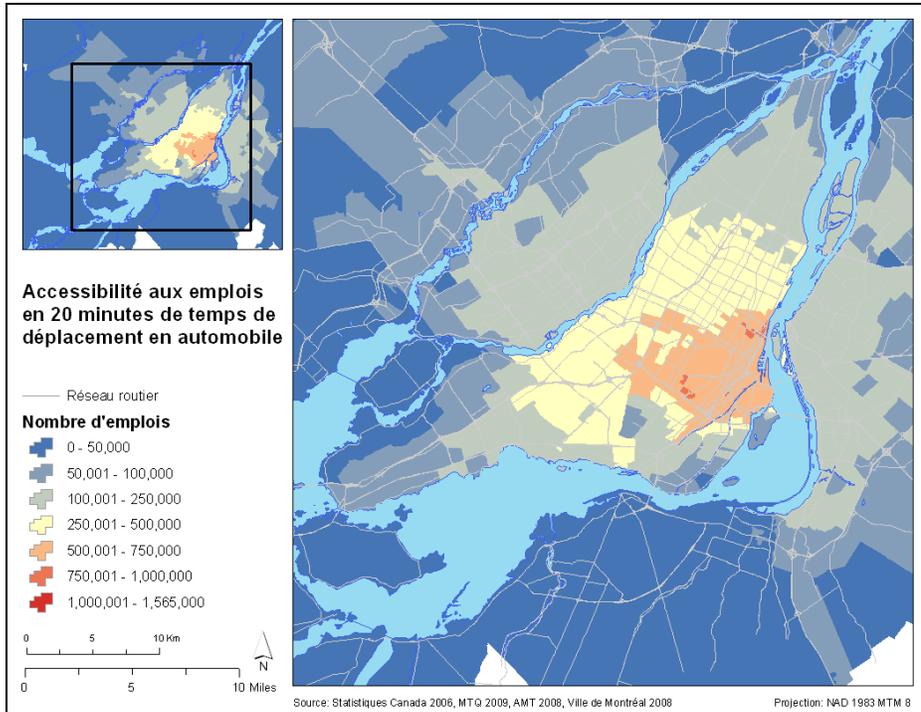


**10 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

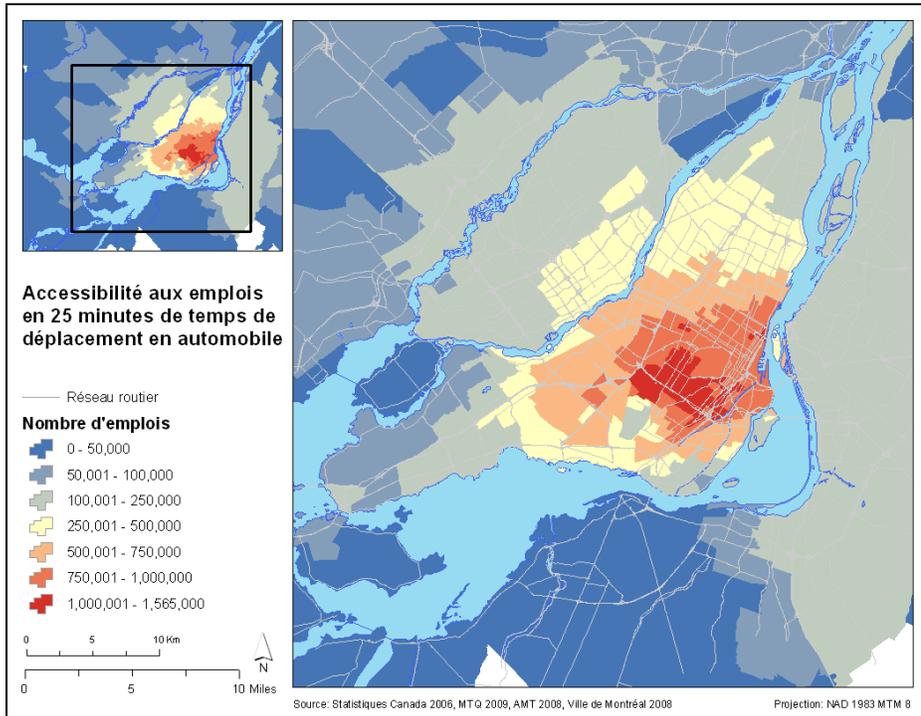


## 15 minutes

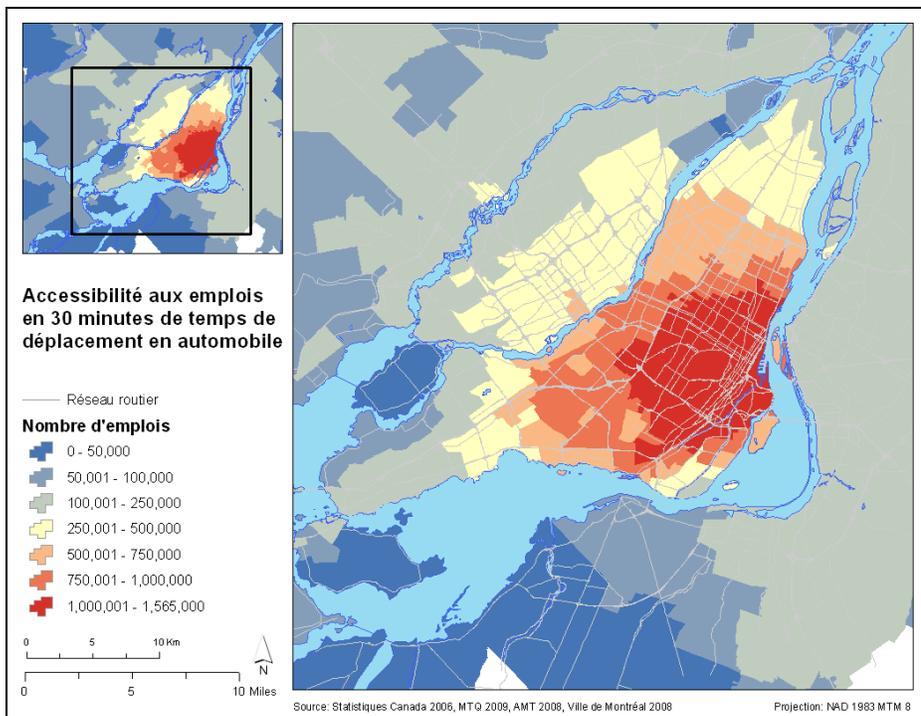


## 20 minutes

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

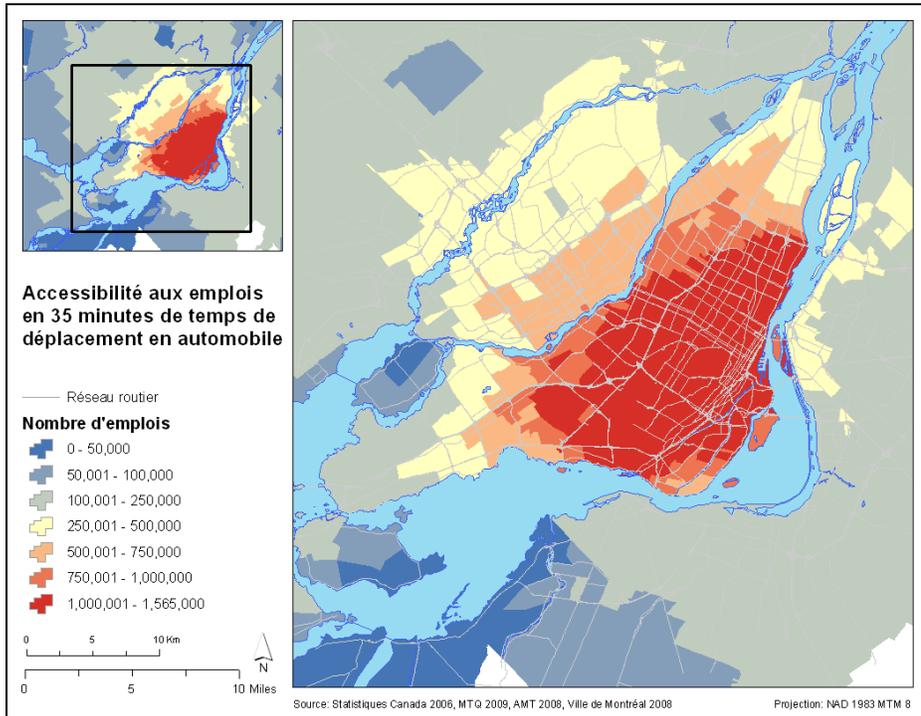


**25 minutes**

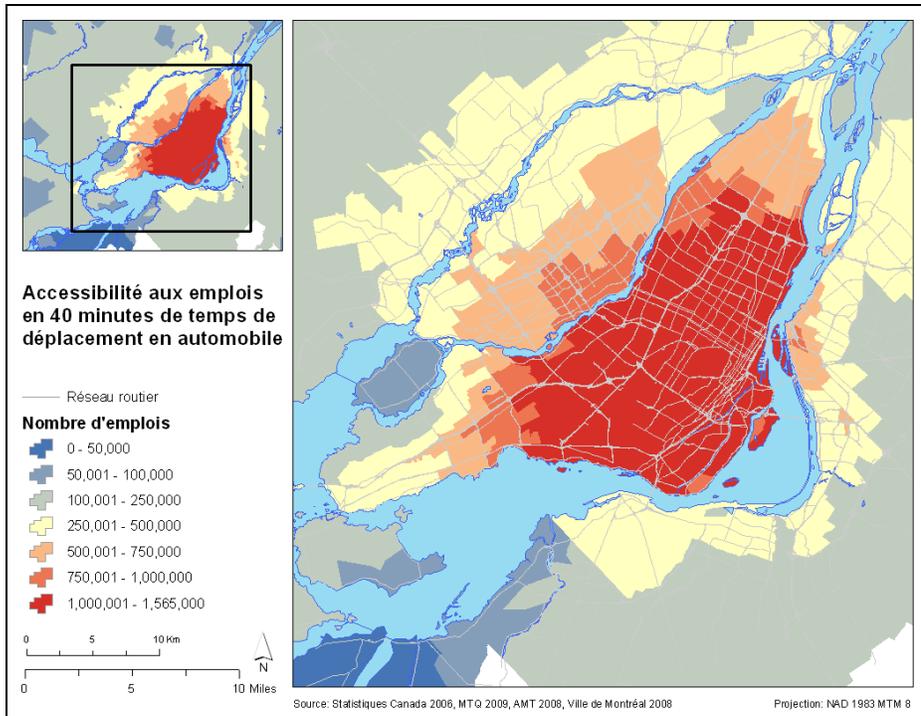


**30 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

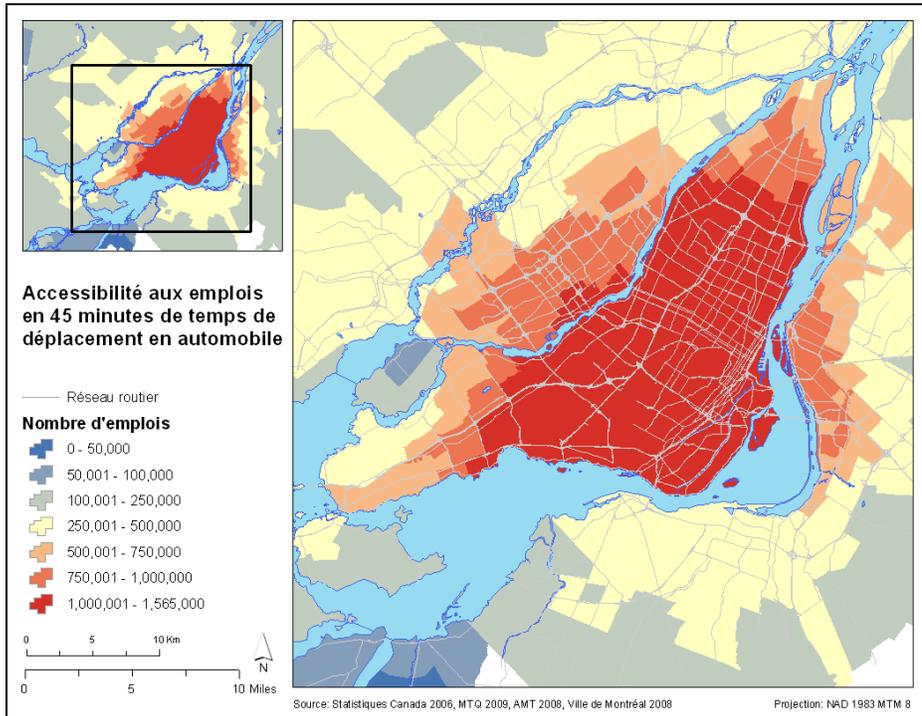


## 35 minutes

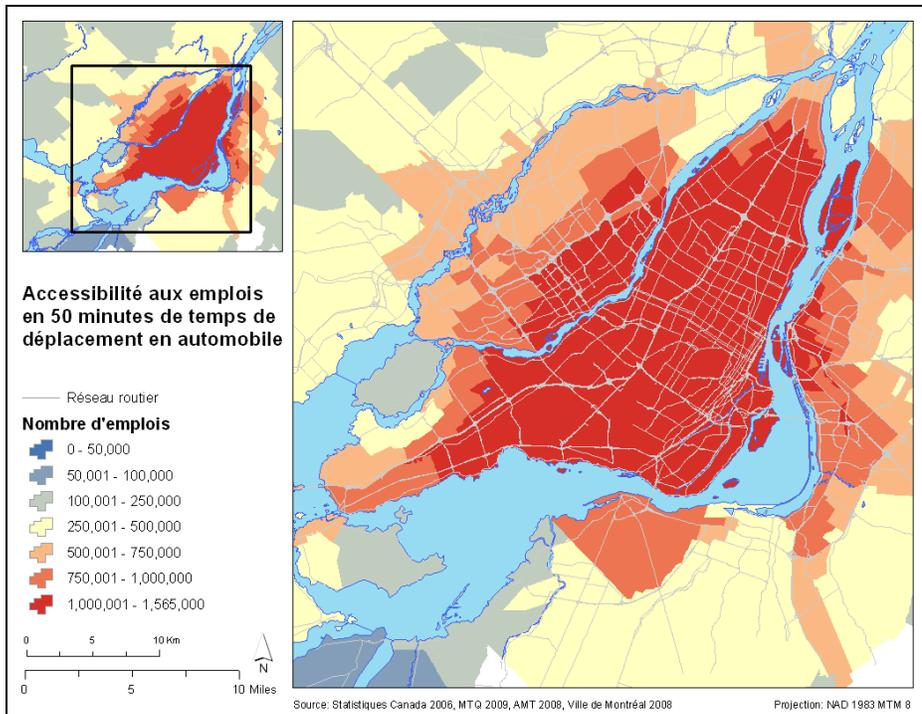


## 40 minutes

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

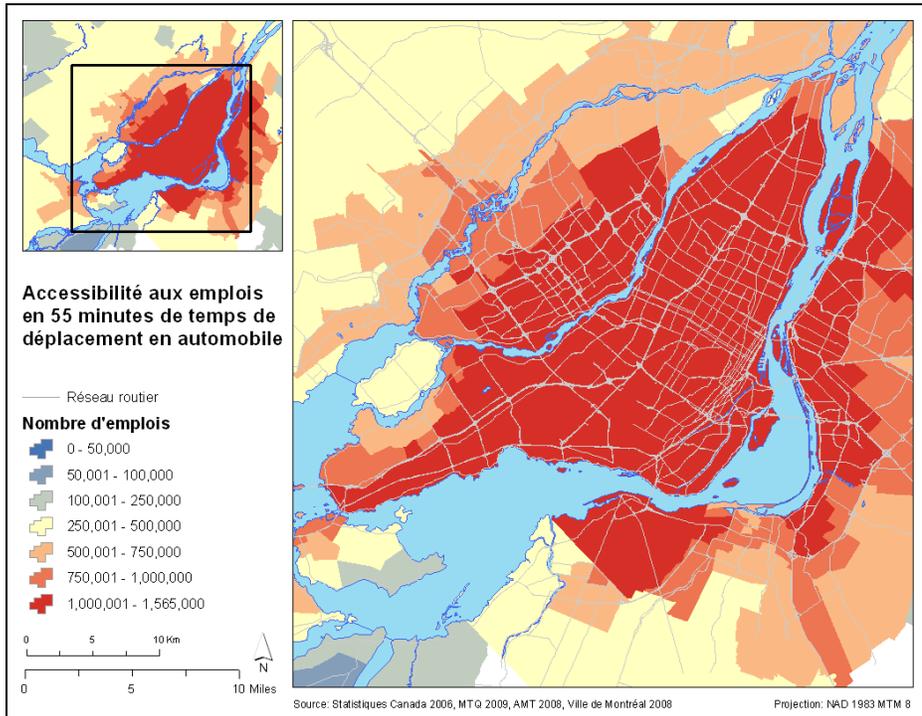


