

Direction des bibliothèques

AVIS

Ce document a été numérisé par la Division de la gestion des documents et des archives de l'Université de Montréal.

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

This document was digitized by the Records Management & Archives Division of Université de Montréal.

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal

Les accidents de la route impliquant des enfants piétons

Analyse spatiale des risques potentiels et des risques perçus pour une meilleure prévention

par

Marie-Soleil Cloutier

Département de Géographie
Faculté des Arts et des Sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de PhD
en Géographie

Novembre 2008



© Marie-Soleil Cloutier, 2008

G
59
U54
2008
V.008

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

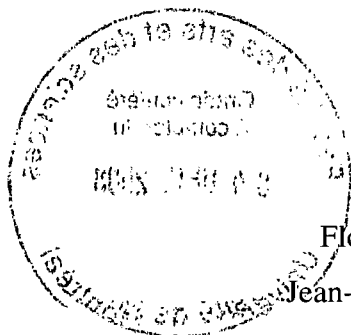
**Les accidents de la route impliquant des enfants piétons :
Analyse spatiale des risques potentiels et des risques perçus
pour une meilleure prévention**

présentée par :
Marie-Soleil Cloutier

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Patricia Martin, président-rapporteur
Jean-Pierre Thouez, directeur de recherche
Philippe Apparicio, co-directeur
Pierre André, membre du jury

Florence Huguenin-Richard, examinatrice externe
Jean-François Angers, représentant du doyen de la FES



Résumé

Une conséquence directe de la motorisation de notre société réside dans l'ampleur des impacts reliés aux accidents de la route. La circulation automobile est ainsi devenue un des grands fléaux du 20^e siècle, entre autres en raison des décès et des blessés qui peuvent lui être attribués à travers les bilans routiers, notamment chez les piétons, et en particulier chez les enfants. En effet, les enfants, du fait de leurs attributs physiques et cognitifs encore en développement, sont des usagers plus à risque et sont des victimes affectées plus sévèrement. Par ailleurs, les méthodes et les analyses qui sont présentées dans les travaux en sécurité routière se fondent trop souvent sur les caractéristiques individuelles des victimes ou des lieux de collisions. Cette lacune au niveau de la recherche a orienté notre réflexion qui vise une compréhension plus globale des interactions entre les enfants et l'environnement urbain, notamment en rapport avec les trajets vers l'école.

La question de recherche générale de cette thèse consiste à étudier l'influence du milieu de vie scolaire et familial sur le risque d'accident de la route chez les enfants. Trois objectifs y sont mis de l'avant : explorer et modéliser le risque routier de façon objective près des écoles primaires en tenant compte de l'environnement physique et social et de la distribution spatiale des accidents; étudier l'influence de différentes variables individuelles et environnementales sur la représentation du risque des parents; et analyser les différences dans leurs connaissances, leurs croyances et leurs représentations du risque en fonction des caractéristiques du milieu scolaire que fréquente leurs enfants. La poursuite de ces objectifs devrait améliorer la connaissance du bilan routier concernant les enfants dans un contexte jusqu'ici peu étudié, celui du milieu de vie entourant les écoles.

Un des points forts de cette thèse provient de la combinaison de deux approches méthodologiques. La première, provenant de la science de l'information géographique, passe par l'intégration de sources de données diverses décrivant l'environnement urbain autour des écoles dans un système d'information géographique. La seconde phase de notre projet, s'apparentant aux enquêtes psychométriques avec questionnaire, impliquait l'analyse des connaissances, des croyances et des représentations du risque routier en milieu scolaire en mesurant différentes variables familiales (parents et enfants) en lien avec la mobilité et le risque routier sur le chemin de l'école. Les analyses subséquentes ont donné lieu à l'utilisation d'outils d'analyse spatiale et de statistiques. Deux modèles du risque ont ainsi été explorés. Le premier, celui du risque objectif, implique une régression géographiquement pondérée (GWR) incluant plusieurs variables environnementales et scolaires. Le second, celui du risque représenté, tente d'expliquer la représentation du risque des parents à partir d'une régression linéaire multiple. Une ultime comparaison des milieux scolaires s'est faite à partir des données recueillies dans les deux phases précédentes.

Les principaux résultats démontrent que la modélisation du risque routier à partir de données objectives est fortement influencée par la présence de défavorisation autour des écoles, mais que les caractéristiques individuelles restent les meilleurs variables prédictives de la représentation du risque des parents telle que nous l'avons explorée. Par ailleurs, les résultats de nos comparaisons entre les milieux scolaires nous amène à faire l'hypothèse d'un certain « effet de lieu ». En effet, les niveaux de connaissances et de croyances des parents en lien avec le risque routier ne sont pas les mêmes dans les milieux scolaires favorisés et défavorisés, malgré des caractéristiques individuelles semblables.

Nos travaux constituent une première en leur genre puisque très peu de recherches se sont intéressées d'aussi près aux milieux de vie scolaires et aux représentations des parents dans

le contexte des enfants piétons. De plus, la complémentarité de nos deux approches méthodologiques s'est révélée primordiale pour éviter des erreurs de diagnostic dues à une interprétation qui ne s'en tiendrait qu'à l'opinion des parents ou encore qu'aux variables environnementales. En ce sens, trois constats majeurs se dégagent de nos résultats : La sécurité des enfants passe par une réduction de la circulation automobile sur le chemin de l'école, par une plus grande reconnaissance du rôle actif que peuvent jouer les parents et par des interventions ciblant les quartiers les plus sensibles en priorité. Par ailleurs, il reste encore beaucoup à faire, tant au niveau de l'amélioration de l'accès aux données d'exposition qu'à celui de la recherche portant sur les pratiques des parents.

Mots-clés : système d'information géographique, analyse spatiale, régression géographiquement pondérée, sécurité routière, enfant piéton, parent, représentation du risque.

Abstract

An important and direct consequence of the motorisation of our society may be measured by the impact of road accidents on pedestrians and more particularly on children since their physical and cognitive vulnerability increases the severity and long-term consequences of their injuries. However, the methods and the analyses used in road safety researches focus too often on individual characteristics of the victims or the collision sites. This gap in research oriented our thoughts that seek a global understanding of the relation between children and the urban environment in which they interact every day, particularly when they go to school.

The main question of this thesis studies the influence of the family and school living environment on child pedestrian accident risk. Three objectives are proposed: to investigate and model the objective risk near schools by taking into account the spatial distribution of accidents; to study the influence of various environmental and individual variables on parents' perception of risk; and to analyze the differences in parental knowledge, beliefs and risk perceptions according to their children's school environment. The pursuit of these objectives should improve the knowledge concerning children in an urban context rarely addressed until now, the school environment.

One of the strengths of this thesis relies on the combination of two methodological approaches. The first one, based on geographic information science, implies the integration of diverse datasets describing the urban environment around schools in a geographical information system. The second, related to questionnaires and psychometric methods, involves the analysis of parental knowledge, beliefs and risk perceptions in school context by measuring various family variables (parents and children) related to mobility and road risk on the way to school. The subsequent analyses used spatial analysis and statistical

tools. Two models of risk were then considered. The first one, the objective risk model, implies a geographically weighted regression (GWR) including several environmental and school variables. The second, the subjective risk model, tries to explain the parental risk perception through a global regression model. A last comparison of the school contexts was done using the data from the previous phases.

The main results demonstrate that the modelling of the road risk from objective data is strongly influenced by the present of deprivation around schools, but individual variables remain the best predictors of parental risk perception, according to this investigation. In addition, results of our comparisons between school environments suggest the hypothesis of some “place effect”. Despite individual characteristics, parental levels of knowledge and beliefs related to road risk are significantly different between deprived and privileged school environments.

Our work represents a first attempt of this kind because few research projects have focused on school environments and parental risk perception in the context of child pedestrians. Furthermore, complementarities of our objective and subjective methods were essential to avoid errors of diagnosis due to an interpretation based solely on parents’ opinion or on environmental variables. In this sense, three major points can be drawn from our results: Road safety around schools should go through a traffic reduction, a higher level of parental involvement and a higher level of interventions in more deprived neighbourhood. However, there is still work to be done, both at the exposition and practice level: the improvement of exposure data and the knowledge of parental practices are important issues to be considered.

Keywords: geographic information system, spatial analysis, geographically weighted regression, road safety, child pedestrian, parent, risk perception

Table des matières

Introduction	1
1. Les accidents de la route chez les enfants piétons : définitions et problématique de recherche	3
1.1. Le caractère multidimensionnel de la problématique du transport	3
1.2. Les accidents de la route au Québec : définition, ampleur et évolution	6
1.2.1. Facteurs explicatifs de la diminution historique des blessés.....	8
1.2.2. La prise en compte des usagers vulnérables dans les bilans routiers.....	10
1.3. Les facteurs de risque chez les piétons enfants victimes d'accident de la route...11	
1.3.1. Les caractéristiques démographiques.....	12
1.3.2. Le développement cognitif comme facteur de risque	12
1.3.3. La situation familiale et socio-économique	13
1.3.4. Les caractéristiques environnementales.....	14
1.3.5. Sommaire des facteurs de risque les plus connus	15
1.4. L'école primaire au centre du milieu de vie à l'étude.....	15
1.4.1. L'environnement physique des quartiers	17
1.4.2. L'environnement humain des quartiers.....	19
1.4.3. Comment délimiter les frontières d'un « milieu de vie » ?.....	21
1.5. L'espace d'étude : Montréal	21
1.5.1. Les écoles primaires publiques à Montréal : une distribution spatio-culturelle	23
1.5.2. Les accidents de la route impliquant des enfants piétons à Montréal : une distribution selon le statut socio-économique des quartiers.....	24
1.6. Problématique et questions de recherche	26
1.6.1. Lacunes dans les recherches actuelles	26
1.6.2. Question de recherche et hypothèses	29
1.7. Conclusion	31
2. Les mesures du risque routier	32
2.1. Définitions provenant de la littérature	32
2.1.1. Les mesures du risque objectif.....	32
2.1.2. Les mesures de la représentation du risque.....	39
2.1.3. Facteurs d'influence sur les représentations	44
2.2. Modèles retenus du risque routier près des écoles primaires.....	46
2.2.1. Modèle du risque objectif	46
2.2.2. Modèle de la représentation du risque	47
2.3. Connaissance, croyance et représentation du risque dans une dynamique parent-enfant	48
2.4. Conclusion	49

3.	Les SIG comme outil d'analyse spatiale des risques d'accident.....	51
3.1.	Système d'information géographique et transport.....	51
3.1.1.	Définition des systèmes d'information géographique.....	51
3.1.2.	Lien entre SIG et transport.....	52
3.2.	Possibilités d'une approche méthodologique basée sur les systèmes d'information géographique (SIG) pour la sécurité routière.....	53
3.2.1.	L'utilisation des SIG pour l'étude des enfants piétons : recension des écrits	53
3.2.2.	Milieux de vie et risque d'accident : opérationnalisation dans un SIG.....	54
3.3.	Échelle d'analyse et proximité géographique : définition et application.....	55
3.3.1.	Choix de la « proximité » comme unité de mesure.....	55
3.3.2.	Création des zones de proximité.....	59
3.3.3.	Correspondance entre les zones de proximité et les autres entités spatiales	61
3.4.	Construction d'une base de données spatiales pour la mesure du risque objectif	62
3.4.1.	Schéma relationnel des données.....	62
3.4.2.	Données disponibles et variables choisies.....	63
3.4.3.	Organigramme de traitement.....	70
3.4.4.	Fiabilité des jeux de données.....	71
3.5.	Analyse spatiale des accidents et du risque d'accident.....	72
3.5.1.	Mesures spatiales descriptives.....	72
3.5.2.	Autocorrélation spatiale.....	76
3.5.3.	Modélisation et régression spatiale.....	79
3.5.4.	La régression géographiquement pondérée (GWR) : un choix méthodologique.....	81
3.6.	Conclusion.....	83
4.	L'approche méthodologique pour l'évaluation des variables parentales.....	84
4.1.	Le questionnaire comme outil d'évaluation des connaissances, des croyances et de la représentation du risque routier en milieu scolaire.....	84
4.2.	Opérationnalisation de l'enquête.....	88
4.2.1.	Définition d'une mesure de la représentation du risque.....	88
4.2.2.	Description des variables extraites du questionnaire.....	90
4.2.3.	L'importance du risque environnemental et du contexte socio-économique dans l'échantillonnage des écoles.....	97
4.2.4.	Organigramme de traitement.....	102
4.2.5.	Biais possibles dans les données provenant du questionnaire.....	103
4.3.	Analyse des données.....	105
4.3.1.	Modélisation de la représentation du risque.....	105
4.3.2.	Comparaison des connaissances, croyances et représentations du risque selon différents environnements.....	108
4.4.	Conclusion.....	110

5. Résultats (article 1 et 2)	112
6. Résultats (article 3)	170
7. Résultats (article 4)	199
8. Discussion	222
8.1. Rappel des objectifs de recherche	222
8.2. Synthèse des résultats.....	224
8.2.1. L'importance des variables individuelles	225
8.2.2. L'importance des environnements défavorisés.....	225
8.2.3. La pertinence d'utiliser des méthodes objectives et subjectives.....	226
8.3. Limites reliées aux choix conceptuels, méthodologiques et aux sources de données.....	227
8.4. La contribution de nos résultats aux politiques scolaires de sécurité routière	229
8.5. Pistes de recherche futures	231
8.5.1. L'amélioration de l'accès aux données d'exposition : un mal nécessaire ..	231
8.5.2. L'étude des pratiques des parents : une avenue prometteuse pour la prévention des accidents et la promotion de la marche	233
Conclusion	235
Bibliographie.....	237
Annexe 1 : Définition des classes de la carte d'occupation du sol de la communauté urbaine de Montréal (2000).....	I
Annexe 2 : Questionnaire.....	III
Annexe 3 : Liste des écoles échantillonnées et contactées	XVI
Annexe 4 : Cartographie des écoles participantes	XVIII

Liste des Tableaux

Chapitre 1

Tableau 1.1 : Aspects physiques et sociaux des différents niveaux d'environnement	17
Tableau 1.2 : Fréquence d'accidents, population par école et taux par classe de défavorisation chez les enfants piétons (5-14 ans) entre 1994 et 1999 (Montréal, Qc)	23
Tableau 1.3 : Nombre de victimes et de décès par année chez les enfants piétons (5-14 ans) entre 1994 et 2003 (Montréal, Qc).....	25

Chapitre 2

Tableau 2.1 : Différents types d'exposition au risque.....	36
Tableau 2.2 : Exemples de deux modèles du risque objectif tirés de la littérature	39
Tableau 2.3 : Différentes mesures de la représentation du risque provenant de questionnaires.....	41
Tableau 2.4 : Méthode proposée par Lam (2001) pour évaluer la représentation du risque	43
Tableau 2.5 : Méthode proposée par Gärling <i>et al.</i> (1984) pour évaluer la représentation du risque	44
Tableau 2.6 : Facteurs d'influence sur les représentations du risque routier	45

Chapitre 3

Tableau 3.1 : Description, mesure et sources de données des variables pour le modèle du risque objectif.....	65
Tableau 3.2 : Exemples de matrice pour l'évaluation de l'autocorrélation spatiale	78

Chapitre 4

Tableau 4.1 : Étapes suggérées pour la construction d'un questionnaire	85
Tableau 4.2 : Sections à inclure dans le questionnaire.....	85
Tableau 4.3 : Méthode proposée pour évaluer la représentation du risque à l'aide d'un indice	89
Tableau 4.4 Description des variables retenues dans le questionnaire	93
Tableau 4.5 : Statistiques descriptives de la mesure de la représentation du risque.....	97
Tableau 4.6 : Description des écoles participantes	102
Tableau 4.7 : Exemple d'un tableau de contingence.....	109

Article 1

Table 1.....	131
Table 2.....	133
Table 3.....	134
Table 4.....	135

Article 2

Tableau 1 : Les variables indépendantes utilisées pour modéliser le nombre d'accidents dans les zones de proximité des écoles	155
Tableau 2 : Résultats du modèle GLOBAL de Poisson.....	160

Article 3

Table 1: Scenarios used to measure risk perception	184
Table 2: Selection of schools and number of respondents.....	184
Table 3: Characteristics of the sample	187
Table 4: Comparison of three different measures of risk perception.....	188
Table 5: Results of significant ANOVAs between parents' perceptions of road risks and independent variables.....	189
Table 6: Results of the stepwise multiple linear regression.....	190

Article 4

Table 1: Environmental description of surveyed schools*	209
Table 2: Chi-square test for parental knowledge, beliefs and risk perception: comparison according to deprivation index and accident risk.....	212
Table 3: ANOVA test for parental risk perception according to eight situations (mean values)	214

Liste des Figures

Chapitre 1

Figure 1.1 : Dimensions du problème des transports selon Litman.....	4
Figure 1.2 : Effets directs et indirects du transport routier	5
Figure 1.3 : Nombre de victimes d'accident de la route au Québec selon le type d'usagers (1984-2003).....	7
Figure 1.4 : Taux de mortalité et de morbidité (par 100 000 habitants) au Québec selon la nature des blessures (1984-2003).....	7
Figure 1.5 : L'importance des pratiques quotidiennes dans la définition d'un milieu de vie	20
Figure 1.6 Répartition de la population à faible revenu (%) par secteur de recensement pour l'île de Montréal.....	23
Figure 1.7 : Distribution spatiale des écoles primaires publiques de Montréal (Qc) selon la langue d'enseignement (année scolaire 2000-2001).....	24
Figure 1.8 : Nombre total de victimes selon l'âge de l'enfant piéton (5-14 ans) entre 1994 et 2003 (Montréal, Qc).....	26

Chapitre 2

Figure 2.1 : L'observation des conflits de trafic	34
Figure 2.2 : Modèle conceptuel du risque objectif.....	47
Figure 2.3 : Modèle conceptuel de la représentation du risque.....	48

Chapitre 3

Figure 3.1 : Différents types de distance.....	58
Figure 3.2 : Une zone de proximité : un espace commun.....	59
Figure 3.3 : Création des zones de proximité autour des écoles selon la distance réticulaire	61
Figure 3.4 : Schéma relationnel de la base de données.....	63
Figure 3.5 : Organigramme de traitements	71
Figure 3.6 : Exemple de cercle de distance standard	73
Figure 3.7 : Échelle des valeurs possibles de R pour un semis de points	75

Chapitre 4

Figure 4.1 : Exemple d'illustration d'un scénario pour le calcul de l'indice de représentation du risque	89
Figure 4.2 : Processus menant au choix des écoles échantillonnées.....	99
Figure 4.3 Distribution géographique des écoles participantes	101
Figure 4.4 : Organigramme de traitement	103

Article 1

Figure 1- The study area in the context of the Montréal census metropolitan agglomeration	119
Figure 2 - Defining catchment areas: two approaches.....	123
Figure 3 - Spatial distribution of child pedestrian accidents in Montréal, 1994-1999.....	132
Figure 4 - Local T-values of GWR model	137
Figure 5 - Significant variables of the GWR model	138

Article 2

Figure 1 : Modèle conceptuel du risque routier piétonnier près des écoles primaires.....	149
Figure 2 : Création des espaces de proximité autour des écoles à partir de la distance réticulaire	154
Figure 3 : Distribution géographique des sites d'accidents impliquant des enfants piétons à Montréal.....	159
Figure 4 : Variables indépendantes significatives du modèle GWR	161
Figure 5 : Valeurs locales du T de Student pour le modèle GWR Poisson	163

Article 3

Figure 1: Conceptual framework of risk perception	175
Figure 2: Example of an illustration of a scenario to measure risk perception.....	183
Figure 3: Extension of the initial conceptual framework of risk perception	194

Article 4

Figure 1: Example of a situation as illustrated in the questionnaire	207
Figure 2: Study area and participating schools	210

Liste des sigles et abréviations

SIG	Système d'information géographique
GWR	Geographically weighted regression
AD	Aire de diffusion
SR	Secteur de recensement
CM	Centre moyen
DS	Distance standard
ANOVA	Analyse de variance
VT	variance totale
VNE	variance non-expliquée
VE	variance expliquée

Organismes scolaires

CGTSIM	Comité de gestion de la taxe scolaire de l'île de Montréal
CSMB	Commission scolaire Marguerite-Bourgeoys
CSDM	Commission scolaire de Montréal
CSLBP	Commission scolaire Lester-B.-Pearson
CSPI	Commission scolaire de la Pointe de l'île
CSEM	Commission scolaire English-Montréal

Organismes nationaux et internationaux

OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMS	Organisation mondiale de la santé
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
HEARTS	Health effects and risks of transport systems
INRETS	Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité
AIPCR	Association mondiale de la route
SAAQ	Société de l'assurance automobile du Québec
CUM	Communauté urbaine de Montréal
INRS-UCS	Institut national de la recherche scientifique - Urbanisation, culture et société

Toute pensée digne d'intérêt vient en marchant
(F. Nietzsche)

Piéton : automobiliste descendu de sa voiture
Automobiliste : piéton remonté dans sa voiture
(Léo Campion)

*Only in a society where children are marginalised could the exhaust pipes of most cars be
in perfect alignment with the average height of a toddler (JR Short)*

*À ma fille, Axelle, et à tous les enfants qui méritent d'avoir un environnement urbain à leur
hauteur!*

Remerciements

Je n'aurais pu mener à terme cette thèse sans la précieuse aide de mes directeurs, Jean-Pierre Thouez et Philippe Apparicio. Merci tout d'abord à Jean-Pierre de m'avoir fait découvrir le sujet de la sécurité routière et de m'avoir guidée tout au long de ce processus qu'on appelle le doctorat! Un merci tout spécial à Philippe pour tout le soutien moral, financier et intellectuel. On ne fait pas mieux comme co-directeur, collaborateur et ami et c'est pour moi un privilège d'avoir pu te côtoyer. Ah oui, aussi, merci pour la compote!

