

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

MÉTHODE D'AIDE À LA DÉCISION POUR DÉTERMINER LA
LOCALISATION DES PASSAGES BRIGADIERS DANS L'AGGLOMÉRATION
DE MONTRÉAL

RAPPORT DE PROJET

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE EN GÉOGRAPHIE

PAR

MATHIEU RANCOURT

MARS 2015

REMERCIEMENTS

Je souhaite d'abord remercier mon directeur Monsieur Yann Roche, professeur à l'UQAM, pour m'avoir guidé tout au long de mon cheminement universitaire de deuxième cycle. Merci pour les conseils judicieux qui me seront utiles tout au long de ma vie professionnelle.

Un grand merci à ma codirectrice Madame Marie-Soleil Cloutier qui m'a accepté dans son équipe de recherche de l'INRS-UCS. Merci pour l'encadrement et les encouragements qui m'ont permis d'achever avec succès mon projet de maîtrise. De plus, j'ai pu profiter d'un environnement de travail stimulant au Laboratoire d'analyse spatiale et d'économie urbaine et régionale (LASER) de l'INRS.

Je veux adresser un merci tout spécial à mes parents, Alice et Michel, qui m'ont soutenu moralement et financièrement durant mes cinq années d'études universitaires. Finalement, merci à ma compagne de route Cynthia d'être à mes côtés depuis le tout début de mon aventure universitaire.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	viii
RÉSUMÉ	ix

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE ET ÉTAT DES CONNAISSANCES	1
1.1 Développement urbain et circulation automobile	1
1.2 Ampleur des blessés de la route au Québec et ailleurs	4
1.2.1 La vulnérabilité des enfants piétons	6
1.2.2 Facteurs de risque environnementaux	7
1.2.2.1 Volume de circulation	7
1.2.2.2 Largeur de la rue	8
1.2.2.3 Vitesse de la circulation	8
1.2.2.4 Densité de population.....	9
1.2.2.5 Niveau socioéconomique	9
1.3 Marche vers l'école et risque routier.....	10
1.3.1 Ampleur du déclin de la marche à l'école.....	11
1.3.2 Encourager la marche chez les jeunes.....	13
1.3.3 Stratégie de prévention en sécurité routière.....	15
1.3.4 Le programme de brigadiers adultes	15
1.4 Objectifs de la recherche	18

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE.....	19
2.1 Région à l'étude	19
2.2 Population à l'étude.....	20
2.3 L'approche géographique de superposition pondérée.....	23
2.4 Structuration de la base de données	25
2.4.1 Sources des données.....	26
2.4.2 Volume de circulation	26
2.4.3 Largeur de la rue	28
2.4.4 Densité de la population.....	28
2.4.5 Défavorisation	29
2.5 Superposition pondérée.....	31

CHAPITRE III

RÉSULTATS	34
3.1 Cartographie du risque d'accident piéton	34
3.1.1 Niveau de risque élevé	37
3.1.2 Niveau de risque faible.....	41
3.2 Validation des niveaux de risque	48
3.3 Exemple de permutation d'un passage brigadier	49
3.3.1 Étape 1 – Localisation de départ du brigadier.....	50
3.3.2 Étape 2 – Nouvelle localisation d'un brigadier.....	50

CHAPITRE IV

DISCUSSION	54
4.1 Retour sur les résultats	54
4.2 Recommandations	57
CONCLUSION	59
ANNEXES	61
BIBLIOGRAPHIE	76

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
1.1	Nombre de véhicules en circulation dans la région administrative de Montréal (2008 à 2012)	1
1.2	Nombre de piétons décédés sur les routes de la région administrative de Montréal (2008 à 2012)	3
1.3	Nombre de piétons blessés sur les routes de la région administrative de Montréal (2008 à 2012)	4
1.4	Déterminants de la gravité des blessures lors d'un accident piéton véhicule	6
1.5	Cercle vicieux associé à la décision de reconduire les écoliers en automobile	12
2.1	Emplacement géographique de l'agglomération de Montréal	19
2.2	Localisation des arrondissements de Montréal et des villes liées	21
2.3	Densité de la population âgée de 5 à 14 ans de l'île de Montréal	22
2.4	Exemple de calcul d'une superposition pondérée	24
2.5	Opérationnalisation des facteurs de risque selon les données disponibles	25
2.6	Organigramme méthodologique	33
3.1	Le risque d'accident impliquant un enfant piéton et un véhicule sur l'agglomération de Montréal	35
3.2	Axes routiers à risque élevé	36
3.3	Cartographie du risque d'accident piéton à Outremont	39
3.4	Cartographie du risque d'accident piéton à Verdun	40

3.5	Cartographie du risque d'accident piéton sur le Plateau-Mont-Royal	42
3.6	Cartographie du risque d'accident piéton à Mercier–Hochelaga-Maisonneuve	44
3.7	Cartographie du risque d'accident piéton à Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension	46
3.8	Cartographie du risque d'accident piéton à Beaconsfield	47
3.9	Emplacement d'un brigadier dans l'arrondissement Mercier–Hochelaga-Maisonneuve (Avenue Saint-Donat / Avenue de Vemeuil) PDQ 48	52
3.10	Proposition d'ajout d'un brigadier dans l'arrondissement Mercier–Hochelaga-Maisonneuve (Rue Sherbrooke E / Avenue de Granby) PDQ 48	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1.1	Risque lié à la traverse d'une rue	11
2.1	Données de base de la recherche	26
2.2	Hierarchie du réseau routier	27
2.3	Structuration du nombre de voies	28
2.4	Densité de la population (5 – 14 ans)	29
2.5	Répartition de l'indice de défavorisation des écoles primaires	30
2.6	Pondération des facteurs de risque	32
3.1	Liste des quartiers en fonction de la superficie de la zone à risque élevé (zone rouge élevée)	37
3.2	Liste des quartiers en fonction de la superficie de la zone à risque faible (zone verte élevée)	41
3.3	Statistiques selon le niveau de risque d'accident piéton dans l'agglomération de Montréal	48

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CGTSIM	Comité de gestion de la taxe scolaire de l'île de Montréal
DSP	Direction de santé publique de Montréal
FIT	Forum international des transports
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PDQ	Poste de quartier (SPVM)
SAAQ	Société de l'assurance automobile du Québec
SIG	Systemes d'information géographique
SPVM	Service de police de la Ville de Montréal
SR	Secteur de recensement

RÉSUMÉ

L'objectif principal de cette recherche est de cartographier le risque d'accident piéton véhiculé dans l'agglomération de Montréal afin de comparer ce risque avec la localisation actuelle des brigadiers scolaires adultes. S'adressant aux intervenants en sécurité routière, une méthode objective d'aide à la décision est élaborée pour la relocalisation d'un brigadier.

Comme outil de recherche, une superposition pondérée est utilisée dans un système d'information géographique (SIG). Pour atteindre notre but, quatre étapes sont exécutées: (1) structuration d'une base de données, (2) réalisation d'une superposition pondérée, (3) validation du résultat avec les accidents réels (piéton véhiculé) et (4) comparaison avec les passages brigadiers existants. Les quatre variables qui traduisent les facteurs de risque connus sont : la présence d'une artère (volume de circulation), le nombre de voies (largeur de la rue), la densité de la population (5 à 14 ans) et l'indice de défavorisation.

La zone rouge (risque élevé) occupe seulement 4% de la superficie, mais c'est dans cette zone qu'il y a le plus d'accidents (44 au km²). La répartition des densités d'accidents sur notre carte confirme la qualité de notre résultat. Notre cartographie du risque atteste que la distribution des brigadiers est globalement bien répartie dans l'île de Montréal. Il est toutefois possible d'améliorer la répartition géographique des brigadiers et cette recherche le démontre par un exemple concret.

L'agglomération de Montréal est un territoire hétérogène. Les réalités de l'Ouest, du Centre et de l'Est de l'île ne sont pas les mêmes. L'échelle appropriée pour la permutation d'une traverse brigadier est celle de l'agglomération. Plus l'échelle est globale, plus la relocalisation d'un brigadier est simplifiée et optimale. Avant et après une permutation, il est essentiel de bonifier les résultats de cette méthode par un suivi sur le terrain avec une grille d'observation, car plusieurs caractéristiques d'une intersection peuvent venir modifier une décision. En suivant notre méthode de relocalisation d'un brigadier de façon stricte, le constat est que les cas extrêmes sont rares. Il n'a pas été envisagé que la zone jaune (risque moyen) soit aussi importante en superficie. Pour ces raisons, une nouvelle piste de recherche serait de réappliquer cette méthode uniquement sur le niveau de risque moyen pour obtenir des gains.

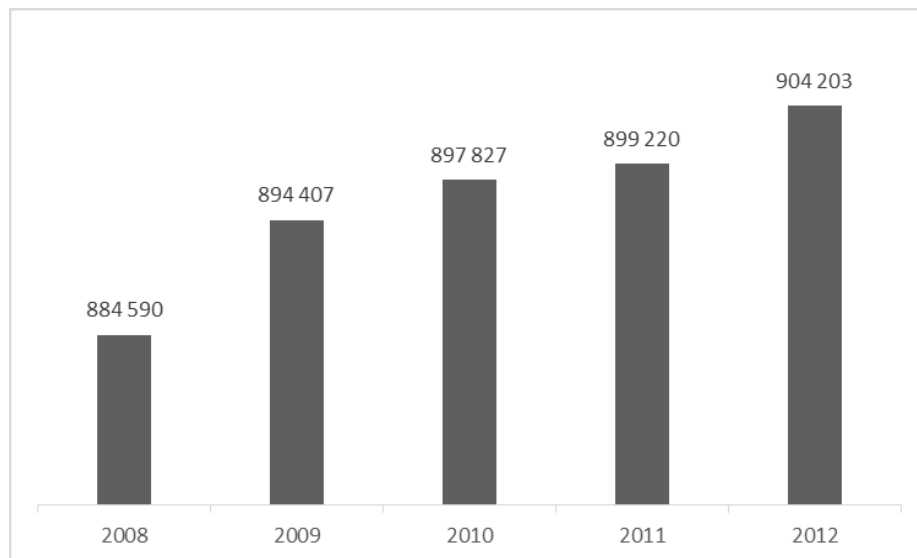
Mots clés : accident routier, enfant piéton, superposition pondérée, systèmes d'information géographique

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE ET ÉTAT DES CONNAISSANCES

1.1 Développement urbain et circulation automobile

En Amérique du Nord, l'aménagement des villes est structuré par de grands axes routiers. Le développement urbain des dernières décennies a organisé le territoire le long de ces grandes artères routières (Pawlas, 2011). Les urbanistes des cinquante dernières années ont aménagé l'espace urbain afin d'accommoder les automobilistes. Il en résulte que le piéton est interdit sur la rue et confiné au trottoir. La suprématie de l'automobile a transformé la ville piétonnière en une ville routière (Mignot, 2001). À travers ce processus, nous sommes devenus dépendants de l'utilisation de l'automobile et rien n'indique que cette domination va cesser dans les prochaines années (Dupuy, 2006) (Figure 1.1).



Source : Rancourt, données de la SAAQ (2013), p. 158

Figure 1.1 Nombre de véhicules en circulation dans la région administrative de Montréal (2008 à 2012)

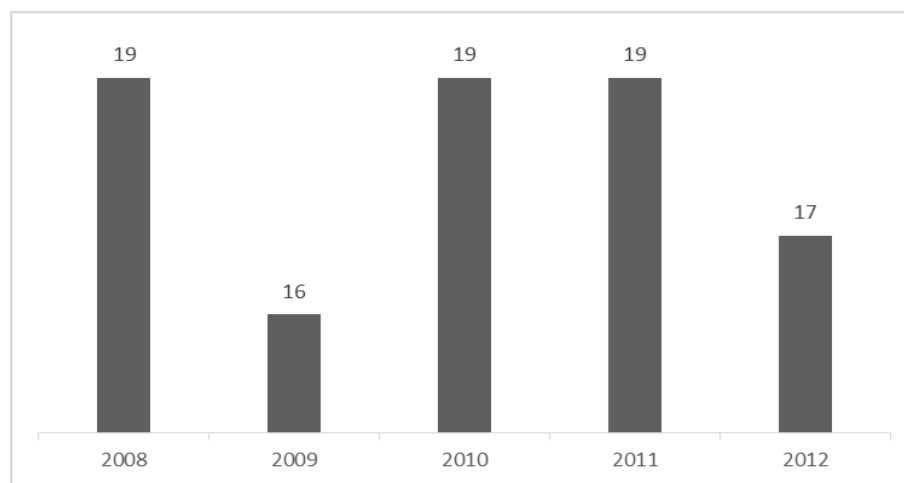
Cette façon de concevoir la ville n'est pas sans conséquence. C'est ainsi que le trafic motorisé est la cause de plusieurs problèmes qui affectent les sociétés urbaines contemporaines (Dupuy, 2006 ; Mignot, 2001). Le bruit, la pollution atmosphérique et les accidents de la route sont devenus une plaie pour le développement des villes historiquement axées sur l'automobile comme l'a démontré la Direction de santé publique de Montréal (DSP) dans un rapport exhaustif traitant du transport urbain (DSP, 2006). De ces conséquences du transport sur la santé, la présente recherche s'attarde plus précisément aux accidents de la route.

Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), à l'échelle mondiale, près de 1,3 million de décès surviennent annuellement en raison d'un accident de la route (OMS, 2013). Les traumatismes dus aux accidents de la route sont la huitième cause de décès dans le monde. Si rien n'est fait pour améliorer la situation, l'OMS estime que les accidents de la circulation vont grimper au cinquième rang des causes de décès d'ici 2030. Plus de 20% du total de ces décès concernent les piétons. À cette échelle globale, on pointe du doigt les routes en mauvais état ou les densités de population très élevées pour expliquer ce risque d'accident. Toutefois, ces explications s'appliquent peu aux pays développés occidentaux.

Au Québec, selon un récent bilan de la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ), il y a eu 436 décès sur les routes en 2012 tous usagers confondus (SAAQ, 2012). Ceci représente une baisse de 18% comparativement à la moyenne 2007-2011. De ce nombre total, 53 décès étaient des piétons, ils représentent donc 12% des décès de la route. Pour tous les usagers de la route, le bilan de la SAAQ est en constante amélioration. De 1978 à 2012, le nombre de décès sur les routes a diminué de 75% (SAAQ, 2012). Cette importante diminution des accidents est attribuable à plusieurs facteurs comme les campagnes de sensibilisation, la surveillance policière, le port de la ceinture et les différentes mesures législatives (Dussault, 2002). Nous pouvons ajouter à cela les nombreuses corrections de

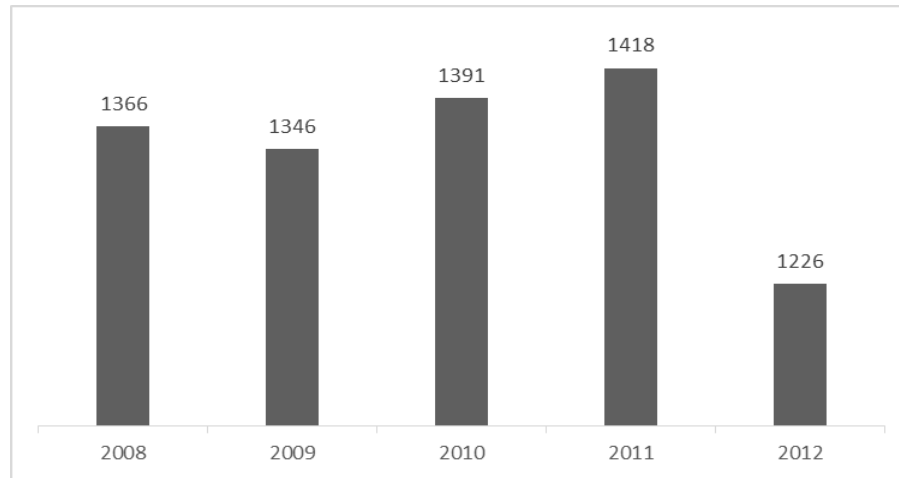
l'environnement urbain routier et les nouvelles normes de sécurité des véhicules motorisés. Toutefois, sans vouloir minimiser le travail de sécurité routière des dernières années, il faut mentionner que la mobilité piétonne a parallèlement diminué (FIT, 2012 ; Morency, 2010). En conséquence, il devient de plus en plus difficile d'obtenir des gains en matière de sécurité routière, en particulier chez les usagers vulnérables (Dussault, 2002).

Dans la région administrative de Montréal, il y a eu 1 243 victimes d'accident de la route impliquant un piéton en 2012 (SAAQ, 2013). Depuis les cinq dernières années, le bilan de la région de Montréal est resté presque inchangé. Les figures 1.2 et 1.3 démontrent cette stagnation du nombre de piétons blessés ou décédés dans la région de Montréal de 2008 à 2012. Une seule exception, l'année 2012 affiche une légère diminution des blessés.



Source : Rancourt, adaptation de SAAQ (2013), p. 91

Figure 1.2 Nombre de piétons décédés sur les routes de la région administrative de Montréal (2008 à 2012)



Source : Rancourt, adaptation de SAAQ (2013), p. 91

Figure 1.3 Nombre de piétons blessés sur les routes de la région administrative de Montréal (2008 à 2012)

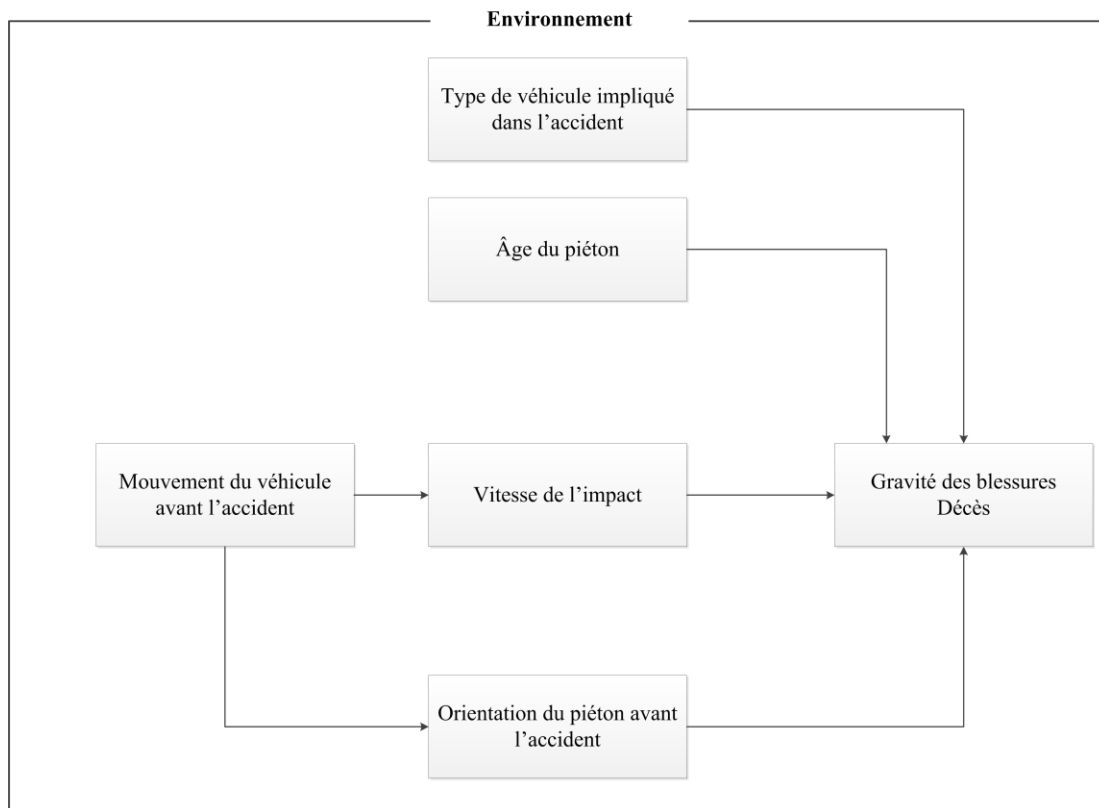
1.2 Ampleur des blessés de la route au Québec et ailleurs

Nous sommes peu conscientisés au risque d'accident routier (Khlifi, 2011). L'accident de la circulation est vu comme un événement hors de notre contrôle que l'on subit et dont nous ne sommes pas responsables. Dans les sociétés occidentales, la prise de risque est même valorisée. Prenons pour exemples les publicités automobiles qui mettent en valeur la conduite rapide ou encore le cinéma qui présente des poursuites automobiles spectaculaires.

La définition de l'accident se veut « *un événement fortuit, imprévisible* » tandis que la collision est associée à l'impact entre deux usagers de la route, c'est « le choc de deux corps qui se rencontrent » (Petit Robert 2007). En sécurité routière, on considère l'accident comme évitable et une stratégie de prévention peut réduire le risque d'accident (Toroyan et Peden, 2007). Le réseau routier ne sera jamais parfaitement sécuritaire puisque nous ne sommes jamais à l'abri d'une erreur humaine (Arason, 2014). Par contre, puisque le réseau routier est une créature de l'homme, ce dernier peut assurément le configurer afin de le rendre plus sécuritaire.