**45 minutes**

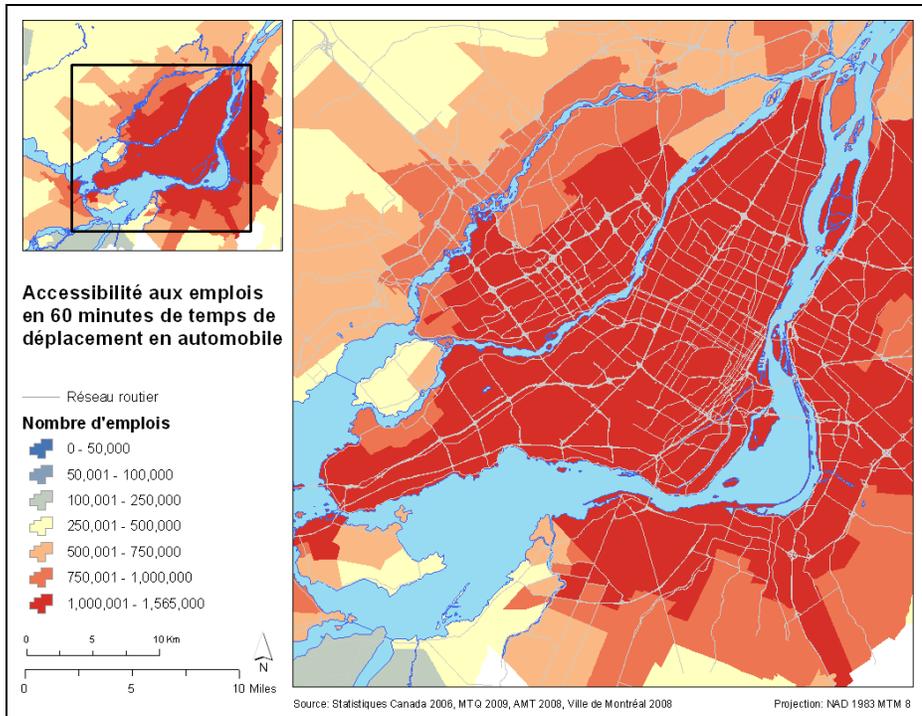


**50 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

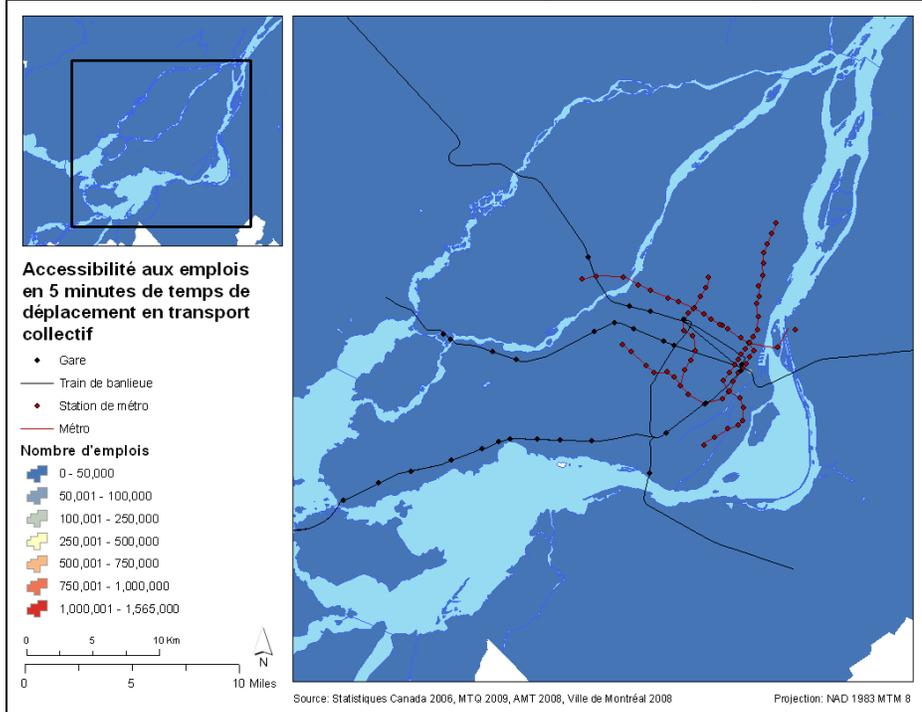


## 55 minutes

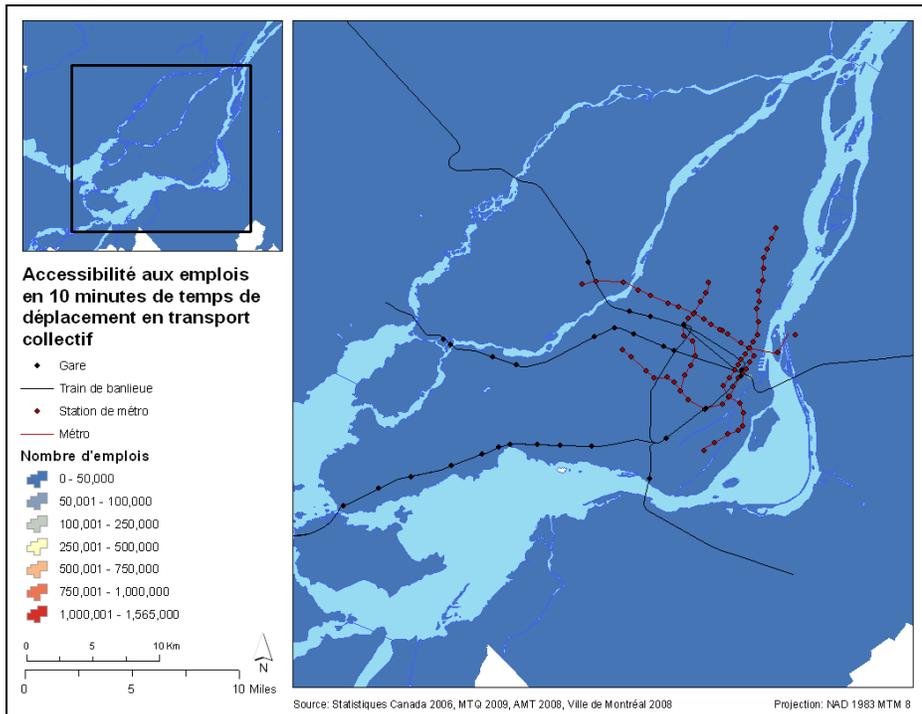


## 60 minutes

**2.2. Accessibilité isochrone aux emplois en transport collectif**

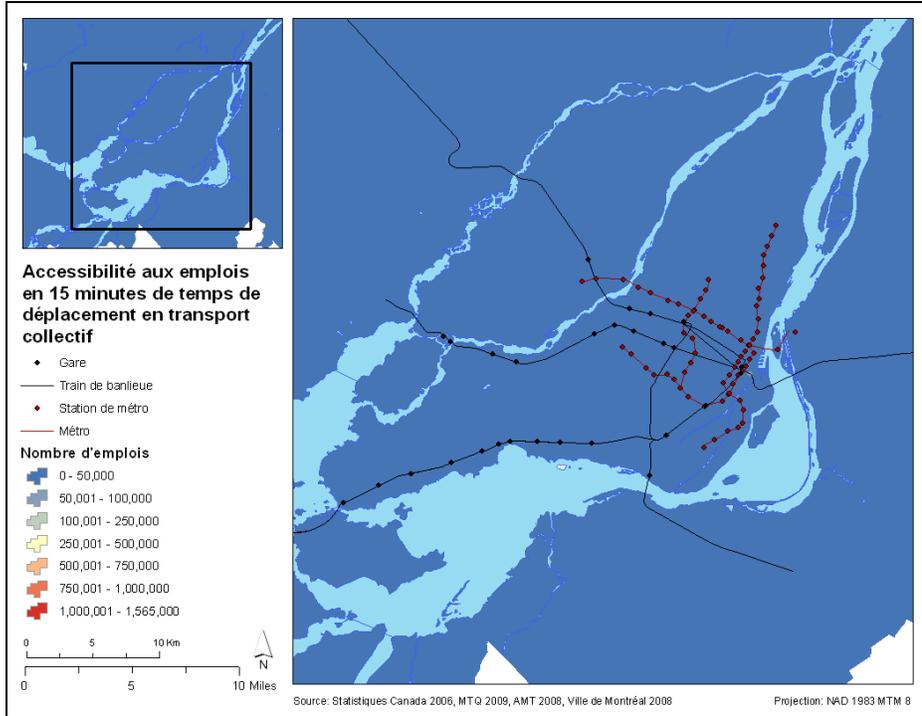


**5 minutes**

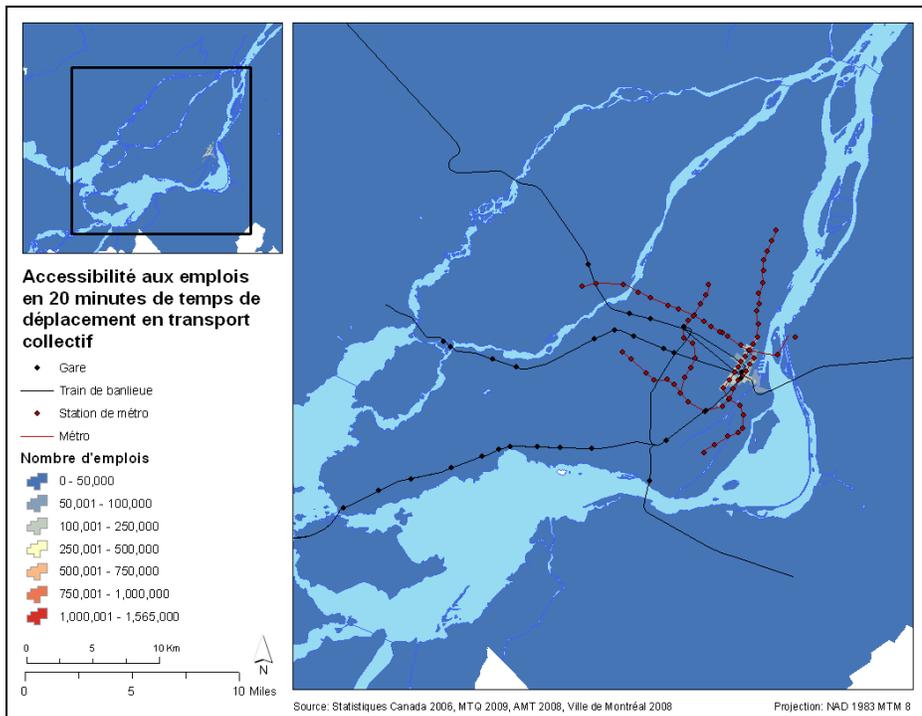


**10 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

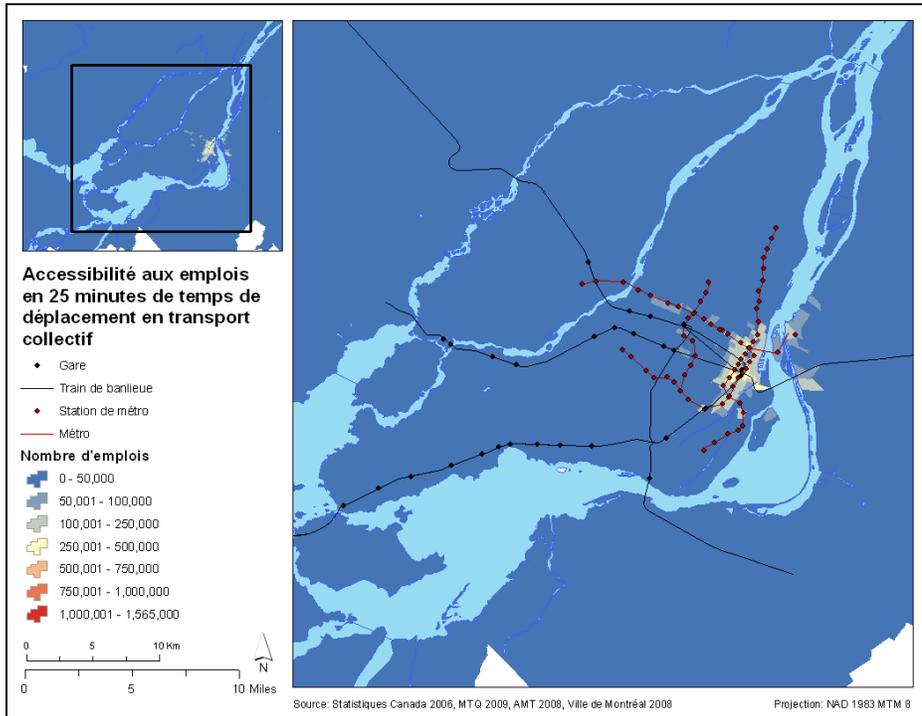


**15 minutes**

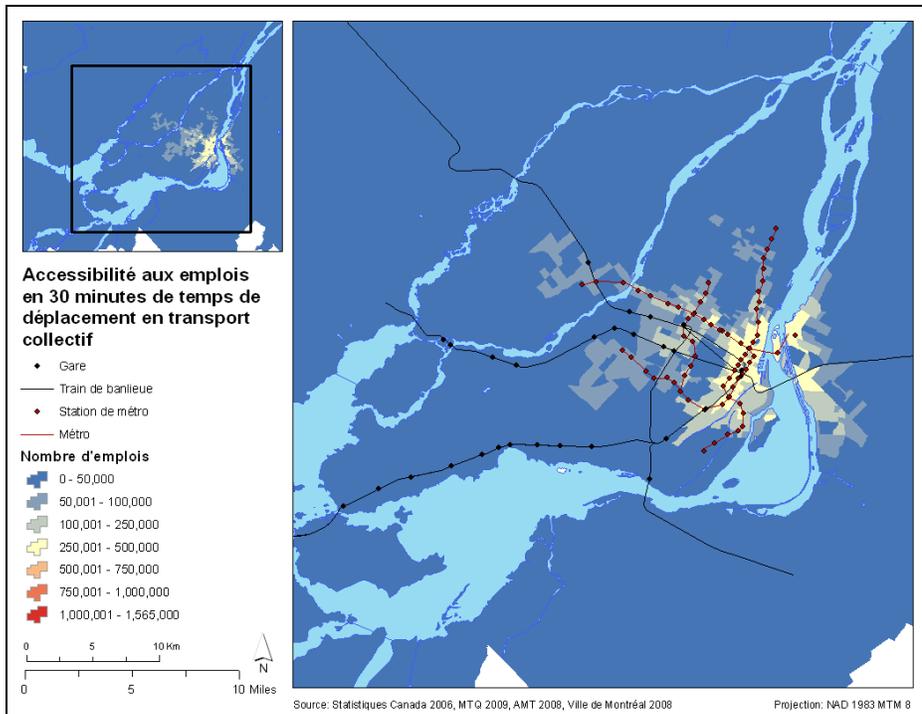


**20 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

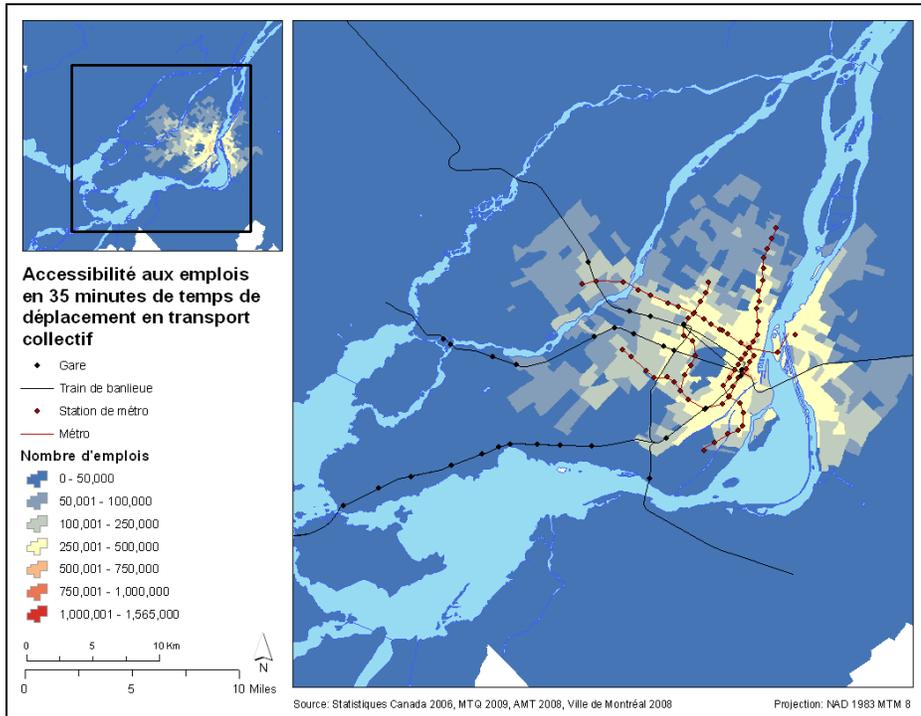