J'aimerais remercier Patrick Morency et mes collègues de la Direction de Santé Publique de Montréal pour tout le travail accompli en lien avec les blessés de la route : nos après-midi de discussion m'ont fait comprendre ce qu'était la santé publique et m'ont grandement aidé dans mes réflexions sur la place de l'automobile dans nos villes et sur la pertinence de mon sujet!

Je veux aussi souligner l'aide précieuse de Jacques Bergeron et de Brigitte Cambon-de-Lavalette qui m'ont grandement aidé à forger mes assises sur les perceptions des parents et sur l'art du questionnaire, en plus de m'avoir aidé avec la logistique du terrain.

J'adresse une pensée aux gens côtoyés lors de mon stage à l'INRETS-Paris et je veux dire un merci tout spécial à mes collègues doctorants de géo, d'aménagement et du LASER (INRS) pour les bières et les midis partagés à parler de nos grands questionnements existentiels!

Je tiens à remercier les divers partenaires qui ont financé cette thèse : le Fonds québécois de recherche sur la société et la culture (FQRSC), la Direction de santé publique de Montréal (secteur *Environnement urbain et santé*), Le Laboratoire d'analyse spatiale et d'économie régionale (LASER) et la maison internationale de l'Université de Montréal (bourse de mobilité).

Finalement, je voue toute mon admiration pour Nico, qui a su me supporter dans les bons comme les moins bons moments de ce long périple, merci de m'avoir encouragé, de m'avoir consolé quand il le fallait et d'avoir fait la vaisselle et le ménage dans les derniers mois!

Introduction

Les effets négatifs de l'utilisation de plus en plus répandue de la voiture dans les grands centres urbains sont multiples : la pollution, l'insécurité et les accidents de la route n'en sont que quelques exemples. Devant ce constat, les recherches effectuées à travers le monde tentent de mieux comprendre les facteurs associés à ces événements, dont les conséquences sont souvent importantes en termes de perte de vies humaines et de coûts de santé.

Bien que couvrant un large éventail de facteurs et d'individus, bon nombre de recherches en sécurité routière se sont attardé aux usagers vulnérables du réseau routier, notamment les enfants. En effet, les enfants, du fait de leurs attributs physiques et cognitifs encore en développement, sont des usagers plus à risque et sont des victimes affectées plus sévèrement (physiquement et psychologiquement) autant comme passager que comme piéton.

Par ailleurs, ces enfants interagissent à tous les jours dans un milieu de vie qui ne peut se réduire à une simple addition de facteurs de risque. Ils jouent dans la rue, ils fréquentent les écoles et les lieux publics, ils se déplacent dans leur quartier. Il est donc important de prendre en considération l'environnement global en plus de celui proximal dans l'étude des accidents de la route impliquant des enfants piétons.

Nos travaux s'insèrent dans plusieurs courants de la pensée géographique, dont le principal est la géographie de la santé. De façon global, cette approche étudie l'interaction humain/environnement sous l'angle de la santé, et c'est précisément ce que nos travaux vont tenter de faire. Par ailleurs, nos méthodes sont aussi fondées sur les principes de la science de l'information géographique, créant ainsi une opportunité pour relier ces deux branches de la géographie moderne.

Notre projet vise donc une meilleure prise en compte des milieux de vie des enfants piétons dans l'étude des accidents de la route les impliquant en examinant l'exemple des écoles primaires. Pour ce faire, trois objectifs sont mis de l'avant : explorer et modéliser le risque

routier près des écoles en tenant compte de l'environnement social et physique et de la distribution spatiale des accidents (risque nommé objectif dans le cas présent); étudier l'influence de différentes variables environnementales et individuelles sur la représentation du risque des parents; et analyser les différences dans les connaissances, les croyances et les représentations en fonction de l'environnement scolaire de leurs enfants. La poursuite de ces objectifs devrait améliorer la connaissance du bilan routier concernant les enfants dans un contexte jusqu'ici peu étudié, celui de l'environnement entourant les écoles.

Cette thèse comprend huit chapitres : les chapitres 1 et 2 décrivent la problématique, posent la question de recherche et passent en revue les différents éléments du cadre conceptuel tandis que les chapitres 3 et 4 définissent les méthodes et les données utilisées pour répondre aux objectifs. Par la suite, les résultats de nos analyses sont présentés sous forme d'articles scientifiques aux chapitres 5, 6 et 7. Finalement, nous discuterons de l'implication de nos travaux pour la sécurité routière et des pistes de recherches dans la continuité de nos résultats au chapitre 8.

1. Les accidents de la route chez les enfants piétons : définitions et problématique de recherche

Ce premier chapitre aborde les différents concepts à la base de notre réflexion à travers une revue de la littérature récente. Après un bref rappel du caractère pluridisciplinaire de la problématique du transport, nous dressons un portrait de la situation des accidents de la route au Québec, puis nous rappelons les différents facteurs de risque existants pour les enfants piétons (sections 1.1 à 1.3). La section 1.4 est consacrée à la définition du milieu de vie tel que nous le conceptualisons tout au long de nos travaux tandis que la section 1.5 présente l'espace d'étude qu'est Montréal. Finalement, s'inspirant des sections précédentes, la dernière partie de ce chapitre présente la problématique et la question de recherche générale et les objectifs spécifiques qui sont l'objet de la présente thèse.

1.1. Le caractère multidimensionnel de la problématique du transport

Rodrigue *et al.* (2006) affirment que le transport est en étroite relation avec les formes urbaines de par ses trois principales composantes : ses usagers, ses infrastructures et ses différents modes (routier, aérien, ferroviaire). Ces auteurs nous rappellent que les systèmes de transport laissent nécessairement une empreinte spatiale sur les villes et leur aménagement. Cette empreinte se voit, par exemple, dans les aires dédiées aux vélos ou aux piétons mais elle est surtout visible dans l'espace occupé par les voitures (routes, stationnement, etc.), qui est de loin dominant dans la forme urbaine générale des villes nord-américaines. Cette marque laissée par les transports n'est pas sans conséquence sur les humains et l'environnement, comme en témoignent les plus récents travaux de l'Organisation de Coopération et de Développement Économique (OCDE, 2002) sur les transports «écologiquement viables» et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2004) sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la route.

La circulation automobile est ainsi devenue un des grands fléaux du 20^e siècle, non seulement en raison des décès qui peuvent lui être attribués directement à travers les bilans routiers, mais aussi en raison de la mortalité et de la morbidité indirecte qu'elle engendre de plusieurs façons : pollution, sédentarisation, etc. Ainsi, la motorisation de nos sociétés est de plus en plus pointée du doigt par les chercheurs provenant de divers milieux, ce qui a pour conséquence une meilleure prise en compte de la relation entre l'environnement bâti, la mobilité et l'activité physique dans les recherches récentes (Ewing 2005; Jackson 2005; Powell 2005). La Figure 1.1, adaptée des travaux de Litman (2002; 2003), propose une approche à trois branches pour l'étude des effets de la motorisation : les aspects qui sont reliés à la sécurité des usagers; ceux qui sont reliés à la pollution et ceux qui sont reliés à l'activité et à la forme physique. Litman (2002; 2003) veut ainsi centrer la prévention sur les citoyens, premières victimes des impacts de la circulation automobile. Cela rejoint d'ailleurs les travaux de Joffe et Mindell (2002) sur l'évaluation des impacts en santé, qui constitue un excellent exemple de plusieurs effets potentiels de la circulation automobile sur la santé. La force des travaux de ces auteurs réside dans l'inclusion d'effets directs mais aussi de ceux indirects sur la santé, en plus d'énumérer certains processus mis de l'avant à chaque augmentation de la capacité routière (voir Figure 1.2).

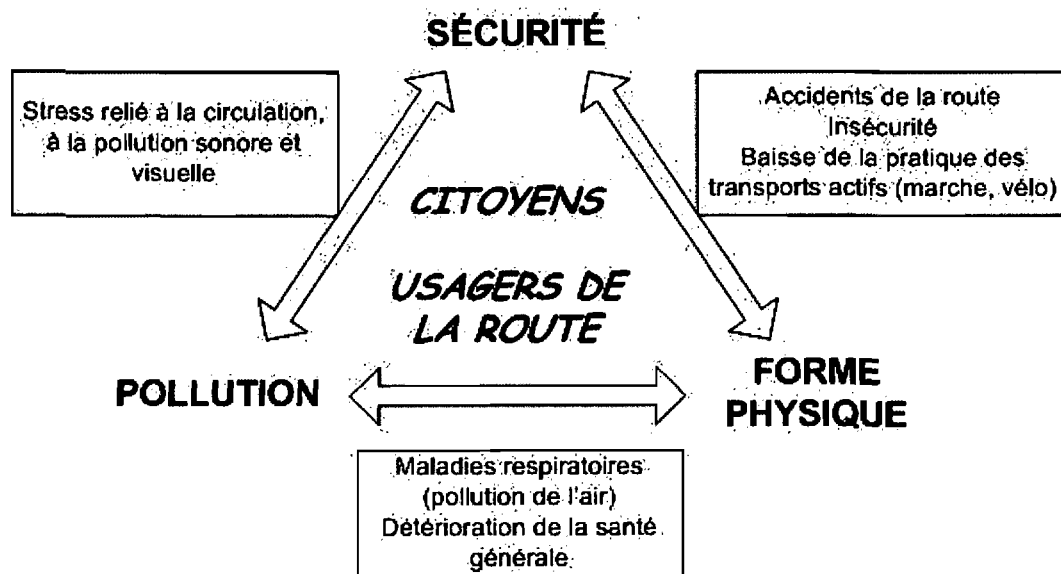


Figure 1.1 : Dimensions du problème des transports selon Litman

Sources : MS Cloutier, adaptation de Litman (2002, 2003)

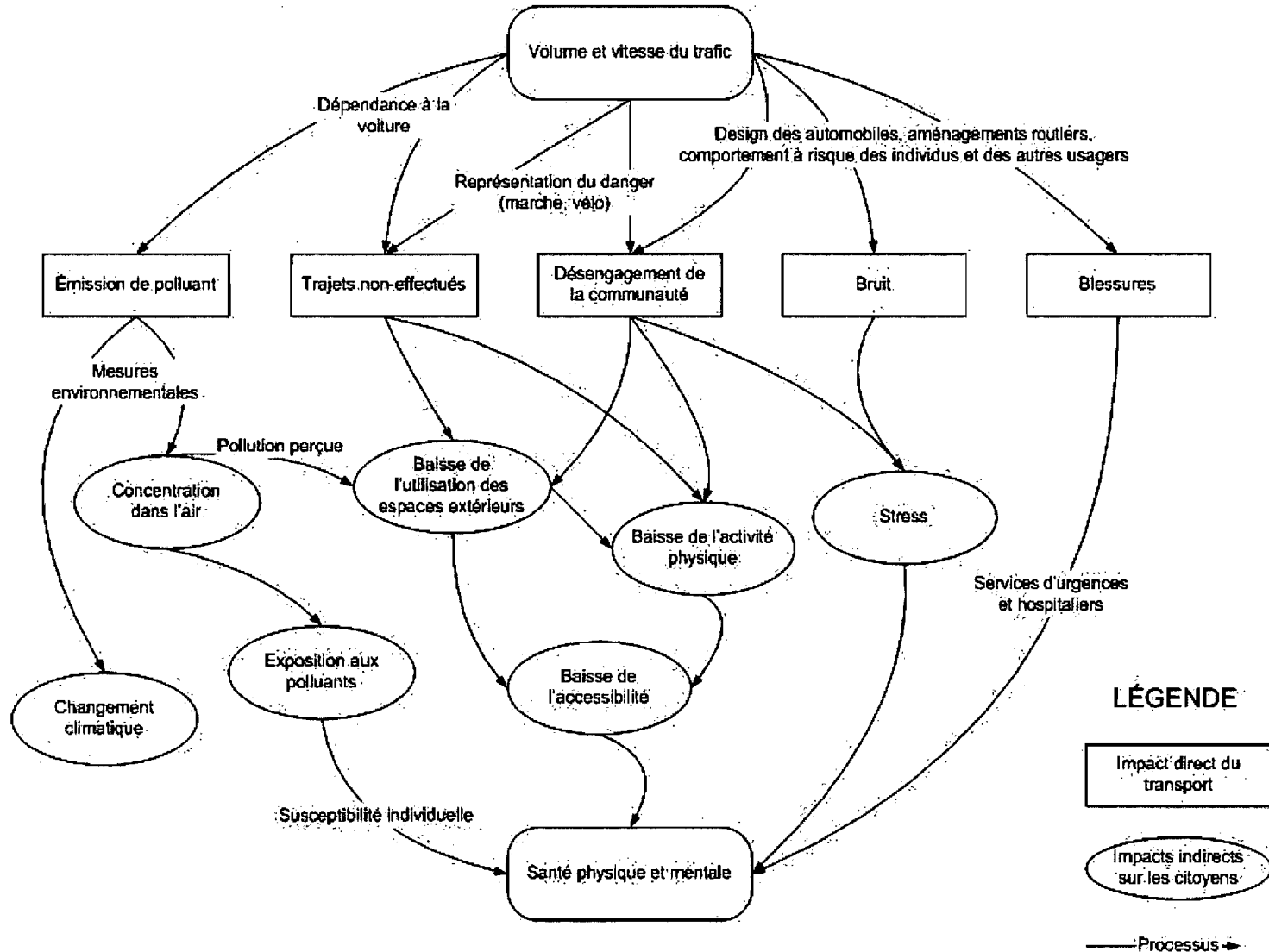


Figure 1.2 : Effets directs et indirects du transport routier
Sources : MS Cloutier, adaptation de Joffe et Mindell (2002)

1.2. Les accidents de la route au Québec : définition, ampleur et évolution

Le présent projet de doctorat n'a pas la prétention de s'attaquer à toutes les facettes énoncées plus haut, nous insisterons donc sur la dimension « sécurité » et « blessures », bien que celles-ci soient étroitement reliées à la pratique d'activité physique. C'est ainsi que nous nous concentrons principalement sur les accidents de la route. Le terme « accident » dans son sens le plus simple se définit comme un « évènement imprévu malheureux ou dommageable » (Robert *et al.* 2000). Un accident de la route est considéré comme un « dysfonctionnement du système de circulation » où trois facteurs peuvent en être la cause : la route (conception, entretien); le véhicule (performance, mécanique) ou l'utilisateur (comportement) (Huguenin-Richard 2000). Dans le présent contexte, cet évènement implique une collision physique entre deux usagers de la route, un automobiliste et un piéton ayant causé des blessures. Le terme « collision » fait référence au résultat de l'action entre les deux usagers de la route et est considéré comme un synonyme d'accident dans le cadre de cette recherche.

Le bilan routier québécois est compilé par la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) et se base uniquement sur les accidents répertoriés dans les rapports de police. Publié annuellement, ce bilan sert principalement à mesurer l'évolution du problème des accidents de la route au Québec. Les Figures 1.3 et 1.4 montrent la tendance générale des vingt dernières années (1984-2003), incluant un dénombrement selon le type d'utilisateur et le taux de mortalité et de morbidité en regard de la nature des blessures. Quatre constats se dégagent de l'étude de ces statistiques d'accident dans le temps :

- Après avoir atteint des sommets à la fin des années 1980, les taux et les nombres de blessés ont enregistré une diminution faible mais constante tout au long des années 1990;
- Cette diminution a été particulièrement importante dans le cas des décès;
- Les usagers vulnérables que constituent les piétons et les cyclistes n'ont pas enregistré de diminution aussi importante que dans le cas des automobilistes;
- Le nombre total de victimes (tous usagers confondus) est présentement à la hausse avec une augmentation de 12,3 % en 2003 par rapport à la moyenne des cinq années précédentes (SAAQ, 2004).

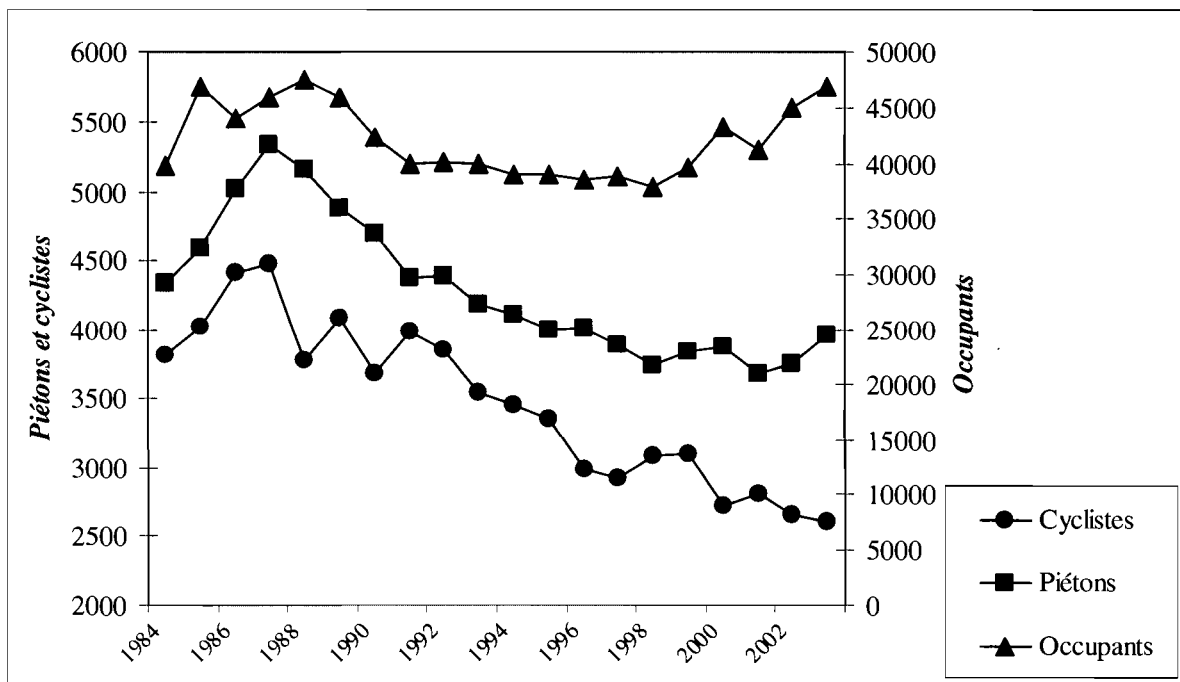


Figure 1.3 : Nombre de victimes d'accident de la route au Québec selon le type d'usagers (1984-2003)

Source : SAAQ (Bilans 1988, 1991, 1994, 1998, 2001, 2003)

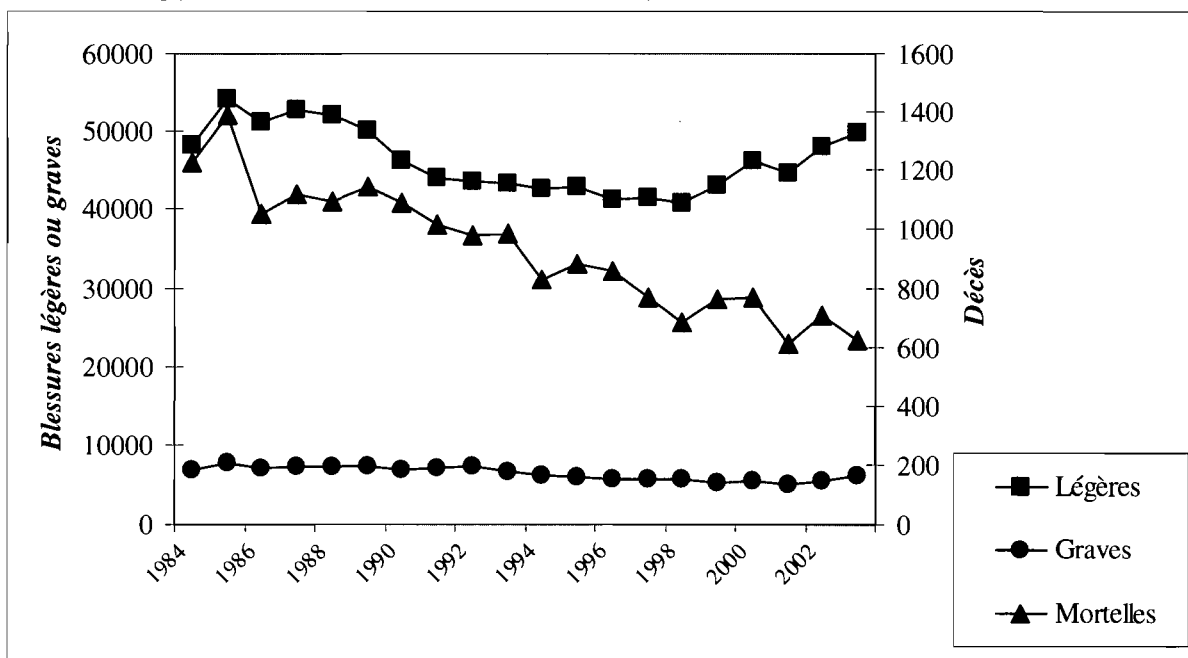


Figure 1.4 : Taux de mortalité et de morbidité (par 100 000 habitants) au Québec selon la nature des blessures (1984-2003)

Source : SAAQ (Bilans 1988, 1991, 1994, 1998, 2001, 2003)

La distribution géographique des blessés de la route est quant à elle catégorisée par des différences entre les types d'usagers et la gravité des blessures. Les zones rurales ont des taux de mortalité plus élevés, tandis que les accidents impliquant des piétons et des cyclistes avec blessures légères ou graves se retrouvent plus souvent dans les grands centres urbains (Thouez *et al.* 1990; Thouez *et al.* 2003; Service de Police de la Ville de Montréal 2007). Par exemple, sur l'île de Montréal, seulement 0,4 % des personnes blessées de 2001 à 2003 sont décédées, ce qui équivaut à 220 fois plus de blessés que de décès. D'autre part, 46 % des piétons blessés au Québec en 2003 l'ont été sur ce territoire, bien que la population résidant sur l'île ne représente que le quart de celle de la province (Lessard *et al.* 2005; Morency et Cloutier 2005).