Le sens du terme risque varie en fonction du domaine d'étude. Dans le domaine de l'accidentologie, le risque a une connotation négative. Le ministère de la Sécurité publique du Québec (2008) définit le risque comme une « *combinaison de la probabilité d'occurrence d'un aléa et des conséquences pouvant en résulter sur les éléments vulnérables d'un milieu donné* ». L'aléa est un événement imprévisible pouvant causer des dommages. Pour en juger l'importance, on utilise le plus souvent son intensité, sa probabilité d'occurrence et sa localisation spatiale. Le risque se situe à la jonction de l'aléa et de la vulnérabilité d'une population.

On définit l'accident corporel de la circulation comme un « *accident impliquant au moins un véhicule routier en mouvement, survenant sur une voie ouverte à la circulation publique, et dans lequel au moins une personne est blessée ou tuée* » (INSEE, 2014). Chaque accident entre un piéton et un véhicule comporte quatre éléments : un piéton, un conducteur, un véhicule et un environnement. L'interaction de ces éléments détermine le type et la sévérité de l'accident. Dans les stratégies de réduction du risque au moins une de ces facettes est concernée. Dans leur recherche, Roudsari, Kaufman et Koepsell (2006) établissent la chaîne d'événements qui mènent à un accident piéton véhicule (Figure 1.4). Ce modèle conceptuel établit que la sévérité des blessures d'un piéton qui est victime d'une collision est liée à la vitesse d'impact ainsi qu'à l'angle du piéton et de la voiture avant l'impact. Dans cette recherche, l'accident implique une collision entre un véhicule motorisé et un enfant piéton.



Source : Rancourt, adaptation de Roudsari, Kaufman et Koepsell (2006), p. 284

Figure 1.4 Déterminants de la gravité des blessures lors d'un accident piéton véhicule

Comme nous le verrons, de tous les piétons impliqués dans un accident, c'est l'enfant qui se déplace à pied qui se trouve le plus à risque. La section suivante dresse le portrait des différents facteurs de risque auxquels un enfant piéton est exposé lorsqu'il circule dans la ville.

1.2.1 La vulnérabilité des enfants piétons

En raison de leur manque de protection et de leur vitesse de déplacement lente, les piétons impliqués dans une collision sont blessés plus sévèrement. (Moudon *et al.*, 2011). Paradoxalement, ceux qui marchent le plus sont les usagers les plus vulnérables, soient les enfants et les personnes âgées (Mignot, 2001). Ces usagers de la route dépendent en grande partie de la marche pour assurer leurs déplacements,

puisqu'ils ne peuvent conduire une voiture (FIT, 2012). L'enfant piéton est plus à risque d'accident de la route que les adultes, car sa petite taille l'empêche de bien voir la circulation et d'être vu par les automobilistes (Pitcairn et Edlmann, 2000).

1.2.2 Facteurs de risque environnementaux

Selon Cottrill et Thakuriahb (2010), il est possible de séparer les facteurs de risque en deux groupes d'indicateurs. Le premier concerne les facteurs environnementaux comme l'accessibilité à un arrêt d'autobus, la présence d'un passage piéton, le volume de trafic ou la longueur des routes. Le deuxième groupe de facteurs concerne les indicateurs associés au contexte socioéconomique comme le revenu médian, la densité de population, le taux de motorisation ou la langue parlée. Suivant cette même logique, nous pouvons diviser les facteurs selon leurs influences directes ou indirectes sur le risque d'accident (Cloutier, 2008). Par exemple, un facteur de risque direct peut être illustré par la vitesse de la circulation routière et un facteur de risque indirect par la pauvreté d'un quartier. C'est l'exposition à la circulation routière qui différencie ces deux types de facteurs de risque. Voici les principaux facteurs de risque de collision entre un piéton et une voiture que l'on retrouve dans la littérature.

1.2.2.1 Volume de circulation

Un haut volume de circulation représente un risque important pour la sécurité des piétons (Cloutier, 2008 ; LaScala, Gerber et Gruenewald, 2000 ; Lee et Abdel-Aty, 2005 ; Morency *et al.*, 2011 ; Roberts, Marshall et Lee-Joe, 1995 ; Wier *et al.*, 2009 ; Yiannakoulias *et al.*, 2002). Une circulation routière à haut débit donne moins la chance de pouvoir traverser une rue passante ce qui entraîne parfois des prises de décisions risquées (Transports Québec, 2009). Une étude de Miranda-Moreno, Morency et El-Geneidy (2011) effectuée à Montréal démontre qu'une réduction de 30% du volume de trafic peut diminuer le risque moyen de piétons blessés de 50% aux intersections observées. En raison de leur développement cognitif non achevé, les

enfants sont particulièrement à risque dans un haut débit de circulation routière. La hiérarchie du réseau routier est considérée comme un indicateur du volume de véhicules qui circulent sur les rues d'une ville (Miranda-Moreno, Morency et El-Geneidy, 2011). Dans la plupart des cas, un axe routier majeur possède un plus grand volume de circulation routière. Par conséquent, les artères principales et les rues collectrices sont aussi associées à un grand nombre d'accidents (DSP, 2013). Les écoliers qui marchent sur le chemin de l'école sont plus à risque lorsqu'ils circulent sur une route à haut volume de circulation (Morency *et al.*, 2011).

1.2.2.2 Largeur de la rue

L'exposition au risque d'un piéton est liée au temps durant lequel il se trouve sur la chaussée. Corollairement, une rue large augmente le risque d'accident routier (Garder, 2004). Plus il y a de voies de circulation, plus le piéton est à risque de se faire frapper par un véhicule, car il est plus longtemps sur la rue. Plus des deux tiers des accidents avec enfants ont lieu sur les routes à double sens qui sont plus larges et complexes à traverser qu'une rue locale à sens unique (Joly, Foggin et Pless, 1991).

1.2.2.3 Vitesse de la circulation

Un trafic routier rapide augmente la probabilité qu'un accident survienne et la gravité des blessures (OMS, 2013; Roberts, Marshall et Lee-Joe, 1995). Dans la société nord-américaine, il y a un plaisir que l'on associe à la conduite rapide et cette culture de la vitesse entraîne de graves accidents (Khlifi, 2011). Lorsqu'un piéton est heurté, c'est l'énergie cinétique qui cause les dommages physiques (Lassarre, 2003). La gravité des blessures d'une victime d'accident de la route est corrélée à la vitesse du véhicule impliqué dans l'accident (Garder, 2004). Plus la vitesse est grande, plus l'énergie dégagée par le véhicule sera grande et causera des dommages physiques importants aux victimes.

Le risque qu'un piéton perde la vie lors d'un accident diminue de 80% lorsque la vitesse d'impact est réduite de 50 km/h à 30 km/h (FIT, 2012). Pour protéger les écoliers, le code de la sécurité routière provincial établit la vitesse maximale d'une zone scolaire à 50 km/h, mais une municipalité peut la fixer à 30 km/h si elle le décide (SAAQ, 2002).

1.2.2.4 Densité de population

Un plus grand nombre de marcheurs augmente le risque d'accidents impliquant un piéton aux intersections (Morency, 2010). En parallèle, les études démontrent qu'il y a plus d'accidents dans les secteurs où la densité de population est élevée (Joly, Foggin et Pless, 1991 ; LaScala, 1999). LaScala, Gruenewald et Johnson (2003) ont mené une étude plus pointue qui établit une corrélation entre la densité de la population jeune (18 ans et moins) et le nombre d'accidents impliquant un enfant piéton.

1.2.2.5 Niveau socioéconomique

Plusieurs études établissent une corrélation entre le niveau socioéconomique et le risque d'accident des piétons (Cottrill et Thakuriahb, 2010 ; Hewson, 2004 ; Joly, Foggin et Pless, 1991 ; LaScala, Gruenewald et Johnson, 2003 ; Wier *et al.*, 2009). Nous retrouvons ce genre d'inégalité de morbidité et de mortalité en lien avec le niveau socioéconomique dans tous les pays occidentaux (Laflamme et Diderichsen, 2000). Cela s'explique de deux façons, la densité du trafic a tendance à être plus localisée dans les quartiers pauvres et les piétons défavorisés utilisent moins l'automobile comme moyen de déplacement. Le trafic motorisé y est plus nombreux et plus rapide et les infrastructures routières ne sont pas adéquates pour la cohabitation des usagers de la route. Il y a plus d'intersections et plus de rues ce qui accroît le risque pour les piétons (INSPQ, 2011). À Montréal, les jeunes piétons d'âge

primaire qui réside dans un quartier pauvre sont quatre fois plus à risque de subir un accident de la route avec une blessure nécessitant une hospitalisation (INSPQ, 2011).

1.3 Marche vers l'école et risque routier

Les enfants d'âge primaire (5 à 12 ans) sont des usagers de la route particulièrement vulnérables du fait de leur développement moteur et cognitif inachevé (Benjamin et Schwebel, 2007). L'enfant ne réagit pas de la même façon qu'un adulte face à une situation complexe. Son niveau de concentration est plus faible et il ne peut gérer qu'une tâche à la fois. Pour traverser une rue, l'enfant piéton doit acquérir quatre compétences liées à la résolution de ce problème (Granié, 2010). Choisir le bon endroit pour traverser, analyser la circulation routière, estimer les distances entre les véhicules et anticiper le comportement des usagers de la route. En bas âge, la gauche et la droite ne sont pas encore intégrées naturellement (Toroyan Toroyan et Peden, 2007). L'enfant perçoit moins bien la profondeur, ce qui crée des écarts dans le calcul des distances. Il a du mal à distinguer le son d'une voiture à savoir si celle-ci s'approche ou s'éloigne. De plus, l'exposition au risque de l'enfant piéton est accrue, car ses aptitudes à juger ce type de risque ne sont pas encore matures en raison de son inexpérience (Tableau 1.1).

Tableau 1.1
Risque lié à la traverse d'une rue

Compétence pour la traverse d'une rue	Limite des enfants
Choisir l'endroit pour traverser	Niveau de concentration plus faible
Analyser la circulation routière	Ne peut gérer qu'une tâche à la fois
Estimer les distances entre les véhicules	Perception de la profondeur
Anticiper le comportement des usagers de la route	Distinction du son d'une voiture et de sa provenance

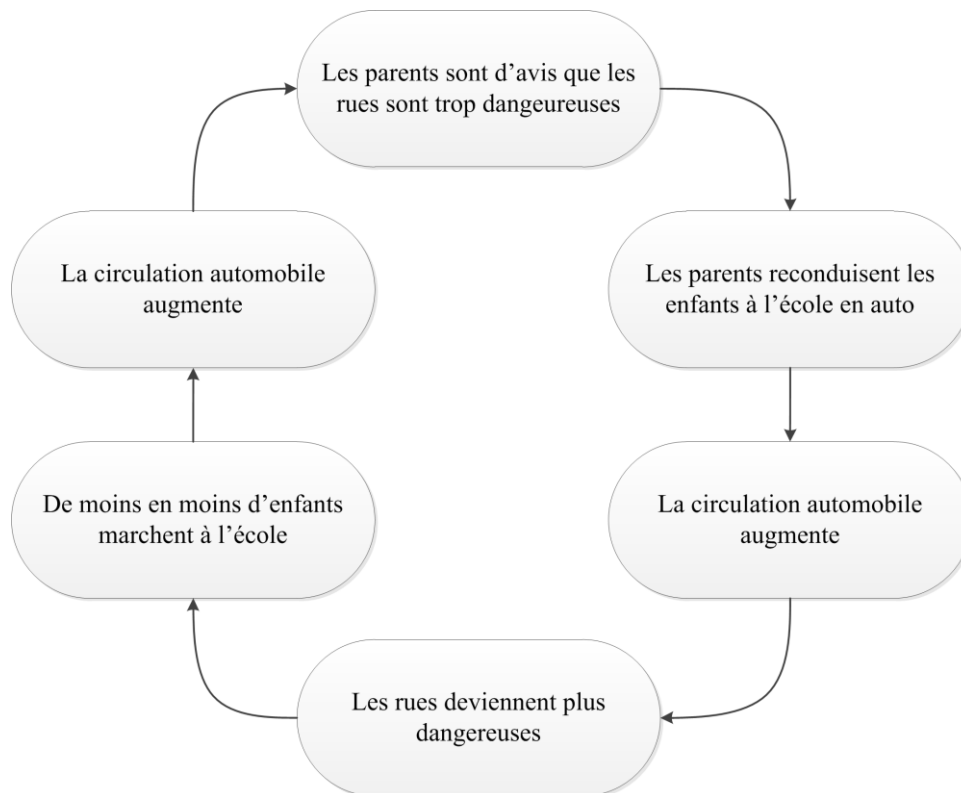
Sources : Granié (2010), Toroyan et Peden (2007)

À Montréal, les enfants d'âge primaire peuvent bénéficier du transport scolaire s'ils habitent à plus d'un kilomètre de leur école de quartier (Commission scolaire de Montréal, 2014). En dessous de cette limite, les parents sont confrontés au dilemme de devoir choisir l'automobile ou la marche pour se rendre à l'école avec leurs enfants. La perception du risque et la distance entre la résidence et l'école contribuent au choix de laisser l'enfant marcher, ou non (FIT, 2012).

1.3.1 Ampleur du déclin de la marche à l'école

Les dangers de la route ont causé le déclin de la marche des jeunes qui se rendent à l'école à pied (Kerr, 2011). La part des déplacements à pied diminue tandis que celle de l'automobile augmente chaque année. Le trajet domicile-école se fait de moins en moins à pied et de plus en plus en voiture (Ville et mobilité, 2009 ; Transports Québec, 2009). Notre mode de vie qui prône l'efficacité et la rapidité conforte les parents dans leur choix de l'automobile pour déplacer leur enfant. Or, il y a un cercle vicieux associé à ce choix (Figure 1.5). Plus les parents laissent leurs enfants se rendre à pied à l'école, moins il y a de voitures sur les routes et plus le sentiment de sécurité est accru, car les groupes d'enfants sont plus nombreux.

À l'inverse, si plusieurs parents utilisent l'automobile, il y a plus de trafic et moins d'enfants dans les rues ce qui crée un effet d'entraînement qui freine le recours à la marche (Tranter, 2006).



Source : Ville et mobilité (2009) *In* OMS (2002)

Figure 1.5 Cercle vicieux associé à la décision de reconduire les écoliers en automobile

Ce déclin de la marche a de multiples impacts sur la vie des enfants. Les parents sont au courant des risques de sécurité routière, mais ils sont moins conscientisés aux conséquences de limiter les déplacements de l'enfant (Tranter, 2006). L'enfant qui voyage en voiture a moins la chance de se familiariser avec les dangers de la rue et il est susceptible d'être moins autonome dans ses déplacements (Ville et mobilité, 2009). Lorsqu'un enfant se rend en voiture à l'école, cela l'empêche d'explorer librement son environnement urbain. Les enfants en viennent à acquérir une fausse

perception de l'espace et ils ont moins la chance de développer les bonnes aptitudes vis-à-vis du trafic routier et de la traversée d'une rue.

1.3.2 Encourager la marche chez les jeunes

Le manque d'activité physique chez les jeunes a des conséquences importantes sur la santé de ceux-ci. À l'échelle mondiale, la sédentarité est le quatrième facteur de risque de mortalité (OMS, 2010). Au Québec, un jeune sur cinq âgé de 2 à 17 ans a de l'embonpoint. Chez les enfants de 6 à 11 ans, la prévalence de l'embonpoint et de l'obésité a connu une hausse de 74% entre 1979 et 2004 (INSPQ, 2009). La sédentarité est un facteur aggravant pour plusieurs maladies comme l'obésité, le diabète et les maladies coronariennes (Demers, 2008). Il est recommandé par l'OMS (2010) que les jeunes de 5 à 17 ans effectuent au minimum 60 minutes d'activité physique par jour. On suggère un exercice d'endurance chaque jour et une activité d'intensité soutenue au moins trois fois par semaine. Les effets bénéfiques de l'exercice sur la santé sont, entre autres, le contrôle de la pression artérielle, du cholestérol et du poids (Demers, 2008). Ajoutons à cela une amélioration de la densité osseuse, du profil lipidique et de la santé cardiovasculaire (Kino-Québec, 2000). On observe aussi une meilleure santé mentale des jeunes qui maintiennent une pratique régulière d'activité physique, notamment avec une meilleure gestion du stress et de l'anxiété (Kino-Québec, 2000). Un enfant qui bouge est plus concentré à l'école et est susceptible de mieux cheminer dans son apprentissage scolaire.

Une manière simple de favoriser l'activité physique régulière chez les jeunes est de leur permettre de se rendre à l'école à pied. L'école primaire est presque toujours située à une distance de marche de la résidence des enfants. Le point de bascule est situé à 600 mètres, car 80% des écoliers qui marchent pour se rendre à l'école le font quand l'école est située à l'intérieur de cette distance par rapport au domicile (Ville et mobilité, 2009). Lorsque la distance est plus grande, c'est l'automobile qui prime comme mode de déplacement.

Il a été démontré que les enfants d'âge primaire qui se rendent à pied à l'école sont des enfants qui sont plus actifs physiquement en comparaison avec ceux qui voyagent en automobile (Cooper *et al.*, 2005; Kerr, 2011). En plus de faire bouger l'enfant, c'est une occasion pour lui de découvrir son quartier et de socialiser avec les autres écoliers (Institut national de santé publique, 2011). Favoriser la marche apporte des bénéfices au marcheur, mais aussi à l'automobiliste puisque cela réduit le nombre de voitures sur les routes (Demers, 2008). De cette façon, cela peut contribuer à diminuer la circulation automobile dans les zones scolaires.

Selon le FIT (2012), de nombreuses initiatives peuvent être prises par les planificateurs urbains afin d'encourager la marche. Pour ce faire, le réseau piétonnier doit être considéré avec la même importance que le réseau routier. Le maillage du réseau piétonnier doit joindre plusieurs fonctions de la ville résidentielle, commerciale, récréative, etc. Le FIT propose diverses mesures comme une limite de vitesse des quartiers résidentiels qui ne dépasse pas les 30 km/h. On doit avoir une densité de population accrue autour des accès aux transports en commun. Ces exemples d'aménagement du territoire permettent aux planificateurs de créer des conditions urbaines favorables à la marche.

Promouvoir la marche contribue à diminuer le trafic motorisé ainsi que la consommation d'énergie et les émissions polluantes (Miranda-Moreno, Morency et El-Geneidy, 2011). Cela dit, s'il faut encourager les enfants à marcher, d'autre part, il faut aussi s'assurer que le trajet domicile-école puisse se faire en sécurité. Les jeunes qui effectuent le trajet domicile-école sont exposés au trafic automobile. Devant le dilemme marche-voiture, il faut s'assurer d'avoir des environnements routiers sécuritaires et des parents avec une perception du risque diminué. Les parents jouent un rôle majeur pour la sécurité des enfants piétons (Cloutier, 2008). Il faut rassurer les parents quant au fait que le parcours vers l'école est bénéfique pour leur enfant tout en étant sécuritaire.

1.3.3 Stratégie de prévention en sécurité routière

En stratégie de prévention routière, on utilise parfois l'approche des 4 E qui implique une combinaison de quatre mots clés (anglais) : engineering, enforcement, education, et economics (Mace *et al.*, 2001). Ces termes sont associés aux quatre éléments de préventions suivant :

1. la modification de l'environnement de l'utilisateur de la route
2. la réglementation
3. le changement des comportements
4. les mesures fiscales incitatives à la prévention des accidents

À titre d'exemple, cela se traduit respectivement par l'ajout d'une signalisation routière (engineering), par l'interdiction de traverser une rue sur la lumière rouge (enforcement), par une campagne de prévention (education) ou par un assureur qui récompense le bon dossier des conducteurs (economics).

1.3.4 Le programme de brigadiers adultes

Le programme des brigadiers scolaires adultes est un moyen d'assurer la sécurité des déplacements domicile-école des écoliers. Ce programme se positionne à la jonction de la réglementation et du changement des comportements. Certaines grandes villes du Québec embauchent des brigadiers scolaires comme c'est le cas à Québec, Sherbrooke et Montréal (GrandQuébec.com, 2014). Pour l'agglomération de Montréal, les 521 brigadiers scolaires sont placés sous la responsabilité de la Ville de Montréal au sein du Service de police de la Ville de Montréal (SPVM). Le brigadier scolaire a comme responsabilité d'interrompre la circulation lorsque la situation l'exige, d'éduquer les enfants sur les règles de sécurité routière et d'agir en conséquence lorsqu'un enfant se blesse (SPVM, 2014). En vertu de l'article 311 du

Code de la sécurité routière du Québec, les usagers de la route se doivent d'obéir aux signaux d'un brigadier (Québec, 2014).

Pour orienter le travail des autorités municipales, la SAAQ (2002) a publié « *le brigadier scolaire adulte : au service de la sécurité routière : guide d'organisation d'une brigade scolaire adulte* ». Ce guide vise à accompagner les décideurs qui sont responsables des programmes de brigadiers scolaires adultes. Ce document présente les étapes qui mènent à la formation et à la coordination d'une équipe de brigadiers.