**25 minutes**

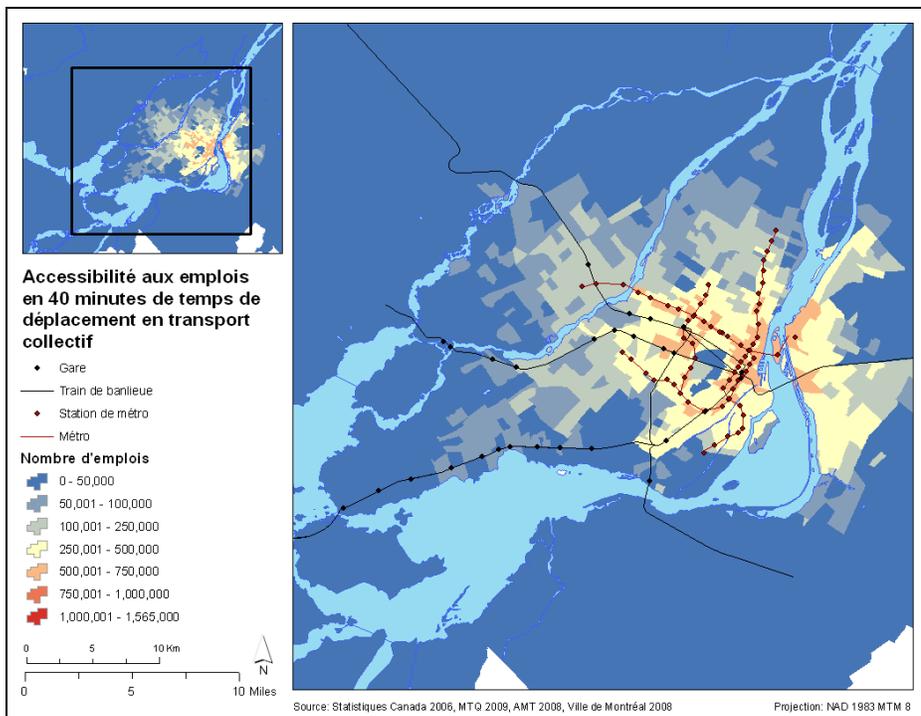


**30 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

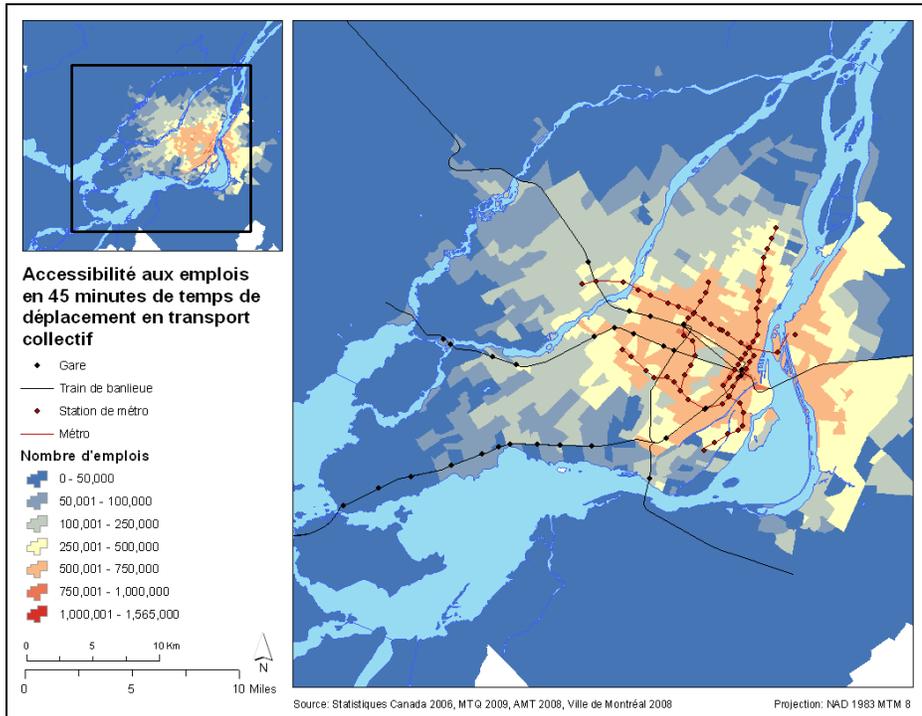


**35 minutes**

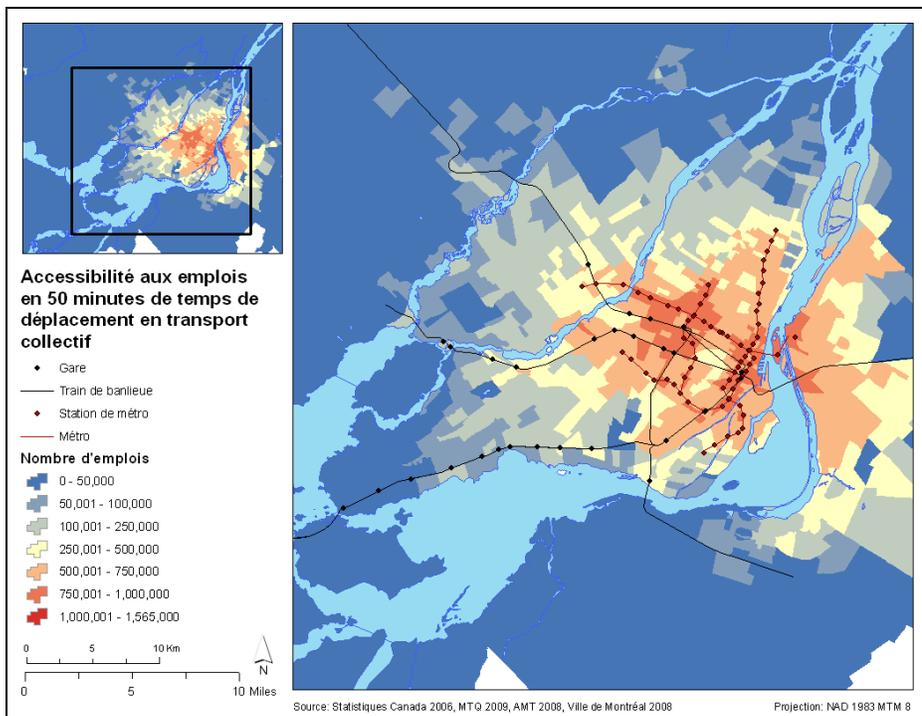


**40 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

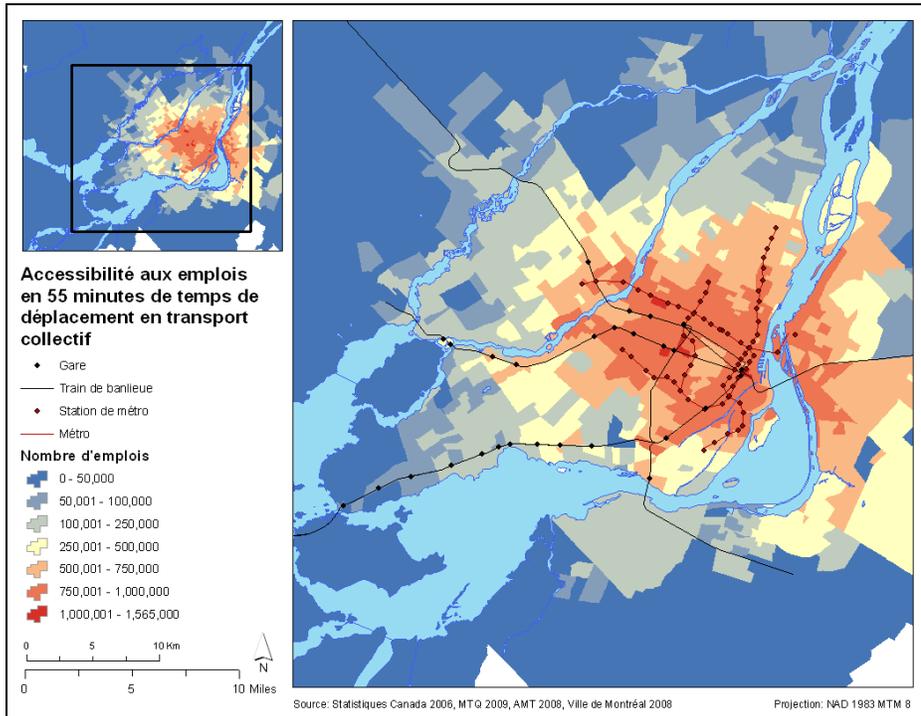


**45 minutes**

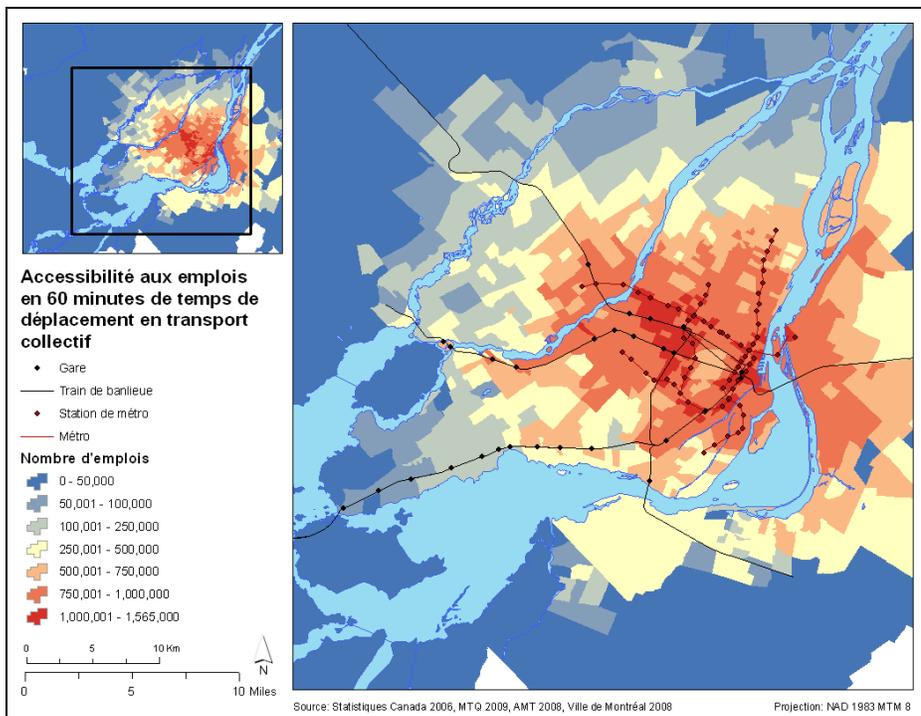


**50 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

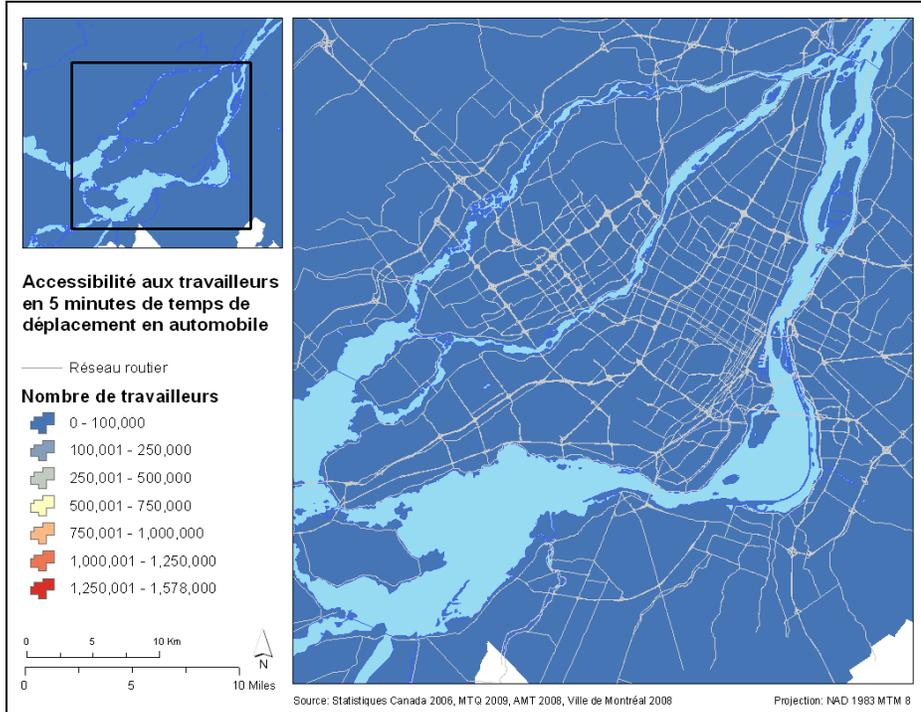


**55 minutes**

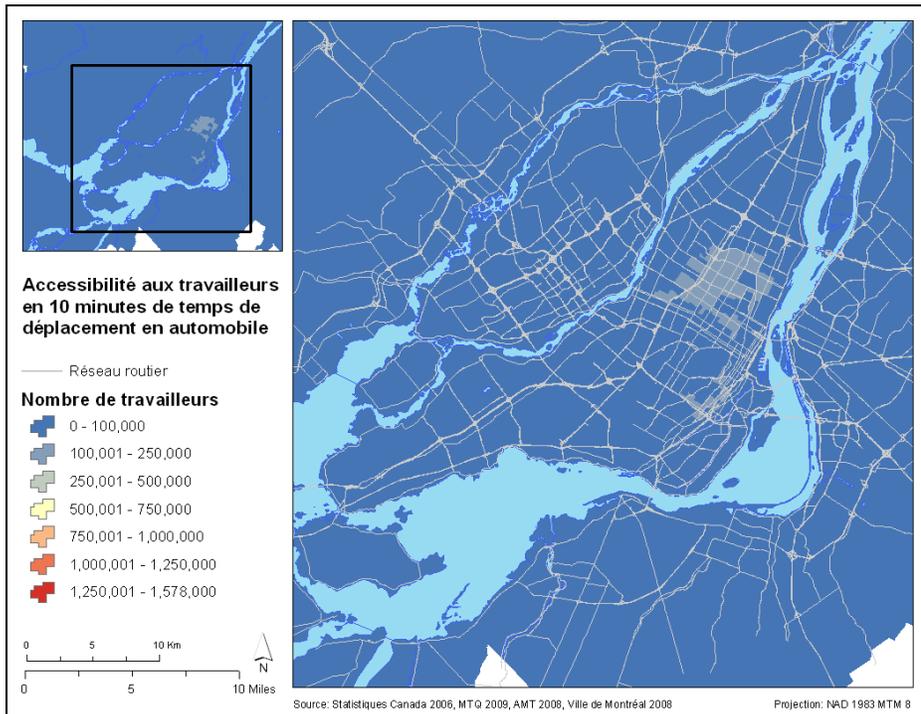


**60 minutes**

### 2.3. Accessibilité isochrone aux travailleurs en automobile

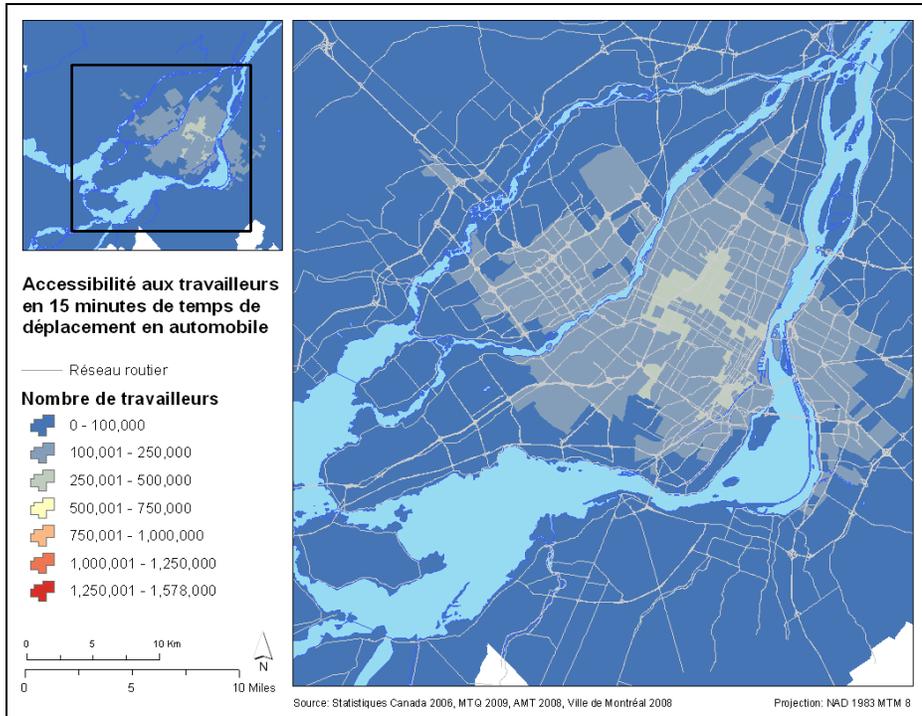