1.2.1. Facteurs explicatifs de la diminution historique des blessés

L'évolution des bilans routiers des dernières décennies a été possible en raison de l'implication de plusieurs acteurs clés. Tout d'abord, les améliorations constantes que l'industrie automobile a apportées aux véhicules permettent une certaine diminution des risques de blessures en s'attaquant à la sécurité des occupants : conducteurs et passagers (Grossman 2000; Black 2003). Les mesures les plus connues incluent le renforcement des habitacles (zones d'absorption des chocs), l'introduction de coussins gonflables, d'appuie-têtes, de système de freinage et de ceintures de sécurité.

À ces mesures d'ingénierie, il faut ajouter le rôle de plus en plus important de l'appareil gouvernemental dans deux champs d'action : l'ajout de plusieurs standards de construction des routes et l'application plus sévère du code de la route. Ce sont ces réglementations, de pair avec les mesures coercitives des services de police et les campagnes d'éducation dans la population, qui ont enclenché des changements de comportement dans la société, incluant la réduction des vitesses, l'utilisation de sièges pour enfant, le port de la ceinture de sécurité et la diminution de l'alcool au volant (Hillman et Adams 1992; Marwick 1992; Centers for Disease Control and Prevention 1999; Richter *et al.* 2001).

De plus, il est maintenant mondialement reconnu que l'amélioration des services de première ligne (ambulance) et de traumatologie (diagnostic et traitement) a un effet direct sur les taux de survie des victimes (Jones et Bentham 1995). En ce sens, les nouvelles

technologies de communication et de gestion de l'information spatiale et médicale ont permis une réduction des temps de réponse (Yates 1998; Li *et al.* 2001; Peleg et Pliskin 2004). Le Québec n'y fait pas exception avec des taux de mortalité passés de 52 % à 18 % (estimation pour les blessés graves) entre 1992 et 1998, années de l'implantation d'un système intégré de trauma par la SAAQ et ses partenaires (SAAQ, année inconnue). Parallèlement à ces services de première ligne, l'amélioration des soins de santé, à travers l'évolution des technologies de pointe et du rôle du personnel médical ayant une formation plus spécifique, a permis de réduire la mortalité. En ce sens, Roberts *et al.* (1996) ont démontré une baisse de 8 % dans les probabilités de mortalité durant la période 1989-1995, les chances de mourir des victimes de traumatisme majeur passant de 21 % à 13 % (enfants et jeunes adultes, 0 à 24 ans, Angleterre et Pays de Galles). Une tendance similaire se dessine au Québec, avec une baisse du nombre de décès de 49 % entre 1984 et 2003 alors que la baisse du nombre de victimes blessées gravement n'atteint que 11 % et qu'on enregistre une hausse de 3 % du nombre de blessés légers pour la même période (Figure 1.3). Il est important de noter ici que la définition d'une blessure « grave » correspond à un état nécessitant une hospitalisation selon le jugement du policier, ce qui n'a rien de comparable à un indice de gravité médical éprouvé, mais qui s'apparente plutôt à une gravité « relative » aux autres états (Morency et Cloutier, 2005).

Finalement, il est difficile de passer à côté d'un des effets directs de la motorisation de notre société qui est l'utilisation croissante de la voiture pour de courtes distances, ce qui a pour conséquence la diminution de la pratique de la marche en tant qu'habitude de vie (Papon 1997). Certains auteurs affirment même que cette diminution de l'exposition est un facteur important dans la baisse des taux de mortalité et de morbidité au pays. DiGuseppi *et al.* (1997) arrivent à ces conclusions dans une recherche effectuée au Royaume-Uni et ayant comme sujet les enfants piétons. Entre 1985 et 1992, les distances annuelles parcourues par les enfants de 0 à 14 ans ont diminué de 20 % pour la marche, de 26 % pour la bicyclette et ont augmenté de 40 % pour l'automobile. Les auteurs de cette étude estiment que la baisse de la pratique de ces modes de transport plus « à risque » a certainement contribué à la diminution de 35 % des taux de mortalité pour la même période. Ce fait n'est pas sans rappeler les problèmes croissants de surpoids chez les

enfants et les adultes, donnant une importance relative au « succès » qu'est la diminution des victimes enfants piétons dans les pays industrialisés.

Malgré ces progrès technologiques et institutionnels, les accidents de la route restent un problème de santé publique majeur en raison du grand nombre de personnes affectées au Québec. En moyenne, par année, plus de 42 000 occupants et près de 4000 piétons et cyclistes sont impliqués dans un accident de la route répertorié par la police (1984-2003). Cette problématique est tout aussi sérieuse lorsqu'il est question des coûts de la réhabilitation post-traumatique et des coûts indirects reliés aux impacts psychologiques, émotionnels et physiques (douleur, perte de qualité de vie) (Yates 1998). Marwick (1992) a estimé ces derniers à 65 % du total des coûts, leurs effets se faisant ressentir à long terme. Pour leur part, Arthur et Waters (1997) rapportent un coût général pour la société de 3,8 millions de dollars par décès et de 100 000 \$ par blessé tandis que la SAAQ, qui intervient auprès des victimes dans un but de réintégration sociale et professionnelle, chiffre ces montants à plus de 37 millions de dollars annuellement, sans compter les autres sommes allouées aux associations d'entraide (2 M\$ annuellement), aux soins à domicile (33 M\$ en 2000) et à l'indemnisation (pertes de revenu : 230 M\$ en 2000) (SAAQ, année inconnue). Rappelons finalement que présentement, les taux de blessure sont à la hausse alors que les titulaires de permis et les véhicules en circulation sont aussi en croissance constante (1,2 et 3,7 % respectivement pour 2002-2003) (SAAQ 2004).

1.2.2. La prise en compte des usagers vulnérables dans les bilans routiers

Contrairement aux automobilistes, les piétons et les cyclistes n'ont pas d'habitacle de protection lorsque survient une collision, les exposant ainsi à un risque de blessure plus grave. En ce sens, les bilans routiers les considèrent comme des usagers de la route vulnérables et c'est pourquoi, notamment dans le cas des piétons, ils ont fait l'objet de nombreuses recherches. Fontaine et Gourlet (1997) ont proposé une typologie des accidents piétons en France qui cible quatre « circonstances » menant à des définitions d'usagers vulnérables : 1) les hommes en état d'ébriété sur des routes rurales; 2) les usagers en transit entre deux modes de transport; 3) les personnes âgées qui traversent la rue en milieu urbain et 4) les enfants qui jouent ou se déplacent dans les rues durant la journée. Cette dernière

catégorie est celle qui nous intéresse dans le cadre de ce projet de doctorat puisqu'on y dénote des taux de mortalité et de morbidité qui sont plus élevés (Sonkin *et al.* 2006).

En plus de ces taux plus élevés pour les piétons et les cyclistes à des âges spécifiques, il a été noté dans certaines études que la durée d'hospitalisation des victimes piétonnes est plus longue. Par exemple, Mayou et Bryant (2003) ont découvert que, sur un total de 1441 blessés de la route suivis durant un an, les piétons avaient passé en moyenne 7,35 nuits à l'hôpital contre 3,03 pour les conducteurs et 2,78 pour les passagers. Au Québec, la durée d'hospitalisation est aussi plus élevée chez les piétons, avec un séjour moyen de 12,6 jours contre 9,2 jours pour les automobilistes (Hamel 2001). Ces durées d'hospitalisation ne tiennent pas compte du stress post-traumatique souvent présent de façon plus importante chez les enfants victimes mais aussi chez leurs parents, stress qui peut mener à d'autres problèmes de santé physique et mentale à moyen et long terme (Sturms *et al.* 2005; Hearrell et Burke 2007).

Ce risque d'accident accru, de blessures plus graves et de séquelles plus importantes pour les piétons de tout âge, mais particulièrement les jeunes, créent une insécurité envers les modes de transport actif que sont la marche et le vélo, réduisant ainsi la pratique d'activité physique. Bien que difficile à quantifier, cette insécurité modifie les habitudes de vie des enfants et des familles alors que les conséquences de ces modifications ne sont pas du tout prises en compte dans les bilans routiers habituels (Hillman et Adams 1992). Au regard de ces constats, la problématique des accidents de la route impliquant des enfants piétons est des plus renforcées, nous amenant à en faire le sujet d'étude spécifique de ce projet de doctorat.

1.3. Les facteurs de risque chez les piétons enfants victimes d'accident de la route

L'évaluation des risques est le processus qui permet d'estimer les effets potentiels de certains éléments individuels et environnementaux sur la santé. Cette évaluation, qui est une des bases de la géographie de la santé et de l'épidémiologie, passe par l'étude de

facteurs de risque. Un facteur de risque est une caractéristique de l'exposition à certains environnements, du comportement, du mode de vie ou de la génétique d'un individu et ces caractéristiques peuvent être associées à certains états de santé considérés assez néfastes pour vouloir les prévenir (Last 2001). Dans le cas présent, les facteurs de risque étudiés sont ceux qui augmentent les chances d'un enfant d'être impliqué dans un accident de la route en tant que piéton. L'avènement d'un tel accident correspond à un état de santé évidemment non souhaitable que nous voulons prévenir. Ces facteurs de risque sont d'ordre personnel, familial ou environnemental.

1.3.1. Les caractéristiques démographiques

Dans la littérature, le point de départ des recherches sur les accidents de la route impliquant des enfants est sans aucun doute le portrait géographique et épidémiologique des accidentés. Les études recensées ici font état des différentes caractéristiques des enfants ayant eu un accident (âge, sexe, milieu familial, monoparentalité, niveau d'éducation des parents, ethnie d'origine); du contexte environnemental (espace-temps) de l'accident (mois, jour, heure, localisation à l'intersection ou non, température extérieure, état de la chaussée); et de la gravité des blessures (selon l'âge, la vitesse du percuteur ou encore le type de véhicule impliqué) (Sunderland 1984; Pless *et al.* 1987; Pitt *et al.* 1990; Baker *et al.* 1991; Joly *et al.* 1991; Choinière et Dorval 1997; Lightstone *et al.* 2001; DiMaggio et Durkin 2002; Hameed *et al.* 2004; Lefler et Gabler 2004). Les résultats de ces recherches, quoique principalement descriptifs, nous renseignent sur les facteurs qu'ont en commun les victimes. De plus, certaines de ces études mettent en relief l'importance des écoles comme lieux de concentration des accidents (Preston 1989; Statter *et al.* 2006)

1.3.2. Le développement cognitif comme facteur de risque

Durant les années 1960 et 1970, plusieurs recherches se basèrent sur la psychologie pour expliquer le risque accru d'accident chez les enfants. À cette époque, le facteur de risque le plus accepté pour expliquer la grande proportion des enfants blessés était leur manque de connaissance des règles en situation de trafic (Assailly 1997). Les priorités

d'interventions étaient alors à une meilleure éducation des enfants pour en faire de « bons piétons », moins à risque. Devant le constat d'échec à réduire les taux avec ce genre d'intervention, certains chercheurs se sont intéressés à la psychologie pour expliquer la vulnérabilité des enfants. C'est ainsi que les étapes du développement cognitif et physique des enfants et les effets de ce processus sur leurs comportements en situation de trafic ont été étudiés (attention, réflexion, reconnaissance de points de repère, prise de décision, etc.).

Les résultats obtenus ont profondément changé le paradigme de la prévention puisqu'ils ont démontré les limites des actions d'éducation en sécurité routière en tant que finalité, surtout si ces actions prennent en considération les enfants comme des êtres passifs, des « coquilles vides » à remplir de consignes. L'amélioration des connaissances sur le développement cognitif a permis de mettre à jour les vulnérabilités intrinsèques et distinctives des jeunes enfants. Lorsqu'ils sont confrontés à des situations de trafic sans avoir les habiletés cognitives et physiques requises pour y faire face, cela amène inévitablement des erreurs de jugement et de comportement, entraînant ainsi un risque accru d'accident de la route à des âges spécifiques (Sandels 1970; Cross 1988; Christoffel *et al.* 1996; Schieber et Thompson 1996; Assailly 1997; Stevenson et Sleet 1997; Connelly *et al.* 1998; Underwood *et al.* 2007) . Par ailleurs, les rares programmes de prévention par l'éducation qui distinguent l'enfant comme un être social en construction, capable d'intérioriser des règles apprises, et non pas comme un individu uniquement modelé par l'extérieur, semblent être plus efficaces à long terme (Davis et Jones 1996; Granié 2004).

1.3.3. La situation familiale et socio-économique

Lorsqu'il est question de milieu de vie des enfants, la famille vient au premier plan dans les recherches sur les facteurs de risque d'accidents. Les résultats de travaux du type cas-témoins ont démontré que la qualité de ce milieu, en termes de stress familial, de densité interne des habitations ou encore de statut socio-économique, est considéré comme un facteur de risque (Dougherty *et al.* 1990; Braddock *et al.* 1991; Joly *et al.* 1991; Kendrick 1993; Laflamme et Diderichsen 2000; Hasselberg *et al.* 2001; Hewson 2004; Adams *et al.* 2005; Reimers et Laflamme 2005). De plus, des travaux du même type ont

démontré que cette qualité de vie a aussi une influence directe sur le développement cognitif des enfants et ainsi, indirectement, sur le risque d'accident (Christoffel *et al.* 1996; Taylor *et al.* 1997; Jutras 2003).

1.3.4. Les caractéristiques environnementales

Certains aspects physiques des quartiers ont été pointés du doigt par des chercheurs en raison de leur influence directe et néfaste sur le risque d'accident de la route ou encore de leur influence indirecte sur l'exposition à certains facteurs de risque. Les recherches qui se sont concentrées sur l'analyse des conditions environnementales des quartiers pouvant être considérées « à risque » ont conclu que certains types d'aménagement urbain (forte densité des habitations, faible présence de parcs) et certaines caractéristiques du réseau routier (forte densité et vitesse du trafic, stationnement sur la rue, grand nombre de voies, mauvaise signalisation et peu de mesures d'apaisement du trafic) augmentent localement le risque d'accident (Michelson et Roberts 1979; Tight 1988; Mueller *et al.* 1990; Roberts *et al.* 1995; Roberts *et al.* 1995; Jordan 1998; Wazana *et al.* 2000; Posner *et al.* 2002; Yiannakoulias *et al.* 2002; Granié 2004; Tester *et al.* 2004; Kweon et Shin 2005; Lee et Abdel-Aty 2005).

Lorsqu'il est question des facteurs de risque environnementaux, il est important de différencier la PRÉSENCE d'un facteur de risque dans son milieu de vie de l'EXPOSITION à ce même facteur. Par exemple, plusieurs enfants habitent près de rues à fort débit de voitures, mais, selon leur routine de marche et de jeux, ils ne seront pas tous en contact de la même façon avec ces rues, et donc avec le facteur de risque qu'est le trafic. C'est ainsi que différents estimateurs d'exposition ont été mis à l'épreuve en tant que facteur de risque chez les enfants : la possession d'une voiture et du logement (par les parents), le nombre de rues traversées en chemin vers l'école, les habitudes de jeux extérieurs, l'appropriation des espaces adjacents à la maison, le temps et la distance parcourue à pied (sur la chaussée ou les trottoirs) et le nombre de déplacements par période donnée (Moore et Young 1978; Jonah et Engel 1983; Joly *et al.* 1991; Roberts *et al.* 1996; Routledge *et al.* 1996; Rao *et al.* 1997; Roberts *et al.* 1997; Macpherson *et al.* 1998; Julien et Carré 2002; Posner *et al.* 2002; Jutras 2003).

Les résultats de ces recherches sur l'environnement des quartiers et l'exposition ont mis à l'avant-plan trois éléments : le besoin de prioriser la prévention chez les familles vivant dans des quartiers avec une forte densité d'habitation (édifices à logements, habitation à loyer modique, etc.); les effets négatifs d'une plus grande circulation automobile dans les quartiers résidentiels sur le risque d'accident en général et en particulier chez les enfants plus exposés; et le manque de considération des enfants dans la planification de certains aménagements routiers, incluant l'absence de parcs, d'aires de jeux et de traverses piétonnes sécuritaires.

1.3.5. Sommaire des facteurs de risque les plus connus

Les caractéristiques démographiques des enfants victimes d'une collision en tant que piéton, tout comme le contexte espace-temps, n'ont pas changé depuis au moins 20 ans : les enfants les plus à risque sont les garçons, ceux entre 5 et 14 ans et ceux vivant dans des familles et/ou des quartiers défavorisés tandis que les jours ensoleillés d'été et les heures de retour de l'école sont aussi des facteurs aggravants (Jonah et Engel 1983; Schieber et Vegega 2002; Tester *et al.* 2004; Robertson et Tsai 2006). Comme mentionné précédemment, les piétons sont habituellement blessés plus gravement, et bien qu'aucune étude n'ait été faite spécifiquement sur les enfants, il est reconnu que plus la taille et le poids du véhicule impliqué dans la collision sont importants, plus les blessures sont graves (Lefler et Gabler 2004; Hearrell et Burke 2007).

1.4. L'école primaire au centre du milieu de vie à l'étude

Bien que certains facteurs démographiques et psychologiques trouvent leur place dans les explications de taux élevés d'accidents, les recherches récentes donnent une grande importance à l'étude du milieu de vie des enfants. La littérature provenant des sciences sociales nous rappelle qu'un milieu de vie, communément appelé un « quartier », peut être vu de trois façons : comme une unité sociale (frontière de proximité relativement stable),

une unité spatiale (frontière fixe) ou un réseau de relations (aucune frontière physique) (Chaskin 1998). En fait, ce qui est appelé « milieu » (i.e. au centre d'un lieu) dans son sens géographique n'existe pas en soi, mais se définit plutôt selon les alentours, comme l'explique Roger Brunet (1993, p. 330) : « Le milieu inclut ainsi l'ensemble des voisins et des champs géographiques dans lesquels le lieu est plongé et dont il assure les interactions locales ». Le mariage des trois dimensions mentionnées plus tôt, en parallèle avec l'application de cette définition géographique, nous fait affirmer qu'un « milieu de vie » est un ensemble de lieux, à géométrie variable, interreliés et à l'intérieur d'une certaine proximité (unité spatiale). Le quartier est ainsi le point de contact le plus facile entre l'espace « géométrique » et l'espace « social » (Merlin et Choay 2005). Ce lieu fait partie de la vie quotidienne de par ses fonctions (domicile, école, terrain de jeux : unité sociale) et est le témoin et l'instigateur des interactions entre les citoyens ou encore entre l'environnement et les citoyens (réseau de relation). De plus, Driedger (1991) rappelle qu'au-delà de la planification des villes, le quartier est l'élément de base de tout environnement urbain puisqu'il représente l'unité territoriale qui permet la plus grande économie et liberté de mouvement en étant centré sur des intérêts et des besoins communs. Germain (1998) résume bien les multiples facettes de la définition d'un quartier ainsi :

« Territoire composite, reflétant les espaces-temps spécifiques dans lesquels se meuvent des populations pas forcément homogènes, le quartier n'en est pas moins aussi un espace commun dans lequel les habitants vaquent à leurs activités quotidiennes (espace fonctionnel), nouent certains liens de sociabilité (espace social) et forgent des représentations non nécessairement partagées (espace symbolique). » (p. 448).