Nous devons préciser que la plupart des passages brigadiers sont situés aux intersections, car c'est aux intersections qu'ont lieu la plupart des accidents de la route (Lee et Abdel-Aty, 2005 ; Tremblay, 2012). En effet, plus de la moitié des piétons blessés lors d'une collision le sont aux intersections (Morency et Cloutier, 2005). Dans cette recherche, nous utilisons les termes « passage brigadier » ou « traverse brigadier » pour désigner l'emplacement d'un brigadier.

La SAAQ propose les quatre étapes suivantes pour identifier l'emplacement idéal d'un passage brigadier :

1. Évaluer les améliorations possibles sur le chemin de l'école
2. Analyser l'intersection
3. Calculer le risque d'une intersection
4. Tenir compte des facteurs additionnels

La troisième étape, qui consiste à élaborer un indice de risque d'une intersection pour en évaluer la dangerosité, est celle qui nous intéresse. Dans cette étape, une méthode est proposée afin de cibler les intersections où la présence d'un brigadier adulte est nécessaire.

Les critères sélectionnés sont les suivants :

1. Volume de circulation (300 véhicules à l'heure)
2. Distance sécuritaire de freinage (55 mètres)
3. Vitesse de la circulation (40 km/h)
4. Largeur de la rue (11 mètres)
5. Nombre d'écoliers (50 écoliers)

Tout d'abord, la SAAQ (2002) a déterminé qu'un trafic de 300 véhicules à l'heure est la limite acceptable pour qu'un enfant piéton puisse traverser la rue seul. Ensuite, elle établit à un peu plus de 30 mètres la distance requise pour qu'une voiture s'immobilise lorsqu'elle circule à 50 km/h. Cette distance ne tient pas compte du temps de réaction, qui diffère pour chaque conducteur, ni d'autres facteurs externes. Par principe de prudence, elle détermine la distance sécuritaire de freinage à 55 mètres.

La SAAQ (2002), dans son guide, estime la vitesse de 40 km/h comme le point de bascule entre une vitesse routière acceptable et une vitesse jugée dangereuse pour les écoliers. Aussi, elle considère une rue d'une largeur de 11 mètres comme dangereuse et nécessitant la présence d'un brigadier adulte. Enfin, elle tient compte du nombre d'écoliers résidant dans le secteur du passage brigadier pour le calcul de l'indice. Elle précise que le nombre moyen d'écoliers résidant dans la zone de la traverse est de 50.

Les critères d'évaluation d'un passage brigadier qu'a sélectionné la SAAQ pour le calcul de son indice correspondent en grande partie à notre revue de littérature scientifique sur le sujet. Cette méthode implique des facteurs de risque direct qui exige une observation sur le terrain pour chaque intersection. Cependant, la considération du niveau socioéconomique d'un quartier est manquante. Il faut noter que ce document date de plus de 10 ans et qu'une mise à jour est à considérer.

La présente recherche a pour but de proposer une méthodologie nouvelle pour déterminer la localisation idéale des passages brigadiers en milieu urbain. L'approche de la SAAQ est seulement menée à l'échelle des intersections alors que la méthode de cette étude s'effectue sur le territoire entier.

1.4 Objectifs de la recherche

L'objectif principal de cette recherche est de **cartographier le risque d'accident piéton véhicule dans l'agglomération de Montréal afin de comparer ce risque avec la localisation actuelle des brigadiers scolaires adultes**. Nous voulons concevoir une méthode reproductible dans le but d'aider les décideurs pour la permutation des passages brigadiers dans un territoire donné. Pour atteindre ce but, nous procédons en quatre étapes.

1. Structurer une base de données des facteurs de risque
2. Réaliser une superposition pondérée avec un SIG
3. Valider le résultat avec les accidents réels piéton véhicule (5 - 14 ans)
4. Comparer le résultat avec les passages brigadiers existants

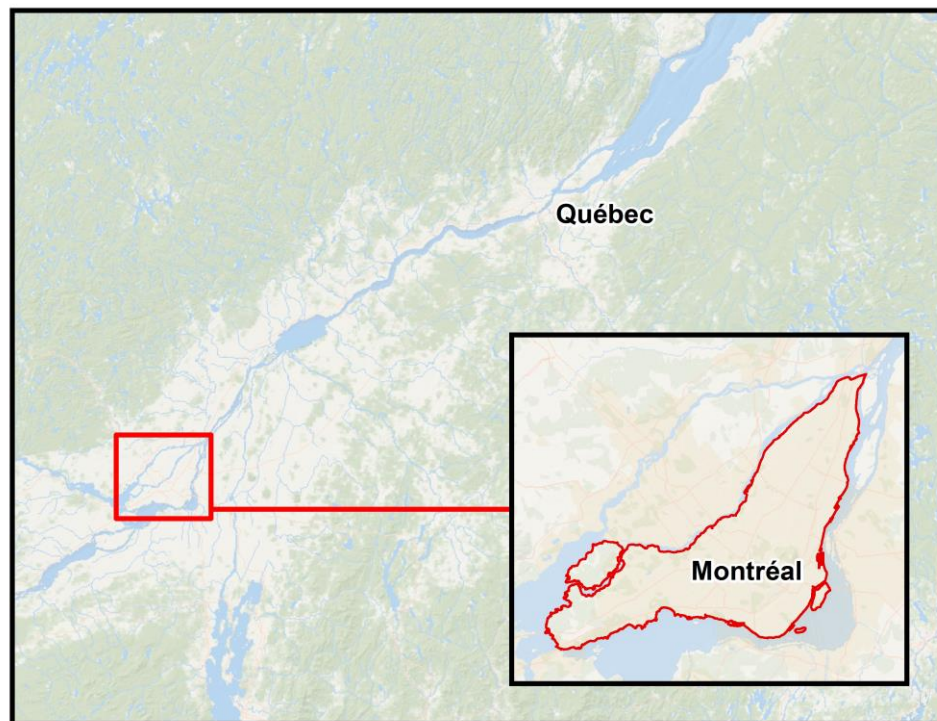
À notre connaissance, aucune étude en accidentologie piétonne n'a utilisé l'outil de superposition pondérée pour analyser le risque d'accident piéton véhicule. Nous proposons une méthodologie qui pourra servir d'aide à la décision pour les intervenants en sécurité routière. Nous postulons qu'il est possible de créer une méthodologie simple que les autorités réutiliseront afin de répartir les passages brigadiers sur un territoire donné de façon optimale.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

2.1 Région à l'étude

Située au sud-ouest de la province, l'agglomération de Montréal (ou région administrative de Montréal) est localisée au confluent du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais (Figure 2.1). Elle est ceinturée par la Rivière-des-Prairies au nord et la voie maritime au sud (Affaires municipales et Occupation du territoire Québec, 2010b).



Carte réalisée par Mathieu Rancourt

Source : Esri ArcGIS

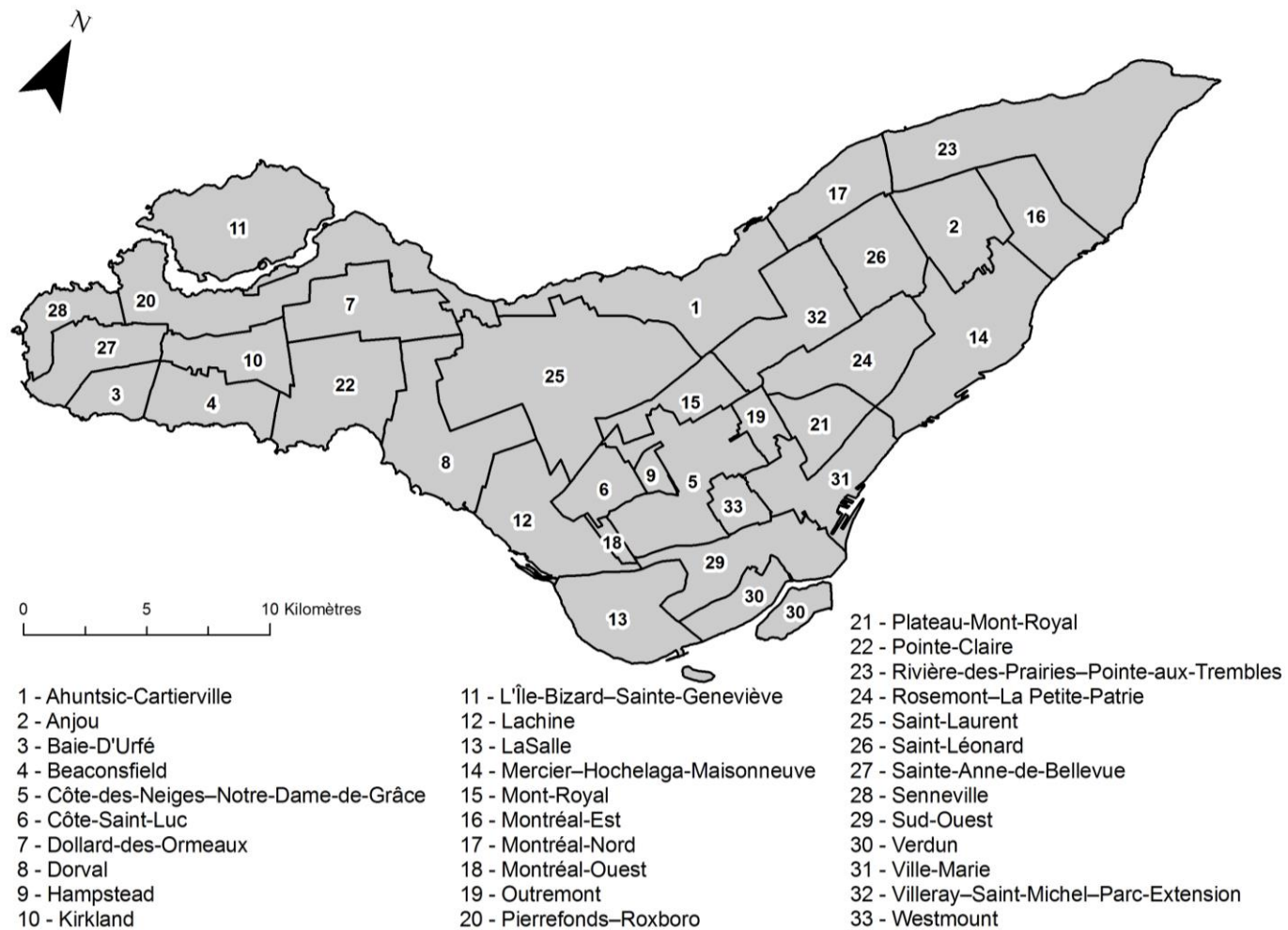
Figure 2.1 Emplacement géographique de l'agglomération de Montréal

Au Québec, une agglomération est une instance municipale qui a plusieurs compétences notamment en matière de sécurité publique (Affaires municipales et Occupation du territoire Québec, 2010a). Le territoire du SPVM couvre l'ensemble de l'agglomération de Montréal et inclut dans ses frontières la Ville de Montréal (19 arrondissements) et 15 villes liées (Ville de Montréal, 2014) (Figure 2.2). En 2011, l'agglomération de Montréal comptait une population de 1,9 million répartie sur près de 500 kilomètres carrés. Dans cette recherche, le terme « île de Montréal » correspond à l'agglomération de Montréal.

2.2 Population à l'étude

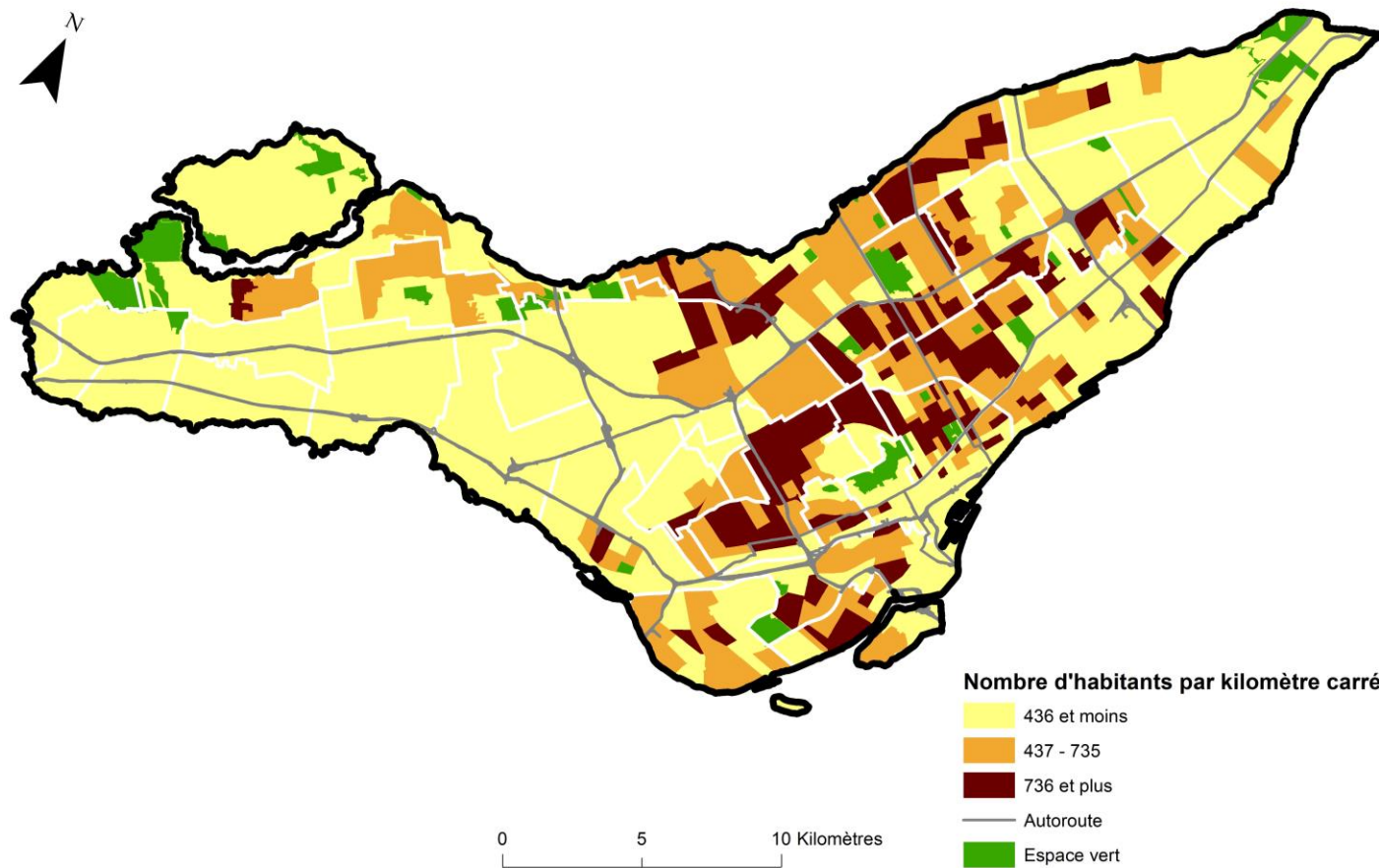
La présente étude s'intéresse spécifiquement aux enfants d'âge primaire. Au Québec, suite à l'éducation préscolaire (la maternelle), l'enseignement primaire débute à 5 ou 6 ans pour une durée de six ans. Les cours primaires sont obligatoires au Québec et ils sont divisés en trois cycles de deux ans chacun (Immigration, Diversité et Inclusion Québec, 2013). Les écoles concernées par notre étude sont des écoles publiques et sous la responsabilité de trois commissions scolaires francophones et deux anglophones (Annexe 2).

L'agglomération de Montréal est la région scolaire qui détient le plus grand nombre d'établissements d'enseignement primaire au Québec. Pour l'année 2009-2010, elle en possédait 298, sur un total de 1 730. Ceci représente 107 154 élèves de primaire pour l'ensemble de l'agglomération (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, 2013). Bien que le primaire se termine habituellement à 12 ans, pour les besoins de l'étude, il a été nécessaire de se concentrer sur le groupe d'âge des 5 à 14 ans en raison des données statistiques disponibles. La tranche d'âge des 5 à 14 ans comprenait 181 210 enfants en 2011, soit 10 % de la population de l'agglomération (Ville de Montréal, 2014). La figure 2.3 présente la densité de population de cette tranche d'âge, qui se trouve concentrée au centre de l'île.



Carte réalisée par Mathieu Rancourt

Figure 2.2 Localisation des arrondissements de Montréal et des villes liées



Carte réalisée par Mathieu Rancourt

Source : Statistique Canada Recensement 2011

Figure 2.3 Densité de la population âgée de 5 à 14 ans de l'île de Montréal

2.3 L'approche géographique de superposition pondérée

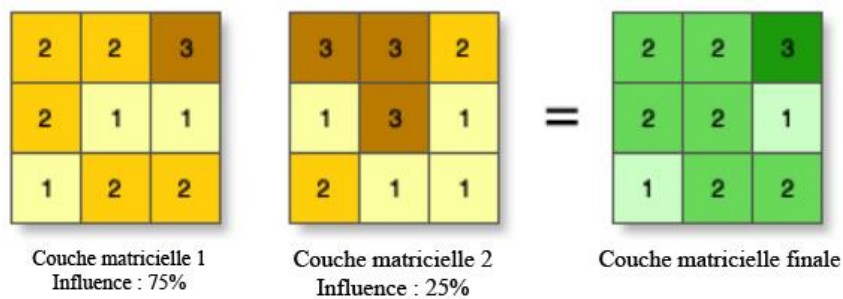
Nous utilisons un système d'information géographique (SIG) comme outil d'analyse. Plus précisément, c'est le logiciel ArcGIS for Desktop 10.1 de la société américaine Esri (Environmental Systems Research Institute) qui sera utilisé. L'outil principal pour nos analyses est le « Weighted Overlay » ou la « superposition pondérée » en français.

Dans la littérature, la superposition pondérée est souvent utilisée pour l'analyse de risques environnementaux. Par exemple, cet outil a été choisi pour évaluer le risque d'inondation au Bangladesh. Roy et Blaschke (2013) ont employé cette méthode pour présenter une série de cartes à des experts et pour valider son modèle avec les inondations du passé. Dans son étude, il illustre comment l'utilisation d'un SIG vise à permettre aux pays les plus à risque d'identifier les indicateurs qui les rendent vulnérables aux inondations. Quan et Lee (2012) ont eu recours à cet outil dans le but de prévoir le risque de glissements de terrain dans une ville de Corée du Sud. Cela lui a permis d'identifier le rôle important que joue la pente, l'intensité de la pluie, le sol et la forêt dans l'occurrence d'un glissement de terrain. Riad *et al.* (2011) ont été en mesure de déterminer l'emplacement optimal d'un site artificiel de recharge d'eau souterraine dans une ville d'Égypte. Pour étudier les tremblements de terre au Chili, Theilen-Willige et Burnett (2011) ont utilisé la superposition pondérée pour obtenir une vue d'ensemble des localisations à risque. Pour son analyse, il a comparé ses résultats avec les types de sols tirés des cartes géologiques existantes. Il a ainsi pu créer une procédure standardisée pour évaluer le niveau de dommage en cas de séisme.

Notre objectif est similaire à certaines de ces études que nous venons de citer. Ces chercheurs tentent d'identifier les zones à risque pour déterminer les endroits favorables selon le risque naturel de leur étude. Pour notre part, nous cherchons à

identifier les zones à risque d'accident piéton afin d'améliorer la distribution des passages brigadiers.

La superposition pondérée permet, comme son nom l'indique, de superposer plusieurs couches (variables) en les pondérant selon leur importance respective. Cette pondération est obligatoirement effectuée avec des couches matricielles. Pour notre étude, nous avons choisi des matrices ayant une résolution de 5 mètres carrés. Comme l'illustre la figure 2.4, la valeur de chaque cellule (pixel) est multipliée par la pondération de la couche. L'influence de toutes les couches doit totaliser 100%. Les valeurs obtenues sont additionnées et regroupées pour générer la couche finale (Esri, 2012b).



Source : Esri (2012b)

Figure 2.4 Exemple de calcul d'une superposition pondérée

Dans cet exemple, l'échelle commune est de 1 à 3. Les pourcentages d'influence associés aux couches sont respectivement de 75% et 25%. Pour la cellule du haut à gauche, le calcul est le suivant : $(2 * 0,75) = 1,5$ et $(3 * 0,25) = 0,75$. On additionne ensuite $1,5 + 0,75$ pour obtenir 2,25. Le résultat final est arrondi à 2, car il n'est pas possible d'utiliser les nombres décimaux avec cet outil.

2.4 Structuration de la base de données

Dans le chapitre I, nous avons vu que le volume de circulation, la distance sécuritaire de freinage, la vitesse de la circulation et la largeur de la rue constituent des facteurs directs qui influencent positivement le risque d'accident piéton. Le nombre d'écoliers (densité de population) et le niveau socioéconomique sont des facteurs indirects sur l'exposition au risque d'accident. La figure 2.5 présente de quelle façon nous traduisons ces facteurs en données disponibles. Nous n'avons pas de donnée fiable pour la vitesse et aucune pour la distance sécuritaire de freinage à l'échelle de l'agglomération.