#### 5 minutes

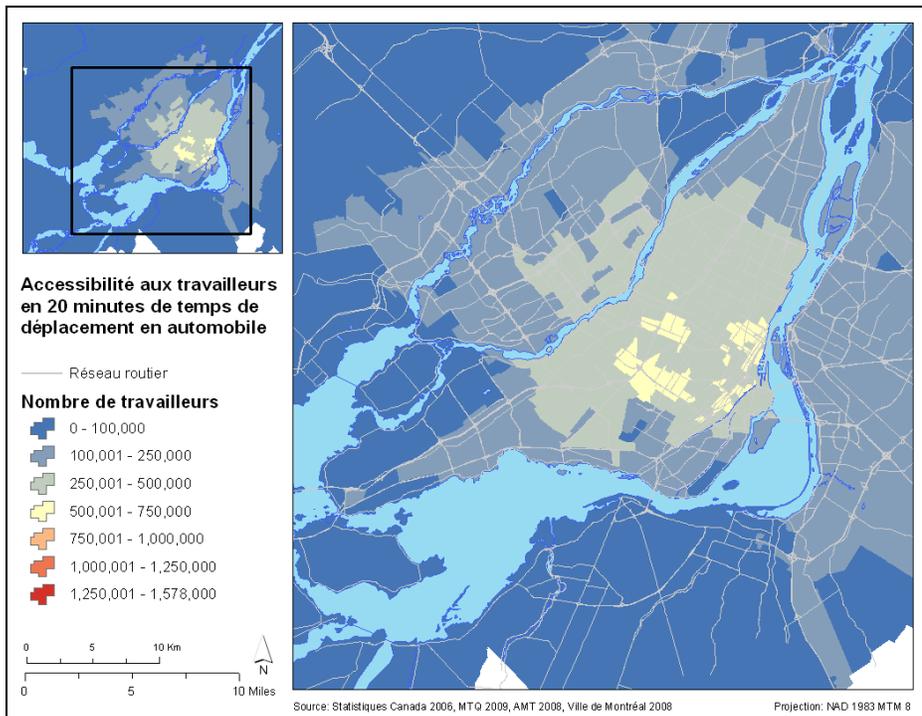


#### 10 minutes

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

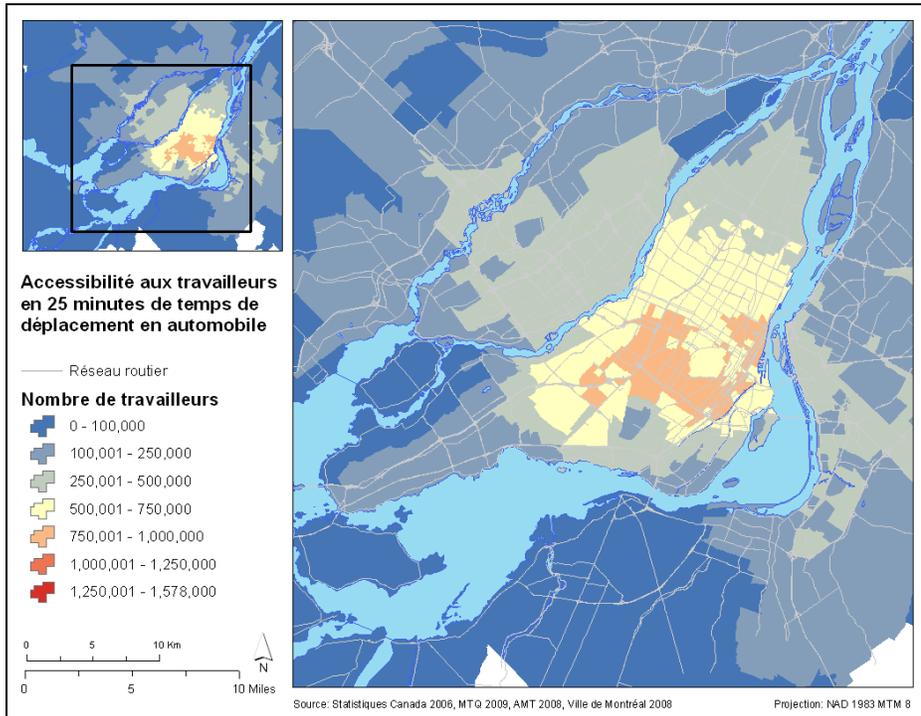


**15 minutes**

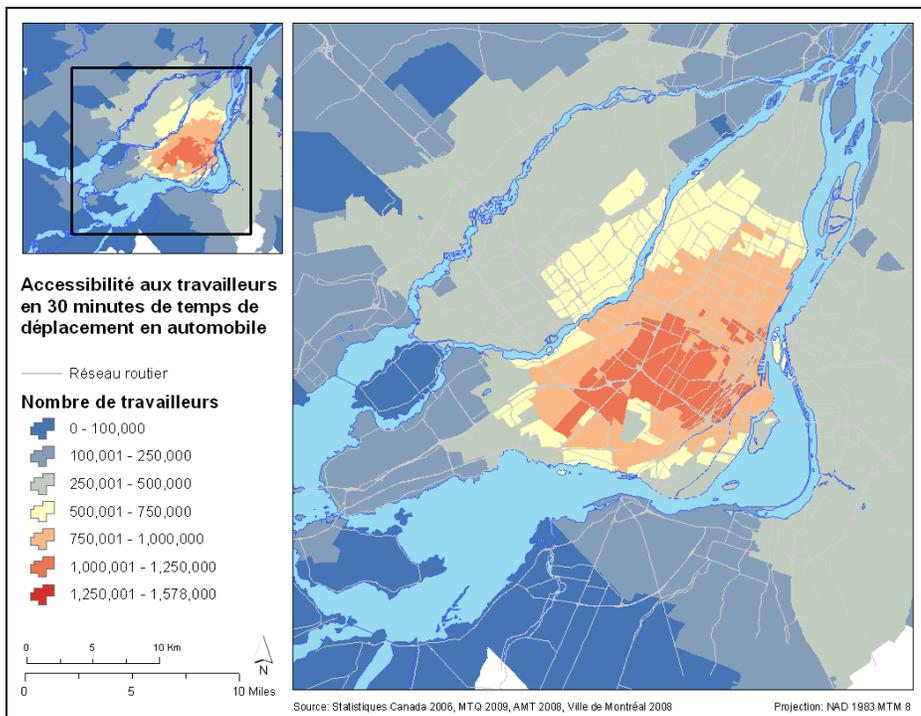


**20 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

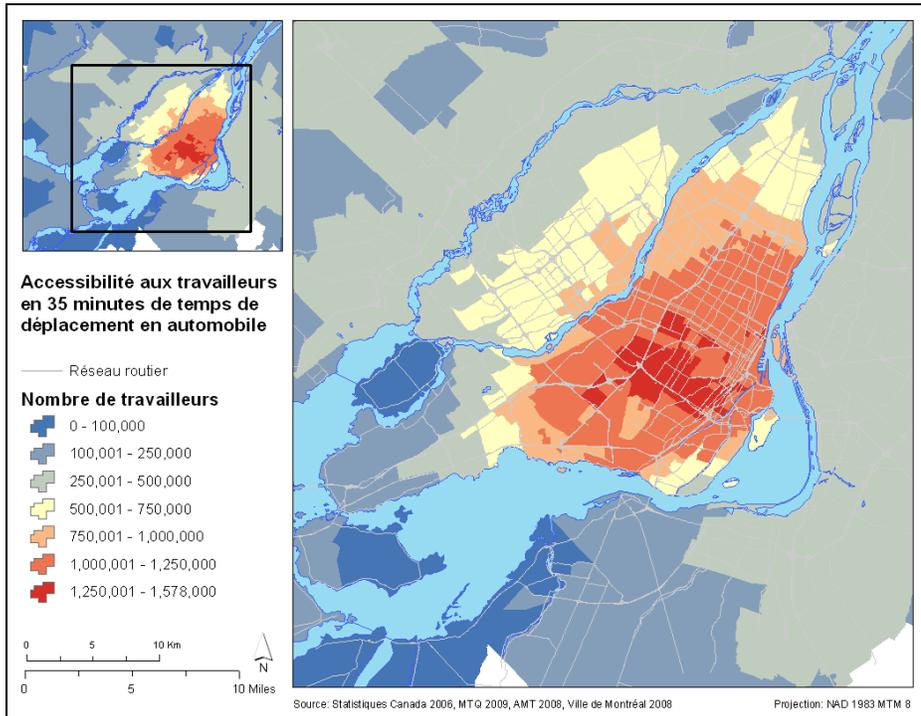


**25 minutes**

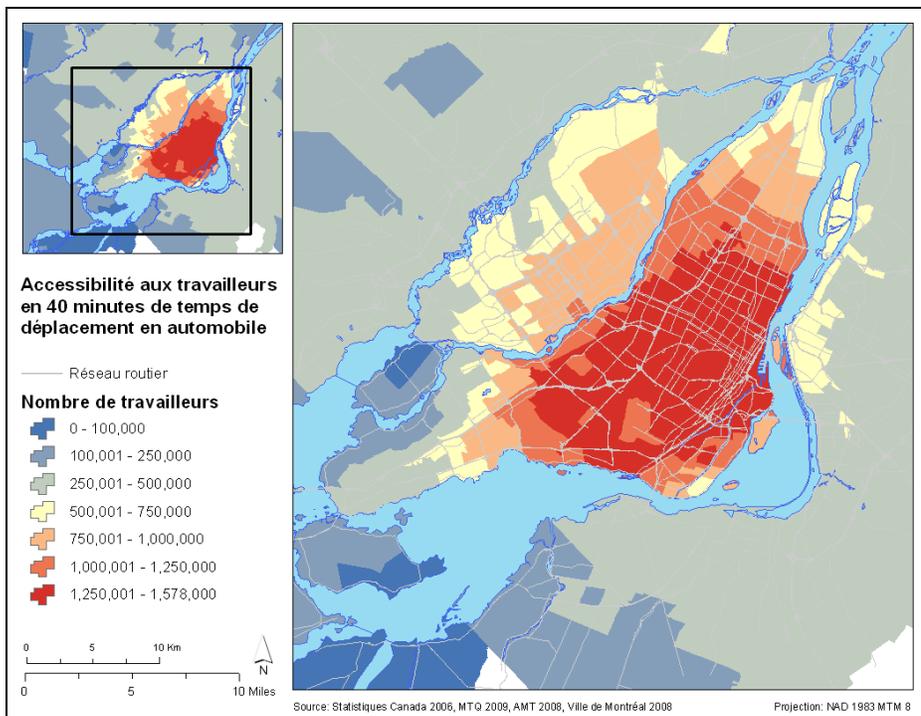


**30 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

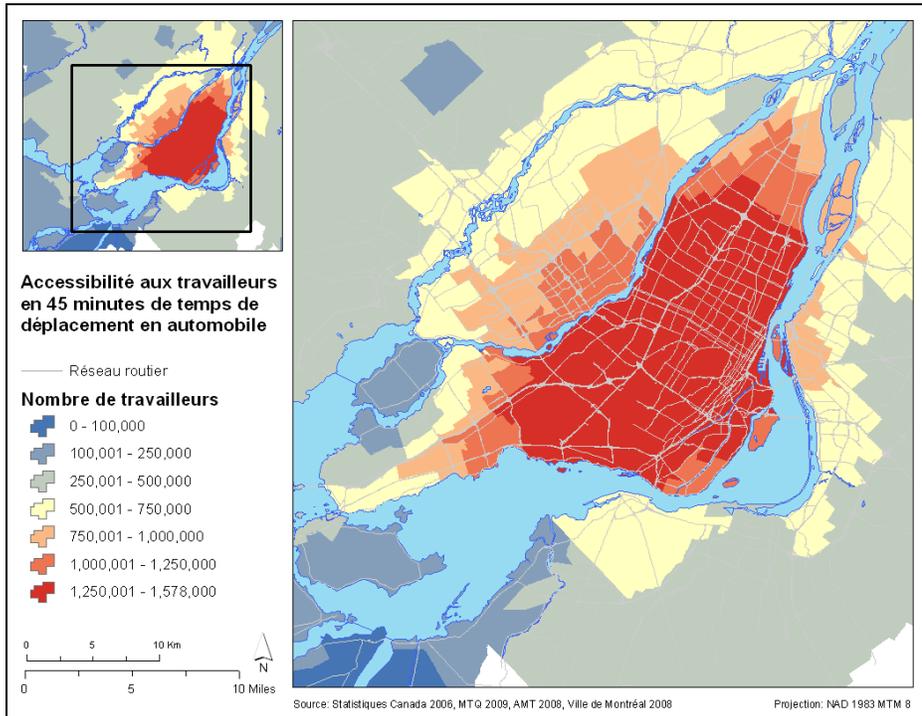


**35 minutes**

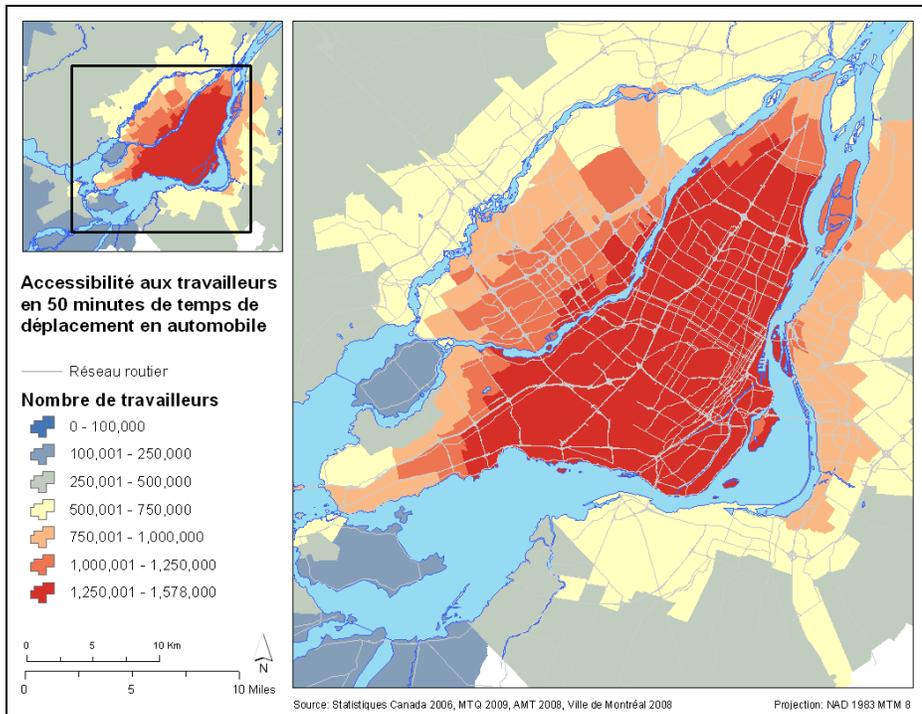