Au-delà du principe général, il est important de réfléchir à ce qui compose réellement un milieu de vie dans son aspect physique et social. Le Tableau 1.1 catégorise ces aspects selon différentes échelles spatiales qui correspondent aux niveaux d'influence et d'intervention d'une communauté. Cette catégorisation nous rappelle que la dimension sociale des quartiers est formée autant par les valeurs provenant des individus qui y résident que par celles provenant de la société en général. De plus, chaque niveau est en interaction avec les autres. Si l'on ramène cette catégorisation à l'exemple des accidents de la route, il est possible de départager les mêmes niveaux d'influence, comme nous pouvons le voir dans la colonne de droite du Tableau 1.1. Par exemple, à l'échelle individuelle, un parent aura la responsabilité de choisir le moyen de transport pour son enfant, mais ce choix

repose sur le choix des aménagements routier près de l'école (sécuritaires ou non : niveau municipal) ou encore sur la réglementation concernant le transport scolaire (niveau gouvernemental). Les deux prochaines sections recensent des travaux qui ont exploré certaines des variables rattachées à une vie de quartier appropriée pour les enfants tant au plan physique (section 1.4.1) qu'humain (section 1.4.2).

Tableau 1.1 : Aspects physiques et sociaux des différents niveaux d'environnement

	<i>Aspects physiques de l'environnement</i>	<i>Aspects sociaux de l'environnement</i>	<i>Caractéristiques pouvant influencer le risque d'accident</i>
Niveau 1 <i>(échelle individuelle)</i>	Espace privé, maison Espace de travail	Individu Famille	Choix d'un moyen de transport Comportement à risque
Niveau 2 <i>(échelle communautaire et municipale)</i>	Environnement de proximité, voisinage Espace ouverts au public	Interindividuel Communauté Usagers	Aménagement des alentours de l'école Mobilisation de la communauté
Niveau 3 <i>(échelle gouvernementale)</i>	Environnements publics Villes, village	Habitants, citoyens Agrégats d'individus	Réglementation touchant les usagers de la route
Niveau 4 <i>(échelle populationnelle)</i>	Pays, planète	Société Population	Valeur donnée à l'automobile et aux autres modes de transport

Source : adaptation de Moser et Weiss (2003)

1.4.1. L'environnement physique des quartiers

C'est dans la littérature provenant de l'urbanisme que nous pouvons confirmer le lien entre un « milieu de vie », un « quartier » et les écoles primaires. L'urbanisme du début du 20^e siècle s'intéressait quasi-uniquement à la dimension physique et spatiale des quartiers. Cette époque a donné naissance au concept d'unité de voisinage, faisant référence à des quartiers d'habitation conçus à l'échelle du piéton, en fonction des équipements d'usage quotidien (Michelson et Roberts 1979; Merlin et Choay 2005). Perry (1929, cité dans Krizek 2003), qui fut le premier à concevoir ces unités de voisinage, définit quatre éléments clés de leur planification :

- Une école primaire, idéalement localisée au centre de l'unité géographique;
- Des aires de jeux et des parcs (10 % de l'aire totale de l'unité selon Dahir, 1949 cité dans Driedger, 1991);
- Des points de services locaux (magasins, épiceries, etc.);
- Une configuration des bâtiments et des rues qui assurent l'accès sécuritaire aux services pour tous, mais particulièrement pour les piétons.

Ces éléments furent repris par bon nombre d'urbanistes tel James Dahir (1949, cité dans Driedger 1991) qui insiste aussi sur l'importance d'avoir une architecture en harmonie avec les alentours, incluant des voies de passage définissant les limites de la communauté. Ces éléments ont aussi été grandement critiqués dans la période d'après-guerre, mais ressurgissent maintenant dans les principes du « nouvel urbanisme », notamment en ce qui a trait à l'implantation des services dans un périmètre accessible à pied (Katz et Bressi 1994; Congrès pour le Nouvel Urbanisme 2006). Finalement, rappelons que les écoles publiques en soi représentent une infrastructure unique et vitale pour la santé des quartiers, autant au plan physique (édifice et terrain souvent imposants) qu'au plan social (lieu de rassemblement) (Vincent 2006). D'autres travaux ont confirmé l'importance de la présence d'une école dans le choix d'un quartier de résidence par les parents, ces critères venant au même niveau que la tranquillité et la sécurité (Menahem *et al.* 1993; Nasar 2003).

Ces éléments clés se retrouvent aussi en partie dans la réflexion de l'UNESCO sur la définition d'un bon milieu de vie pour les enfants vivant en milieu urbain. Trois des six conditions « gagnantes » présentées par l'UNESCO font référence à des équipements : présence de lieux pour des activités variées et intéressantes pour les enfants, présence de lieux de rencontre pour les jeunes et présence d'espaces verts (Chawla 2002; Driskell 2002). De plus, des recherches récentes affirment que le cadre bâti et l'aménagement urbain ont une grande influence sur le bien-être, la sécurité et la santé des enfants et des parents (Gifford 2003; Jutras 2003; Mullan 2003; Jackson 2005). Certains chercheurs vont même plus loin en affirmant que la configuration des villes et des quartiers, en termes de densité, de diversité et de design détermine les niveaux d'activité physique que les adultes et les enfants vont avoir, ayant ainsi des conséquences sur la santé (Ewing 2005; McMillan 2005; Kerr *et al.* 2006). Powell (2005) et Jackson (2005) résument cette affirmation ainsi :

« The design of our neighbourhood determines the availability and safety of outdoor play and whether our children can walk to school. » (Powell, p. 216).

« Our car-loving, pedestrian-hostile environment has made it increasingly difficult to effect one's choice to be healthy and active. » (Jackson, p. 218).

Tous ces travaux mettent au premier plan l'importance de l'école comme centre d'attraction en général mais surtout au quotidien (Clifton et Kremer-Fults 2007). Nous estimons donc que l'étude plus approfondie de l'environnement physique entourant les écoles peut apporter une meilleure compréhension de la problématique des accidents impliquant des enfants piétons.

1.4.2. L'environnement humain des quartiers

Les quartiers ne se définissent pas seulement à travers des composantes environnementales et physiques mais aussi à travers des aspects sociaux et humains, aspects qui sont non négligeables dans la définition d'un milieu de vie optimal pour les enfants. Ces composantes sociales sont souvent associées à ce qui est appelé un effet de « lieux » (*place effect*), effet qui aurait des conséquences sur l'état de santé, indépendamment des caractéristiques des individus (Carstairs 2000; Chaix et Chauvin 2002; Macintyre *et al.* 2002; Krieger 2003). Comme mentionné précédemment, un effet négatif se fait sentir tout particulièrement lorsqu'il est question de défavorisation, mesurée par exemple à l'aide d'indicateurs incluant les ménages à faible revenu, le chômage, la faible scolarité, la monoparentalité, etc. En ce sens, la revue de littérature de Reading *et al.* (1999) démontre que la concentration de pauvreté matérielle et sociale dans un quartier influence le risque de blessures, peu importe la façon dont elle est calculée et les caractéristiques individuelles des résidents. En fait, certains facteurs de risque deviennent inhérents aux quartiers pauvres en raison du regroupement de gens dont la situation socio-économique et sociale est similaire. Carstairs (2000) résume ainsi la complexité de cette dynamique :

« Socio-economic position does not, of itself, explain health state, rather it represents a complex of living experience, living and working conditions, attitudes and social orientation, income, wealth, and assets for the individual. As well as these personal attributes, "poor places" provide socially adverse environments that strike at the health status of even the non-poor inhabitants (...) » (p.64).

Un second point important dans l'aspect humain des quartiers est celui des représentations. En effet, les recherches sur les enfants et les adultes ont démontré que les représentations que les sujets se font de l'espace quotidien sont le produit de la coordination et de l'intériorisation des actions (Tsoukala 2001). Ainsi, l'utilisation de termes fonctionnels et de points de repères tels que « la maison de mon amie » ou le « dépanneur du coin » démontre le rôle important du vécu, de l'expérience et de la pratique sociale dans le processus de construction d'un milieu de vie. Lévy-Leboyer (1980) résume le concept ainsi :

« La représentation mentale de l'environnement est à la fois une abstraction et une synthèse réalisée à partir des expériences vécues, des perceptions répétées et des déplacements dans l'environnement. » (p. 77).

La Figure 1.5 illustre le lien entre les caractéristiques physiques et humaines qui mène à la définition personnelle d'un milieu de vie. Cette Figure rappelle l'essence même de la géographie : l'étude du territoire, de l'espace à travers les interactions entre son organisation, ses aménagements et les humains qui y vivent. En fait, la relation dynamique entre les pratiques quotidiennes et les représentations spatiales passe obligatoirement par le territoire et ses aménagements. Puisque l'accident en tant qu'évènement passé, présent et futur fait partie de l'expérience, il est au cœur de ce même territoire, que nous appelons ici « milieu de vie » et qui est fréquentée par des parents et des enfants. C'est cette dynamique que nous voulons étudier ici à travers l'exemple de la sécurité routière à proximité des écoles primaires.

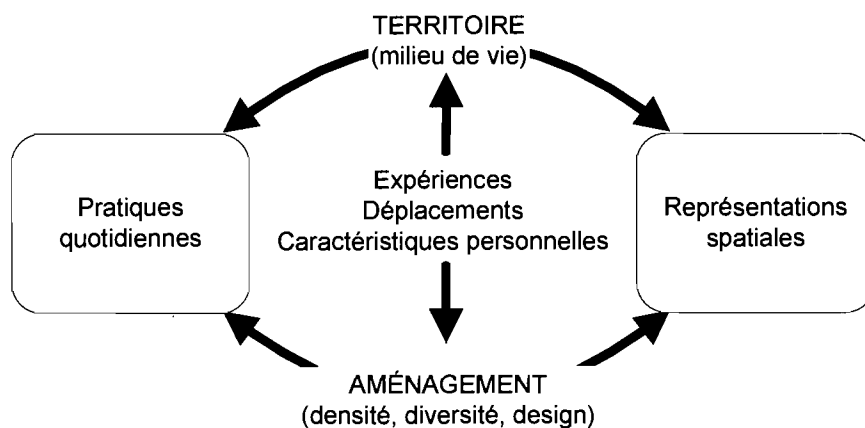


Figure 1.5 : L'importance des pratiques quotidiennes dans la définition d'un milieu de vie

Source : MS Cloutier, adaptation de Gumuchian *et al.* (2000)

1.4.3. Comment délimiter les frontières d'un « milieu de vie » ?

Puisque la problématique à laquelle nous nous intéressons ici s'ancre dans les milieux de vie des enfants et des parents, une question qui s'impose d'emblée est celle de la délimitation d'un milieu de vie à travers des frontières stables, du moins pour la période étudiée. Devant la multitude de définition de ce que ce territoire devrait être, il est important d'établir les bases de leur construction pour le présent projet : l'école en est le point central, tout comme la notion de proximité relative. En mettant l'école au centre d'un espace de proximité, nous étudions le problème non pas à partir des secteurs administratifs habituels, mais à partir du milieu scolaire lui-même, véritable point d'attraction d'enfants en semaine. Cette approche nous permet de territorialiser de façon très précise la problématique. Une fois les frontières établies, il est possible de réfléchir à ce qui compose ce milieu de vie que sont les alentours des écoles et il devient pertinent de comparer ces espaces de proximité entre eux pour mieux comprendre les interactions urbaines qui contribuent à la problématique des accidents impliquant des enfants piétons.

1.5. L'espace d'étude : Montréal

L'île de Montréal a été choisie comme région d'étude pour plusieurs raisons pratiques et épistémologiques. Située sur le fleuve Saint-Laurent, en aval des Grands Lacs, il s'agit de la seconde métropole canadienne en importance après Toronto. Le recensement canadien de 2001 établit la population montréalaise à près de 1,8 millions et à plus de 3,4 millions pour la grande région métropolitaine, qui inclut les rives nord et sud (Statistique Canada 2001). De plus, Montréal comporte plusieurs caractéristiques uniques de par son héritage historique de métropole québécoise et canadienne : un clivage linguistique et économique s'établit entre les extrémités est et ouest (respectivement francophones et anglophones plus fortunée) et le centre de l'île (centre-sud et sud-ouest principalement), clivage qui se fait sentir dans la distribution spatiale de la pauvreté (FIGURE 1.6), mais aussi dans celle des accidents et des écoles, comme nous allons le voir dans la prochaine section (Drouilly 1996; Cloutier 2004).

En raison de son importante population et de son caractère urbain, cette région du Québec est l'endroit où le bilan des accidents piétonniers est le plus important, permettant ainsi la collecte d'un grand nombre d'accidents impliquant des enfants piétons sur une courte période (5 ans). De plus, bien que Montréal semble favorisé au plan de la marche chez les enfants en comparaison avec d'autres grandes villes occidentales (Roberts *et al.* 1997), elle n'est pas à l'abri de la tendance mondiale qui démontre une diminution constante des modes de transport actif au profit de la voiture, notamment pour se rendre à l'école (Morency et Chapleau 2005; Demers 2008; Gagné et Lewis 2008). Finalement, le choix de Montréal nous semblait tout à fait pertinent aussi et surtout en raison de la disponibilité d'un grand nombre de données caractérisant l'environnement urbain du fait de la proximité des fournisseurs concernés.

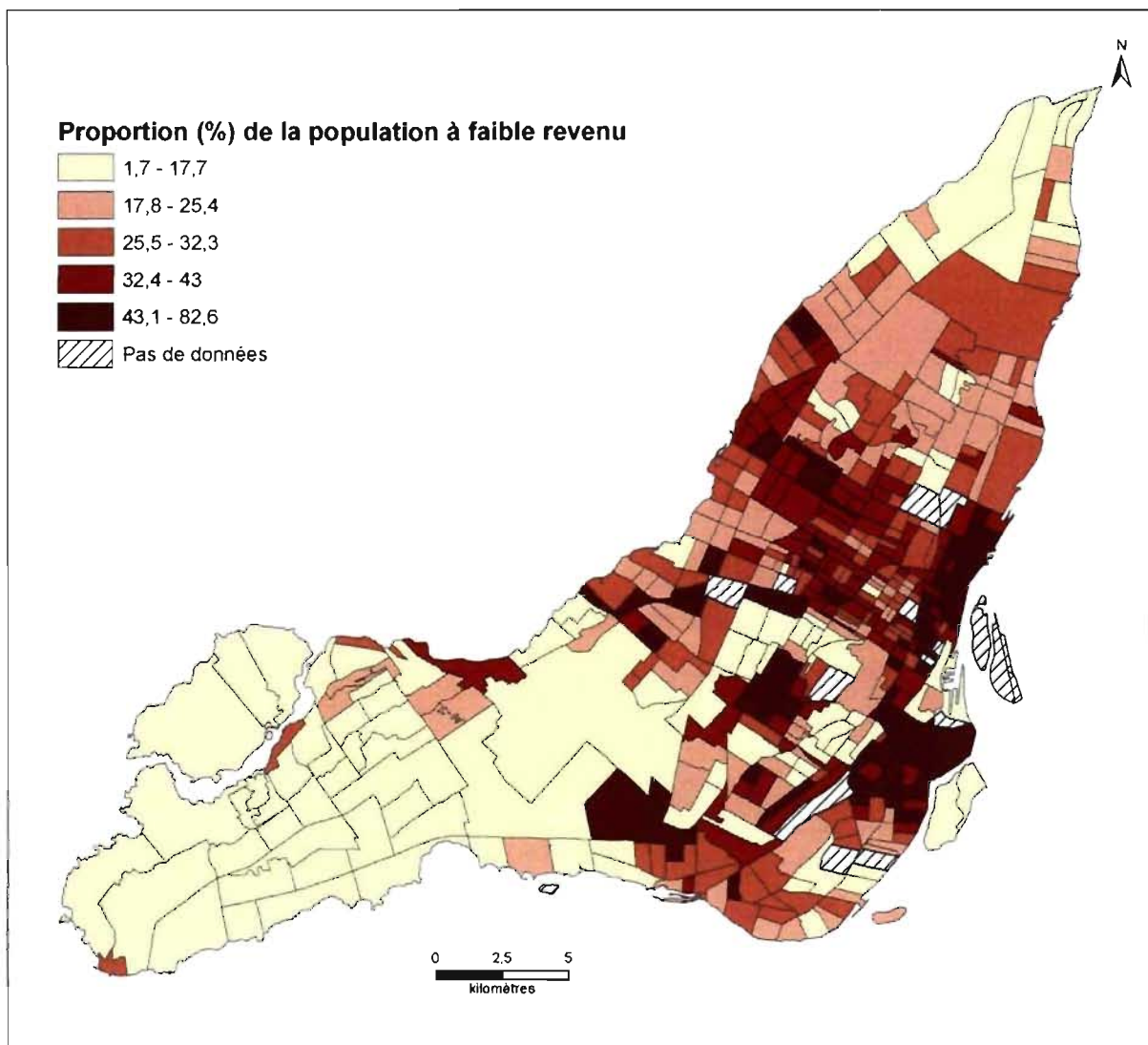


Figure 1.6 Répartition de la population à faible revenu (%) par secteur de recensement pour l'île de Montréal

Source : Statistique Canada, recensement de la population (2001)

1.5.1. Les écoles primaires publiques à Montréal : une distribution spatio-culturelle

Les cinq commissions scolaires de l'île de Montréal (deux anglophones et trois francophones) regroupaient près de 130 000 élèves au niveau primaire dans 343 écoles pour l'année 2000-2001 (Matte 2001). La Figure 1.7 permet de voir que ces écoles ne sont pas distribuées de façon régulière puisqu'elles se retrouvent habituellement là où il y a concentration de population : les banlieues (extrémités est et ouest de l'île) possèdent moins d'écoles, tout comme les quartiers ayant de grandes infrastructures (ex : aéroport) ou une vocation plus industrielle. De plus, l'extrémité ouest de l'île est caractérisée par une forte proportion d'écoles anglophones alors qu'à l'est, ce sont les écoles francophones qui dominent et que le centre-ville et ses alentours présentent une combinaison des deux langues d'enseignement.

Tableau 1.2 : Fréquence d'accidents, population par école et taux par classe de défavorisation chez les enfants piétons (5-14 ans) entre 1994 et 1999 (Montréal, Qc)

<i>Classes de défavorisation</i>	<i>Nombre d'accidents</i>	<i>Nombre d'écoles</i>	<i>Nombre moyen d'accidents par école</i>	<i>Nombre d'école sans accident</i>	<i>Nombre moyen d'élèves</i>	<i>Nombre moyen d'accidents par 100 élèves</i>
A (favorisée) 0-16.00	128	76	1,68	23	406	0.41
B 16.01-30.55	325	91	3,57	9	360	0.99
C 30.56-46.54	382	89	4,35	13	310	1.40
D (défavorisée) 46.55-82.7	387	63	6,06	2	421	1.44
Total	1222	319	3,83	47	369.1	1.04

Source : Extraction des fichiers de la SAAQ 1994-1999 et CGTSIM, adapté de Cloutier (2004)

Note : Les classes de défavorisation correspondent aux quartiles de la distribution des fréquences.