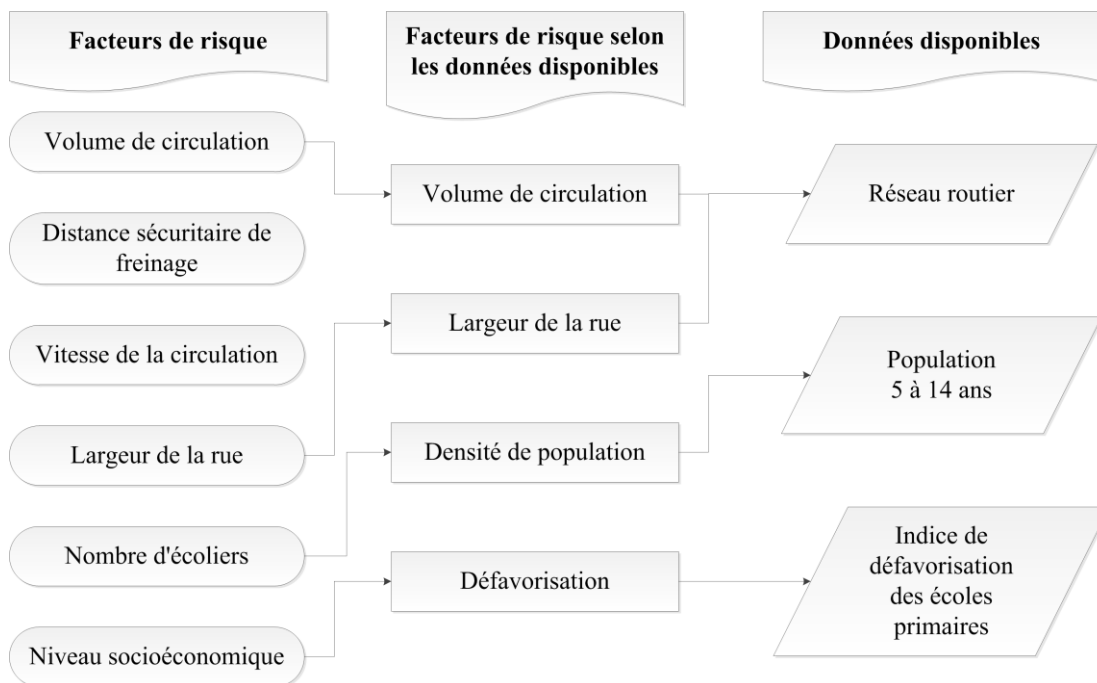


Figure 2.5 Opérationnalisation des facteurs de risque selon les données disponibles

2.4.1 Sources des données

Nos données de départ sont de type vectoriel (shapefile) et sont projetées géographiquement en MTM8 NAD83. Comme le présente le tableau 2.1, les données initiales de l'étude proviennent de sources multiples. Basées sur notre revue de la littérature, les sections suivantes vont présenter plus en détail les variables retenues et le poids qui leur sera attribué lors de la superposition.

Tableau 2.1
Données de base de la recherche

	Donnée	Source	Géométrie
Analyse	Réseau routier	GéoBase (2011) Adresses Québec (2012)	Polyligne
	Population âgée de 5 à 14 ans	Statistique Canada Recensement 2011(SR)	Polygone
	Indice de défavorisation des écoles primaires	CGTSIM (2013)	Point
Validation	Piétons (5 à 14 ans) blessés ou décédés entre 2000 et 2012	SAAQ (2014) Cartographie effectuée par la DSP	Point
	Passage brigadier	SPVM (2014)	Point

2.4.2 Volume de circulation

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, nous pouvons associer la hiérarchie routière au volume de circulation d'une rue. La couche du réseau routier d'Adresses Québec permet de décomposer notre réseau en fonction de la hiérarchie des rues. Les autoroutes sont exclues de notre base de données puisque les piétons y sont interdits. La majorité des rues de notre réseau routier ont une fonction locale.

Nos choix ont été guidés par le barème de sécurité de Transports Québec (2009) lors de la traversée d'une rue du document « Redécouvrir le chemin de l'école ». Ce guide s'adresse aux décideurs responsables de la sécurité sur les réseaux routiers de la province. C'est un guide de planification et d'aménagement pour la promotion des déplacements actifs sécuritaires. Ce document évalue qu'une artère est à risque élevé (2), une collectrice à risque modéré (1) et une rue locale à risque faible (0). Nous avons découpé le réseau routier de la manière suivante (Tableau 2.2).

Tableau 2.2
Hiérarchie du réseau routier

Classification	Attribut	Longueur	Description	Poids
Locale	Locale	3 583 km	La fonction principale est de desservir les zones résidentielles locales.	0
Collectrice	Collectrice municipale Collectrice de transit	780 km	Circulation de transit, liaisons entre les centres ruraux et les agglomérations urbaines.	1
Artère	Nationale Artère	956 km	Grands axes interrégionaux et extraprovinciaux, liaisons entre les agglomérations urbaines, permet la circulation de transit sur une longue distance.	2

Source : Adresses Québec 2011

2.4.3 Largeur de la rue

La littérature scientifique identifie la largeur des rues comme un facteur de risque d'accident piéton véhicule. En l'absence de données précises sur la largeur des rues, nous avons utilisé le nombre de voies qui est un attribut de la couche du réseau routier canadien de la GéoBase. Le tableau 2.3 permet de constater que les trois quarts du réseau (76%) ont une largeur de 2 voies. En conséquence, nous avons divisé nos routes de la manière suivante (Tableau 2.3).

Tableau 2.3
Structuration du nombre de voies

Nombre de voies	Nombre de segments	Longueur	Poids
1	6 893	869 km	0
2	31 892	3 887 km	1
3 et 4	2 713	322 km	2

Source : GéoBase 2011

Pour permettre une prise en compte de la dimension linéaire du réseau une fois que les données sont transformées en mode matriciel, nous avons généré avec l'outil « zone tampon » un polygone d'une largeur de 30 mètres, soit 15 mètres de chaque côté des routes.

2.4.4 Densité de la population

Notre troisième variable est la densité de la population. Nous avons vu précédemment qu'un quartier avec une population plus dense augmente le risque d'accident. Plus spécifiquement, nous utilisons la densité de population du groupe d'âge de 5 à 14 ans qui est un groupe à risque.

Comme présenté dans le tableau 2.4 et la figure 2.3, la distribution est découpée en 3 intervalles avec le même nombre de SR dans chacun d'eux (effectifs égaux). Pour notre discrétisation des valeurs continues, nous avons voulu éviter qu'une zone à haut risque soit d'une trop grande superficie pour éviter d'affecter l'ensemble de notre territoire. Comme nous le verrons, nous cherchons à générer une zone à risque élevé restreinte en superficie dans le but de rendre notre modèle plus pertinent.

Tableau 2.4
Densité de la population (5 – 14 ans)

Densité	Nombre de SR	Superficie	Poids
436 et moins	176	328 km ²	0
437 à 735	177	111 km ²	1
736 et plus	176	58 km ²	2

Source : Statistique Canada Recensement 2011

2.4.5 Défavorisation

Le niveau socioéconomique a un impact sur le risque d'accident concernant les enfants piétons. Nous utilisons l'indice de défavorisation des écoles primaires conçu par le Comité de gestion de la taxe scolaire de l'île de Montréal (CGTSIM). Le CGTSIM (2013) utilise cet indice pour la répartition des ressources dans les écoles. Le calcul de cet indice est basé sur des données provenant de la Régie des rentes du Québec et de Statistique Canada. Il se compose de quatre variables : le revenu familial, le niveau d'éducation de la mère, la monoparentalité féminine et l'activité des parents. Nous utilisons ici seulement l'indice provenant d'écoles primaires et non des écoles secondaires. L'indice est établi selon le lieu de résidence des élèves et il est attribué à l'école que ces derniers fréquentent. En d'autres mots, l'enfant transporte son indice de défavorisation de son lieu de résidence à son école. Nous avons divisé la plage de valeurs de cet indice en trois intervalles égales (Tableau 2.5).

Tableau 2.5
Répartition de l'indice de défavorisation des écoles primaires

Indice	Nombre d'écoles	Superficie	Poids
1 à 23	103	242 km ²	0
24 à 45	157	197 km ²	1
46 à 67	51	57 km ²	2

Source : CGTSIM (2013)

Nous avons ensuite généré à partir de nos écoles (points) des polygones de Thiessen. Notre territoire d'étude est ainsi divisé en zones proximales qui assurent la continuité dans l'espace et évitent les superpositions. À l'intérieur de ces zones, toute localisation est nécessairement la plus proche de l'école qui a aidé à créer le polygone (Esri, 2012a). Chacune de ces zones contient l'indice de défavorisation lié à son école d'appartenance. Cela permet de générer une matrice qui découpe le territoire en fonction de l'indice de défavorisation des écoles primaires.

Il arrive qu'un même édifice héberge plus d'une école. Étant donné le caractère spatial de notre modèle, nous ne pouvons conserver qu'une école par emplacement. Seules 7 écoles sur 318 ont de ce fait dû être éliminées par ce processus. Dans ces cas précis, nous avons calculé la moyenne de l'indice de toutes les écoles dans le même édifice (Annexe 1).

2.5 Superposition pondérée

Finalement, le tableau 2.6 montre la pondération qui mène à notre résultat final. La colonne des « poids » compare les attributs entre eux. Par exemple, une artère est-elle plus dangereuse pour le piéton qu'une rue locale ? La colonne « influence » compare les couches entre elles. Par exemple, est-ce que la hiérarchie routière est plus importante que la largeur de la route ?

Sur une échelle commune de 0 à 2, tous les attributs ont été notés de la même façon pour chacune des couches. Pour mener nos tests, nous avons effectué plusieurs essais en faisant varier nos pondérations seulement sur l'influence des couches. Comme nous l'avons mentionné au chapitre 1, à l'inverse des travaux qui ont utilisé cette méthode, nos données sont omniprésentes sur l'ensemble de notre territoire d'étude. Pour cette raison, nous n'avons pas fait varier notre poids sur plus de 3 échelles. Par exemple si nous accordons un poids de 3 à nos artères, la totalité de nos artères devient inévitablement des zones à risque élevé (rouge) sur notre carte finale.

À titre d'exemple, si nous attribuons des influences (pourcentages) égales à 25% pour toutes nos couches, la superficie de notre zone à risque moyen augmente de manière trop importante. En accentuant le poids de la hiérarchie routière à 40% et celui de la densité de la population à 40%, notre zone à risque élevé devient trop importante. Il serait non pertinent de valider notre résultat avec les accidents réels si notre zone à risque élevé s'avère trop grande.

Tableau 2.6
Pondération des facteurs de risque

Catégorie	Couche	Attribut	Influence de la couche (%)	Poids de l'attribut
Facteur de risque direct	Hiérarchie routière	Locale	30	0
		Collectrice		1
		Artère		2
	Nombre de voies	1 voie	20	0
		2 voies		1
		3 à 4 voies		2
Facteur de risque indirect	Densité de la population	436 et moins	30	0
		437 à 735		1
		736 et plus		2
	Nb d'habitants au km ² (5 à 14 ans)	1 à 23	20	0
		24 à 45		1
		46 à 67		2

La cartographie du résultat final met en valeur trois zones de risque. Selon notre pondération, nous avons des zones à risque faible, à risque moyen et à risque élevé d'accidents piéton véhicule impliquant un enfant piéton. Pour valider notre résultat, nous avons évalué le nombre d'accidents réels dans chacune des trois zones. Nous visons une zone à risque élevé restreinte en superficie, mais ayant une densité d'accidents importante. La figure 2.6 résume la démarche méthodologique de cette recherche.

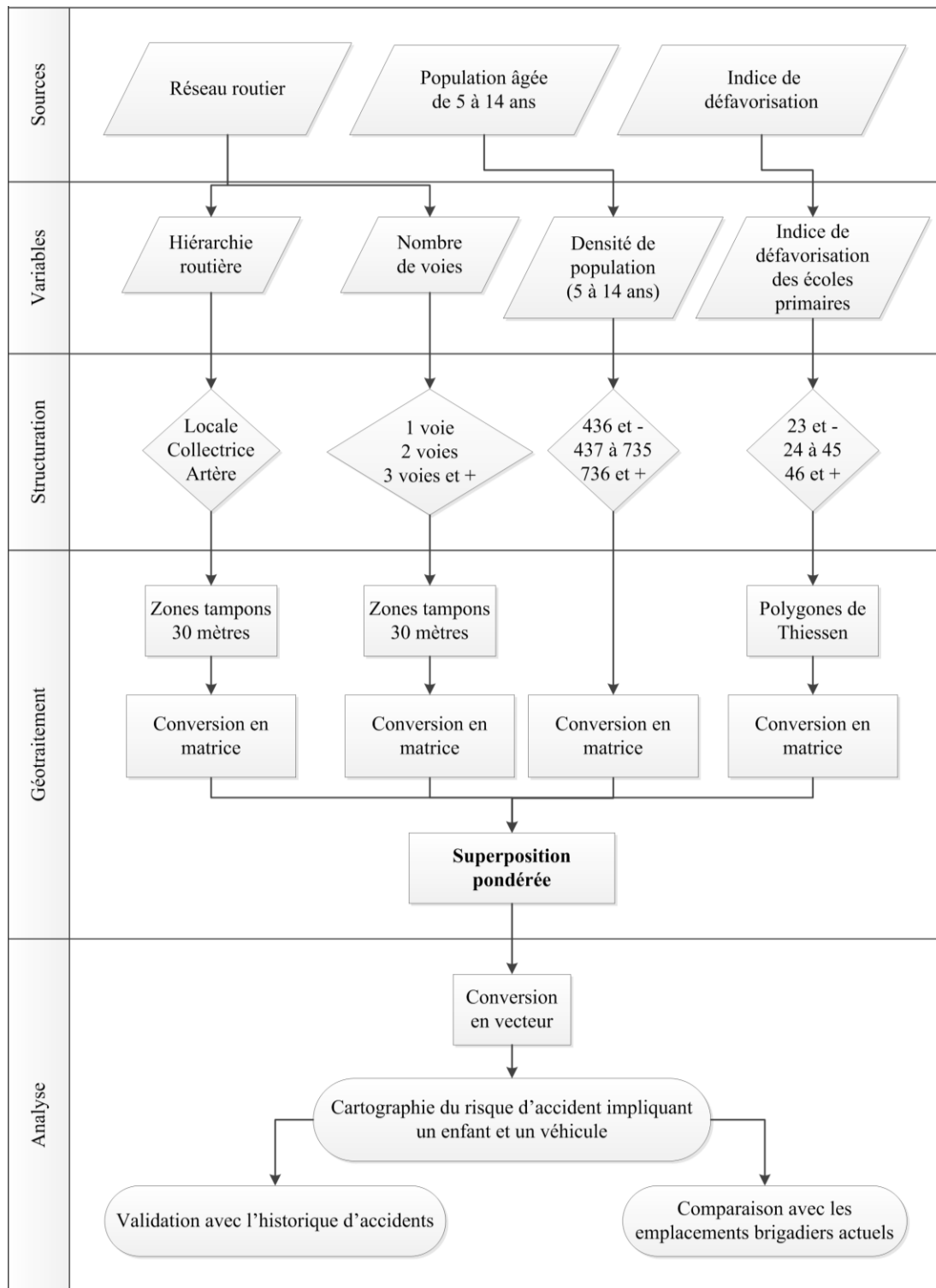


Figure 2.6 Organigramme méthodologique

CHAPITRE III

RÉSULTATS

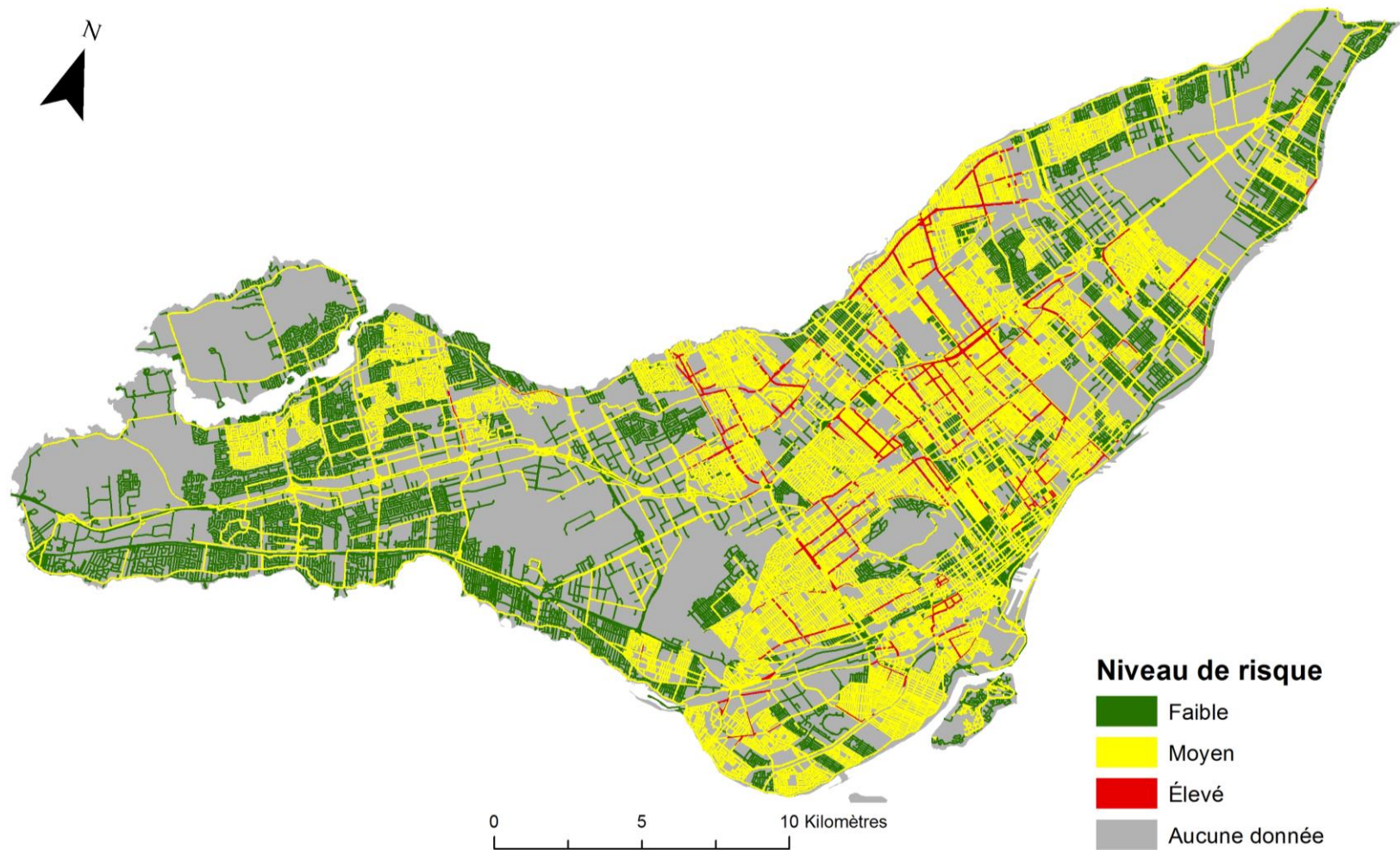
3.1 Cartographie du risque d'accident piéton

La figure 3.1 est la carte résultante de notre superposition pondérée. Elle intègre les quatre variables suivantes : la hiérarchie des rues, le nombre de voies, la densité de la population et le niveau de défavorisation. Suite à notre superposition pondérée, notre résultat cartographique est réparti sur trois niveaux de risque : les zones de risque faible (vert), de risque moyen (jaune) et de risque élevé (rouge). Les zones grises sont les endroits où le réseau routier est absent. En observant cette carte à l'échelle de l'agglomération, nous pouvons dégager certains constats.

Les zones vertes sont principalement situées aux extrémités Ouest et Est de l'île. Nous remarquons que le risque d'accident piéton est moins grand dans la section Ouest de l'île. Notamment, la section Sud-Ouest qui longe le fleuve est fortement associée à des zones vertes de notre modèle.

À première vue, les zones jaunes sont les plus répandues. Elles occupent presque tout le centre de l'île. Il y a tout de même une présence importante de zone jaune au Nord-Ouest et à l'Est de l'agglomération. Cela dit, l'extrême Est de l'île se caractérise à la fois par des zones jaunes et des zones vertes.

Nous pouvons observer que les zones rouges sont les moins importantes en superficie. Elles sont très circonscrites et principalement situées au Centre et au Centre-Est de l'île. Il y a aussi des petites portions isolées au Nord-Ouest et complètement à l'Est à la pointe de l'île. Trois axes à risque Nord-Sud se distinguent par leurs continuités : le boulevard Pie-IX, le boulevard Saint-Michel et l'avenue Papineau (Figure 3.2). D'Est en Ouest, ce sont les boulevards Henri-Bourassa et Crémazie Est qui ressortent de manière particulière.