**40 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

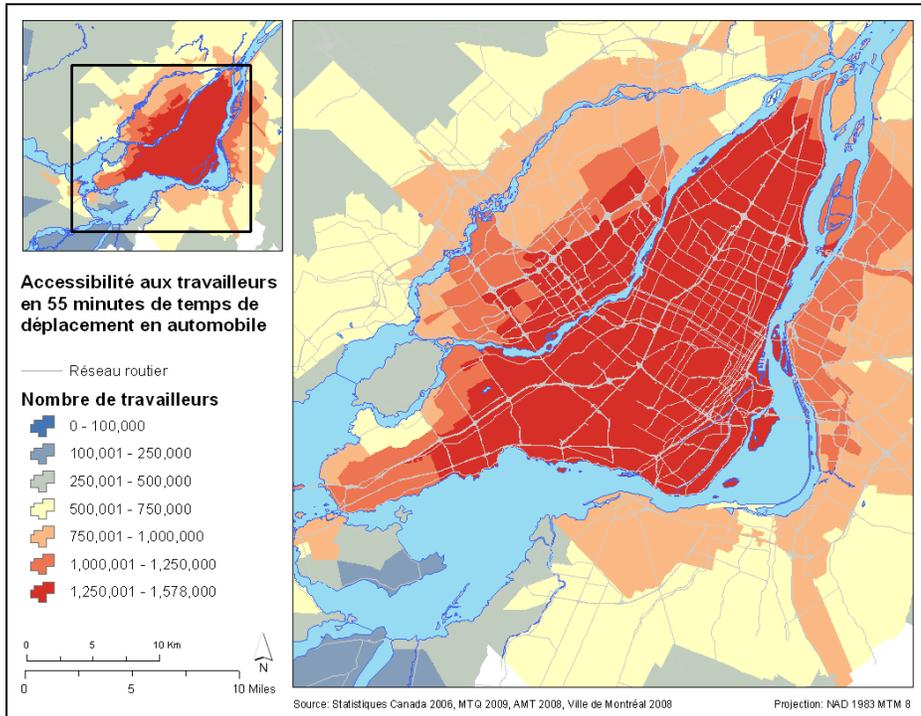


**45 minutes**

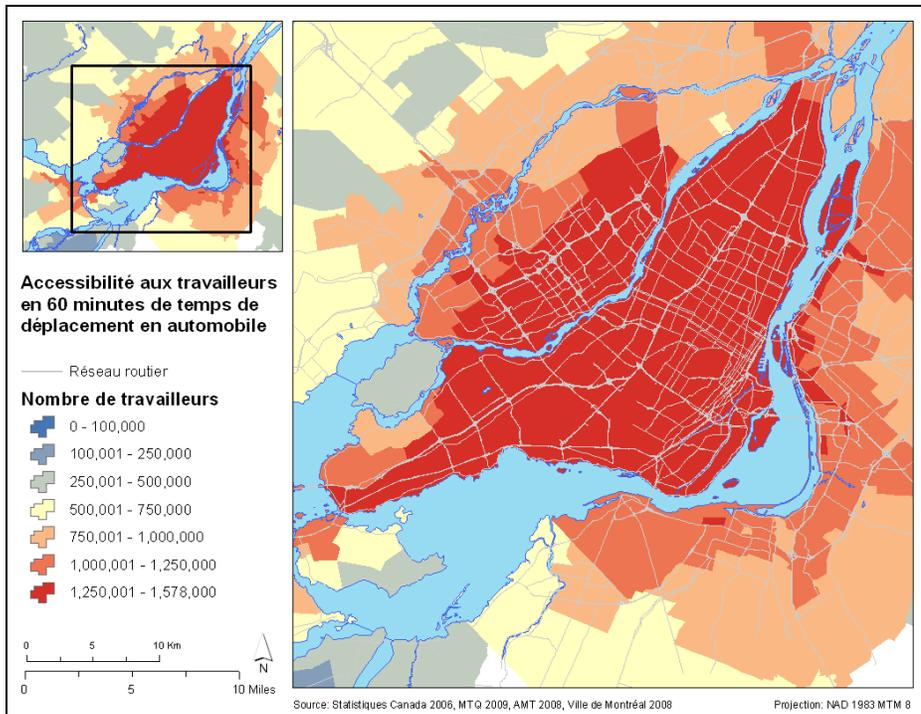


**50 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

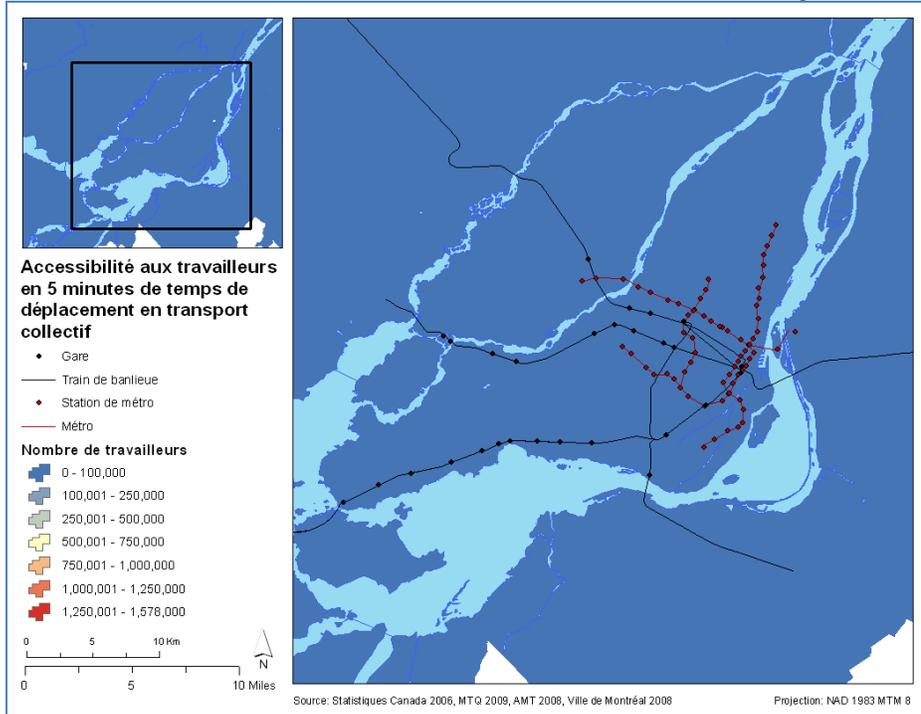


**55 minutes**



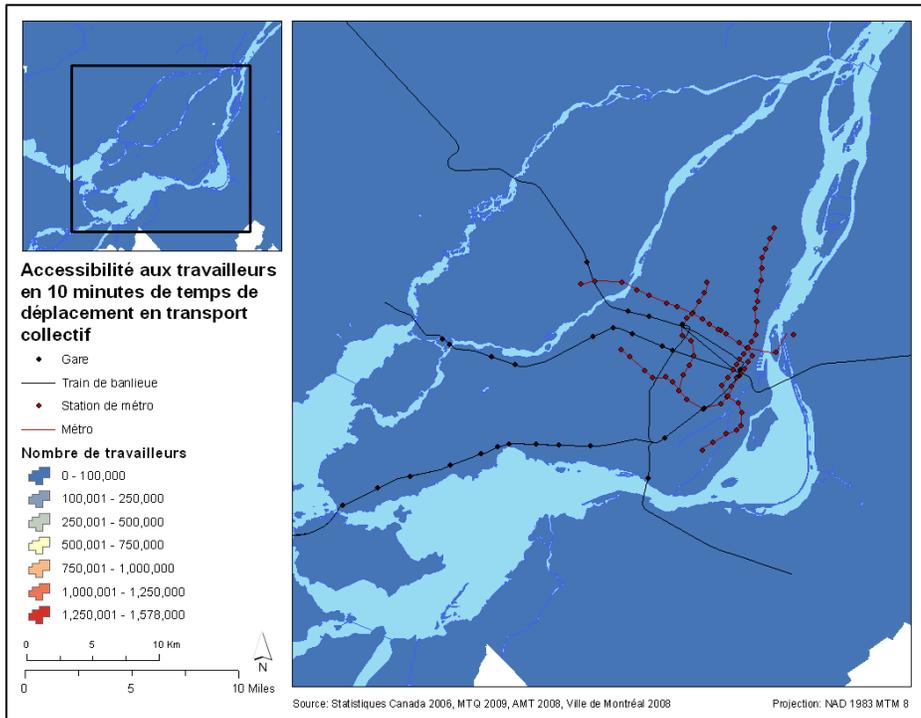
**60 minutes**

## 2.4. Accessibilité isochrone aux travailleurs en transport collectif

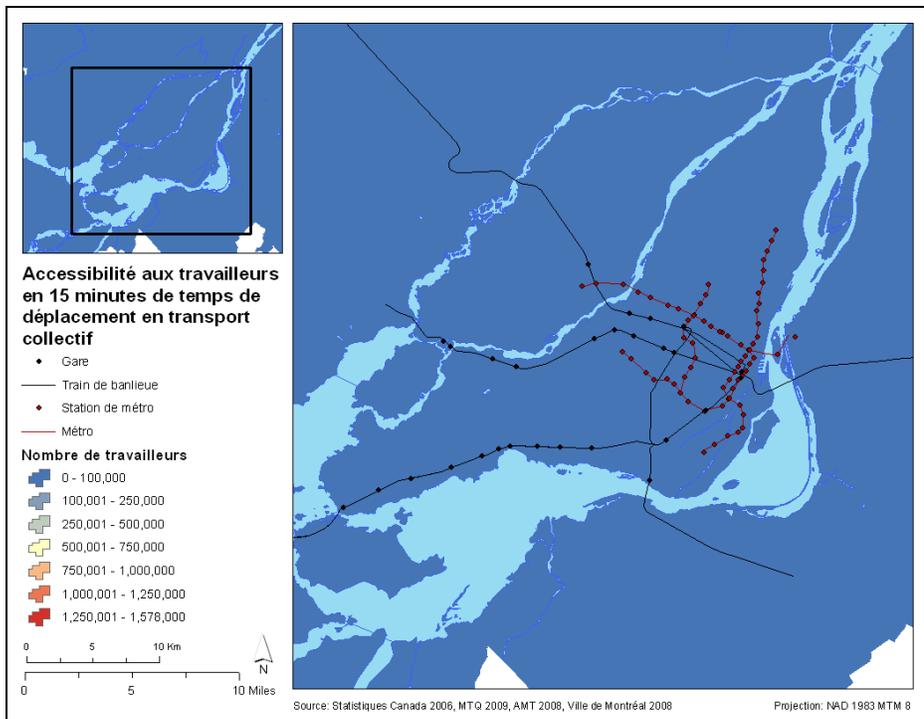


**5 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

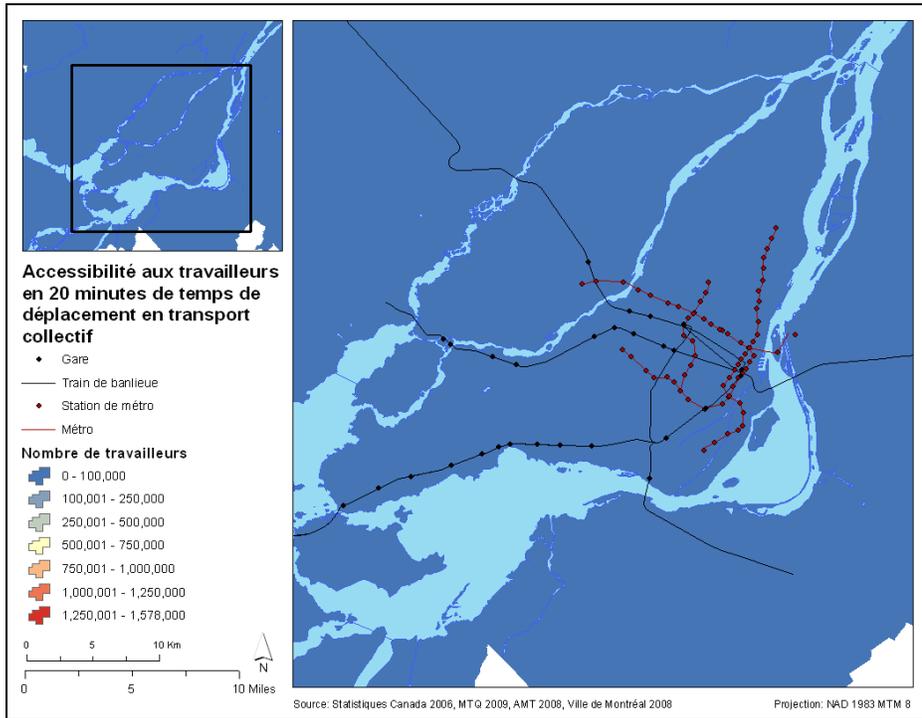


**10 minutes**

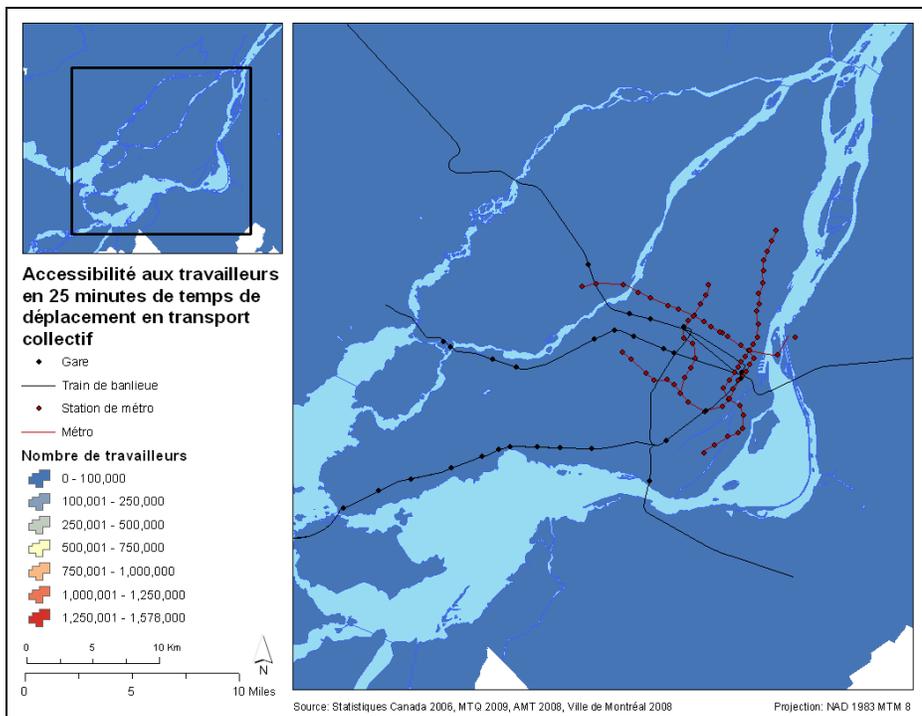


**15 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

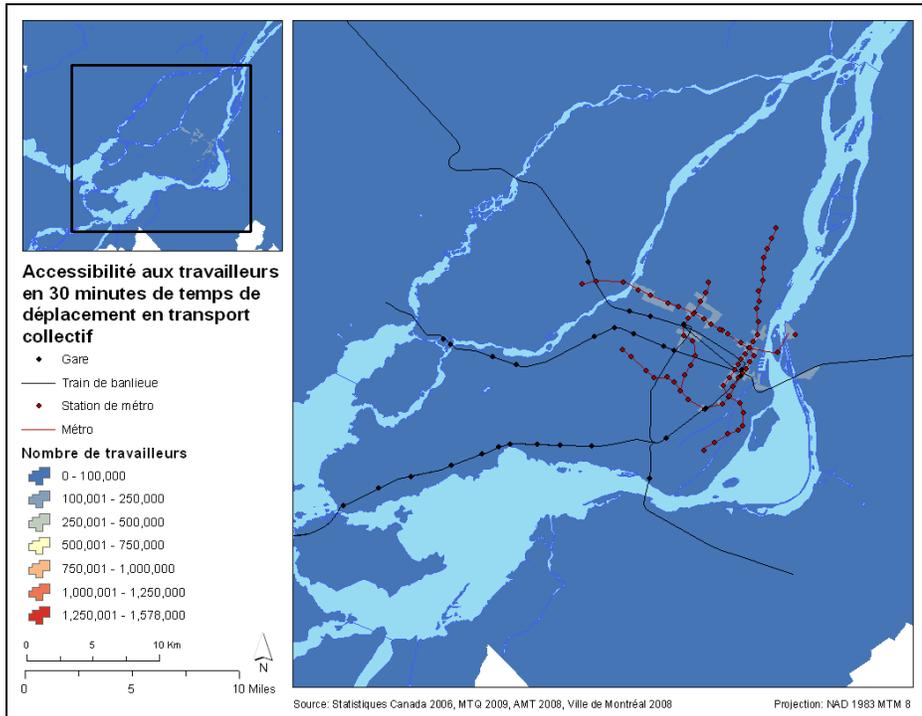