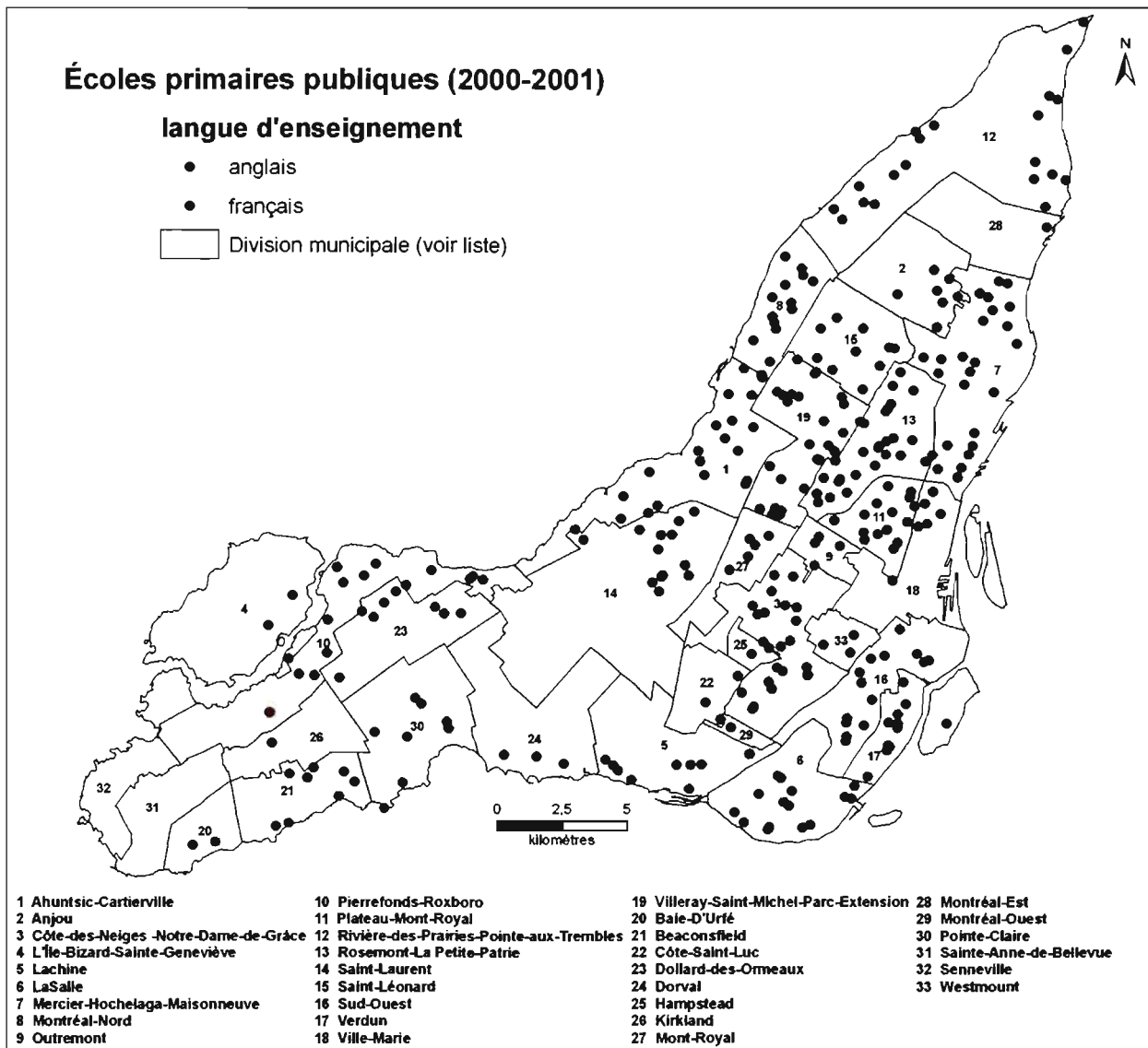


Figure 1.7 : Distribution spatiale des écoles primaires publiques de Montréal (Qc) selon la langue d'enseignement (année scolaire 2000-2001)

1.5.2. Les accidents de la route impliquant des enfants piétons à Montréal : une distribution selon le statut socio-économique des quartiers

Les recherches faites à Montréal dans les années 1990 sur la problématique des enfants piétons ont toutes donné des résultats similaires aux grandes tendances internationales citées précédemment : les jeunes garçons entre 6 et 9 ans et les enfants des quartiers défavorisés sont les plus exposés et les plus à risque d'accident en tant que piéton (Pless *et al.* 1987; Dougherty *et al.* 1990; Joly *et al.* 1991; Macpherson *et al.* 1998). De

plus, mon projet de maîtrise a confirmé ces résultats, notamment en ce qui a trait à la défavorisation (Tableau 1.2) : les écoles qui sont moins favorisées (classe D) sont plus affectées par les accidents, peu importe le type de ratio utilisé (Cloutier 2004).

Fait encore plus inquiétant pour la suite des choses, la situation ne s'est guère améliorée entre 1994 et 2003 : le nombre de victimes est resté aux environs de 200 par année, l'on peut compter au moins un décès par année scolaire sauf en 2001 et 2003 et le nombre d'accidents moyen par année atteint un premier pic à l'âge de 7 ans et un second à l'âge de 12-13 ans, autant au début de cette période (1994-1998) que plus récemment (1999-2003) (Tableau 1.3 et Figure 1.8). Ces deux pics d'accidents sont aussi répertoriés ailleurs, notamment en France (Granié 2004). Le premier pic s'explique par une exposition au risque sans avoir la maturation intellectuelle et les aptitudes nécessaires à un comportement sécuritaire en tant que piéton. La seconde montée du nombre de victimes arrive à un âge de transition (le passage à l'école secondaire) où les enfants vivent un accroissement de l'exposition sans avoir acquis ni intériorisé l'expérience de la rue. Ces expériences, combinées avec l'autonomie grandissante des enfants, permettent l'amélioration des savoir-faire en sécurité routière, ce qui constitue un facteur protecteur à partir de cet âge jusqu'à la puberté (Depeau et Ramadier 2005).

Tableau 1.3 : Nombre de victimes et de décès par année chez les enfants piétons (5-14 ans) entre 1994 et 2003 (Montréal, Qc)

Année	Nombre total de victimes	Nombre de blessés graves	Nombre de décès
1994	228	29	1
1995	204	28	2
1996	191	32	2
1997	211	19	3
1998	204	26	3
1999	202	17	2
2000	226	21	1
2001	176	18	0
2002	181	20	1
2003	184	26	0
Total	2007	236	15

Source : Extraction des fichiers de la SAAQ 1994-2003



Figure 1.8 : Nombre total de victimes selon l'âge de l'enfant piéton (5-14 ans) entre 1994 et 2003 (Montréal, Qc)

Source : Extraction des fichiers de la SAAQ 1994-2003

Ces constats réaffirment encore une fois la pertinence d'une étude plus approfondie sur le sujet, tenant compte du fait que le territoire à l'étude, tout comme les habitudes de transport de sa population, ont certainement évolué dans les dernières années.

1.6. Problématique et questions de recherche

1.6.1. Lacunes dans les recherches actuelles

1.6.1.1. Approche individuelle et unidimensionnelle dans la prévention et l'étude des facteurs de risque

Suivant les grandes tendances en santé des années 1970 et 1980, les travaux de cette époque portant sur les enfants victimes d'un accident en tant que piéton se sont intéressés aux caractéristiques individuelles de ceux-ci. Les résultats de ces recherches ont encouragé la prévention basée sur l'éducation dans le but d'inciter des changements de comportement chez les enfants. La faute leur étant principalement attribuée, la motivation principale de ce type de campagne était alors de préparer les enfants à être de « meilleurs piétons », permettant ainsi, en théorie, de réduire le risque d'accident. Or, ces mesures de prévention

visant uniquement les enfants se sont avérées très peu efficaces à moyen et à long terme, spécialement lorsqu'elles sont fondées sur une représentation adultocentrée de l'enfant et sur la limitation de ses capacités (Cambon de Lavalette et Laya 1988; Preusser et Lund 1988; Davis et Jones 1996; Schieber et Thompson 1996; Connelly *et al.* 1998; Peek-Asa et Zwerling 2003; Granié 2004). Dans une revue exhaustive des études portant sur l'efficacité des campagnes d'éducation, Duperrex *et al.* (2002) affirment que la totalité des campagnes recensées ne semblent pas modifier de façon significative ni les comportements, ni les attitudes, ni les connaissances et il n'y a aucune preuve que ces campagnes réduisent le nombre d'accidents. Ces résultats amenèrent une réflexion sur la manière de concevoir la prévention.

Bien que les années 1990 aient vu l'avènement de certaines recherches intégrant la dimension contextuelle et environnementale et que des pionniers tel Roberts (1995; 1996; 1997) ont permis de mettre à l'avant-plan le besoin de passer d'une intervention basée sur les enfants en tant qu'individus à une vision plus globale de la prévention, bon nombre de ces recherches ne se concentrent que sur un facteur de risque à la fois. En effet, ce n'est que dernièrement que nous voyons l'émergence de travaux intégrant une certaine modélisation des dimensions physiques et sociales du risque, bien que la plupart de ces travaux négligent encore l'existence de relations spatiales entre ces dimensions à l'intérieur de l'espace urbain. De plus, aucune de ces recherches ne combine réellement le milieu scolaire de la façon que nous proposons ici, ce projet a donc une place à prendre dans l'avancement des connaissances.

1.6.1.2. Sous-utilisation des données et des méthodes existantes

Comme nous l'avons mentionné précédemment, un grand nombre de constats peuvent être faits concernant les accidents de la route impliquant des enfants piétons à partir des recherches des dernières décennies. Par contre, peu de recherches se sont basées sur plusieurs sources de données, spécialement en ce qui concerne les sites d'accidents, leurs résultats reposant ainsi quasi-uniquement sur les rapports de police (lieu et circonstances de l'accident) ou encore sur les données hospitalières (lieu de résidence et état de santé de la victime). Pourtant, d'autres bases de données démographiques et environnementales peuvent nous renseigner sur le contexte de l'accident. À ce titre, la

disponibilité de plus en plus grande de données spatialisées décrivant le cadre bâti des villes permet d'établir et d'illustrer le contexte dans lequel les accidents sont survenus, et ainsi apporter une plus grande contribution à la connaissance (Kwan 2000).

Les outils que procurent les systèmes d'information géographique sont un excellent moyen d'explorer les dynamiques entre les individus et leur environnement immédiat à travers une approche géographique. Présentement en pleine expansion, plusieurs recherches portant sur les accidents impliquant des enfants piétons ont recours à ces méthodes, mais l'utilisation qui en est faite est bien souvent minime et instrumentale : géocodage des lieux d'accident sans analyse spatiale, compilation d'accidents par secteur administratif à des fins comparatives selon les statuts socio-économiques, etc. Notons au passage quelques exceptions où les SIG font partie intégrante de la méthodologie et servent à analyser les accidents dans le contexte de la ville : calcul de distance entre le domicile et le lieu d'accident, identification de « points noirs » à l'aide de méthodes de détection de regroupements spatiaux, etc. La présente recherche propose donc d'aller plus loin dans l'intégration de variables dans un SIG pour en dégager des analyses locales et ainsi mieux comprendre l'interaction entre les facteurs de risque qui, nous le savons déjà, ne sont pas distribués aléatoirement dans l'espace urbain.

1.6.1.3. Sous-estimation du rôle des parents

Alors que le rôle important de l'environnement semble être acquis, ce n'est que récemment que le rôle des parents dans la prévention des accidents impliquant un enfant piéton a été étudié, et cela, malgré le fait que ce sont eux qui ont la responsabilité du bien-être de leurs enfants. Des recherches récentes se sont intéressées à la représentation du risque chez les enfants et les parents, aux facteurs individuels et environnementaux qui influencent ces représentations, mais aussi à la relation entre le comportement sécuritaire de l'un et celui de l'autre (parents/enfants) (MacGregor *et al.* 1999; Tudor-Locke *et al.* 2001; Ehrlich *et al.* 2004). Les résultats de ces études seront présentés plus en détail dans le prochain chapitre mais nous pouvons déjà affirmer que très peu de ces recherches ont abordé le sujet de façon à comparer les représentations du risque des parents à d'autres variables individuelles et environnementales que l'on peut observer dans l'espace autour des écoles primaires (Tudor-Locke *et al.* 2001).

Pourtant, l'école primaire et ses alentours sont les destinations premières des enfants en semaine. Cela a pour conséquence que les parents, qui occupent un rôle central dans la prise de décision en lien avec les activités piétonnes, doivent quotidiennement faire des choix de mobilité (modes de transport, itinéraire, zones interdites, etc.). Ces choix sont, entre autres, motivés par les connaissances et les croyances des parents envers la sécurité routière. Dans une perspective de prévention des accidents et de promotion des transports actifs, il est grand temps d'apporter des connaissances nouvelles sur ce sujet, dans le but de mieux comprendre les mécanismes en amont des choix de mobilité familiale.

1.6.2. Question de recherche et hypothèses

Les recherches futures doivent s'orienter vers une compréhension plus globale des interactions entre les enfants et l'environnement urbain dans lequel ils interagissent à tous les jours, notamment pour se rendre à l'école. En effet, peu de recherches sont centrées sur les écoles (primaires notamment) comme point central de la vie des enfants, bien qu'ils y passent la majorité de leur temps en semaine. La question de recherche générale de ce projet de doctorat est donc la suivante :

Quelle est l'influence de l'environnement urbain et de certaines variables parentales sur le risque d'accident de la route chez les enfants près des écoles primaires ?

À partir de ce questionnement général, il est possible de pointer trois sous-questions qui feront l'objet d'analyse dans cette thèse.

1. Quels sont les variables en lien avec les environnements de proximité des écoles qui influencent le risque d'accident piéton chez les enfants ?

Ce premier objectif a pour but d'explorer la distribution spatiale des accidents et de certains facteurs de risque à Montréal. Ces explorations mèneront par la suite à une modélisation objective du risque d'accident pour chaque école en fonction du milieu de vie tel que nous l'avons défini plus tôt. Les résultats de ce modèle serviront ensuite à analyser spatialement

différents niveaux de risque et à catégoriser les écoles dans un but d'échantillonnage pour les étapes subséquentes. En se basant sur les études faites à ce jour, il est possible de dégager deux hypothèses générales sur la relation entre certains facteurs de risque et le nombre d'accidents associé à chaque école. Tout d'abord, nous croyons qu'il y aura une concentration spatiale des lieux d'accidents impliquant un enfant piéton dans les espaces de densité populationnelle élevée, dans les espaces de pauvreté et dans les espaces à fort débit de trafic. Parallèlement, nous affirmons que les écoles cumulant le plus de facteurs de risque à proximité devraient avoir le plus d'accidents dans la période étudiée et inversement avec les écoles cumulant le moins de facteurs de risque.

2. Quels sont les variables environnementales et individuelles qui influencent la représentation du risque d'accident piéton chez les parents ?

Ce deuxième objectif sort du cadre géographique à proprement parler pour s'intéresser aux représentations du risque en soi. Dans le but d'ajouter à la connaissance des facteurs d'influence sur la représentation du risque, nous allons tenter de modéliser ces représentations pour notre échantillon de parents. Tout comme le second objectif, peu de recherches ont adopté l'angle d'analyse que nous proposons ici, ce qui renforce encore plus la pertinence d'étudier cet aspect plus en profondeur. Notre hypothèse de départ stipule que certaines variables démographiques, environnementales et cognitives vont avoir une influence sur la représentation du risque, tout comme les habitudes de mobilité familiale.

3. Suivant les deux facettes vues précédemment, existe-t-il un lien entre les milieux de vie entourant les écoles et les connaissances, les croyances et les représentations du risque d'accident piéton chez les parents ?

Ce troisième objectif se situe à la frontière de la géographie et de la psychologie environnementale. Nous proposons ici une analyse des différences dans les connaissances, les croyances et les représentations du risque des parents en fonction du milieu entourant l'école que leur enfant fréquente. Peu de recherches à ce jour ont été faites sous l'angle qui a été choisi ici. Nous pouvons tout de même faire l'hypothèse générale que la défavorisation sociale des quartiers et le risque réel (tel que mesuré par notre modèle) vont

avoir une influence sur les connaissances, les croyances et les représentations du risque des parents. Cela va certainement se traduire par des différences dans ces trois éléments au sein de l'espace urbain montréalais.

1.7. Conclusion

Cette thèse aura plusieurs retombées importantes que nous pouvons résumer dans trois champs d'action. D'un point de vue géographique, cette thèse se veut un exemple concret de l'application des différentes méthodes d'analyse spatiale à un problème de santé. Bien que la pertinence des approches géographiques ne soit plus à faire, un exemple empirique local ajoute au cursus des recherches et contribue à l'avancement des connaissances et des méthodes. Deuxièmement, dans une perspective de santé publique, le travail accompli permettra de cibler des écoles prioritaires pour l'intervention et établira des preuves de l'ampleur du problème à Montréal. D'autre part, nos résultats pourront aider à la mise sur pied de programme de prévention tenant compte des réalités locales et de l'opinion des parents, augmentant ainsi les chances de réussite. Finalement, cette thèse donne l'opportunité de vérifier des hypothèses relevant de la psychologie de l'environnement en lien avec des modèles de représentation des risques tout à fait unique de par la relation parent-enfant qui y sera étudiée.

Maintenant que la question de recherche générale est posée, les trois prochains chapitres exposent le cadre conceptuel et la démarche méthodologique : le chapitre 2 examine en détail les mesures du risque se retrouvant dans la littérature avant d'illustrer les modèles du risque objectif et représenté. Le chapitre 3 présente la pertinence de l'utilisation des systèmes d'information géographique pour l'intégration des données servant à mesurer le risque objectif tandis que le chapitre 4 explore les outils et méthodes provenant de la psychologie pour l'étude du risque représenté.

2. Les mesures du risque routier

Le risque est un danger auquel l'on est exposé individuellement ou collectivement dans certaines circonstances, le danger étant considéré comme ce qui est susceptible de porter atteinte à la santé d'une personne, à ses biens ou à son environnement (Brunet *et al.* 1993; Blancher 1995). Dans toute estimation du risque, deux dimensions sont à considérer : la probabilité de réalisation de ce danger et l'ampleur (la gravité) des conséquences (Last 2004). Dans le cas présent, c'est la première dimension que nous tenterons d'approfondir par une évaluation du risque routier près des écoles. Notre approche met en place deux facettes importantes du risque : le risque objectif qui peut être évalué à partir de variables mesurées dans l'environnement et le risque représenté qui peut se définir à partir des images que l'on se fait de la réalité.

L'objectif de ce chapitre est double : dans un premier temps, nous présenterons différentes façons de mesurer le risque routier telles qu'elles sont décrites dans la littérature, puis nous exposerons les composantes retenues dans la création de notre modèle du risque objectif et de celui représenté. L'explication de ces modèles du risque dégage les concepts que nous allons utiliser tout au long de ce projet.

2.1. Définitions provenant de la littérature

2.1.1. Les mesures du risque objectif

Le risque routier dans son sens objectif est associé aux dangers liés à la circulation automobile et peut s'estimer au niveau individuel (probabilité qu'un individu soit victime d'un accident lors d'un déplacement ou durant une période de temps donnée) ou au niveau écologique (agrégation des individus dans le temps ou selon un territoire) (Huguenin-Richard 2000). Cette dernière catégorie d'analyse est moins fréquente en accidentologie. En effet, les recherches ont historiquement porté sur l'étude des variations individuelles et temporelles des risques d'accident alors que ces dernières années apparaissent des études sur les variations spatiales et écologiques du risque routier (Lassarre et Thomas 2005). La seconde approche est préconisée ici puisqu'elle nous permettra d'insister sur les déterminants environnementaux des accidents chez les enfants piétons. Les sections suivantes résument trois types de mesures du risque routier qui se retrouvent dans la

littérature récentes : le risque basé sur l'observation terrain; celui qui est relié à des mesures d'exposition; et celui qui résulte de la modélisation mathématique.

2.1.1.1. *L'observation sur le terrain : les conflits de trafic*

Puisqu'il est difficile de prédire les accidents en raison de leur caractère aléatoire et ponctuel, les chercheurs en sécurité routière essaient depuis plusieurs années de quantifier et d'améliorer les mesures du risque à partir d'observations sur le terrain. Une des techniques des plus connues et utilisées dans ce domaine est celle des conflits de trafic, aussi appelés conflits de circulation. Il en existe plusieurs définitions, bien qu'elles se caractérisent généralement par une interaction et une manoeuvre d'évitement, comme le mentionne ici Muhlrاد (1988) :

« Un conflit est une situation d'interaction entre deux usagers de la route (ou entre un usager et son environnement) qui conduirait de façon imminente à un accident si au moins un des protagonistes n'effectuait de manoeuvre d'évitement » (p. 15).

Deux éléments sont importants à retenir dans cette définition : l'idée de la modification des comportements ou des trajectoires et la durée de temps limitée pour effectuer ces modifications dans le but d'éviter un accident. Prenons comme exemple une situation courante de la vie d'un piéton : il s'arrête à une intersection avant d'effectuer sa traversée à cause de la présence d'un véhicule. Cette présence d'un véhicule, combinée avec un contact visuel, est en fait le point de départ de l'interaction entre le piéton et l'automobiliste. Il est alors possible d'observer les deux protagonistes et de juger de la présence d'un conflit ou non selon certains critères (grille d'analyse), schématisés à la Figure 2.1. Par ailleurs, dans une situation de circulation fluide et de respect des règles, il existe une proportion importante d'usagers qui effectuent leur déplacement sans interaction ou du moins sans conflit important (Muhlrاد 1988; Chin et Quek 1997). Nous retrouvons ces usagers dans les flèches vers la gauche de la Figure 2.1.

La technique des conflits de trafic a comme avantage de pouvoir mesurer l'ampleur de l'insécurité routière puisque les conflits entre les usagers de la route, bien qu'ils varient en nombre selon la technique utilisée, sont beaucoup plus fréquents que les accidents (Thouez et Bergeron 2003). Par ailleurs, elle est difficile à appliquer sur un grand territoire en raison

des méthodes exhaustives et très pointues qu'elle comporte : comptage aux intersections, capture de l'information en peu de temps, besoin de plus d'un observateur pour valider l'information, etc. C'est en fait une technique qui relève de l'approche individuelle. Pour toutes ces raisons, les études faites à partir des conflits de trafic sont peu fréquentes dans les dernières années, et cette technique n'a pas été retenue dans le cas présent.