Carte réalisée par Mathieu Rancourt

Figure 3.1 Le risque d'accident impliquant un enfant piéton et un véhicule sur l'agglomération de Montréal

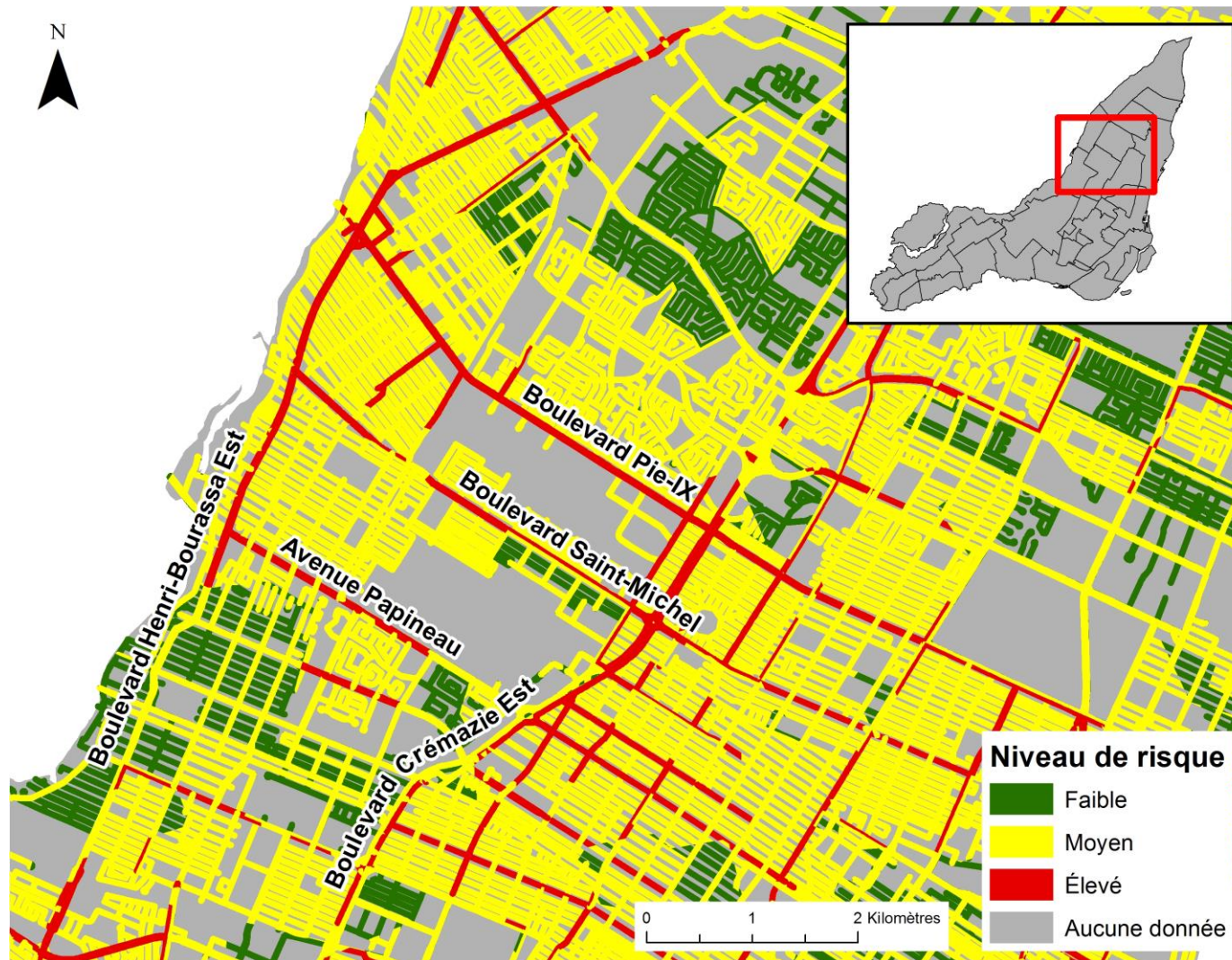


Figure 3.2 Axes routiers à risque élevé

À une échelle plus fine, nous pouvons décortiquer notre résultat par quartier, c'est-à-dire par arrondissement de Montréal ou par ville liée. Nous avons découpé notre territoire par quartier afin d'en faire ressortir des statistiques pour chacun d'eux. Pour éliminer une ambiguïté pour les accidents et les brigadiers positionnés sur une frontière administrative, nous avons ajouté une zone tampon de 15 mètres à nos sélections. Ainsi, un accident ou un brigadier peut se trouver dans plus d'un quartier à la fois. Dans cette recherche, le terme « quartier » sera utilisé pour éviter une confusion entre un arrondissement de Montréal et une ville liée.

3.1.1 Niveau de risque élevé

Le tableau 3.1 identifie les trois quartiers ayant les plus grandes superficies de zones rouges. C'est l'arrondissement Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension qui détient la plus grande superficie de zone rouge. Pour ces trois quartiers, les accidents aux km² ne sont pas parfaitement reliés à la superficie de nos zones rouges. Le nombre d'accidents aux km² est légèrement plus élevé à Montréal-Nord (rang 2) que dans Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension (rang 1).

Tableau 3.1
Liste des quartiers en fonction de la superficie de la zone à risque élevé
(zone rouge élevée)

Nom des quartiers	Superficie (km ²)	Accidents aux km ²	Brigadiers aux km ²
Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension	0.12	16.0	3.6
Montréal-Nord	0.11	17.4	2.6
Plateau-Mont-Royal	0.05	12.9	4.2

Si on observe le tableau complet à l'annexe 4, on dénote que de manière générale il y a une association entre les accidents et les zones rouges. Les accidents aux km² débutent à 16 pour se terminer à 0 au bas du tableau. Les cinq premières positions se démarquent de façon franche du reste du lot. Toutefois, quelques quartiers situés plus

bas dans le tableau s'illustrent par une densité d'accidents élevée comme c'est le cas pour Outremont et Verdun. Ils enregistrent respectivement 9.8 et 9.1 accidents aux km² sur leurs territoires sans toutefois avoir une grande superficie de zone rouge. Pour ces deux quartiers, le nombre de brigadiers aux km² suit cette même divergence entre notre résultat et les données réelles d'accidents (Annexe 4).

Les figures 3.3 et 3.4 nous permettent d'observer de plus près ces deux secteurs. Si on examine Outremont, on constate que les zones jaunes occupent la majeure partie de l'arrondissement (Figure 3.3). Les accidents sont presque tous présents dans les zones jaunes et aucun n'est répertorié dans une zone verte. Cette domination de la zone jaune vient certainement expliquer à cette échelle le nombre atypique d'accidents. En ce qui concerne Verdun, nous pouvons en tirer les mêmes constats (Figure 3.4). La zone jaune prédomine et les accidents y sont tous localisés.

En ce qui concerne le nombre de brigadiers du tableau de l'annexe 4, il suit la même logique que les accidents. Ils sont généralement associés à une zone rouge partant de 3.6 aux km² pour atteindre 0 au bas du tableau.



Figure 3.3 Cartographie du risque d'accident piéton à Outremont



Figure 3.4 Cartographie du risque d'accident piéton à Verdun

3.1.2 Niveau de risque faible

Le tableau 3.2 présente les quartiers qui possèdent la plus grande superficie de zone verte. Beaconsfield est le quartier où on retrouve la plus grande superficie de zone verte. De manière générale, comme le cas précédent, on constate que plus la superficie de la zone verte est petite, plus le nombre d'accidents est élevé.

Tableau 3.2
Liste des quartiers en fonction de la superficie de la zone à risque faible
(zone verte élevée)

Nom des quartiers	Superficie (km ²)	Accidents aux km ²	Brigadiers aux km ²
Beaconsfield	0.47	0.1	0.1
Kirkland	0.46	0.4	0.1
Baie-D'Urfé	0.38	0.0	0.0

Cela dit, dans le tableau de l'annexe 6 qui présente le portrait complet de l'agglomération, le Plateau-Mont-Royal s'illustre par une superficie de zone verte située dans la moyenne (0.18 km²), mais un nombre anormalement élevé d'accidents aux km² (12,9). De la même façon, le quartier Mercier-Hochelaga-Maisonneuve détone par un nombre d'accidents élevés aux km² (8.4) par rapport à sa position.

Encore une fois, nous allons scruter à une échelle plus détaillée les deux quartiers en question. La figure 3.5 du Plateau Mont-Royal montre une densité routière élevée et un cadastre routier orthogonal. On y constate une superficie de zone rouge importante. En effet, toutes proportions gardées, le tableau 3.1 affiche le Plateau-Mont-Royal au troisième rang des superficies rouges les plus élevées. À noter une fois de plus qu'aucun accident ne coïncide avec une zone verte.



Figure 3.5 Cartographie du risque d'accident piéton sur le Plateau-Mont-Royal

La figure 3.6 de Mercier–Hochelaga-Maisonneuve cartographie un des plus grands quartiers de l’agglomération. Avec plus de 25 km² de superficie, il est le quatrième plus grand de l’agglomération (Annexe 3). La zone rouge n’est pas si élevée par rapport à la moyenne globale. Il y a une grande quantité d’accidents dans cet arrondissement, et cette fois-ci, plusieurs d’entre eux sont localisés dans la zone verte de notre résultat. On peut voir qu’il y a une grande densité d’accidents localisés au Sud du quartier, en particulier sur la Rue Ontario Est. Ce quartier, plus que tout autre, diffère de notre modèle. Nous y revenons dans le chapitre IV.

À l’opposé, le quartier Hampstead s’illustre par une faible superficie de zone verte, mais un nombre d’accidents aux km² de 1 (Annexe 6). Il faut prendre en compte qu’Hampstead est d’une très petite taille avec une superficie totale de moins de 2 km² (Annexe 3). Montréal-Ouest qui arrive au dernier rang est également d’une petite superficie ce qui limite la probabilité qu’un accident survienne sur ces deux territoires. Le réseau routier de l’agglomération est présent sur la quasi-totalité de l’île. Statistiquement, plus un quartier a une vaste superficie, plus il a de chances de compter des accidents de la route sur son territoire. Nous utilisons des densités d’accidents et de brigadiers pour atténuer ce fait.

Comme dans le cas précédent, le nombre de brigadiers est associé au nombre d’accidents (Annexe 6). Selon nos résultats, on peut voir que plus il y a d’accidents dans un quartier, plus il y a de brigadiers. Les brigadiers sont de manière générale répartie en fonction de l’historique des accidents de la route impliquant un enfant.

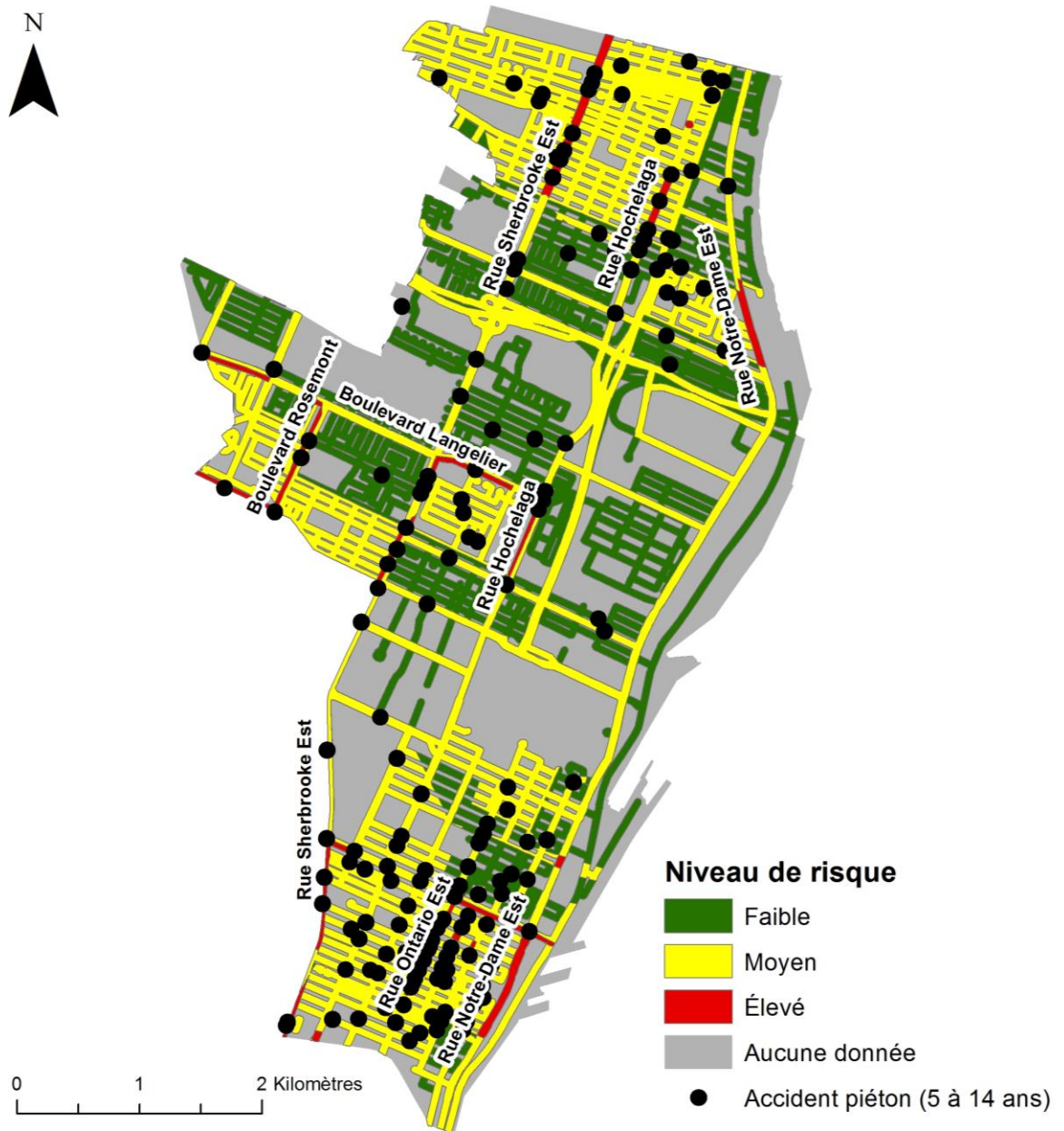


Figure 3.6 Cartographie du risque d'accident piéton à Mercier-Hochelaga
Maisonneuve

Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension et Beaconsfield sont les quartiers situés aux deux extrémités de notre modèle. Le premier détient la plus grande superficie de zone rouge et le second la plus grande superficie de zone verte. Si nous les observons de plus près, nous pouvons en tirer quelques constats.

Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension est marqué par une grande zone rouge et une grande densité d'accidents, mais contient peu de zones vertes (Figure 3.7). Le cadastre routier y est orthogonal. Le boulevard Crémazie Est concentre autour de lui une surface importante de risque élevé. C'est une zone rouge particulièrement intense avec les boulevards Pie-IX et Saint-Michel qui la traverse du Nord au Sud.

Beaconsfield est le quartier qui détient la plus grande superficie de zone verte avec pratiquement aucun accident répertorié à l'intérieur de ses frontières (Figure 3.8). Le quartier est séparé en deux parties par la conjugaison de trois axes de transport (collés les uns les autres) au centre du quartier. Il s'agit de l'Avenue Elm, l'autoroute 20 et la voie ferroviaire situés au centre de la carte. Le cadastre est sinueux et peu de rues sont en continu. Les rues sont pour la plupart courtes et entrecoupées et aucune artère majeure ne traverse ce quartier.



Figure 3.7 Cartographie du risque d'accident piéton à Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension

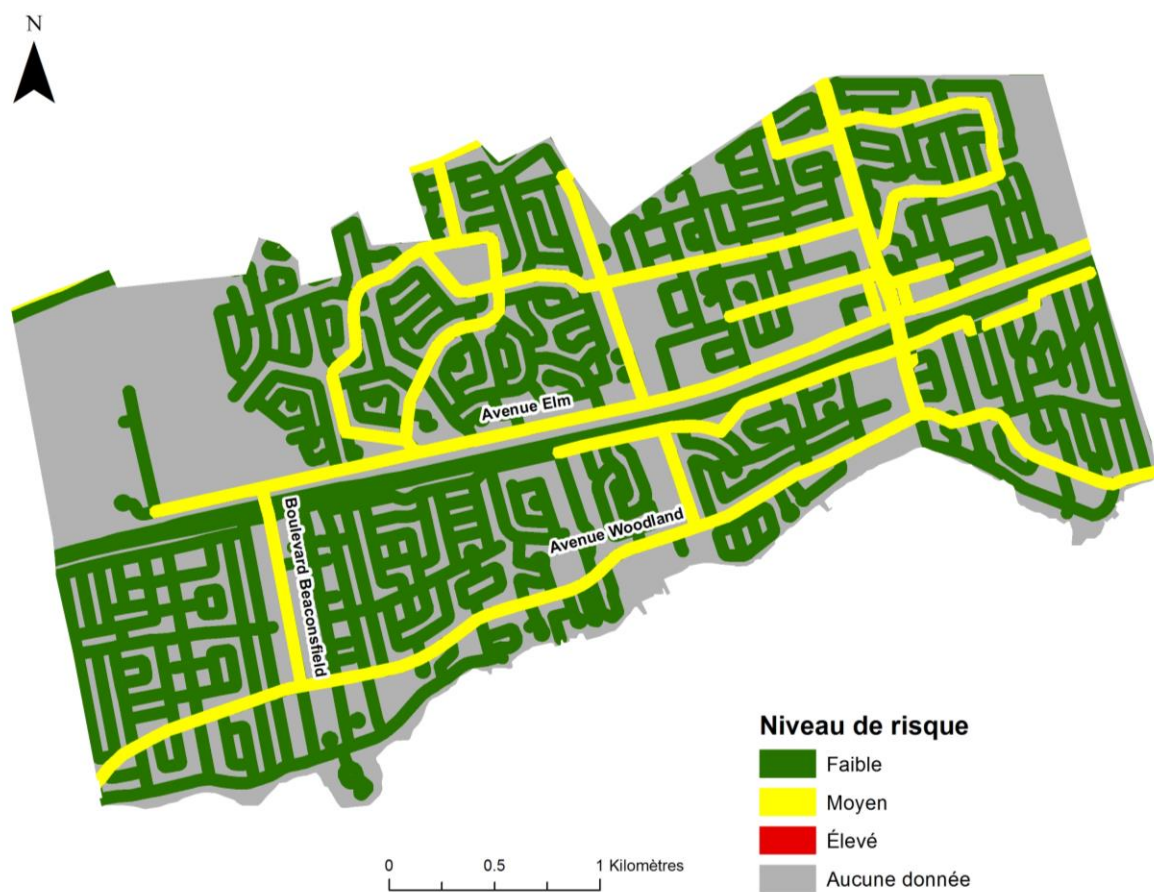


Figure 3.8 Cartographie du risque d'accident piéton à Beaconsfield

3.2 Validation des niveaux de risque

Pour que notre résultat soit le plus proche possible de la réalité, nous avons effectué une validation. Pour ce faire, nous comparons notre résultat avec les accidents qui ont eu lieu entre 2000 et 2012. Ces accidents de la route ont impliqué des piétons âgés de 5 et 14 ans.

Le tableau 3.3 présente les statistiques en lien avec les niveaux de risque de notre cartographie finale (Figure 3.1). Pour chaque catégorie de risque, nous présentons les superficies, les accidents piétons (5 à 14 ans) et les passages brigadiers. À partir de ce tableau, nous procédons à la validation de notre résultat avec les accidents réels et nous le comparons avec les localisations de brigadiers sur le territoire à l'étude.

Tableau 3.3
Statistiques selon le niveau de risque d'accident piéton
dans l'agglomération de Montréal

Niveau de risque	Superficie	Nombre et densité d'accidents piéton	Nombre et densité de passages brigadier
Faible (vert)	87 km ² 35% du total	Nombre: 102 1,17 accident/km ²	Nombre: 22 0,25 brigadier/km ²
Moyen (jaune)	153 km ² 61% du total	Nombre: 1525 9,97 accidents/km ²	Nombre: 394 2,58 brigadiers/km ²
Élevé (rouge)	10 km ² 4% du total	Nombre: 440 44,00 accidents/km ²	Nombre: 82 8,20 brigadiers/km ²

Conformément à nos observations, nous constatons dans ce tableau que la zone à risque moyen (jaune) est la plus étendue et occupe 61% du territoire. Malgré sa grande superficie, la zone jaune ne comprend pas les plus hautes densités d'accidents et de brigadiers. Plus le niveau de risque est élevé, plus le nombre d'accidents est élevé. D'ailleurs, la zone rouge occupe seulement 4% de la superficie, mais c'est dans cette zone qu'il y a le plus d'accidents (44 au km²). Cette répartition des densités d'accidents valide notre résultat cartographique.

Si nous comparons notre résultat avec les traverses brigadiers réparties sur l'agglomération de Montréal, le constat est le même. Le nombre de brigadiers aux km² augmente en fonction du risque d'accident. De façon générale, cela permet de déclarer que les brigadiers sont répartis de manière conséquente avec les niveaux de risque de notre modèle.

3.3 Exemple de permutation d'un passage brigadier

À partir de nos résultats, nous allons démontrer comment nous pouvons permuter un passage brigadier. Nous avons effectué cette relocalisation à l'intérieur de l'arrondissement Mercier-Hochelaga-Maisonneuve dans le territoire du Poste de quartier (PDQ) du SPVM numéro 27.