**20 minutes**

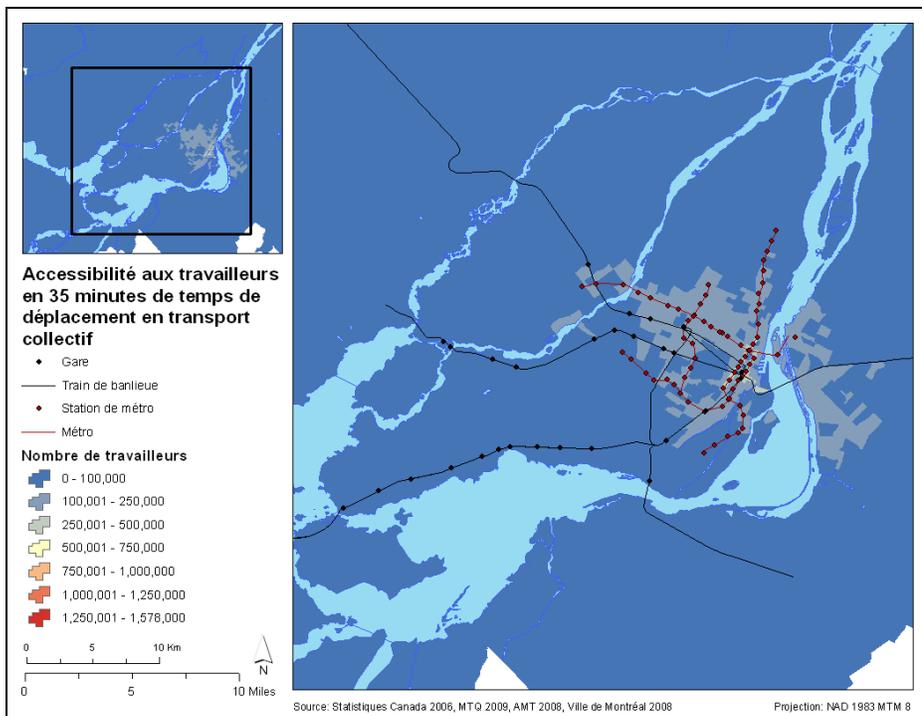


**25 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

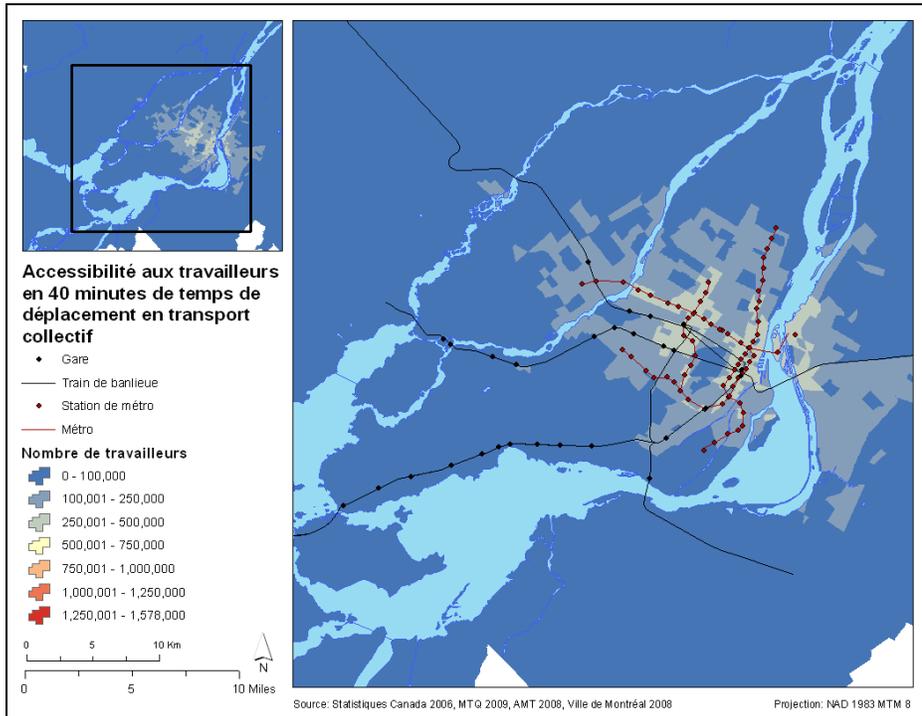


**30 minutes**

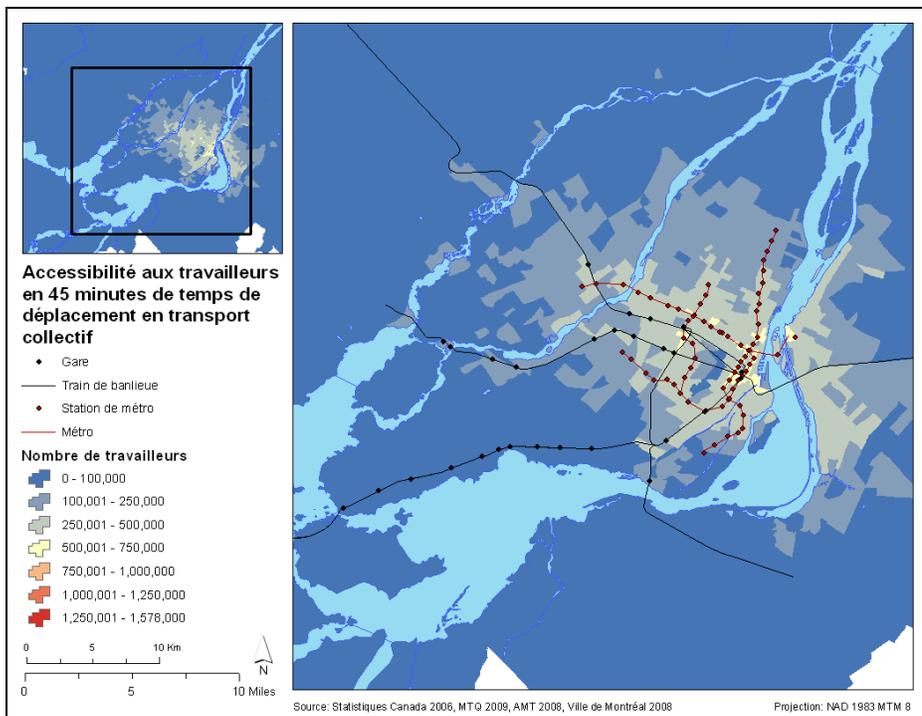


**35 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

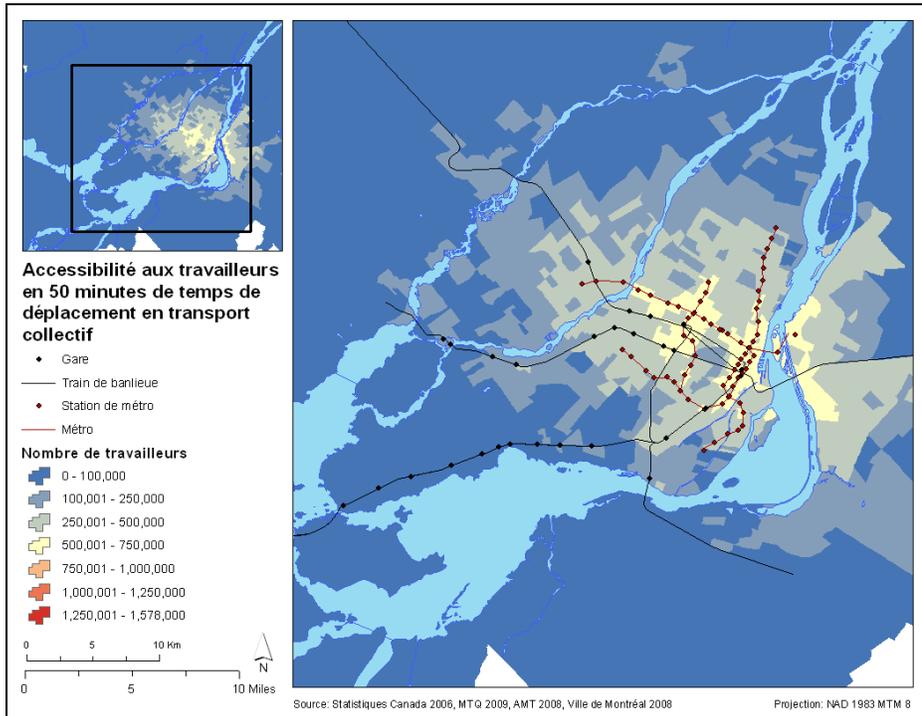


**40 minutes**

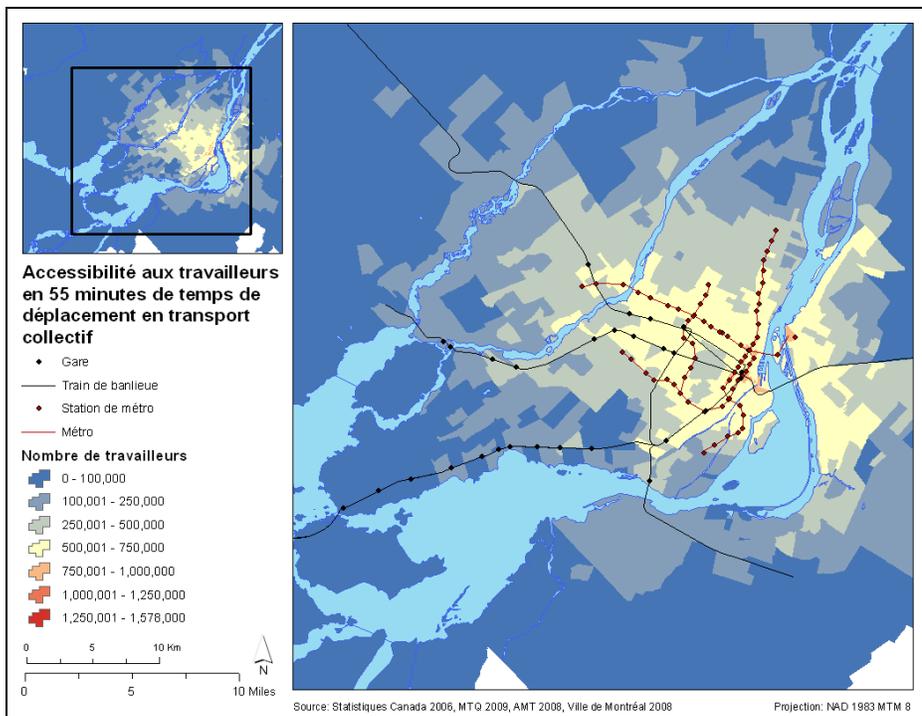


**45 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

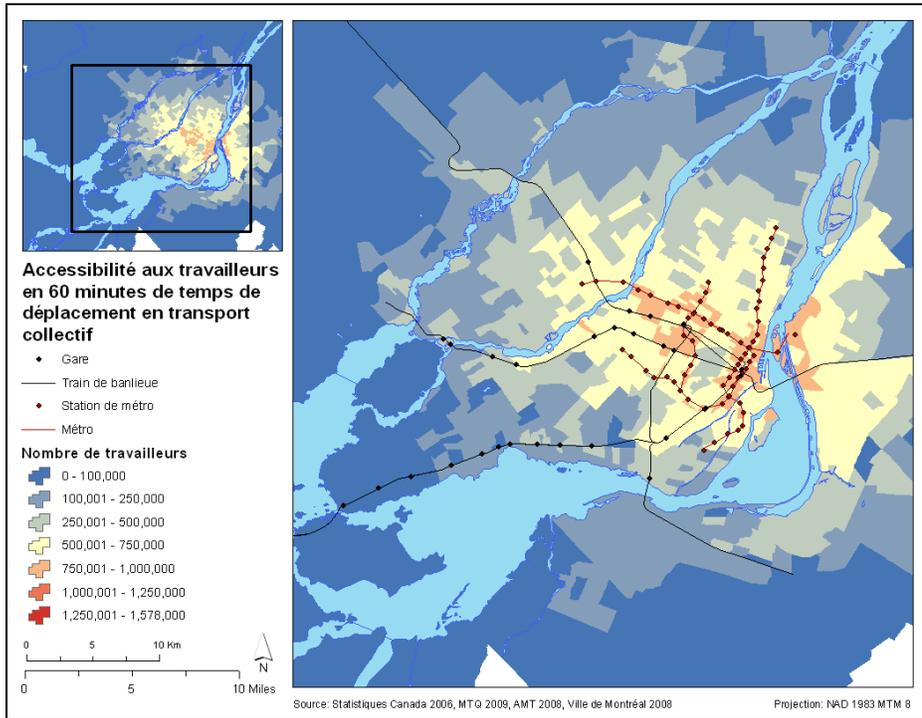


**50 minutes**



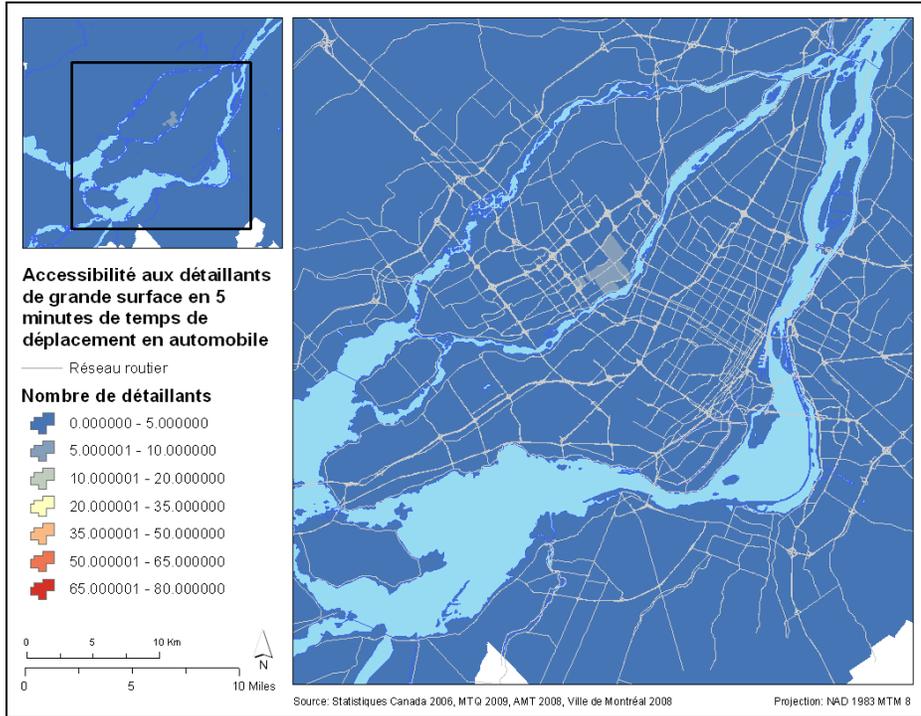
**55 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ



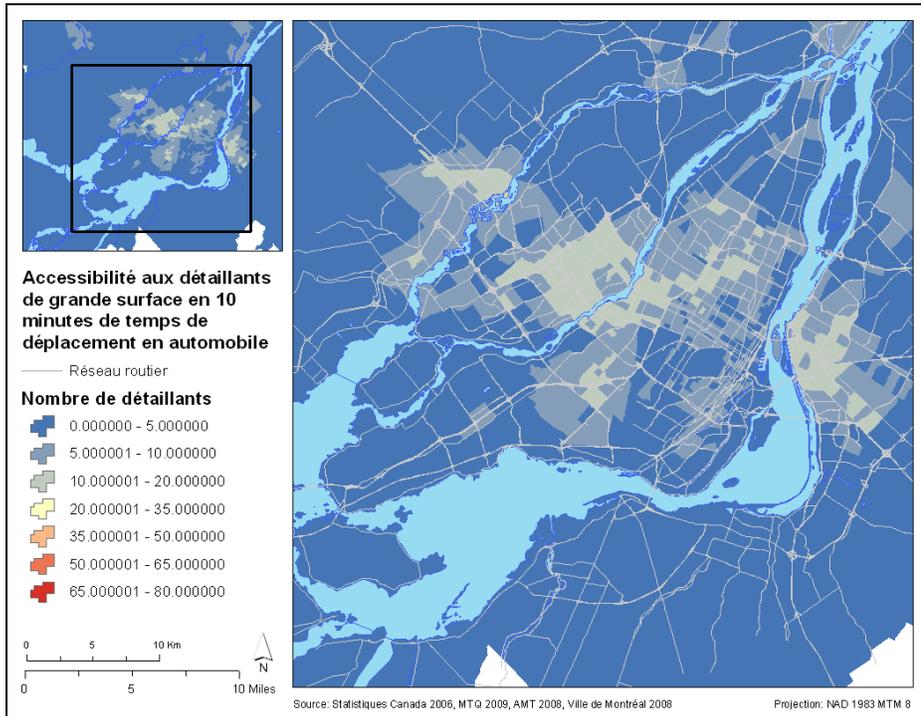
**60 minutes**

## 2.5. Accessibilité isochrone aux magasins à grande surface en automobile

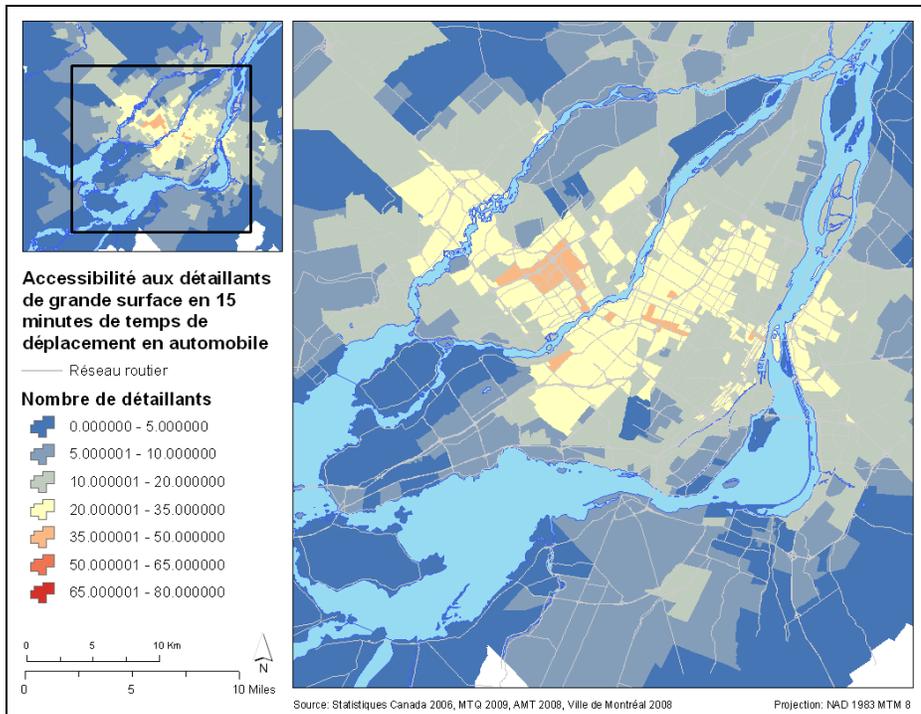


**5 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

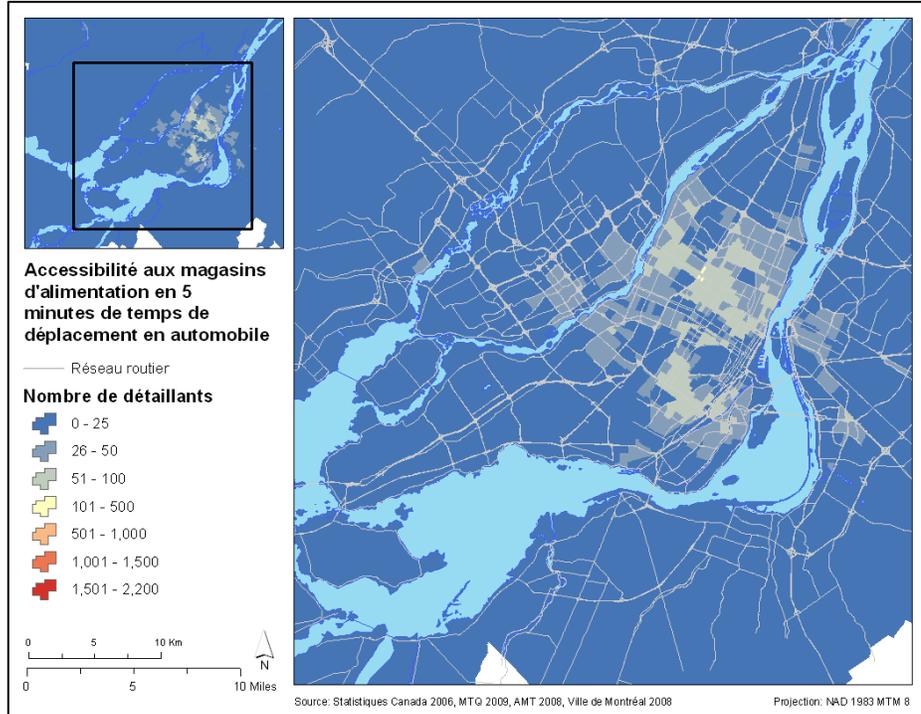


**10 minutes**

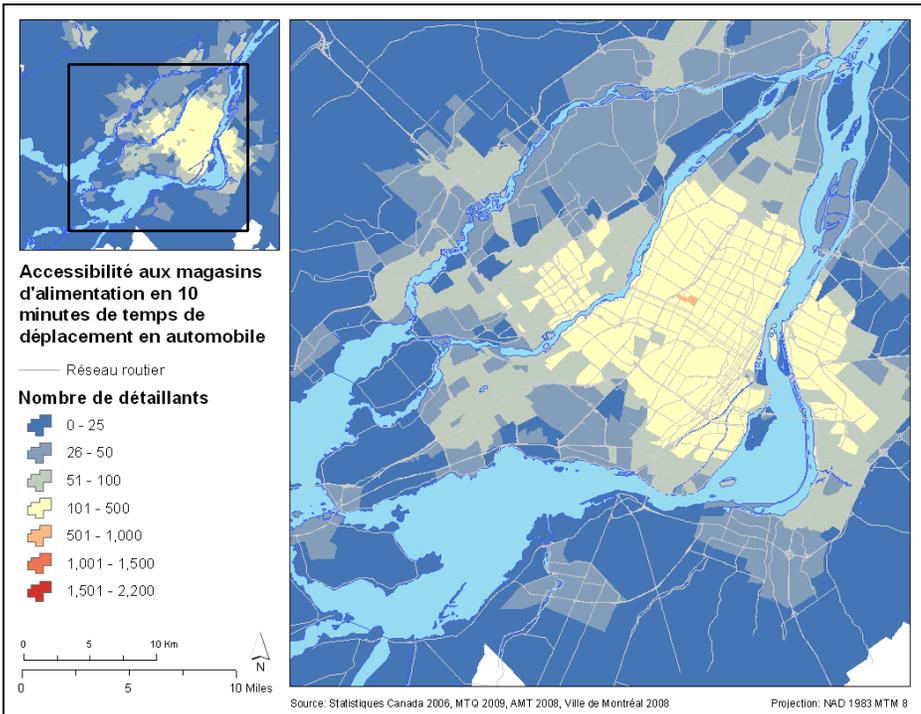


**15 minutes**

## 2.6. Accessibilité isochrone aux magasins d'alimentation en automobile

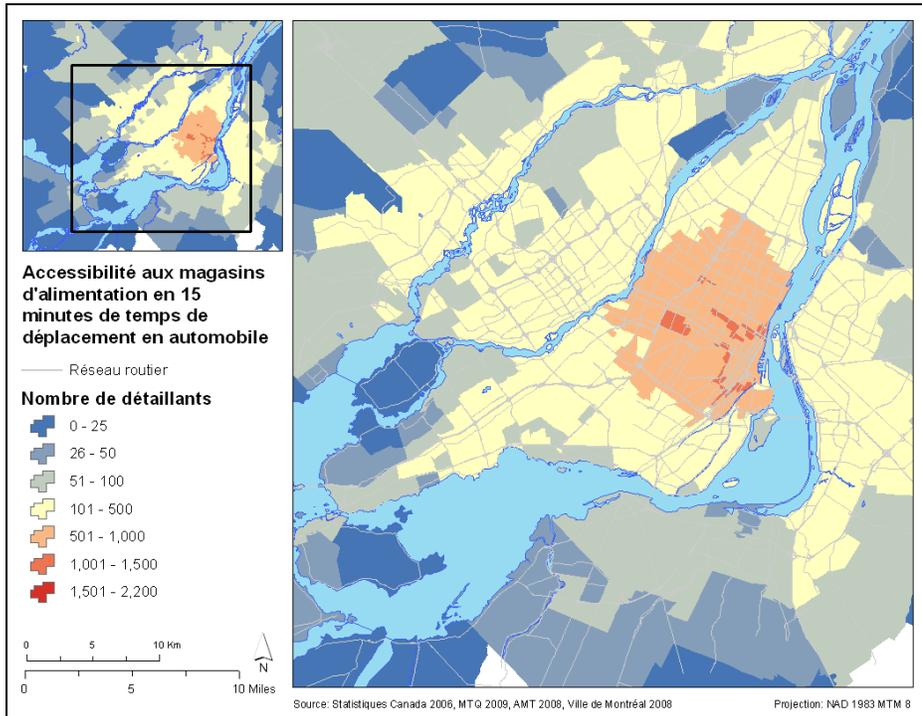


### 5 minutes



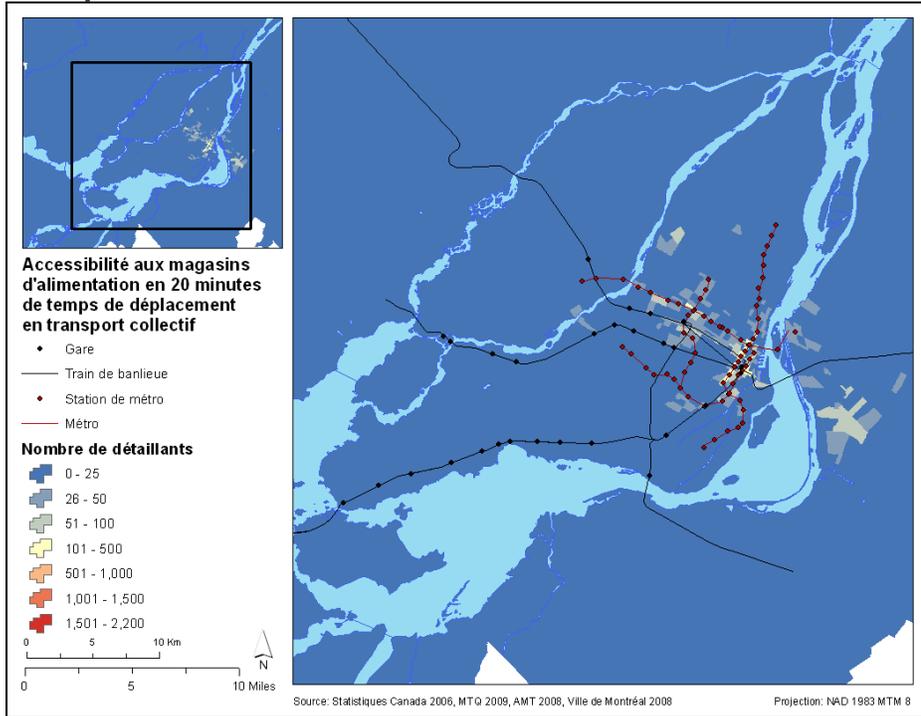
### 10 minutes

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ



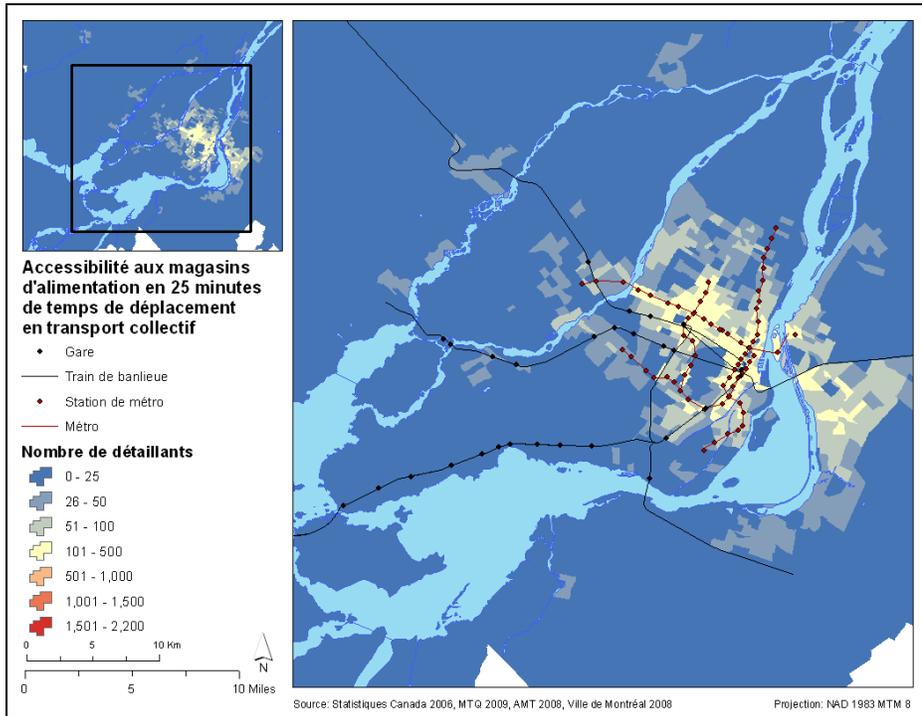
**15 minutes**

## 2.7. Accessibilité isochrone aux magasins d'alimentation en transport collectif

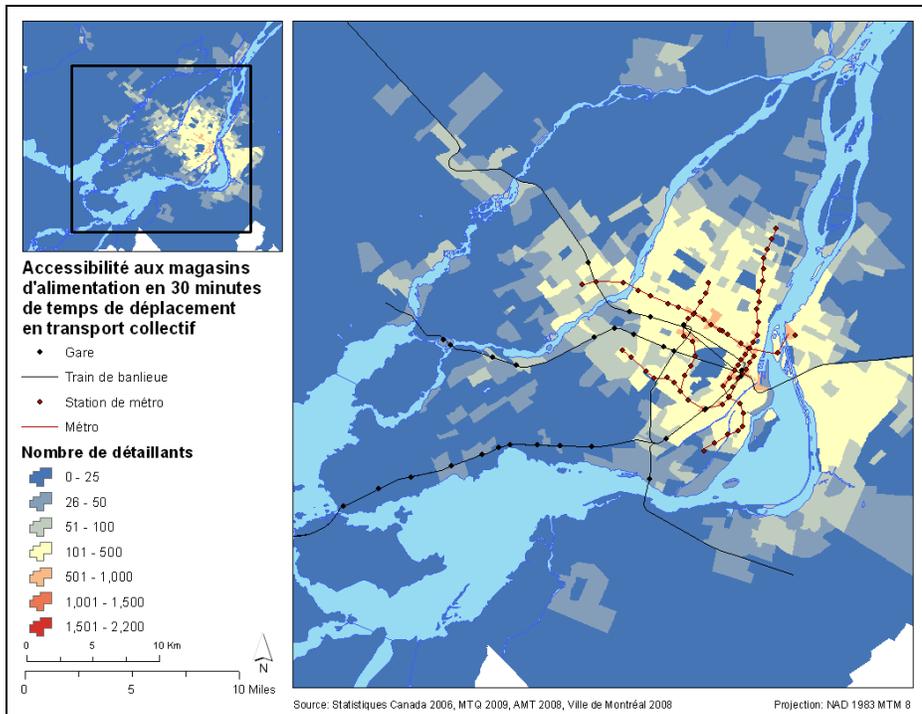