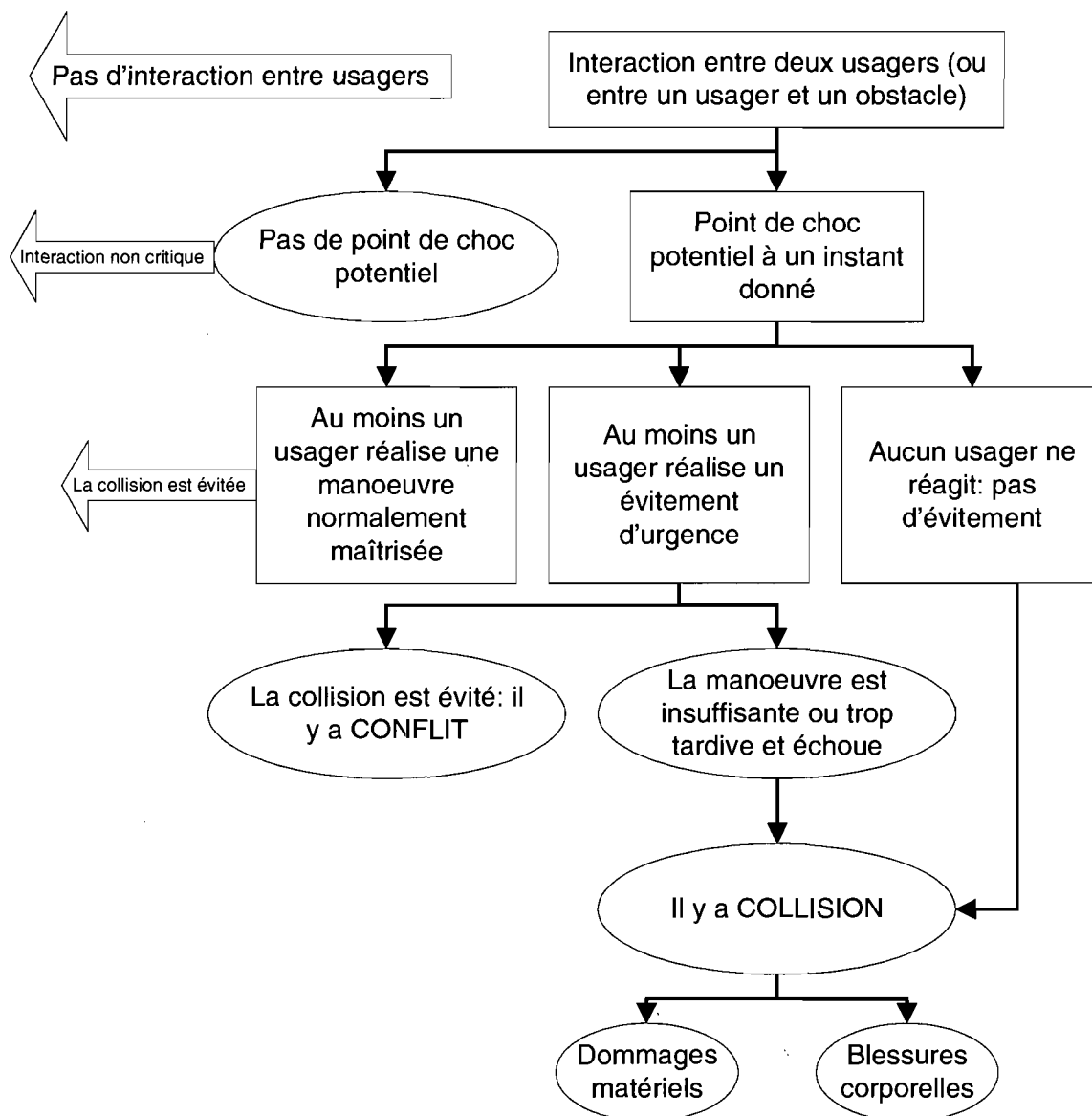


Figure 2.1 : L'observation des conflits de trafic

Source : Muhlrad (1988), p. 16.

2.1.1.2. Les mesures selon l'exposition

Le nombre d'accidents dans un lieu (x,y) et/ou dans une période t est la première et la plus simple des mesures du risque. Par contre, ce type de mesure ne tient pas compte d'un facteur important, l'exposition, que Chapman (1973) a défini ainsi dans le contexte de l'accidentologie : « *it is a concept by which the researcher tries to take account of the amount of opportunity for accidents which the (road user) or the traffic system experiences* ». Ces « occasions » qui existent dans la vie quotidienne diffèrent selon les usagers, les âges et les lieux et constituent ainsi des dénominateurs pertinents dans toute mesure du risque. C'est pour cette raison que les estimateurs de l'exposition que l'on retrouve dans les recherches sont nombreux. Thouez *et al.* (2004) expliquent la difficulté à définir et à mesurer l'exposition, comme mentionné dans leur rapport sur la mesure d'exposition au risque d'accident de la route des piétons et des cyclistes :

« Dans le cas particulier des usagers vulnérables de la route, il n'existe aucune norme de la mesure de leur exposition au risque d'être impliqué dans un accident. Selon les préoccupations du moment et la nature des données disponibles ou pouvant l'être, les auteurs choisissent différents indicateurs de l'exposition. » (p. 21).

Le Tableau 2.1 illustre trois types d'exposition au risque routier qui servent à calculer des taux ou des risques relatifs à partir des fréquences d'accident (numérateur). Loin d'être exhaustive, cette liste nous montre à quel point il peut y avoir de la variabilité dans les mesures du risque calculées selon l'exposition. Des chercheurs ont ainsi pu affirmer que la mesure d'exposition choisie influence les résultats. À ce sujet, Julien et Carré (2002) ont démontré que la prise en compte du cheminement piétonnier selon l'endroit de marche, la chaussée (piéton exposé) et les trottoirs (piéton non exposé), multiplie les taux de risque des piétons adultes par dix relativement aux taux populationnels. Selon cette étude, les piétons seraient en situation théorique d'exposition (lorsqu'ils sont sur la chaussée) durant trois minutes et demie par jour, soit seulement 13 % de leur durée moyenne de marche journalière. L'exemple des enfants est encore plus parlant : puisque leur vitesse de marche est inégale et différente des adultes, ils ont un risque relatif d'accident piéton souvent plus élevé que le risque relatif basé sur la population, particulièrement si la mesure d'exposition

est la distance marchée ou encore la durée des déplacements (Jonah et Engel 1983; Lee et Abdel-Aty 2005).

Tableau 2.1 : Différents types d'exposition au risque

<i>Type d'exposition</i>	<i>Sous-catégorie d'exposition</i>	<i>Mesures d'exposition au risque (dénominateurs possibles)</i>
<i>Selon la population</i>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Population totale par secteur de recensement ▪ Population d'enfants par arrondissement
<i>À partir du réseau routier</i>	<i>Espace</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nombre de kilomètres d'artères principales (ou autres type de route) ▪ Nombre de conducteurs (ou de véhicules ou de passagers) par kilomètre parcouru ▪ Nombre de conducteurs (ou de véhicules ou de passagers) par kilomètre de réseau
	<i>Temps</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nombre de conducteurs (ou de véhicules ou de passagers) par temps de parcours
<i>Selon les déplacements</i>	<i>Statique</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nombre de permis de conduire ▪ Nombre de véhicules immatriculés ▪ Nombre de véhicules kilomètres annuel
	<i>En mouvement</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nombre et durée des déplacements par jour ▪ Nombre de rues traversées par jour ▪ Nombre de kilomètres parcourus (conducteurs)

Source : MS Cloutier, adaptation de Joly *et al.* (1991b), Routledge *et al.* (1996), Huguenin-Richard (2000) et Chapman (1973).

Déjà en 1973, Chapman recensait de nombreuses recherches traitant l'exposition de façon différente selon le territoire couvert, le type d'accident ou encore la période choisie. Pourtant, les taux populationnels sont encore largement rapportés dans les documents et les analyses officiels tandis que les données pour estimer l'exposition sont très peu collectées, voire inexistantes aux échelles voulues et pour la population étudiée. Il en va de même pour ce projet où aucune mesure directe de l'exposition au trafic chez les enfants n'est disponible. Devant ce constat, ce sont des mesures indirectes de l'exposition qui seront utilisées en tant que variables prédictives et non comme dénominateur. Ces mesures seront expliquées plus en détail dans le chapitre 3.

2.1.1.3. Modélisation mathématique des risques d'accident

La modélisation du risque routier simule la réalité à l'aide d'équations mathématiques, ce qui permet de faire à la fois des analyses désagrégées d'éléments du système de transport et des analyses agrégées incluant plusieurs catégories de facteurs de risque. Ces modèles, basés sur les statistiques inférentielles, déterminent une variable attendue (*variable dépendante* y) compte tenu de la variation des variables explicatives (x_1, \dots, x_n). La variable y peut se décliner selon un nombre d'accidents, une densité d'accidents ou encore un taux, tenant ainsi compte de l'exposition. L'efficacité de ces modèles à prédire adéquatement dépend des variables utilisées (s'il y en a suffisamment, si elles sont pertinentes) et du choix de la distribution théorique associée aux données (si elle correspond plus ou moins au phénomène dans la réalité). Cette modélisation prend plusieurs formes mathématiques, mais repose essentiellement sur la régression statistique. La littérature à ce sujet démontre par ailleurs une grande variabilité dans le choix des distributions théoriques et des régressions utilisées en raison des variations dans les données. En accidentologie, la distribution de la variable y est parfois caractérisée par une dissymétrie du fait que les accidents sont des événements rares dans le temps et dans l'espace : les petits effectifs sont plus fréquents, surtout lorsqu'ils ne sont pas agrégés. Cette particularité dans les données donne lieu à l'application d'une distribution théorique différente de la loi normale, une distribution alternative étant connue sous le nom de la loi de Poisson, aussi appelée « loi des petits nombres » (Rosner 2006). Cette distribution est souvent associée à une loi négative binomiale dans les modèles recensés, et elle peut être linéaire ou non selon les hypothèses de départ (Hewson 2005).

Un certain nombre de recherches ont ainsi été faites à partir des principes d'ingénierie et de géométrie de la route. Ces modèles évaluent les probabilités d'occurrence des accidents (variable y) à des endroits précis selon les caractéristiques du réseau routier en termes de vitesse, de concentration et de fluidité des véhicules (variables x) (HEARTS Consortium 2006). Ce type de recherche a notamment porté sur la modélisation de points noirs, ces endroits précis du réseau routier qui sont des sites à forte fréquence d'accidents. Ces modèles aident à établir des priorités pour la planification, la réfection et la construction des réseaux routiers mais ne nous renseignent que pour un échantillon limité de lieux. Une fois

les problèmes locaux corrigés, ce type d'intervention ne peut contribuer à une diminution significative de l'insécurité ou du nombre de blessés en raison de leur caractère ponctuel, désagrégé s'apparentant encore une fois à l'approche individuelle.

En complément de ces modèles désagrégés, d'autres modélisations multidimensionnelles ont été étudiées, notamment pour évaluer l'importance des dimensions sociales et environnementales dans la prédiction des accidents. Ce type de modèle agrège les données d'accidents dans l'espace et/ou dans le temps, permettant ainsi de contourner la loi de Poisson dans certains cas et d'appliquer de simples régressions linéaires à une multitude de variables susceptibles d'influencer le nombre d'accident. Le Tableau 2.2 résume deux recherches qui ont utilisé la modélisation d'équations calculant des indices de risque, déterminant ainsi quels étaient les facteurs importants. Ces modèles agrégés ont permis de mieux comprendre la dynamique sous-jacente aux accidents pour des populations spécifiques comme les enfants. Par exemple, LaScala *et al.* (2004) ont démontré qu'un modèle combinant deux dimensions, l'une sociale et l'autre environnementale, était plus efficace dans ses prédictions que deux modèles séparés. Par ailleurs, la prise en compte de l'espace dans ces modèles devient une préoccupation en raison de l'autocorrélation spatiale présente dans les données. Nous explorerons plus en détail ce concept et les solutions proposées dans la littérature au prochain chapitre.

Tableau 2.2 : Exemples de deux modèles du risque objectif tirés de la littérature

<i>Auteurs</i>	<i>Variable dépendante (y)</i>	<i>Variabes indépendantes (x) significatives</i>	<i>Type de modèle</i>
LaScala <i>et al.</i> (2004)	Taux annuel de collision (impliquant un piéton de moins de 16 ans) selon le nombre de km de rue (dans la communauté) NB : Agrégation des lieux de collision par communauté	1) démographiques (% de jeunes) 2) socio-économiques (% des ménages avec un revenu de moins de 20 000\$ ou de plus de 60 000\$; % chômeurs 3) environnementales (flux de trafic en nombre de voiture par jour)	Régression linéaire simple NB : Transformation de la variable y avec une racine carré pour se conformer à la loi normale.
Graham <i>et al.</i> (2005)	Nombre d'accidents impliquant un piéton enfant NB : Agrégation des lieux de collision par comté (<i>ward</i>)	1) indice de défavorisation 2) % de jeunes	Régression négative binomiale

2.1.2. Les mesures de la représentation du risque

Gatrell (2002) rappelle que plusieurs travaux en géographie de la santé portant sur les représentations des risques ont permis de mieux comprendre le point de vue des personnes directement concernées sur un problème de santé. Les résultats de ce type de recherche contribuent ainsi à l'élaboration de stratégies de prévention plus efficaces. C'est ce raisonnement qui a poussé ce projet à s'intéresser aux représentations du risque des parents dans le contexte de la sécurité piétonne près des écoles.

La représentation du risque est en fait le jugement intuitif auquel la majorité des gens vont se fier lorsqu'ils sont confrontés à un danger (Slovic 2000). En ce sens, le risque est un construit psychologique et social qui est rattaché à des situations spécifiques (Thouez 2005). Plusieurs disciplines s'intéressent à la représentation du risque et celles-ci s'entendent sur un seul point : de nombreux facteurs influencent la représentation des risques, certains sont uniques à chaque individu, d'autres sont communs à des groupes et l'importance de chacun de ces facteurs dépend du risque réel et de celui accepté par chaque individu (Slovic 1987; Covello 1995). De plus, la littérature confirme que les mesures de la représentation du risque ne sont pas utilisées en tant que finalité comme peuvent l'être

celles sur le risque objectif. En fait, ces mesures sont bien souvent instrumentales et servent surtout à étudier les facteurs d'influence en amont, la mesure de la représentation devient alors une variable dépendante, ou encore sert à comparer les représentations mesurées avec des comportements observés.

En accidentologie, la représentation du risque a longuement été étudiée comme étant elle-même un facteur de risque, surtout chez les conducteurs. Ce type de travaux a pour objectif, entre autres, de mieux comprendre le processus cognitif en amont des choix et des changements de comportement et ainsi de prédire les conduites à risque (Ajzen et Fishbein 1980; Letirand et Delhomme 2003; Letirand et Delhomme 2006). Les résultats de ces travaux affirment d'ailleurs qu'une représentation individuelle faible des risques est liée à des comportements plus à risque, notamment chez les conducteurs inexpérimentés (Heino *et al.* 1996).

Par contre, les modèles théoriques et les méthodes rattachés à ce type de recherche ont été peu explorés chez les autres usagers de la route, notamment les piétons, et encore moins dans un contexte parent-enfant (Lam, 2001). Pourtant, les parents ont un rôle important à jouer dans la prévention des blessures de toute sorte (DeFrancesco, 2003; Brown, 2005). En ce sens, la représentation du risque des parents en lien avec l'environnement routier est de plus en plus reconnue comme étant un facteur important dans le choix du mode de transport vers l'école (Kerr *et al.* 2006). Lam (2000) affirme même que cette représentation est une motivation majeure à l'acquisition et à l'actualisation de pratiques sécuritaires pour leur enfant. L'importance du rôle et l'implication des parents sont bien résumés ici par Ziviani *et al.* (2004). Cette citation rappelle que les actions entreprises par les parents peuvent avoir des effets positifs sur leur communauté, pour le bien de tous les piétons :

« Once convinced of the benefits of increasing the amount of exercise that their children can gain from walking, parents can also serve as a powerful lobby group with local authorities to improve paths, traffic conditions and general safety concerns. » (p. 9).

Ce constat étant fait, le choix d'inclure la représentation des parents dans notre projet s'est imposé de lui-même. Les sections suivantes décriront tout d'abord différentes façons de mesurer les représentations du risque provenant de méthodes qualitatives et quantitatives.

Par la suite, nous nous pencherons brièvement sur les variables tirées de la littérature qui ont une influence sur ces représentations.

2.1.2.1. Les mesures provenant de méthodes qualitatives

Cette catégorie de mesures de la représentation du risque donne lieu à des résultats très diversifiés, mais repose essentiellement sur deux méthodes de collecte de l'information : des questions directes d'opinion sur des affirmations et/ou des comportements ou encore des identifications instinctives de sites dangereux à partir d'une carte ou d'un récit. Des exemples typiques de la première catégorie se retrouvent dans les travaux recensés dans le Tableau 2.3 : les mesures qui y sont rapportées se résument bien souvent en pourcentage pour chaque réponse possible.

Tableau 2.3 : Différentes mesures de la représentation du risque provenant de questionnaires

<i>Auteurs</i>	<i>Exemple de mesures</i>
Mullan (2003)	Question (aux enfants) : <i>La rue la plus près de chez-moi a beaucoup de circulation</i> Réponses possibles : <i>tout le temps, la plupart du temps, rarement, jamais</i>
Fulton <i>et al.</i> (2005)	Question (aux enfants) : <i>Est-il sécuritaire de jouer dans ton quartier ?</i> Réponses possibles : <i>oui, non</i>
Gielen <i>et al.</i> (2004)	Question (aux parents) : <i>Quelle est la probabilité 1) qu'un enfant de votre quartier ou 2) VOTRE enfant se fasse renverser par une voiture dans la prochaine année ?</i> Réponses possibles : <i>très peu probable, peu probable, probable, très probable</i>
Lee <i>et al.</i> (1994)	Question (aux parents) : <i>Quel est le risque le plus important auquel votre enfant est exposé sur le chemin de l'école ?</i> Réponses possibles : <i>avoir un accident de la route, être intimidé, être kidnappé, être exposé à la mauvaise température extérieure, être blessé en trébuchant ou en marchant</i>
MacGregor <i>et al.</i> (1999)	Question (aux parents) : <i>Quels sont les règles de la traversée que vous avez apprises à votre enfant lorsqu'il y a un arrêt obligatoire ?</i> Réponses possibles (oui ou non) : <i>regarder des deux côtés, arrêter avant de traverser, regarder plus d'une fois, traverser à l'intersection.</i>

La seconde catégorie est moins fréquente dans la littérature, mais est tout aussi pertinente pour une analyse spatiale de la représentation des risques. Schneider *et al.* (2004) ont

recensé quelques études où la carte est l'outil principal de collecte de données : à partir de leur expérience et de leur connaissance générale, les répondants identifient les sites qu'ils considèrent dangereux sur un parcours précis (Austin *et al.* 1995), sur une carte générique d'un quartier (Schneider *et al.* 2001) ou encore directement sur le terrain à partir d'une description de sites sélectionnés (Duncan *et al.* 2002). Les données recueillies à partir de ces cartes peuvent être comparées aux sites d'accidents les plus fréquents selon les statistiques (rapports de police ou autres) et ainsi mettre en lumière les ressemblances et/ ou les différences dans l'identification des sites.

Les mesures énumérées ici sont habituellement basées sur des données discrètes ordinales qui décrivent les représentations d'individus échantillonnés (parents, enfants, etc.) sur des sujets spécifiques. Il est plus difficile d'analyser et de généraliser ces représentations d'un point de vue statistique, surtout lorsque le nombre de répondants est petit. Dans les cas où le nombre de répondants est assez élevé, il existe toute une panoplie d'outils qui permettent de mettre en relation ou de comparer ces mesures ordinales avec d'autres variables : la régression logistique, les analyses de variance ou les tests du Chi carré sont quelques exemples. Le chapitre 4 fera référence à notre étude en décrivant le questionnaire utilisé et les analyses spécifiques qui peuvent en découler.

2.1.2.2.' Les mesures provenant de méthodes quantitatives

Cette seconde catégorie de mesures est dérivée de la première puisque la collecte de données se fait aussi à partir de questionnaires. La différence dans le cas présent est que les réponses, qui sont données à partir d'une échelle graduelle de valeur, sont traduites en un indice numérique continu qui permet l'analyse quantitative des données. Deux exemples sont présentés ici.

Lam (2001) a construit une variable y de représentation du risque à partir de six situations et d'une échelle de risque à quatre catégories (Tableau 2.4). En attribuant un point à l'échelle minimale et quatre points à celle maximale, la représentation du risque de chaque répondant varie entre 6 (représentation faible du danger) et 24 points (représentation élevée du danger). Cette mesure peut alors être modélisée statistiquement pour évaluer la relation entre la représentation du risque et d'autres variables (par exemple, les caractéristiques des parents : âge, sexe, niveau d'éducation, etc.).

Tableau 2.4 : Méthode proposée par Lam (2001) pour évaluer la représentation du risque

<i>Quel est le niveau de dangerosité des situations suivantes pour votre enfant lorsqu'il n'est pas accompagné d'un adulte ?</i>	<i>Réponses possibles</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Traverser une rue locale 2. Traverser à un passage piéton sur une rue majeure 3. Marcher à travers le stationnement du voisin 4. S'engager dans la rue entre des voitures stationnées 5. Marcher le long du trottoir 6. Traverser à un feu piéton 	<p><i>pas du tout dangereux (1 point)</i></p> <p><i>moyennement dangereux (2 points)</i></p> <p><i>dangereux (3 points)</i></p> <p><i>très dangereux (4 points)</i></p>

Une seconde évaluation quantitative est fournie par Gärling *et al.* (1984) qui ont mesuré les représentations à partir de l'importance que les parents attribuent à cinq causes potentielles d'accidents (Tableau 2.5). Cette mesure de la représentation du risque varie entre 5 et 50 points puisque l'importance attribuée aux causes est donnée sur une échelle de 1 (*pas du tout la cause*) à 10 (*toujours en cause*).