Dans notre méthode, nous n'ajoutons pas d'emplacement brigadier à plus de 1 km d'une école primaire. Au-delà de cette limite, c'est le transport scolaire qui prend le relais. À l'inverse, nous ne déplaçons pas un brigadier situé à moins de 100 mètres d'une école. À l'entrée et la sortie des classes, tous convergent vers l'école ce qui augmente la densité de piétons et de véhicules près de l'école.

La distance moyenne entre un brigadier et une école est de 196 mètres sur l'île de Montréal. Un seul brigadier est situé à plus de 1 kilomètre d'une école primaire (boul Gouin O). Il est situé à l'ouest de l'arrondissement Ahuntsic-Cartierville sur le

boulevard Gouin Ouest. À ce sujet, 158 brigadiers sur 498 sont localisés à une distance de moins de 100 mètres d'une école.

3.3.1 Étape 1 – Localisation de départ du brigadier

Pour relocaliser un passage brigadier, nous procédons en deux étapes. Nous sélectionnons d'abord le passage brigadier qui serait déplacé. Pour ce faire, nous générons une requête dans la base de données afin de ne garder que les passages brigadiers dans la zone verte. Nous nous assurons qu'il n'y a aucun historique d'accident à cet emplacement. Ensuite, en navigant sur la carte, nous scrutons les localisations des zones que nous avons ciblées. En résumé, nous respectons les critères suivants :

- Zone à risque faible (vert)
- Plus de 100 mètres d'une école
- Aucun historique d'accident

L'exemple de la figure 3.9 montre un emplacement brigadier répondant à tous ces critères. Dans ce cas précis, l'école la plus proche est située à 317 mètres de l'emplacement.

3.3.2 Étape 2 – Nouvelle localisation d'un brigadier

Dans un second temps, nous générons une requête pour isoler les zones à risque élevé n'ayant aucun brigadier. Cette fois, nous cherchons les localisations avec un historique d'accidents important. De cette façon, nous pouvons identifier un passage qui requiert un brigadier alors qu'il n'y en a aucun. C'est le cas de la figure 3.10 où nous ciblons une intersection problématique de l'arrondissement Mercier-Hochelaga-Maisonneuve. Dans ce cas, l'école la plus près est située à 422 mètres de la nouvelle localisation suggérée. Dans les deux cas, la distance entre la traverse brigadier et l'école est inférieure à 1 kilomètre.

Voici le résumé des critères de requête afin de déterminer une localisation à risque n'ayant aucun brigadier.

- Zone à risque élevé (rouge)
- Moins de 1 km d'une école
- Avec un historique d'accident

Une fois ces deux localisations identifiées, nous pouvons proposer la permutation du brigadier de la figure 3.9 vers l'emplacement de la figure 3.10. Dans cet exemple, en appliquant ces critères de façon stricte, il nous est possible de permuter un passage brigadier dans seulement deux Postes de quartier de l'agglomération, soit les PDQ 23 et 48 situés dans l'arrondissement Mercier-Hochelaga-Maisonneuve. En fait, les cas extrêmes de permutations sont rares. Comme il en sera question dans la discussion, c'est plutôt dans la zone jaune qu'il est possible d'obtenir des gains.

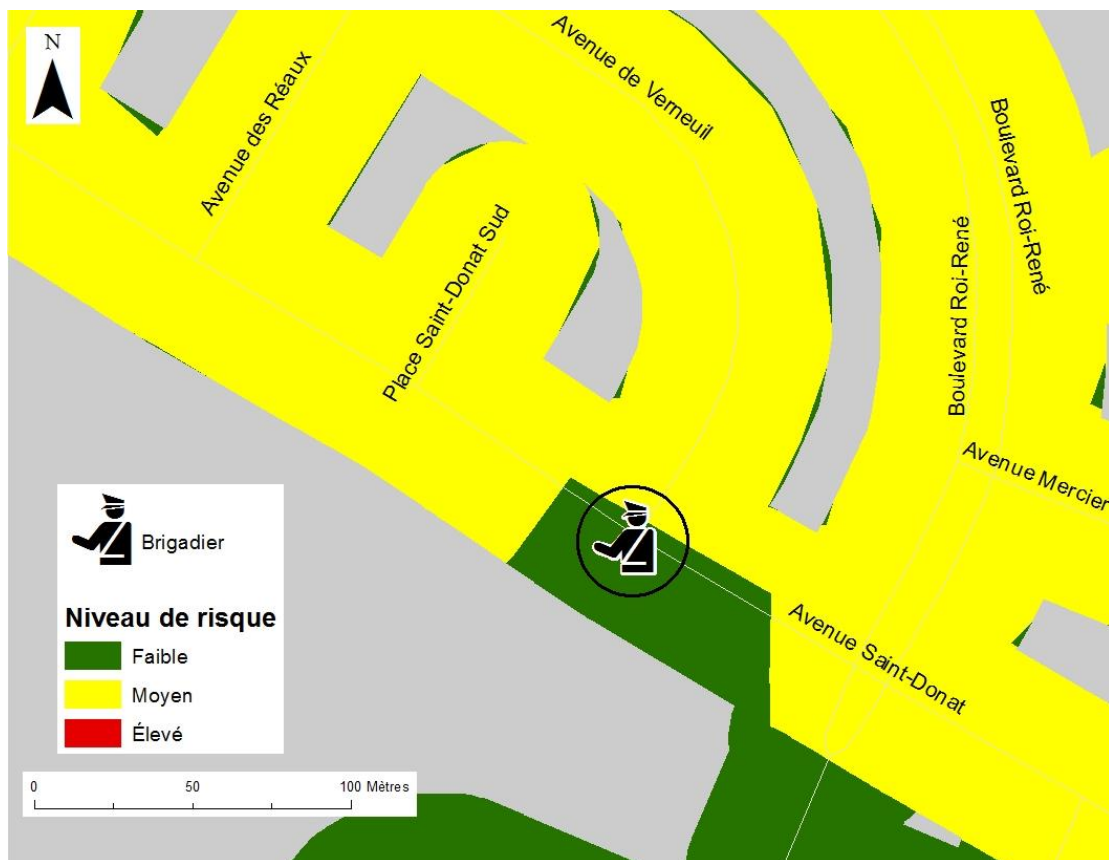


Figure 3.9 Emplacement d'un brigadier dans l'arrondissement Mercier-Hochelaga-Maisonneuve (Avenue Saint-Donat / Avenue de Vemeuil) PDQ 48

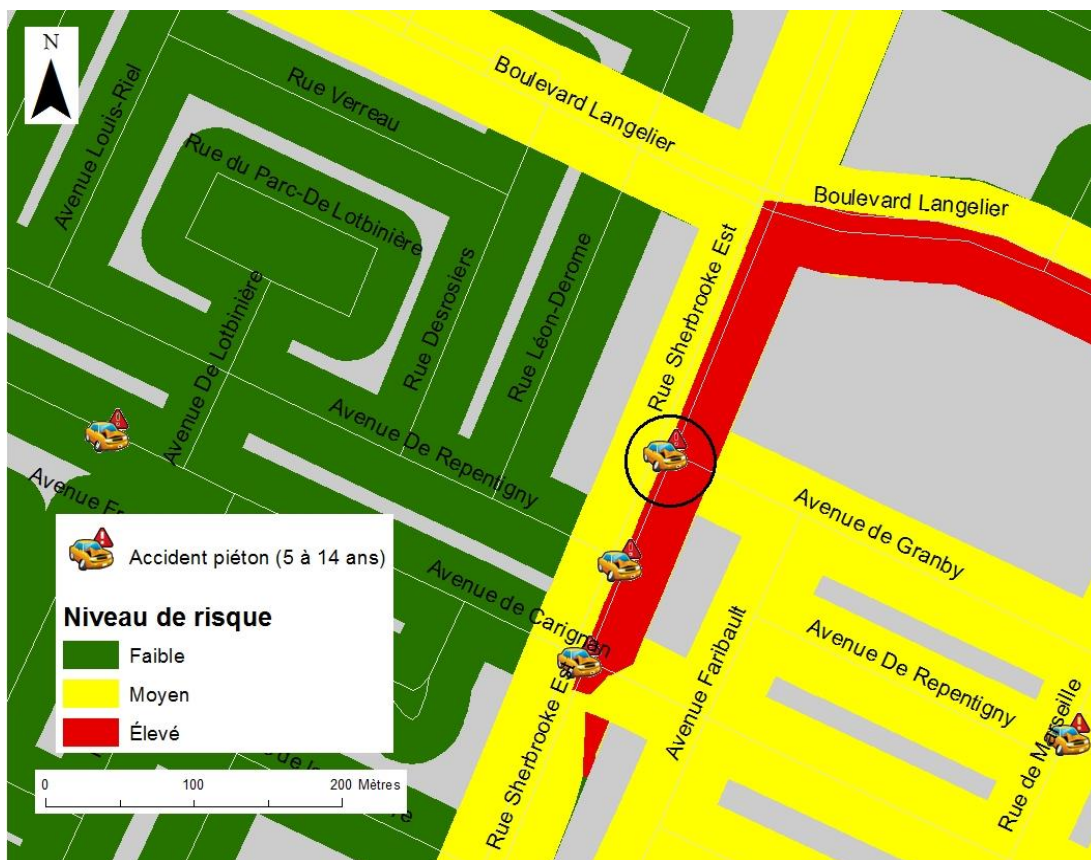


Figure 3.10 Proposition d'ajout d'un brigadier dans l'arrondissement Mercier-Hochelaga-Maisonneuve (Rue Sherbrooke E / Avenue de Granby) PDQ 48

CHAPITRE IV

DISCUSSION

4.1 Retour sur les résultats

La superposition pondérée est utilisée dans la littérature scientifique dans le domaine du risque naturel comme les glissements de terrain, les inondations ou les séismes. Notre objectif est similaire à ces études, soit de déterminer les zones à risques afin de cibler des sites optimaux dans une perspective de prévention. Pour la première fois à notre connaissance, la méthode de superposition pondérée a été utilisée dans le but de résoudre une problématique liée à la sécurité routière. Dans la présente recherche, cet outil SIG apporte une nouvelle perspective sur la distribution spatiale des brigadiers scolaires adultes. Lorsque les intervenants en sécurité routière effectuent une permutation de brigadier, notre résultat et les informations qui en découlent peuvent servir à guider un tel choix.

L'avantage de la présente méthode tient au fait qu'elle est peu coûteuse et qu'elle est rapide à réaliser. La grandeur du territoire n'alourdit pas l'exécution de notre méthodologie à condition de pouvoir obtenir des données précises et fiables. Notre approche permet d'obtenir en peu de temps une idée globale du risque d'accident piéton sur un territoire donné. Elle nécessite aussi une main-d'œuvre peu nombreuse. À l'échelle des intersections, la méthode proposée par la SAAQ (2002) à l'avantage d'être précise. Néanmoins, elle a le désavantage d'être plus longue et coûteuse à réaliser et difficile à tenir à jour. En ce qui concerne la présente recherche, comme nous allons le voir, il faut toutefois prévoir une étape complémentaire sur le terrain.

Appuyés par l'état des connaissances actuel, nous avons intégré quatre variables dans notre superposition : la hiérarchie des rues, le nombre de voies, la densité de la

population (5 à 14 ans) et le niveau de défavorisation des écoles primaires. Nous les avons pondérés en fonction de la littérature scientifique sur le sujet. La particularité de notre superposition par rapport aux études sur le risque naturel est due au fait que nos données sont omniprésentes sur l'ensemble du territoire. Il est difficile de cibler une variable en particulier et de lui donner une importance plus élevée sans qu'une grande superficie de notre territoire en soit affectée. Pour cette raison, notre pondération ne contient aucune valeur qui se démarque.

Nous avons basé notre superposition pondérée sur l'état des connaissances actuel et nous l'avons ensuite validé avec l'historique d'accidents. Suite à nos comparaisons, ce modèle semble valide. En effet, nous avons réussi à créer des zones à risque élevé (rouge) qui correspondent aux accidents réels sur le terrain. D'autant plus que notre zone rouge s'est avérée petite en superficie, mais élevée en densité d'accidents, ce qui confirme la qualité de notre résultat.

Nous faisons le constat que l'agglomération de Montréal est un territoire hétérogène en matière de risque routier. Les réalités de l'Ouest, du Centre et de l'Est de l'agglomération sont variées. L'annexe 7 qui cartographie les zones à risque faible démontre bien cette réalité. On peut aisément distinguer trois secteurs de l'île en fonction de la superficie de la zone verte.

L'Ouest et l'Est de l'île sont généralement plus sécuritaires pour les enfants piétons. Le réseau routier est principalement local et sinueux, ce qui a pour effet de ralentir la vitesse automobile dans ces secteurs. Si on compare la prépondérance de la zone verte (Annexe 7) avec le taux de motorisation (Annexe 12), on perçoit une certaine corrélation. Serait-ce à dire que plus on se déplace en voiture, moins on a de chance de subir une collision en tant que piéton ? Il serait simpliste de considérer seulement ce facteur, mais on peut penser que plus le taux de motorisation est élevé, moins les parents ont tendance à laisser marcher leurs enfants vers l'école. De plus, quand ils marchent, les enfants le font sur des rues locales à l'écart des grands axes routiers.

Ceci rejoint le concept du cercle vicieux associé à la décision de reconduire les écoliers en automobile (Figure 1.5). Plus il y a de voitures dans les rues, moins le quartier est empreint d'un sentiment de sécurité.

Le Centre de l'île possède un réseau routier orthogonal qui encourage la vitesse automobile avec ses lignes droites. La présence d'artères est marquée et le réseau est dense. En raison de la présence de ces grands axes routiers, la circulation dans ces quartiers en est une de transit. Cette densité du réseau routier accentue les interactions des voitures et des piétons. Comme nous l'avons vu, les enfants n'ont pas les mêmes capacités que les adultes pour anticiper un trafic automobile complexe. Conséquemment, les accidents impliquant des enfants piétons y sont localisés en plus grand nombre. La carte de l'annexe 9 qui concerne les accidents enfants piétons affiche une démarcation entre les deux extrémités de l'île et son centre.

Au Centre-Sud de l'île, Westmount et Ville-Marie font figure d'exceptions pour leurs petits nombres d'accidents (Annexes 9). On peut penser que dans cette région du centre de la ville, il y a peu de piétons enfants. La figure 2.3 montre la faible densité populationnelle d'enfants qui concerne particulièrement Ville-Marie. L'annexe 14 affiche le nombre d'écoles primaires par quartiers. On observe que ces deux quartiers ont un peu d'écoles sur leurs territoires. En conséquence, les trajectoires de déplacements d'écoliers piétons dans ces secteurs de l'île sont moins nombreuses. Westmount, pour sa part, est reconnu pour ses mesures d'aménagement urbain en faveur des piétons (Ville de Westmount, 2014). La ville, par diverses mesures d'urbanisme, cherche à encourager le piéton et à décourager la vitesse automobile. On met en place des mesures d'apaisement de la circulation pour contrer la vitesse et le volume du trafic routier tout en améliorant l'accès au transport collectif.

En ce qui concerne la distribution des brigadiers, ils sont situés en majorité au centre de l'agglomération (Annexe 11). Comme nous l'avons relevé, les brigadiers sont globalement répartis en fonction des accidents enfants piétons et de nos zones à risque élevé (Annexe 4). Dans l'ensemble, plus il y a d'accidents et plus la zone rouge est grande, plus il y a de brigadiers sur le territoire.

4.2 Recommandations

Nous sommes d'avis que l'échelle appropriée pour la permutation d'une traverse brigadier est celle de l'agglomération de Montréal. À l'échelle des PDQ, il est difficile d'effectuer une permutation adéquate. Par exemple, aux extrémités de l'île, il est plus facile de désigner un brigadier à déplacer alors qu'au centre de l'île, il est plus facile d'identifier une localisation qui nécessite la présence d'un brigadier. Comme nous l'avons vu avec les tableaux 3.1 et 3.2, bien que notre validation à l'échelle de l'agglomération soit un succès, il n'est pas facile de valider notre résultat à l'échelle des quartiers. La fragmentation du territoire limite les actions possibles en termes de permutation de brigadier.

Notre modèle est réalisable à une échelle globale et il est facile à reproduire. Par contre, c'est en effectuant une visite sur le terrain qu'on réalise les implications d'une relocalisation de brigadier. La responsabilité d'un tel changement est grande et c'est pour cette raison qu'il faut se munir d'une méthodologie robuste. Sur le terrain, une multitude de facteurs peuvent nous obliger à modifier une décision. Cela peut se traduire par un arbre qui obstrue la visibilité, un trottoir étroit ou de mauvaises habitudes de conduites spécifiques à une traverse. Ce sont autant de facteurs qui nous échappent étant donné notre absence sur le terrain. De plus, bien que nos données soient le plus à jour possible, il est toujours possible qu'entre temps un changement sur le terrain survienne. Une rencontre avec le brigadier concerné est également à privilégier pour obtenir son avis. Il est celui qui détient l'expérience du terrain et ses observations quotidiennes sont à considérer.

Notre démarche cartographique est un outil d'aide à la décision pour les intervenants qui doit être complétée par un travail sur le terrain. Des observations se doivent d'être réalisées avant et après la permutation d'un brigadier. Il est alors possible que des éléments nouveaux remettent en question une relocalisation de brigadier. Pour s'assurer que le brigadier à déplacer ne soit pas la principale raison du bon bilan de sa traverse, il faut poursuivre les observations les jours suivants une permutation. Ceci est vrai pour les deux endroits, c'est-à-dire, à la traverse que le brigadier quitte ainsi qu'à la nouvelle traverse instaurée. Voici des exemples d'éléments que pourrait contenir une grille d'observation :

- Densité de trafic
- Nombre d'enfants piétons
- Configuration des rues
- Signalisation
- Comportement des piétons et des automobilistes
- Visibilité

Finalement, avec le départ du brigadier, des mesures de remplacement (signalisation, saillie de trottoir, dos d'âne) pourraient être apportées à l'intersection restée orpheline.

CONCLUSION

Comme nous l'avons vu, la distribution des brigadiers semble répartie en concordance avec le niveau de risque élevé. Les gains en sécurité piétonne se feront de manière très pointue et très ciblée. Nous nous attendions à ce que notre zone à risque faible (verte) soit la plus grande. Nous n'avions pas envisagé que la zone jaune soit aussi importante en superficie. Étant donné que les cas extrêmes sont rares, il serait approprié de réappliquer notre méthode à partir de la zone jaune seulement en excluant cette fois les zones rouge et verte. C'est dans la zone jaune qu'il est possible d'obtenir des gains dans le but d'améliorer la distribution des brigadiers scolaires adultes. Par exemple, nous avons fait le constat qu'Outremont et Verdun s'illustrent par leurs grandes superficies de zones jaunes. La raison est que tous les accidents de ces quartiers tombent dans une zone jaune et ceci limite nos actions en vue d'une permutation.

Mercier-Hochelaga-Maisonneuve est un arrondissement qui a suscité notre intérêt. En nombre absolu, il arrive au deuxième rang pour sa quantité d'accidents sur son territoire (Annexe 8). Surtout, nous avons constaté qu'un nombre anormalement élevé d'accidents concordent avec notre zone verte (Figure 3.6). Quelles actions entreprendre pour améliorer une telle situation ? Nous avons vu dans la littérature qu'il existe une corrélation entre le niveau socioéconomique et le risque d'accident enfant piéton. Mercier-Hochelaga-Maisonneuve est l'un des arrondissements de Montréal où la pauvreté et la criminalité sont les plus élevées (Ville de Montréal, 2002). On y retrouve une poche de pauvreté au Sud dans le secteur Mercier, ce qui coïncide avec nos résultats. À l'échelle de l'agglomération, si on accorde une pondération plus élevée à la densité de population des enfants de 5 à 14 ans, ceci contribue à améliorer notre résultat (Tableau 2.6). Il semble que pour ce quartier, le

niveau socioéconomique joue un rôle plus important qu'ailleurs sur l'île. Il serait intéressant d'approfondir l'analyse du risque d'accident piéton dans cet arrondissement en considérant le facteur défavorisation.