**20 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

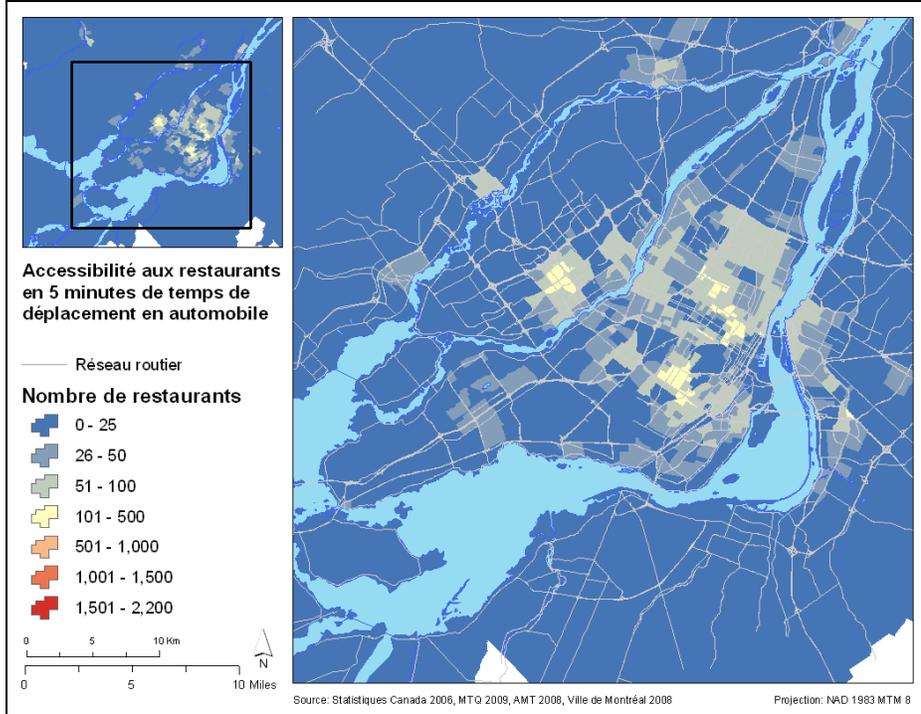


**25 minutes**

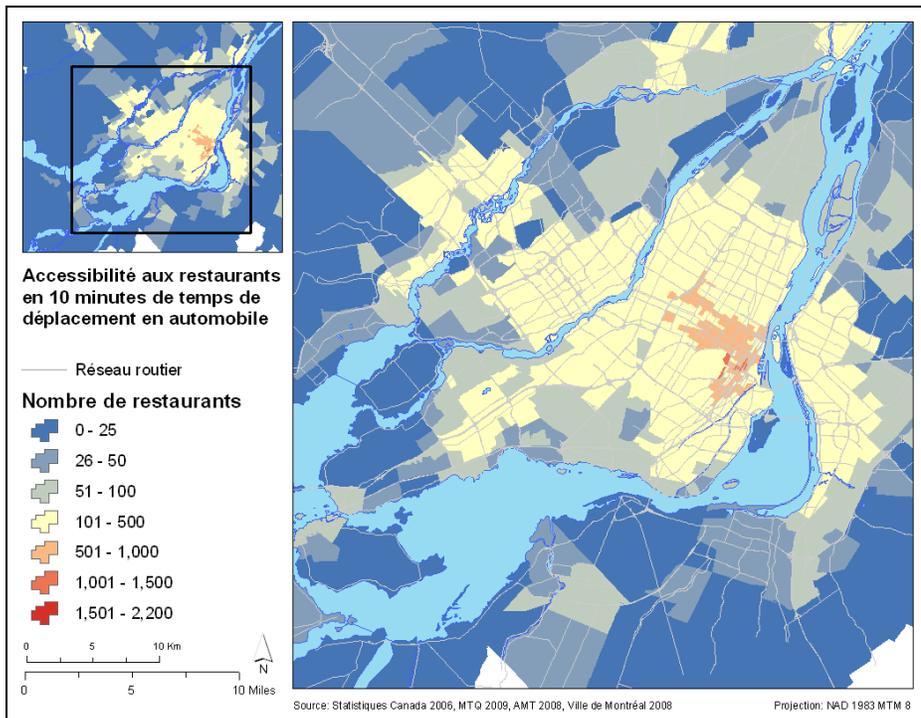


**30 minutes**

**2.8. Accessibilité isochrone aux restaurants en automobile**

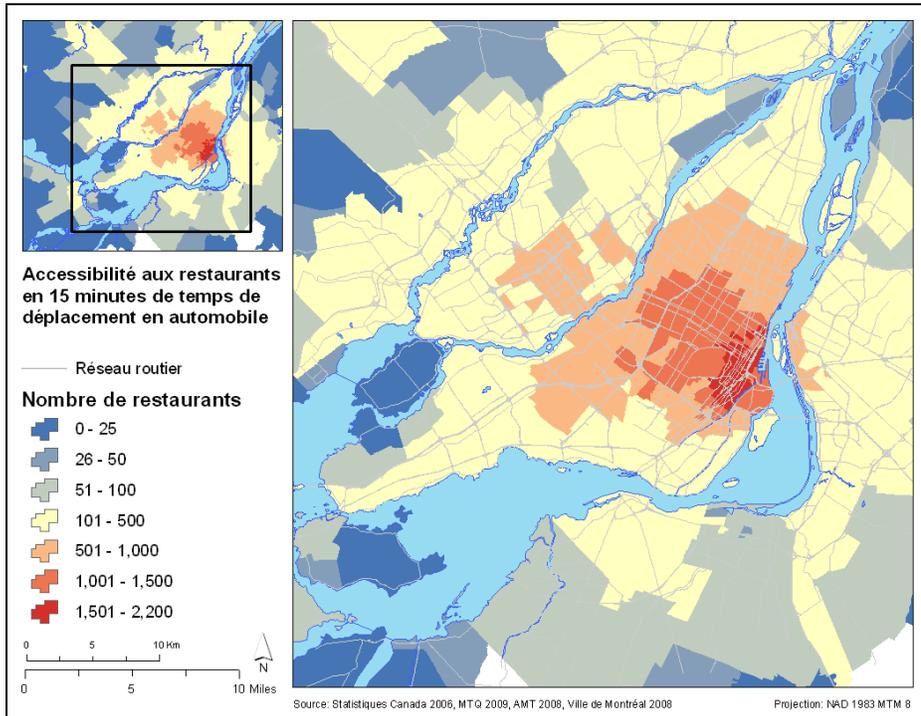


**5 minutes**



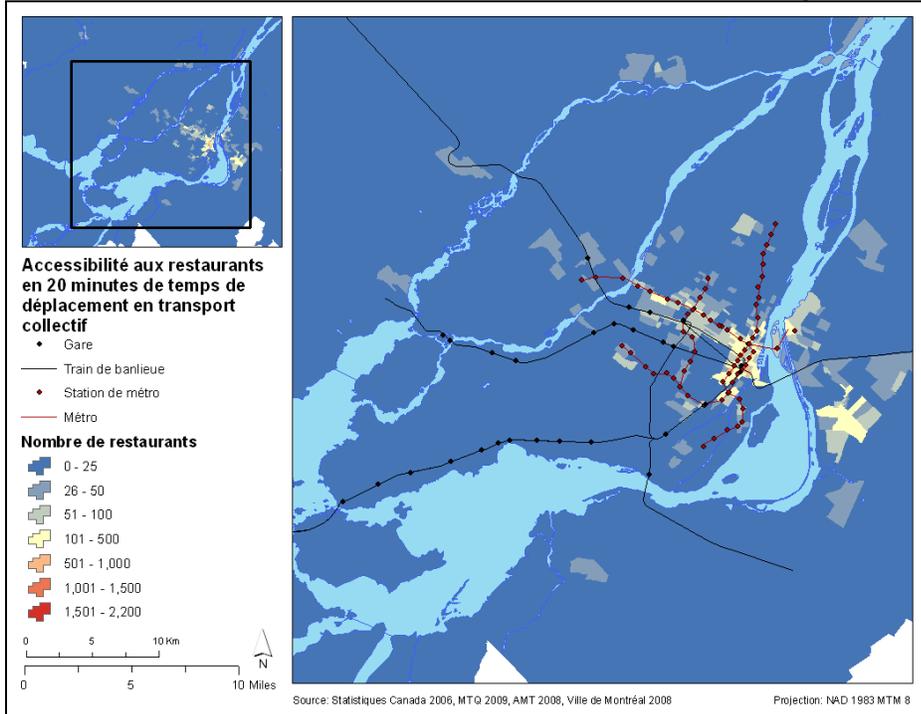
**10 minutes**

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ

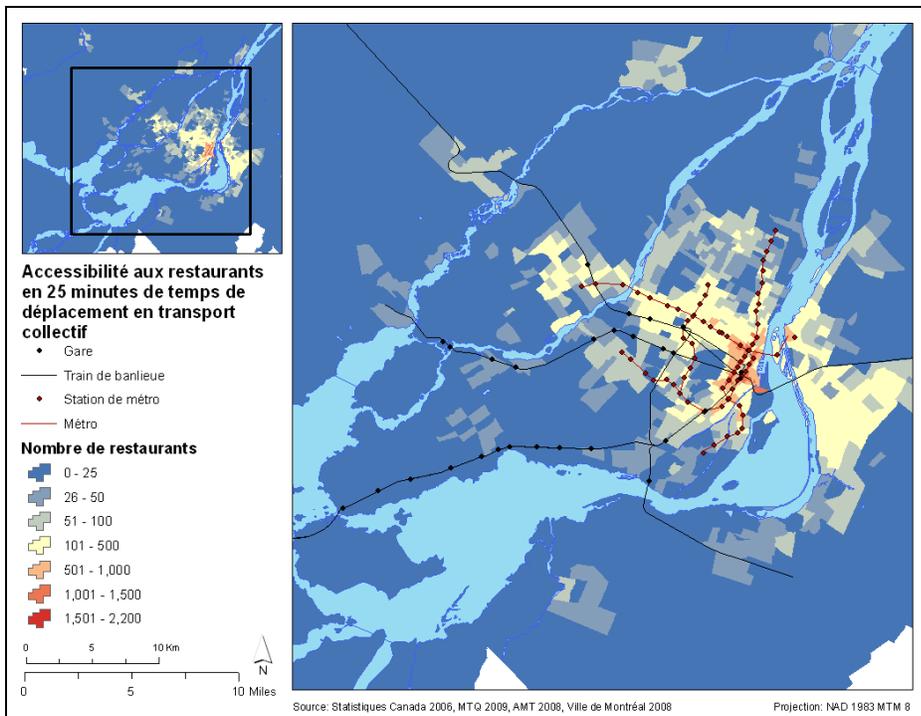


**15 minutes**

2.9. Accessibilité isochrone aux restaurants en transport collectif

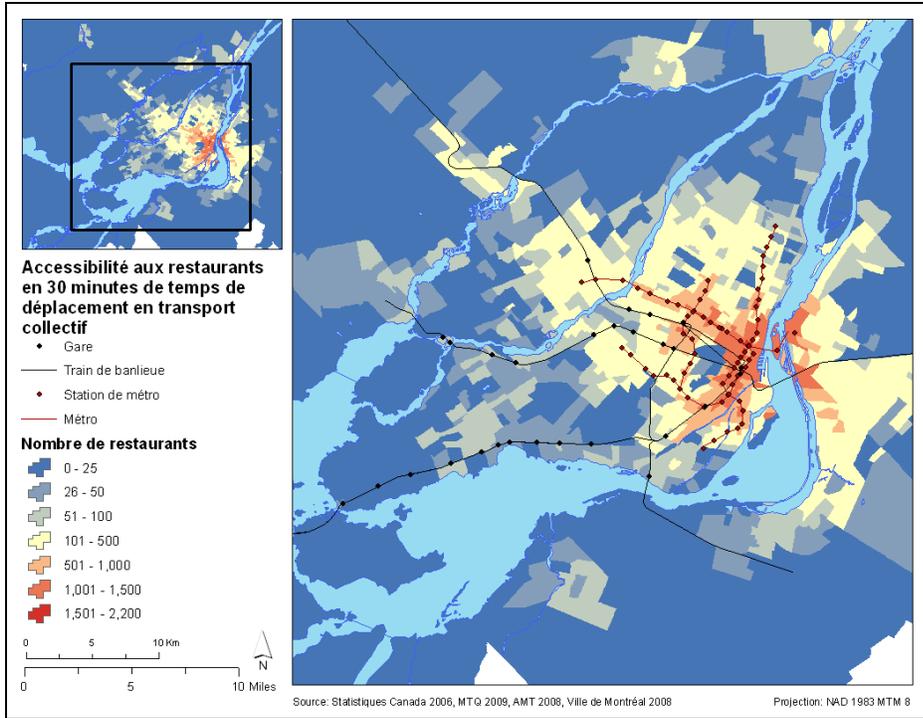


20 minutes



25 minutes

# MESURES D'ACCESSIBILITÉ



**30 minutes**