Gärling *et al.* (1984) proposent ensuite une modélisation linéaire de la représentation (Y_R) à partir du pointage attribué à ces causes. L'analyse des coefficients nous renseigne ainsi sur l'importance de chaque cause pour des groupes d'individus précis. Par exemple, la mesure de la représentation Y_R des répondants du quartier A peut être comparée à celle des répondants du quartier B et ainsi voir les différences dans l'attribution des causes : Est-ce que l'environnement est une cause plus importante chez les répondants du groupe A ou chez ceux du groupe B ?

$$Y_R = B_0 + B_{ev}X_{ev} + B_pX_p + B_{ef}X_{ef} + B_cX_c + B_{ch}X_{ch}$$

Tableau 2.5 : Méthode proposée par Gärling *et al.* (1984) pour évaluer la représentation du risque

<i>À quel niveau considérez-vous les éléments suivants comme étant la principale cause d'un accident impliquant un piéton enfant ?</i>	<i>Réponses possibles</i>
<i>Environnement (X_{ev})</i> <i>Parents (X_p)</i> <i>Enfants (X_{ef})</i> <i>Conducteurs (X_c)</i> <i>Chance (X_{ch})</i>	<i>1 : pas du tout la cause</i> <i>2,3,...9</i> <i>10 : toujours en cause</i>

Faire appel à des mesures quantitatives de la représentation du risque apporte l'avantage indéniable de pouvoir synthétiser l'information dans un indicateur simple que l'on peut par la suite modéliser à l'aide des outils statistiques de modélisation. Certes, toute mesure agrégée implique une perte d'information qui peut nuire à la compréhension d'un phénomène, d'où l'importance de bien évaluer les différentes composantes de l'indicateur au départ. En ce sens, les approches décrites ici aideront à la conception de la mesure de la représentation du risque utilisée dans le présent projet (voir chapitre 4).

2.1.3. Facteurs d'influence sur les représentations

Comme mentionné précédemment, la représentation du risque a aussi été étudiée en tant que variable dépendante, l'objectif est alors de déterminer les variables qui déterminent cette représentation. La revue de la littérature nous a permis de regrouper en quatre catégories les différentes variables reconnues pour avoir une influence sur la représentation du risque (Tableau 2.6). C'est ainsi que les expériences passées, le vécu quotidien (incluant l'influence des médias de masse) et même certaines caractéristiques individuelles des parents et des enfants (âge, genre, scolarisation, revenu, etc.) sont reconnus pour avoir une influence sur la représentation des risques environnementaux en général, et sur le risque routier en particulier (Gärling *et al.* 1984; Vlek et Hendrick 1988; Dubois-Maury et Chaline 2004; Thouez *et al.* 2004). Nous verrons plus en détails les différentes hypothèses liées à ces variables lors de la description de celles retenues dans notre modèle (voir section suivante et chapitre 4).

Tableau 2.6 : Facteurs d'influence sur les représentations du risque routier

<i>Type de facteurs d'influence</i>	<i>Exemples de variables</i>
<i>Individuel</i>	enfant : âge et sexe parents : sexe, emploi, statut socio-économique et familial, ethnicité mobilité quotidienne
<i>Sociétal</i>	attention médiatique programme de prévention et d'information
<i>Environnemental</i>	quartier de résidence : trafic, risque réel défavorisation sociale
<i>Psychologique</i>	expériences vécues, antécédents d'accidents sentiment de contrôle connaissance et croyances des risques et des règles

La littérature recensée démontre une grande variabilité dans la façon de mesurer le risque routier, les indicateurs provenant autant d'une approche qui concerne les individus que d'une modélisation complexe de la réalité sous-jacente. Alors que la représentation du risque était, au départ, considérée comme un produit des individus, il est maintenant reconnu que les facteurs sociaux, politiques et culturels jouent un rôle important dans ces représentations (Lam 2005). À la lumière de tout ce qui a été examiné ici, nous pouvons affirmer que plusieurs mesures du risque objectif et du risque représenté semblent utiles pour mieux comprendre la dynamique sous-jacente aux accidents de la route impliquant des enfants. Nous constatons aussi qu'aucune d'entre elles ne prend directement en considération le milieu de vie que représentent l'école et son quartier de proximité. La prochaine section décrira les modèles qui ont été choisis pour traiter les deux types de risque, modèles qui sont centrés sur l'école comme le veut le présent projet. Ces schématisations de la réalité mèneront ensuite à deux chapitres où nous traiterons concrètement des méthodes employées pour recueillir et analyser les données.

2.2. Modèles retenus du risque routier près des écoles primaires

Un modèle est une « représentation simplifiée de la réalité en vue de la comprendre et de la faire comprendre » (Sanders 2001, p.17). C'est précisément ce que nous allons faire ici en s'appuyant sur une modélisation du risque objectif et de celui représenté.

2.2.1. Modèle du risque objectif

La Figure 2.2 illustre le modèle retenu du risque objectif d'accident. Ce modèle inclut quatre dimensions : la dimension de la morphologie urbaine, celle du réseau routier, celle socio-économique et populationnelle et celle scolaire. La première dimension s'intéresse à l'occupation du sol alors que la seconde implique la création de variables en lien avec la hiérarchie du réseau routier (densité du réseau et des artères). La troisième dimension regroupe des variables mesurant la défavorisation et la densité de population (enfants) à proximité des écoles tandis que la dernière dimension rassemble des variables en lien direct avec les écoles (nombre d'inscrits, langue d'enseignement).

La modélisation du risque routier se fera à partir des fréquences d'accidents (variable y) recensées dans les rapports de police et agrégées à partir de notre construction spatiale du milieu de vie entourant les écoles. La construction des milieux, la description des variables choisies et la procédure d'agrégation sera expliquée en détail dans le chapitre 3. Nous estimons qu'un tel modèle prend en considération plusieurs facteurs de risque présents dans la littérature en plus d'intégrer de nouvelles variables d'intérêt en contexte scolaire. De plus, ce modèle intègre les dimensions physique et humaine, il permettra ainsi d'estimer le risque d'accident rattaché à une école et à son milieu de vie à proximité d'une façon nouvelle et unique.

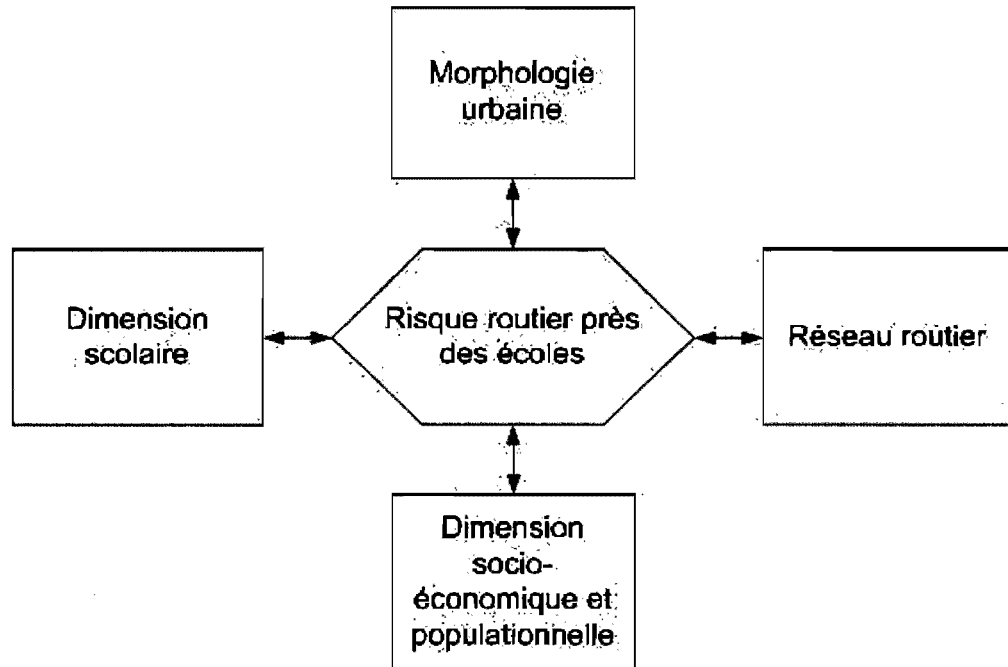


Figure 2.2 : Modèle conceptuel du risque objectif

2.2.2. Modèle de la représentation du risque

La Figure 2.3 présente le modèle conceptuel de la représentation du risque. Ce modèle, qui s'inspire des catégories énumérées à la section 2.1.3, est construit à partir de quatre dimensions : la démographie, l'environnement, la mobilité familiale et les éléments cognitifs. Ces thèmes nous ont servi de base pour la création et l'exploration de différentes variables reconnues pour avoir une influence sur certaines représentations du risque. La première dimension regroupe des variables populationnelles liées aux enfants, aux parents et à leur contexte familial tandis que la seconde inclut trois variables décrivant les quartiers de proximité autour des écoles (défavorisation, risque réel et présence accrue de trafic). La troisième dimension s'intéresse à la mobilité familiale des parents et des enfants (fréquence et type d'utilisation des modes de transport) alors que la dernière dimension rassemble certaines variables liées au processus cognitif des parents (croyances, sentiment de contrôle, historique d'accident)

La description de l'outil de cueillette d'information et des variables créées se trouve dans le chapitre 4 et inclut la procédure suivie pour la création de la mesure de la représentation du

risque (variable y). Rappelons en terminant que nos travaux reposent sur l'intégration de variables individuelles et environnementales dans la modélisation de la représentation du risque. Sans prétendre que notre schématisation est exhaustive, nous croyons que l'inclusion de trois thèmes déjà bien établis et d'un quatrième peu exploré (la mobilité familiale) apportera une analyse unique et originale des représentations du risque routier chez les parents d'enfants du primaire. En conséquence, nos résultats devraient contribuer à une meilleure compréhension des influences sur la représentation du risque et indirectement des mécanismes qui relient les représentations du risque et les choix de comportement des parents en situation scolaire.

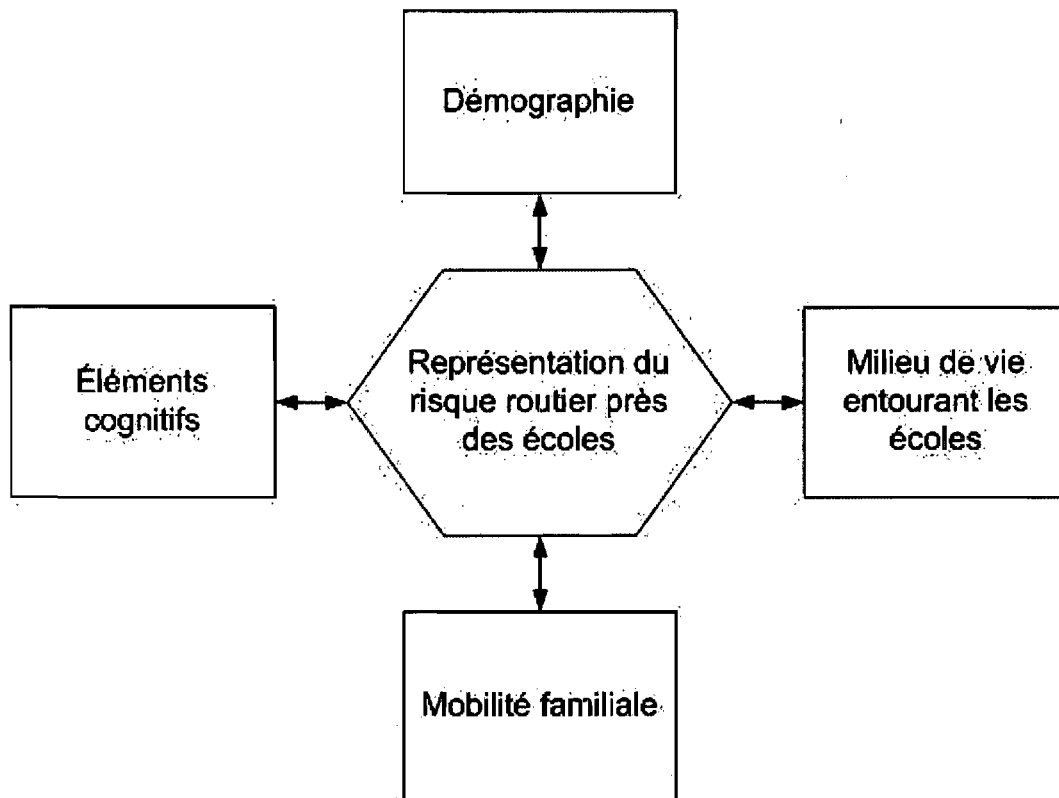


Figure 2.3 : Modèle conceptuel de la représentation du risque

2.3. Connaissance, croyance et représentation du risque dans une dynamique parent-enfant

Maintenant que les composantes des deux principaux modèles du risque sont bien identifiées, nous voulons pousser plus loin la réflexion en s'intéressant à l'influence que

peuvent avoir les environnements urbains sur certaines variables parentales en lien avec le risque routier. En fait, peu de travaux en prévention des blessures se sont intéressés à l'influence de l'environnement sur des variables dites « subjectives ». Nous pouvons tout de même rapporter que des environnements défavorisés et/ou ayant de fort débits de trafic ont été reliés à des niveaux de compréhension plus faible de la sécurité des enfants mais à des niveaux d'anxiété et de préoccupation plus élevés de la part des parents (Gärling *et al.* 1984; Eichelberger et Gotschall 1990; Björklid 1994; Lam 2001; Gielen *et al.* 2004; Weir *et al.* 2006).

Pour faire progresser la connaissance de ces influences, nous proposons ici d'évaluer les différences qui peuvent exister entre des environnements urbains distincts et les connaissances, les croyances et les représentations du risque des parents en lien avec la sécurité des enfants piétons. Pour ce faire, nous voulons comparer ces variables parentales selon deux critères environnementaux : la défavorisation sociale et l'historique des accidents (en tant que mesure simple du risque objectif). Le point de vue que nous allons adopter est donc novateur puisque nous tenterons de relier les connaissances, les croyances et les représentations dans l'espace quotidien que constitue le chemin vers l'école. Silka (1996) fait d'ailleurs un vibrant appel à ce genre de recherche dans un chapitre consacré au lien entre la psychologie du risque et la géographie du risque. Cette auteure note que les études en psychologie du risque sont trop souvent basées sur l'hypothèse que les représentations des individus peuvent être comprises en dehors de leur contexte, de leur communauté. Notons au passage que les variables et pré-traitements expliqués dans les chapitres 3 et 4 serviront à cette ultime analyse des environnements urbains. Indirectement, les précisions méthodologiques s'y retrouvent également, ainsi que dans notre quatrième article (chapitre 7).

2.4. Conclusion

Nous avons exposé ici les modèles généraux qui serviront à explorer les deux mesures du risque routier de cette thèse. Les deux modèles du risque sont basés sur une revue de littérature tout en intégrant des variables originales peu étudiées jusqu'à

maintenant. Ces nouvelles variables situent la problématique dans le contexte du milieu scolaire et des habitudes quotidiennes de mobilité des parents et des enfants. Les variables dépendantes qui seront modélisées proviennent d'un côté des statistiques d'accidents (fréquence selon le lieu de l'accident), et de l'autre, d'une mesure de la représentation du risque routier (construite à partir d'un questionnaire). Les deux prochains chapitres serviront à décrire plus en détail le processus opérationnel mis en œuvre à partir de ces modèles pour en arriver à répondre aux trois objectifs que nous avons décrits dans le premier chapitre.

3. Les SIG comme outil d'analyse spatiale des risques d'accident

Les systèmes d'information géographique sont de plus en plus utilisés comme outil d'analyse par les géographes et les épidémiologistes, ce qui nous a amenés à les introduire comme un élément central de ce projet de thèse. Le présent chapitre débute par une revue des termes et concepts à la base de ces systèmes, pour enchaîner sur l'opérationnalisation de l'échelle d'analyse, de la construction de la base de données et des analyses spatiales utilisées pour la suite du projet. Les différentes sections de ce chapitre décrivent de façon détaillée les étapes préliminaires et les processus entrepris pour en arriver aux résultats qui seront présentés dans les articles subséquents.

3.1. Système d'information géographique et transport

3.1.1. Définition des systèmes d'information géographique

Il existe certainement autant de définitions des SIG qu'il y a de livres sur le sujet. Maguire recensait déjà onze définitions en 1991, toutes incluant des notions empruntées aux systèmes d'information déjà connus, en y ajoutant la composante spatiale. Citons ici celle de Doe (p. 10 de Maguire 1991) : « *A system for capturing, storing, checking, manipulating, analysing and displaying data which are spatially referenced to the Earth* ». Une définition plus complète du terme « système d'information géographique » comprend quatre composantes (Cromley et McLafferty 2002; Kemp 2008) :

1. Un logiciel ayant des fonctions prédéfinies (*GIS software*);
2. Des données représentant différents aspects de la terre (*GIS data*);
3. Une communauté de gens qui utilisent ces outils pour des objectifs divers (*GIS community*);
4. L'utilisation elle-même de ces outils pour la résolution de problème ou la recherche (*Geographic Information Science*).

Cette définition générale insiste sur la dimension « outil » tandis que d'autres soulignent les fonctions de résolution de problèmes, notamment en permettant l'intégration de données de

sources diverses (Cockings *et al.* 2004). Thériault (2001) donne quant à lui une définition élargie qui insiste sur l'influence des utilisateurs dans le caractère décisionnel des fonctions que l'on retrouve dans les SIG :

« Le système organise les données brutes observées ou mesurées et les synthétise afin de produire une information utile pour comprendre les transformations du territoire et guider les décisions, en fonctions des objectifs, des valeurs et des contraintes spécifiés par les utilisateurs. » (p. 96).

À l'intérieur de ces utilisations, les fonctions actuelles des SIG se résument en trois catégories : la manipulation des données spatiales (intégration de sources diverses, gestion des bases de données, etc.); l'analyse des données spatiales (modélisation, exploration de patrons spatiaux, etc.) et la visualisation des données spatiales (cartographie thématique, etc.).

À cette définition des SIG s'ajoute le concept d'analyse spatiale. Celui-ci, au centre de la géographie, fait référence aux procédures quantitatives employées dans l'analyse des arrangements spatiaux des phénomènes (Fotheringham *et al.* 2000). Ce principe de localisation géographique est aussi au centre de la science de l'information géographique. En raison de ce but commun, les universitaires et chercheurs ont fait des demandes répétées pour une meilleure intégration de ces deux domaines de la géographie, donnant ainsi naissance aux SIG tels que nous les connaissons aujourd'hui.

3.1.2. Lien entre SIG et transport

La pertinence d'utiliser les SIG dans le domaine du transport est encore plus large que ce qui est exploré dans les recherches portant sur les enfants piétons présentées à la section suivante. Miller et Shaw (2001) attribuent trois rôles principaux à l'utilisation des SIG en transport (l'acronyme anglais étant *GIS-T*) : celui de procurer une information de base, d'analyser cette information et d'ainsi devenir un outil d'aide à la décision. Par exemple, Miller (2000) rappelle ici la pertinence des SIG pour l'analyse des données d'accident : « Although a visual data representation helps discern trends that otherwise are not apparent, being able to organise data in a unique manner or to integrate crash data with

another data set is of great value (p. 22) ». En raison de ce fort potentiel analytique, les SIG rendent possible la planification et la gestion de la circulation selon les modes de transport (marche, vélo, transport en commun et automobile) mais ils permettent aussi l'amélioration des temps de réponse des services de première ligne en cas de collision (calcul d'un trajet optimal pour les ambulanciers, par exemple) (Reneland 2003). Toutes ces raisons expliquent la tendance actuelle à la multiplication des travaux intégrant les SIG dans la résolution de diverses problématiques de transport.

3.2. Possibilités d'une approche méthodologique basée sur les systèmes d'information géographique (SIG) pour la sécurité routière

3.2.1. L'utilisation des SIG pour l'étude des enfants piétons : recension des écrits

La première voie qui a été empruntée par les chercheurs pour étudier les accidents impliquant les enfants piétons était fondée, comme le reste des recherches en sécurité routière, sur la notion de « points noirs ». Cette notion fait référence à la localisation d'endroits à haut risque (points ou zones dans l'espace) en termes de probabilité ou d'historique d'accidents (Joly *et al.* 1992). Les lieux où le risque est considéré plus élevé que celui attendu deviennent alors des « points noirs ». Les SIG sont alors dans une phase de développement relativement avancée au point de vue théorique mais moins en ce qui a trait aux composantes informatiques. Cela a pour conséquence que la notion de spatialité est liée au concept de « points noirs », mais que les outils SIG ne sont pas utilisés dans la plupart des recherches que nous avons pu recenser. Les résultats sont donc très peu illustrés sous forme de cartes, mais plutôt sous forme de liste d'intersections à *problème*, sauf pour quelques exemples récents (Joly *et al.* 1991; Joly *et al.* 1992; Schneider *et al.* 2004).