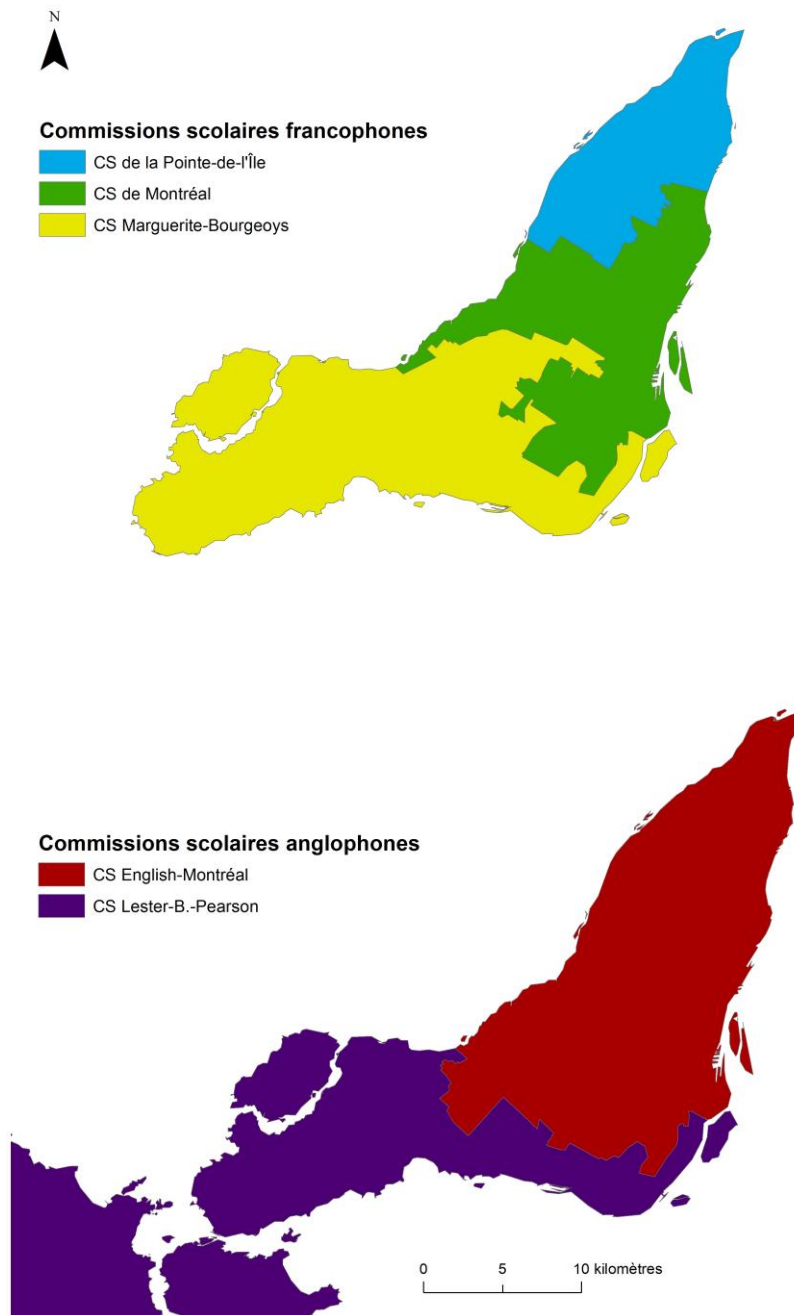
À long terme, il ne faut pas perdre de vue que la sécurité routière des enfants passe par la considération de plusieurs facteurs de risque. Certains sont plus tangibles et directs comme la largeur d'une rue ou le débit du trafic. Des mesures d'abaissement de la vitesse d'une artère peuvent alors aider à prévenir les accidents. D'autres facteurs sont invisibles sur le terrain et nécessitent une expertise tournée vers une intervention sociocommunautaire. La lutte contre la pauvreté est un exemple de mesure indirecte qui peut contribuer à améliorer la sécurité des enfants piétons. Situé au cœur de la stratégie de sécurité routière des enfants piétons, le brigadier coordonne la circulation routière pour protéger les enfants. Il a aussi un rôle d'éducateur dans le but de faire adopter les bons comportements des écoliers. Comme nous l'avons mentionné, le programme des brigadiers scolaires adultes se situe à la jonction de la réglementation et du changement des comportements. À la fin, nous pouvons stipuler que son rôle de prévention se situe aussi à la jonction des facteurs de risque direct et indirect.

ANNEXES

**ANNEXE 1 : ÉDIFICES ABRITANTS PLUS D'UNE
ÉCOLES PRIMAIRES À LA MÊME ADRESSE**

Nom des écoles	Adresse	Moyenne de l'indice de défavorisation	Nombre d'écoles
École F.A.C.E.	3449, rue Université	26,7	4
École au Pied-de-la-Montagne, pavillon Jean-Jacques-Olier	4265, avenue Laval	19,6	2
École Judith-Jasmin	4575, avenue Mariette	29,6	2
École Albatros	6440, boulevard Les Galeries d'Anjou	27,9	2
École Jonathan	705, boulevard Décarie	30,6	2

ANNEXE 2 : COMMISSIONS SCOLAIRES FRANCOPHONES ET ANGLOPHONES PRÉSENTES DANS L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



Carte réalisée par Mathieu Rancourt
Source : Éducation, Loisir et Sport Québec 2013

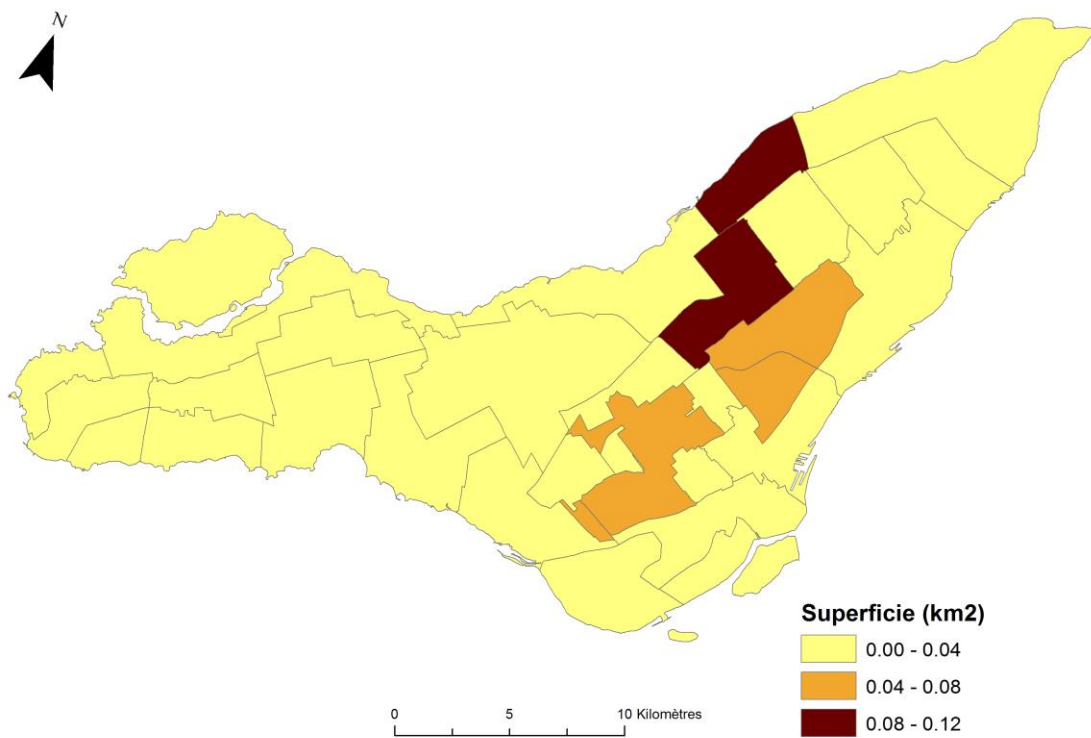
**ANNEXE 3 : LISTE DES ARRONDISSEMENTS ET DES VILLES LIÉES
SELON LA SUPERFICIE TOTALE**

Nom des quartiers	Superficie (km²)
Saint-Laurent	42.88
Rivière-des-Prairies–Pointe-aux-Trembles	42.02
Pierrefonds–Roxboro	27.07
Mercier–Hochelaga-Maisonneuve	25.47
Ahuntsic-Cartierville	24.08
L'Île-Bizard–Sainte-Geneviève	23.66
Côte-des-Neiges–Notre-Dame-de-Grâce	21.12
Dorval	20.91
Pointe-Claire	18.87
Lachine	17.87
LaSalle	16.55
Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension	16.52
Rosemont–La Petite-Patrie	15.89
Sud-Ouest	15.76
Dollard-des-Ormeaux	15.20
Ville-Marie	14.25
Anjou	13.71
Saint-Léonard	13.52
Montréal-Est	12.48
Montréal-Nord	11.07
Beaconsfield	11.01
Sainte-Anne-de-Bellevue	10.58
Verdun	9.88
Kirkland	9.65
Plateau-Mont-Royal	8.15
Mont-Royal	8.04
Senneville	7.48
Côte-Saint-Luc	6.76
Baie-D'Urfé	6.03
Westmount	4.03
Outremont	3.86
Hampstead	1.98
Montréal-Ouest	1.41

**ANNEXE 4 : LISTE DES ARRONDISSEMENTS ET DES VILLES LIÉES SELON
LA DENSITÉ DE SUPERFICIE DES ZONES À RISQUE ÉLEVÉ (ROUGE)**

Nom des quartiers	Superficie (km²)	Accidents aux km²	Brigadiers aux km²
Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension	0.12	16.0	3.6
Montréal-Nord	0.11	17.4	2.6
Plateau-Mont-Royal	0.05	12.9	4.2
Rosemont–La Petite-Patrie	0.05	12.1	3.4
Côte-des-Neiges–Notre-Dame-de-Grâce	0.05	9.8	1.7
Montréal-Ouest	0.05	2.1	0.7
Ahuntsic-Cartierville	0.04	5.6	1.8
Sud-Ouest	0.04	6.8	1.5
Mont-Royal	0.03	1.7	0.7
Saint-Léonard	0.03	7.0	1.8
Ville-Marie	0.03	5.1	1.3
Westmount	0.03	2.7	0.7
Outremont	0.02	9.8	2.8
Mercier–Hochelaga-Maisonneuve	0.02	8.4	1.6
Saint-Laurent	0.02	1.7	0.2
LaSalle	0.01	3.8	1.1
Anjou	0.01	2.3	0.9
Dollard-des-Ormeaux	0.00	1.0	0.3
Pierrefonds–Roxboro	0.00	1.8	0.2
Rivière-des-Prairies–Pointe-aux-Trembles	0.00	2.3	0.7
Verdun	0.00	9.1	2.4
Lachine	0.00	1.8	0.7
Hampstead	0.00	1.0	0.0
Côte-Saint-Luc	0.00	2.4	0.3
Pointe-Claire	0.00	0.3	0.0
Dorval	0.00	0.3	0.0
Montréal-Est	0.00	0.4	0.1
L'Île-Bizard–Sainte-Geneviève	0.00	0.3	0.2
Kirkland	0.00	0.3	0.1
Beaconsfield	0.00	0.1	0.0
Sainte-Anne-de-Bellevue	0.00	0.1	0.1
Baie-D'Urfé	0.00	0.0	0.0
Senneville	0.00	0.0	0.0

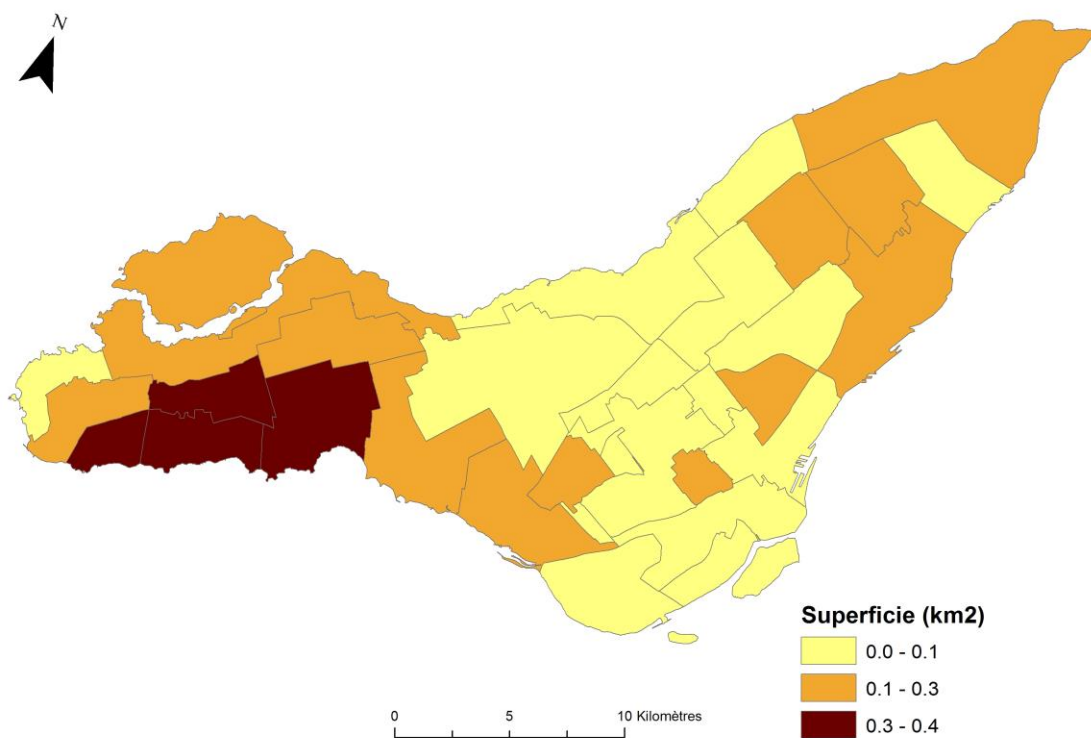
ANNEXE 5 : SUPERFICIE DES ZONES À RISQUE ÉLEVÉ (ROUGE)
PAR QUARTIER



**ANNEXE 6 : LISTE DES ARRONDISSEMENTS ET DES VILLES LIÉES SELON
LA DENSITÉ DE SUPERFICIE DES ZONES À RISQUE FAIBLE (VERT)**

Nom des quartiers	Superficie (km²)	Accidents aux km2	Brigadiers aux km2
Beaconsfield	0.47	0.1	0.1
Kirkland	0.46	0.4	0.1
Baie-D'Urfé	0.38	0.0	0.0
Pointe-Claire	0.36	0.3	0.0
Dorval	0.25	0.3	0.0
Côte-Saint-Luc	0.24	2.4	0.3
Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles	0.24	2.3	0.7
Pierrefonds-Roxboro	0.23	1.8	0.2
Dollard-des-Ormeaux	0.22	1.0	0.3
Mercier-Hochelaga-Maisonneuve	0.22	8.4	1.6
Westmount	0.21	2.7	0.7
Lachine	0.21	1.8	0.7
Sainte-Anne-de-Bellevue	0.20	0.1	0.0
L'Île-Bizard-Sainte-Genève	0.18	0.3	0.1
Plateau-Mont-Royal	0.18	12.9	4.2
Anjou	0.17	2.3	0.9
Saint-Léonard	0.17	7.0	1.8
Ville-Marie	0.15	5.1	1.3
Verdun	0.14	9.1	2.4
Saint-Laurent	0.13	1.7	0.2
LaSalle	0.13	3.8	1.1
Ahuntsic-Cartierville	0.10	5.6	1.8
Senneville	0.10	0.0	0.0
Outremont	0.09	9.8	2.8
Sud-Ouest	0.08	6.8	1.5
Montréal-Est	0.08	0.3	0.2
Rosemont-La Petite-Patrie	0.08	12.1	3.4
Mont-Royal	0.07	1.7	0.7
Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce	0.06	9.8	1.7
Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension	0.03	16.0	3.6
Montréal-Nord	0.02	17.4	2.6
Hampstead	0.01	1.0	0.0
Montréal-Ouest	0.00	2.1	0.7

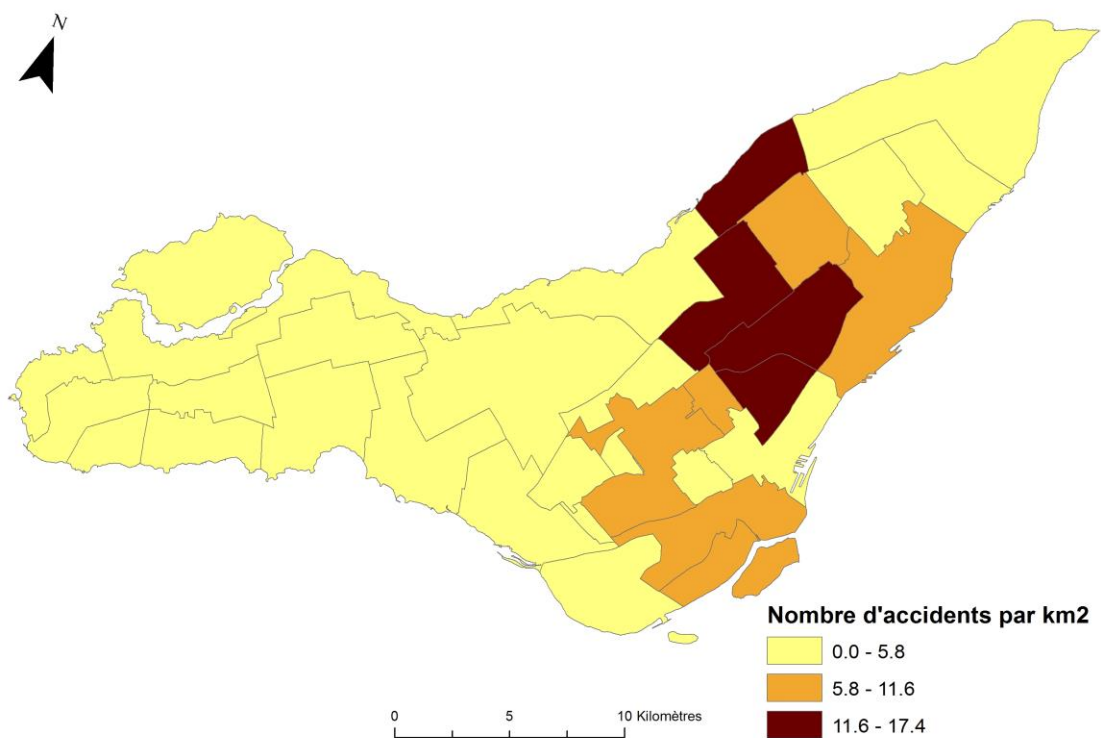
ANNEXE 7 : SUPERFICIE DES ZONES À RISQUE FAIBLE (VERT)
PAR QUARTIER



**ANNEXE 8 : LISTE DES QUARTIERS SELON LE NOMBRE D'ACCIDENTS
ROUTIER IMPLIQUANT UN ENFANT PIÉTON (5 – 14 ANS)**

Nom des quartiers	Accidents aux km2	Nombre d'accidents
Montréal-Nord	17.4	193
Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension	16.0	264
Plateau-Mont-Royal	12.9	105
Rosemont–La Petite-Patrie	12.1	192
Outremont	9.8	38
Côte-des-Neiges–Notre-Dame-de-Grâce	9.8	206
Verdun	9.1	90
Mercier–Hochelaga-Maisonneuve	8.4	214
Saint-Léonard	7.0	95
Sud-Ouest	6.8	107
Ahuntsic-Cartierville	5.6	134
Ville-Marie	5.1	72
LaSalle	3.8	63
Westmount	2.7	11
Côte-Saint-Luc	2.4	16
Anjou	2.3	32
Rivière-des-Prairies–Pointe-aux-Trembles	2.3	98
Montréal-Ouest	2.1	3
Pierrefonds–Roxboro	1.8	50
Lachine	1.8	32
Mont-Royal	1.7	14
Saint-Laurent	1.7	73
Hampstead	1.0	2
Dollard-des-Ormeaux	1.0	15
Kirkland	0.4	4
Montréal-Est	0.3	4
Pointe-Claire	0.3	6
L'Île-Bizard–Sainte-Geneviève	0.3	7
Dorval	0.3	6
Sainte-Anne-de-Bellevue	0.1	1
Beaconsfield	0.1	1
Baie-D'Urfé	0.0	0
Senneville	0.0	0

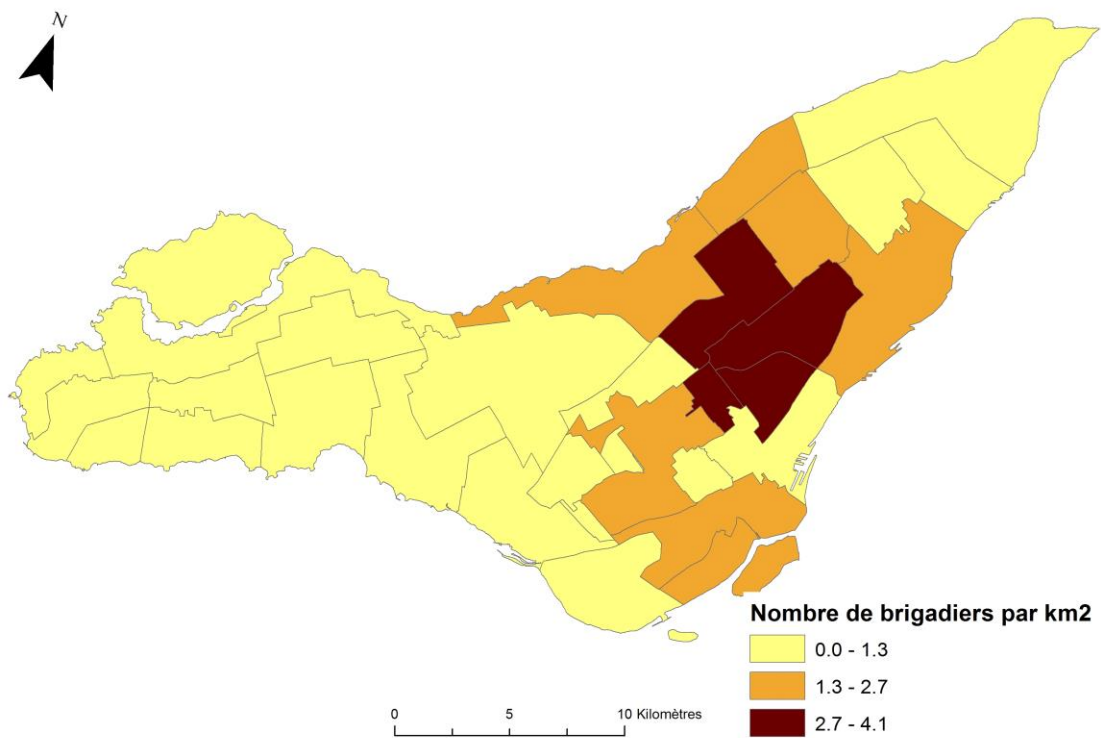
ANNEXE 9 : ACCIDENTS ROUTIER IMPLIQUANT UN ENFANT PIÉTON
(5 - 14 ANS)



**ANNEXE 10 : LISTE DES ARRONDISSEMENTS ET DES VILLES LIÉES
SELON LE NOMBRE DE BRIGADIERS AUX KM2**

Nom des quartiers	Brigadiers aux km2	Nombre de Brigadiers
Plateau-Mont-Royal	4.2	34
Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension	3.6	60
Rosemont–La Petite-Patrie	3.4	54
Outremont	2.8	11
Montréal-Nord	2.6	29
Verdun	2.4	24
Saint-Léonard	1.8	25
Ahuntsic-Cartierville	1.8	44
Côte-des-Neiges–Notre-Dame-de-Grâce	1.7	36
Mercier–Hochelaga-Maisonneuve	1.6	40
Sud-Ouest	1.5	23
Ville-Marie	1.3	18
LaSalle	1.1	19
Anjou	0.9	13
Mont-Royal	0.7	6
Westmount	0.7	3
Lachine	0.7	13
Rivière-des-Prairies–Pointe-aux-Trembles	0.7	30
Montréal-Ouest	0.7	1
Côte-Saint-Luc	0.3	2
Dollard-des-Ormeaux	0.3	4
Pierrefonds–Roxboro	0.2	6
Saint-Laurent	0.2	9
Montréal-Est	0.2	2
L'Île-Bizard–Sainte-Geneviève	0.1	3
Kirkland	0.1	1
Beaconsfield	0.1	1
Dorval	0.0	1
Hampstead	0.0	0
Pointe-Claire	0.0	0
Sainte-Anne-de-Bellevue	0.0	0
Baie-D'Urfé	0.0	0
Senneville	0.0	0

ANNEXE 11 : NOMBRE DE BRIGADIERS PAR QUARTIER



ANNEXE 12 : TAUX DE MOTORISATION DES MÉNAGES EN 2008
DANS LA RMR DE MONTRÉAL

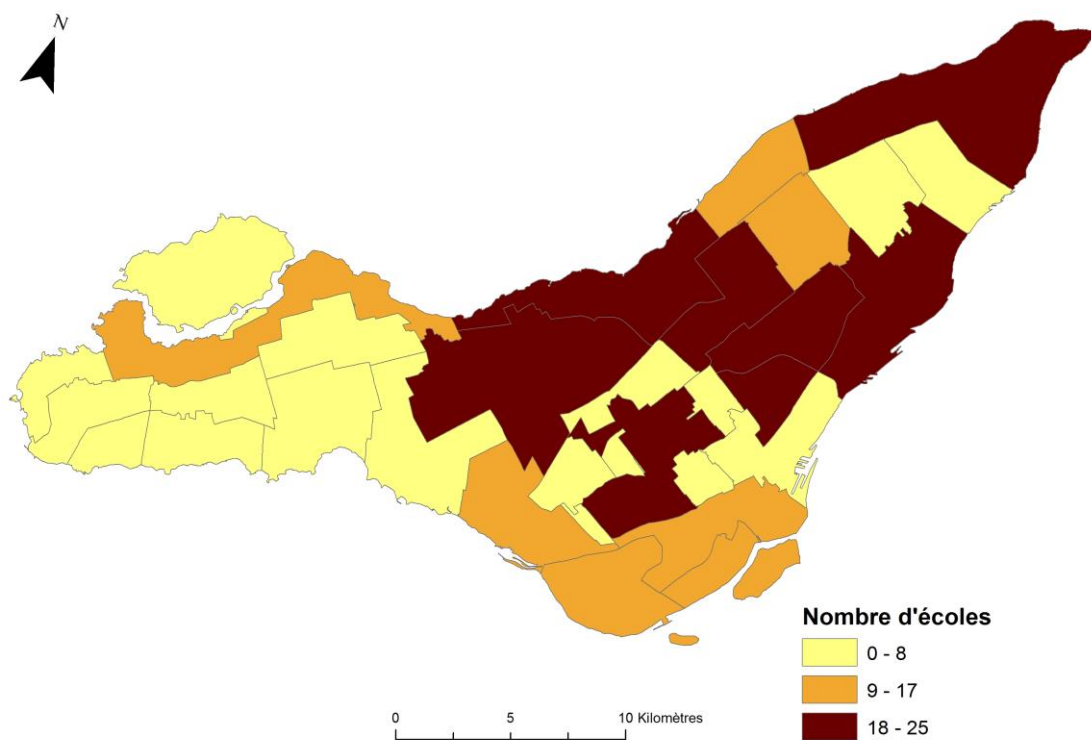


Source : AMT Enquête Origine-Destination (OD) 2008

**ANNEXE 13 : LISTE DES ARRONDISSEMENTS ET DES VILLES LIÉES
EN FONCTION DU NOMBRE D'ÉCOLES PRIMAIRES**

Nom des quartiers	Nombre d'écoles
Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension	25
Côte-des-Neiges–Notre-Dame-de-Grâce	24
Rosemont–La Petite-Patrie	24
Ahuntsic-Cartierville	23
Mercier–Hochelaga-Maisonneuve	23
Plateau-Mont-Royal	19
Rivière-des-Prairies–Pointe-aux-Trembles	19
Saint-Laurent	17
LaSalle	14
Pierrefonds–Roxboro	13
Sud-Ouest	13
Montréal-Nord	12
Saint-Léonard	11
Lachine	10
Verdun	10
Anjou	8
Beaconsfield	7
Dollard-des-Ormeaux	6
Pointe-Claire	6
Mont-Royal	5
Ville-Marie	5
Outremont	4
Côte-Saint-Luc	3
L'Île-Bizard–Sainte-Geneviève	3
Westmount	3
Baie-D'Urfé	2
Dorval	2
Kirkland	2
Montréal-Ouest	2
Hampstead	1
Montréal-Est	1
Sainte-Anne-de-Bellevue	1
Senneville	0

ANNEXE 14 : NOMBRE D'ÉCOLES PRIMAIRES PAR QUARTIER



BIBLIOGRAPHIE

- Adresses Québec. 2011. *Guide de l'utilisateur*. Québec : Les Publications du Québec.
- Affaires municipales et Occupation du territoire (MAMROT). 2010a. *Organisation territoriale*. En ligne. (<http://www.mamrot.gouv.qc.ca/organisation-municipale/organisation-territoriale/instances-municipales/paliers-municipaux/competences-dagglomeration/>) Page consultée le 2 juin 2014
- Affaires municipales et Occupation du territoire (MAMROT). 2010b. *Portrait des régions – Montréal région 06*. En ligne. (<http://www.mamrot.gouv.qc.ca/developpement-regional-et-rural/portrait-des-regions/montreal/>) Page consultée le 2 juin 2014
- Arason, N. 2014. *No Accident : Eliminating Injury and Death on Canadian Roads*. Waterloo : Wilfrid Laurier University Press. 346 p.
- Baudier, F. 2005. « De la prévention des accidents domestiques de l'enfant à la promotion de la sécurité : l'engagement d'un réseau francophone ». *Archives de pédiatrie*, vol. 12 p. 1567–1569.
- Benjamin, K. et D. C. Schwebel. 2007. « The Roles of Age, Gender, Inhibitory Control, and Parental Supervision in Children's Pedestrian Safety ». *Journal of Pediatric Psychology*, vol. 32, no 5, p.517-526.
- Cottrill, C. et P. Thakuriahb. 2010. « Evaluating pedestrian crashes in areas with high low-income or minority populations ». *Accident Analysis and Prevention*, vol 42, p. 1718–1728.
- Cloutier, M-S. 2008. « Les accidents de la route impliquant des enfants piétons ». Thèse de doctorat, Montréal, Université de Montréal, Département de géographie, 304 p.
- Comité de gestion de la taxe scolaire de l'île de Montréal (CGTSIM). 2013. « Guide d'accompagnement de la carte de la défavorisation des familles avec enfants de moins de 18 ans de l'île de Montréal ». *Carte de la défavorisation 2013 du comité de Gestion de la taxe scolaire de l'île de Montréal*, 77 p.
- Commission scolaire de Montréal. 2014. *Politique du transport des élèves de la Commission scolaire de Montréal*. Version administrative, 9 p.

- Cooper, A., L. B. Andersen, N. Wedderkopp, A. S. Page et K. Froberg. 2005. « Physical Activity Levels of Children Who Walk, Cycle, or Are Driven to School ». *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 29, no 3, p. 179-184.
- Demers, M. 2008. *Pour une ville qui marche : aménagement urbain et santé*. Montréal : Éditions Écosociété, 287 p.
- Direction de santé publique de Montréal (DSP). 2006. *Le transport urbain, une question de santé*. Montréal : Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, 132 p.
- Direction de santé publique de Montréal (DSP). 2013. *Sécurité des piétons en milieu urbain : enquête sur les aménagements routiers aux intersections*. Montréal : Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, 34 p.
- Dupuy, G. 2006. *La dépendance à l'égard de l'automobile*. Paris : La documentation Française, 93 p.
- Dussault, L. 2002. « La politique québécoise de sécurité dans les transports 2001-2005 Volet routier ». *Annales des Ponts et Chaussées*, vol. 101, p. 12-16.
- Esri. 2012a. *Créer des polygones de Thiessen*. En ligne. (<http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/00080000001m000000>) Page consultée le 14 mai 2014.
- Esri. 2012b. *Fonctionnement de superposition pondérée*. En ligne. (<http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/009z000000rq000000/>) Page consultée le 5 mai 2014.
- Forum International des Transports (FIT). 2012. *Piétons : sécurité, espace urbain et santé*. Rapport de recherche, Paris : Éditions OCDE, 121 p.
- Garder, P. 2004. « The impact of speed and other variables on pedestrian safety in Maine ». *Accident Analysis and Prevention*, vol. 36, no 4, p. 533-542.
- GrandQuébec.com. 2014. *Brigadier scolaire*. En ligne. (<http://grandquebec.com/professions-quebec/brigadier-scolaire/>) Page consultée le 12 mai 2014
- Granié, M-A. 2010. « Socialisation au risque et construction sociale des comportements de l'enfant piéton : éléments de réflexion pour l'éducation routière ». *Enfances, Familles, Générations*, vol. 12, p. 88-110.

- Hewson, P. 2004. « Deprived children or deprived neighbourhoods? A public health approach to the investigation of links between deprivation and injury risk with specific reference to child road safety in Devon County, UK ». *BMC Public Health*, vol. 4, no 15, p. 1-10.
- Immigration, Diversité et Inclusion Québec. 2013. *Éducation préscolaire, enseignement primaire et enseignement secondaire*. En ligne. <http://www.immigration-quebec.gouv.qc.ca/FR/education/information-education/education-enseignement/index.html> Page consultée le 2 juin 2014
- Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE). 2014. *Accidents corporels de la circulation*. En ligne. <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/accidents-circulation.htm> Page consultée le 25 avril 2014
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). 2009. *Le poids corporel chez les enfants et adolescents du Québec : de 1978 à 2005*. Québec: Les Publications du Québec, 55 p.
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). 2011. *Sécurité des élèves du primaire lors des déplacements à pied et à vélo entre la maison et l'école au Québec*. Québec : Les Publications du Québec, 104 p.
- Joly, M-F, P. Foggin et B. Pless. 1991. « Geographical and socio-ecological variations of traffic accidents among children ». *Social Science and Medicine*, vol. 33, no 7, p. 765-769.
- Kerr, J. 2011. « L'école à pied et à vélo, Activité physique et résultats en matière de santé ». Trad. De l'anglais par M. Demers. Québec : Québec en forme (no 5) , 7 p.
- Khelifi, T. 2011. *Représentation, communication, prévention : l'automobile et l'accident de la circulation*. Allemagne : Éditions Universitaires Européennes, 456 p.
- Kino-Québec. 2000. *Quantité d'activité déterminant de la santé des jeunes. Avis du comité scientifique de Kino-Québec*. Ministère de la Santé et des Services sociaux, Québec : Les Publications du Québec, 24 p.
- Laflamme, L. et F. Diderichsen. 2000. « Social differences in traffic injury risks in childhood and youth: A literature review and a research agenda ». *Injury Prevention*, vol. 6, no 4, p. 293-298.

- LaScala, E. A., D. Gerber et P. J. Gruenewald. 2000. « Demographic and environmental correlates of pedestrian injury collisions: a spatial analysis ». *Accident Analysis and Prevention*, vol. 32, p. 651-658.
- LaScala, E. A., P. J. Gruenewald et F. Johnson. 2003. « An ecological study of the locations of schools and child pedestrian injury collisions ». *Accident Analysis & Prevention*. vol. 36, no 4, p. 569-576.
- Lassarre, S. 2003. « Vers un schéma commun d'évaluation des risques sur la santé dus aux transports routiers en relation avec la gestion des risques ». In *Géographie des risques des transports : actes du colloque de Besançon*, sous la dir. de A. Banos, F. Banos, T. Brossard et S. Lassarre, p. 9-15. Orléans : Paradigme.
- Lee, C. et M. Abdel-Aty. 2005. « Comprehensive analysis of vehicle–pedestrian crashes at intersections in Florida ». *Accident Analysis and Prevention*, vol. 37, no 4, p. 775-786.
- Mace, S. E., M. J. Gerardi, A. M. Dietrich, S. R. Knazik, D. Mulligan-Smith, R. L. Sweeney et C. R. Warden. 2001. « Injury Prevention and Control in Children ». *Annals of emergency medicine*, vol. 38, no 4, p. 405-414.
- Mignot, C. 2001. *Mobilité urbaine et déplacements non motorisés*. Paris : La Documentation française, 78 p.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). 2013. *Statistiques de l'éducation - Enseignement primaire, secondaire, collégial et universitaire*. Québec : Les Publications du Québec, 260 p.
- Ministère de la Sécurité publique. 2008. *Concepts de base en sécurité civile*. Québec : Les Publications du Québec, 48 p.
- Miranda-Moreno, L. , P. Morency et A. El-Geneidy. 2011. « The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian–vehicle collision occurrence at signalized intersections ». *Accident Analysis and Prevention*, vol. 43, no. 5, p. 1624-1634.
- Morency, P. et M-S Cloutier. 2005. *Distribution géographique des blessés de la route sur l'île de Montréal (1999 – 2003)*. Montréal : Direction de santé publique Québec, 158 p.
- Morency, P. 2010. « Potentiel d'une approche populationnelle orientée vers la reconfiguration des environnements urbains pour améliorer la sécurité des piétons ». Thèse de doctorat, Montréal, Université de Montréal, 231 p.

- Morency, P., L. Gauvin, F. Tessier, L. Miranda-Moreno, M-S Cloutier et C. Morency. 2011. « Analyse désagrégée des facteurs environnementaux associés au nombre d'enfants blessés par un véhicule à moteur en milieu urbain ». *Cahiers de géographie du Québec*, 55 (156), 449 p.
- Moudon. A. V., L. Bin, J. Jiao, P. Hurvitz et P. Reeves. 2011. « The risk of pedestrian injury and fatality in collisions with motor vehicles, a social ecological study of state routes and city streets in King County, Washington », *Accident Analysis and Prevention*, vol. 43, p. 11-24.
- Organisation mondiale de la Santé (OMS). 2010. *Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé*. Genève : Organisation mondiale de la Santé, 60 p.
- Organisation mondiale de la Santé (OMS). 2013. *Rapport de situation sur la sécurité routière dans le monde 2013*. Genève : Organisation mondiale de la Santé, 11 p.
- Pawlas, M. 2011. « Les facteurs permettant la piétonnisation ». Mémoire de maîtrise, Montréal, Université du Québec à Montréal, 200 p.
- Pitcairn, T. K. et T. Edlmann. 2000. « Individual differences in road crossing ability in young children and adults », *British Journal of Psychology*, vol 91, p. 391-410.
- Quan, H-C. et B-G Lee. 2012. « GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping Using Analytic Hierarchy Process and Artificial Neural Network in Jeju (Korea) ». *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 16, no 7, p. 1258-1266.
- Québec. 2014. *Code de la sécurité routière*. En ligne. (http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/C_24_2/C24_2.htm) Page consultée le 12 mai 2014
- Rey-Debove, J. et A. Rey (dir. Publ.) (2007) *Le nouveau Petit Robert : Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française*. Paris : Dictionnaires Le Robert 40^e édition.
- Riad, P., M. Billib, A. Hassan, M. A. Salam et M. N. El Din. 2011. « Application of the overlay weighted model and boolean logic to determine the best locations for artificial recharge of groundwater ». *Journal of Urban and Environmental Engineering*, vol. 5, no 2, p. 57-66.

- Roberts, I., R. Marshall et T. Lee-Joe. 1995. « The urban traffic environment and the risk of child pedestrian injury: A case-crossover approach ». *Epidemiology*, vol. 6, no 2, p. 169-171.
- Roudsari, B., R. Kaufman et T. Koepsell. 2006. « Turning at Intersections and Pedestrian Injuries ». *Traffic Injury Prevention*, vol. 7, no 3, p. 283-289.
- Roy, D. C. et T. Blaschke. 2013. « Spatial vulnerability assessment of floods in the coastal regions of Bangladesh ». *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 24 p.
- Service de police de la Ville de Montréal (SPVM). 2014. *Brigadiers scolaires*. En ligne. (<http://www.spvm.qc.ca/fr/Pages/Decouvrir-le-SPVM/Nos-effectifs/Brigadiers-scolaires>) Page consultée le 14 mai 2014
- Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). 2002. *Le brigadier scolaire adulte : au service de la sécurité routière - Guide d'organisation d'une brigade scolaire adulte*, Québec : Les Publications du Québec, 30 p.
- Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). 2012. *Bilan routier 2012*. Québec : Les Publications du Québec. P. 26
- Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). 2013. *Dossier statistique Bilan 2012*. Québec : Les Publications du Québec
- Theilen-Willige, B. et F. B. Burnett. 2011. « Detection of local site conditions influencing earthquake shock and secondary effects in the Valparaiso area in central-Chile using remote sensing and GIS methods ». *Journal of Tsunami Society International*. vol. 30, no 3, p. 1-32.
- Toroyan, T. et M. Peden. 2007. *Les jeunes et la sécurité routière*. Genève : Organisation mondiale de la santé (OMS), 49 p.
- Tranter, P. 2006. « A key to creating child friendly cities. » In *Creating child friendly cities, reinstating kids in the city*. Sous la dir. de Gleeson, B. et S. Neil, p. 121-135. London: Routledge.
- Transports Canada. 2004. « La sécurité des usagers de la route vulnérables : un enjeu mondial ». *Feuillet de renseignement RS 2004-03E*, Ottawa : Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 9 p.
- Transports Québec. 2009. *Redécouvrir le chemin de l'école - Guide d'implantation de trajets scolaires favorisant les déplacements actifs et sécuritaires vers l'école primaire*, Québec : Direction des communications du ministère des Transports du Québec, 66 p.

- Tremblay, M. 2012. « Évaluation du niveau d'activité et d'aménagement des intersections routières en lien avec les blessés piétons dans les quartiers centraux de Montréal », Rapport de projet, Montréal, Université du Québec à Montréal, 82 p.
- Ville de Montréal. 2002. *Profil - Arrondissement de Mercier-Hochelaga-Maisonneuve*. Document de travail de la Ville de Montréal, 24 p.
- Ville de Montréal. 2014. *Agglomération de Montréal - Profil sociodémographique*. Montréal : Service de la mise en valeur du territoire, 29 p.
- Ville de Westmount. 2014. *Plan d'urbanisme*. En Ligne. (http://www.westmount.org/wp-content//publications_urbanismes/140505-PU_Modifie-Francais.pdf) Page consultée le 26 octobre 2014
- Ville et mobilité. 2009. *Le transport actif et le système scolaire à Montréal et à Trois-Rivières - Analyse du système d'acteurs concernés par le transport actif des élèves des écoles primaires au Québec*, Montréal : Groupe de recherche Ville et mobilité, 179 p.
- Wier, M., J. Weintraub, E. H. Humphreys, E. Seto, R. Bhatia. 2009. « An area-level model of vehicle-pedestrian injury collisions with implications for land use and transportation planning ». *Accident Analysis and Prevention*. vol. 41, p. 137-145
- Yiannakoulias, N., K. E. Smoyer-Tomic, J. Hodgson, D. W. Spady, B. H. Rowe, D. C. Voaklander. 2002. « The Spatial and Temporal dimensions of child pedestrian injury in Edmonton ». *Canadian Journal of Public Health*, vol. 93, no 6, p. 447-451