L'utilisation des SIG s'est répandue à partir des années 1990 et l'emploi qui en a été fait a suivi le raffinement des applications et des méthodes. Tout d'abord, la localisation de points ou de zones dites « noirs » a continué de faire partie des travaux pour détecter les agrégats et visualiser les fréquences sur le territoire, selon l'échelle disponible (état, comté,

quartier) (Baker *et al.* 1991; Kendrick 1993). Au même moment, d'autres travaux attribuèrent les accidents à des territoires par jointure spatiale impliquant une relation du type « est à l'intérieur de... » pour ensuite les cartographier ou en faire des taux populationnels (ex : fréquence d'accidents sur le territoire / population du territoire) (Braddock *et al.* 1991; Joly *et al.* 1991; LaScala *et al.* 2004; Graham *et al.* 2005). En plus de ces résultats « visuels », la notion de distance, alors beaucoup plus facile à calculer à l'aide des SIG (automatisation des tâches et du temps de traitement), a fait sa place dans les recherches. Certains chercheurs calculèrent alors les distances entre les lieux de collision et la résidence ou encore entre les lieux d'accident et d'autres lieux d'importance (écoles, intersections majeures) (Braddock 1994; Jordan 1998; Lightstone *et al.* 2001; Hameed *et al.* 2004). Ces fréquences d'accidents et ces distances ont alors été comparées aux caractéristiques des territoires (composition de la population, densité du trafic, etc.) et ces comparaisons ont confirmé certains facteurs de risque déjà évoqués au chapitre 1.

3.2.2. Milieux de vie et risque d'accident : opérationnalisation dans un SIG

Il a été démontré tout au long des chapitres précédents que plusieurs des facteurs de risque reliés aux enfants piétons provenaient du milieu de vie dans lequel ces enfants interagissent, proposant ainsi un certain effet de lieu dans le risque d'accident. Comme nous l'avons vu au chapitre 1, l'effet de « lieu » (*place effect*) réfère à la possibilité que l'environnement dans lequel une personne vit a des répercussions sur sa santé en général, voire sur son risque d'accident en particulier, indépendamment de ses caractéristiques individuelles (Carstairs 2000; Chaix et Chauvin 2002; Macintyre *et al.* 2002; Krieger 2003; Ross *et al.* 2004).

Dans le but de tenir compte de l'effet de lieu dans la modélisation du risque routier près des écoles primaires, des composantes environnementales et humaines ont été choisies pour mesurer le risque local. Pour les enfants piétons, ce modèle du risque (décrit au chapitre 2), ne peut se traduire en une simple mesure calculée sans intégrer spatialement ces composantes. Les SIG permettent cette intégration en tenant compte des couches d'informations qui se superposent dans l'espace entourant l'école. Ils permettent aussi de

tenir compte du temps, mais, dans le cas présent, nous considérons cette dimension « statique », c'est-à-dire en un seul temps, la période étudiée, sans tenir compte des variations car la période est courte. Les trois prochaines sections définissent les concepts utilisés pour l'intégration des données et décrivent plus en détails les variables étudiées, les traitements requis et les analyses effectuées.

3.3. Échelle d'analyse et proximité géographique : définition et application

3.3.1. Choix de la « proximité » comme unité de mesure

Nous avons brièvement abordé la question de la délimitation des frontières d'un milieu de vie dans le premier chapitre, ce qui nous a permis de choisir l'école comme base de la construction des unités territoriales utilisées pour ce projet. La création d'un territoire propre à chaque école relève des méthodes dites « écologiques » puisque l'objectif premier est d'étudier les effets d'un ensemble de caractéristiques contextuelles et environnementales sur des individus (Lu *et al.* 2005). Ce genre de raisonnement, jumelé à l'utilisation des SIG, amène invariablement la préoccupation de l'échelle d'analyse et celle de l'agrégation des données, bien connues pour influencer les résultats.

L'objectif général relié à cette préoccupation est de représenter des variables continues dans l'espace à travers des unités spatiales fixes (points, lignes, polygones). Idéalement, ces unités spatiales devraient être découpées de façon à ce que les attributs qu'elles représentent soient plus ou moins homogènes (Haining 1990). Par exemple, le découpage de l'île de Montréal par Statistique Canada pour représenter les données du recensement se fait à partir de la population. Ainsi, les secteurs de recensement (SR) ont en moyenne près de 3500 habitants, tandis que les aires de diffusion (AD) en ont 560. L'information disponible sous forme de variables pour chaque entité (SR ou AD) est produite à partir d'une agrégation de la population et d'un découpage du territoire qui est fait de façon tout à fait arbitraire, voire *modifiable* (Jelinski et Wu 1996). En fait, chaque redécoupage du territoire implique une redistribution de la population dans des entités distinctes. Cela a pour conséquence d'engendrer des données agrégées (par AD ou SR) qui peuvent être tout

à fait différentes des précédentes, sans que la population sous-jacente ait vraiment changé (Martin 1999; Huguenin-Richard 2000). Cette inadéquation entre les caractéristiques d'une population et l'agrégation de cette population selon un découpage territorial arbitraire (forme, taille) est appelée le biais d'agrégation, ou encore le *MAUP (modifiable area unit problem)* (Openshaw 1984; Lassarre et Thomas 2005). Ce phénomène a été particulièrement analysé dans le contexte de la santé puisque l'échelle d'analyse peut influencer la mesure des effets environnementaux (Jones *et al.* 1996; Atkinson et Molesworth 2000; Macintyre *et al.* 2002). La question qui se pose alors est la suivante : À quelle échelle et selon quel découpage est-il approprié de faire les analyses, en tenant compte de la disponibilité des données et des résultats attendus ? Nos travaux n'y font pas exception, surtout dans le contexte où nous nous intéressons aux effets de l'environnement de proximité sur le risque routier près des écoles.

Dans une approche relative à la prise en compte d'effets contextuels, on privilégie l'analyse d'un niveau particulier, en général le plus fin (Mathian et Piron 2001). Par contre, il est bien connu que les niveaux administratifs prédéfinis, même à l'échelle la plus grande, ne correspondent pas nécessairement à une notion de voisinage de proximité telle que vécue par les habitants (Reading *et al.* 1999). Dans le cas de la sécurité des piétons près des écoles, le choix de l'échelle et du découpage est quelque peu différent mais tout aussi important. Nous voulons caractériser les alentours des écoles tout en considérant que ces territoires sont traversés, à pied ou autrement, par des enfants et des parents qui ne fréquentent pas nécessairement ces écoles. L'élément important à considérer dans ce cas est celui de la proximité géographique. Cette proximité se définit de façon générale par le fait d'être proche, mais distinct et séparé dans l'espace. Elle s'applique à tout le territoire et à tous les habitants, contrairement à d'autres découpages administratifs. Par exemple, les zones de dessertes scolaires, qui servent à déterminer la fréquentation scolaire, traduisent peu la réalité quotidienne des alentours d'une école spécifique, en plus de se superposer les unes sur les autres (i.e. une zone scolaire peut contenir plus d'une école). Notre choix d'agrégation ne se fonde donc pas sur les unités administratives existantes mais plutôt sur la création de nouvelles entités qui serviront ensuite à l'agrégation des données existantes.

Le concept des polygones de *Thiessen* (ou de *Voronoi*), issu de la géométrie, est à l'origine des premières méthodes permettant de délimiter des zones de proximité de façon géographique. La définition de ce concept est la suivante :

« Method of mathematically transforming point data into thematic map based not on predetermined reporting units but rather on PROXIMITY of the distribution of points. (...) the boundaries between polygons are a set of points always the nearest neighbours to the centre of this polygon (Albert *et al.* 2000). » (p.63).

Partant de ce principe et une fois que les écoles sont localisées dans la ville, il est facile de délimiter leur proximité relative les unes par rapport aux autres, c'est-à-dire de circonscrire les territoires qui sont plus près de chaque école à partir de la distance entre elles. Dépendamment de la disponibilité d'un réseau routier de qualité et de son intégration aux données existantes, le calcul des distances peut se faire de plusieurs façons : à vol d'oiseau, avec un parcours dans un réseau, etc. le choix d'une méthode de calcul des distances a des implications sur la précision des résultats (Apparicio *et al.* 2008a). Le type de distance utilisé ajoute ainsi à la précision des zones de proximité créées, comme l'illustre la Figure 3.1. Choisir la distance réticulaire (dans le réseau routier : en rouge) au lieu de la distance euclidienne (à vol d'oiseau : en vert) donne comme résultat un chemin parcouru plus long, en plus de mesurer une distance plus proche de celle marchée dans la réalité. C'est pourquoi nous avons opté pour ce type de distance dans la création des zones de proximité.

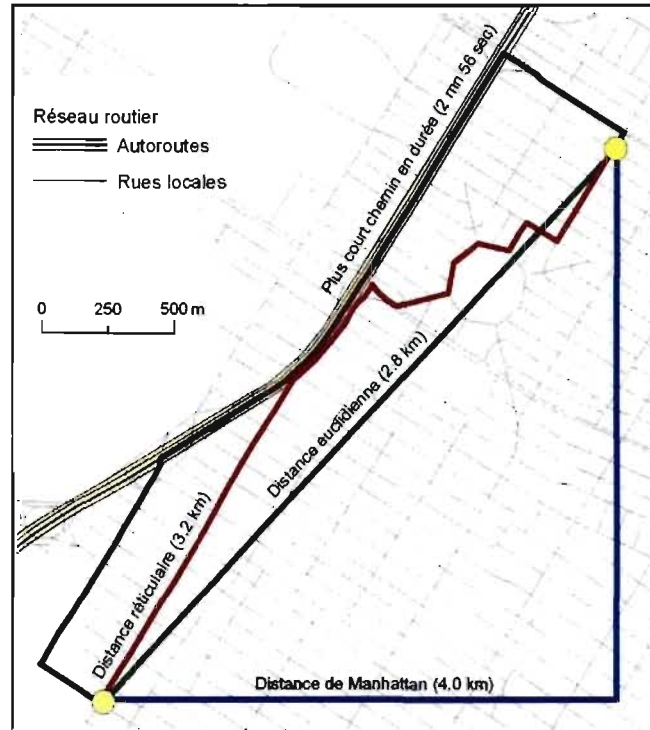


Figure 3.1 : Différents types de distance

Source : Aparicio et Séguin (2008)

La création de zones de proximité uniques autour des écoles met en place un espace commun pour toutes les données subséquentes qui sont à des échelles différentes. La Figure 3.2 illustre cet espace commun pour trois variables. Comme dans les SIG, ces variables sont présentées sous forme de couches d'information qui se superposent, ce qui nous permet de voir, par exemple, que la zone de proximité en gris contient deux accidents et qu'elle est traversée par quatre segments de rues à fort trafic.

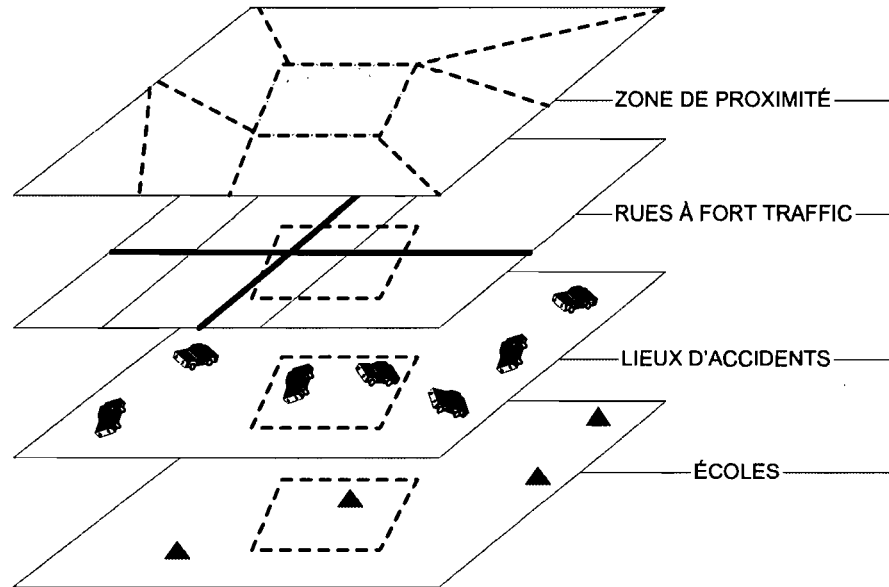


Figure 3.2 : Une zone de proximité : un espace commun

3.3.2. Création des zones de proximité

Les zones de proximité sont les unités géographiques qui représentent les milieux de vie dans le cadre de ce projet; elles serviront donc de territoire commun pour intégrer les données recueillies. Celles-ci ont été construites à partir du réseau routier et de la position géographique des écoles avec les modules ARC et GRID de la version 9.0 du logiciel *ArcGIS Desktop* (Module *Spatial Analyst*). Les données sur les écoles nous ont été fournies par le Conseil de gestion de la taxe scolaire de l'île de Montréal (CGTSIM) et incluent l'adresse civique, le nombre d'inscrits pour l'année 2000-2001 et la langue d'enseignement de chaque école primaire publique. Les écoles qui n'étaient pas ouvertes durant toute la période d'étude (1994-99) et les écoles spécialisées pour des élèves avec difficultés ou handicaps ont été exclues de l'étude, pour un total de 331 écoles cartographiées à l'aide du module de géocodage d'ArcGIS.

Les distances réticulaires ont été retenues pour la création des zones en raison de la plus grande précision qu'elles apportent, comme mentionné précédemment. La méthode utilisée se base sur l'analyse d'image incluse dans les fonctions *CostAllocation* et *EucAllocation*. Plus en détail, les étapes du processus sont les suivantes (voir Figure 3.3):

1. Deux couches d'information vectorielle sont transformées en couche matricielle : le réseau routier et les écoles. La matrice représentant le réseau routier est composée de pixels ayant la valeur 1 lorsqu'ils sont traversés par le vecteur (ligne) et la valeur 0 dans le cas contraire. Les pixels de la matrice représentant les écoles obtiennent quant à eux une valeur égale à l'identifiant numérique unique à chaque école lorsqu'ils sont traversés par le vecteur (point) et la valeur 0 sinon (Figure 3.3b). Il est important de mentionner que les écoles doivent être situées directement sur le réseau routier (juxtaposition parfaite) pour que les étapes subséquentes fonctionnent (fonction *snap* d'ArcGIS).
2. La fonction *CostAllocation* crée une matrice de « coûts ». Ce coût est évalué en fonction de la distance parcourue entre les écoles à travers le réseau routier et il est calculé en nombre de mètres. Chaque pixel traversé par un segment de rue se voit attribuer une valeur qui correspond à la distance à l'école la plus proche (Figure 3.3c).
3. La fonction *EucAllocation* attribue les coûts (la distance) que l'on retrouve dans la matrice *CostAllocation* à tous les pixels compris entre deux coûts différents. Il s'agit en fait de remplir l'intérieur des unités géographiques créées : les pixels qui n'avaient pas de valeur ont maintenant la valeur de la distance à l'école la plus proche. (Figure 3.3d).
4. La matrice résultante *EucAllocation* est transformée en une couche vectorielle de polygones ayant chacun l'identifiant unique de l'école qui est à l'intérieur (Figure 3.3e).

Après ces traitements, 327 zones de proximité ont été créées pour 331 écoles, quatre d'entre elles ayant une localisation géographique identique (écoles à la même adresse ou dans le même édifice) et tombant ainsi dans la même zone de proximité. La création de ces zones de proximité nous permet d'attribuer les accidents à une seule école, la plus proche, même s'il n'y a aucune façon, dans les données mises à notre disposition, de vérifier si la victime fréquentait l'école en question. Par ailleurs, puisque l'objet de notre étude est la sécurité autour des écoles et non l'attribution des victimes d'accident à leur école respective, le biais qui pourrait être introduit dans nos analyses en raison de cette limite du jeu de données est minime.

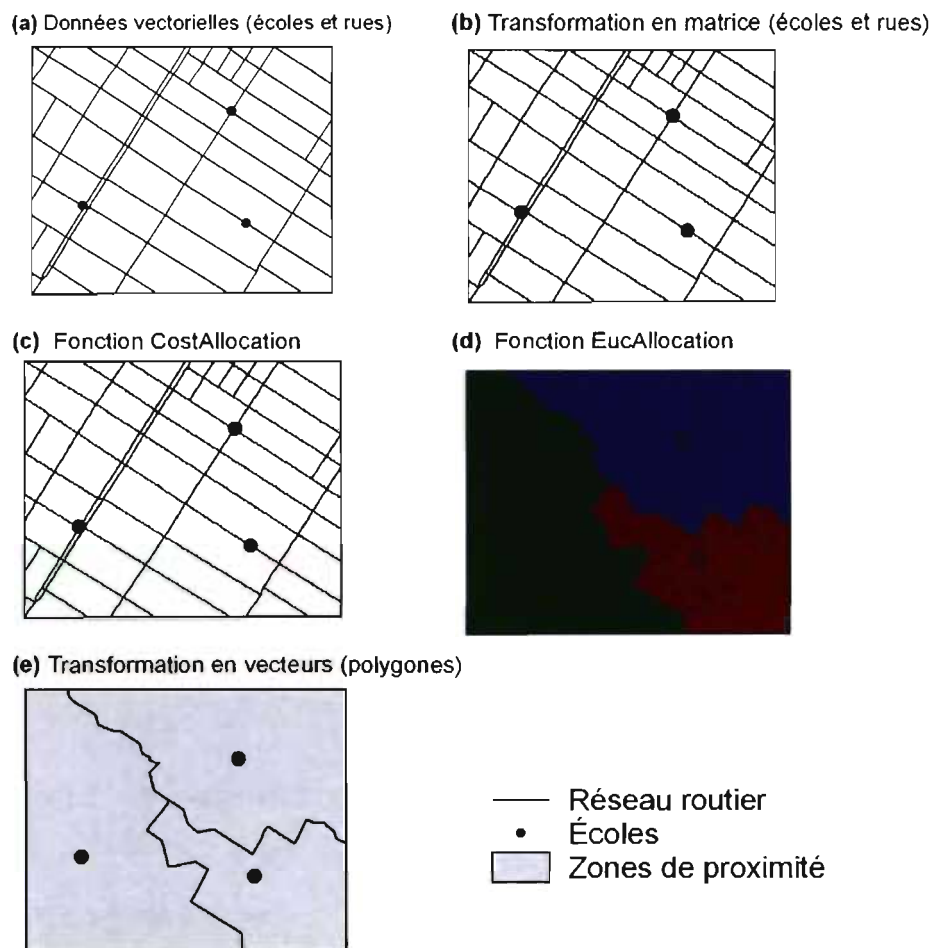


Figure 3.3 : Création des zones de proximité autour des écoles selon la distance réticulaire

Source : Adaptation de Cloutier *et al.* (2007)

3.3.3. Correspondance entre les zones de proximité et les autres entités spatiales

Les zones de proximité créées ne correspondent à aucune unité administrative connue. Dans le but de contourner cette limite tout en bénéficiant de la plus-value de ces zones, la mise en commun géographique des informations collectées s'est faite à l'aide d'ArcGIS selon une procédure rigoureuse et identique pour chaque source de données :

1. Les entités géographiques originales de formes polygonales (aire de diffusion) ou linéaires (réseau routier) ont été découpées selon les zones de proximité avec la fonction *Intersect*. Les nouvelles entités créées conservent tous leurs attributs d'origine en plus de l'ajout de l'identifiant de la zone de proximité, qui est aussi l'identifiant unique de l'école.

2. Dans le cas des polygones contenant des attributs populationnels (AD), les populations d'origine ont été fragmentées proportionnellement à l'aire incluse dans les zones de proximité créées. Par exemple, si 50 % du territoire de l'AD x tombe dans la zone de proximité y , ce n'est que 50 % de la population de l'AD x qui sera affectée à la zone de proximité y .
3. Les entités résultantes ont par la suite été fusionnées (fonction *Merge*) selon la zone de proximité dans laquelle elles s'insèrent. Les attributs pertinents ont été préservés en effectuant une addition ou une simple transposition des valeurs.

Cette dernière étape nous a permis de mettre en commun une panoplie d'informations servant à la création des variables choisies pour chaque zone de proximité. La section suivante explique plus en détail les différentes variables retenues dans les analyses subséquentes et leurs caractéristiques.

3.4. Construction d'une base de données spatiales pour la mesure du risque objectif

La revue de littérature présentée aux chapitres 1 et 2 nous a permis de dégager plusieurs variables à intégrer dans la modélisation d'un indice du risque. La présente section a pour objectif de décrire les différents jeux de données retenus pour la modélisation du risque objectif.

3.4.1. Schéma relationnel des données

Avant de faire la description détaillée des données et des variables que nous avons retenues, nous présentons à la Figure 3.4 le schéma relationnel des données. Le présent projet utilise cinq sources de données externes en plus de la source de données « zone de proximité » qui a été créée de toutes pièces : les accidents, les écoles, le plan d'occupation du sol, le réseau routier et les aires de diffusion du recensement 2001. Le schéma relationnel illustré ici nous permet de voir les relations spatiales et attributaires qui existent entre les différentes sources de données.

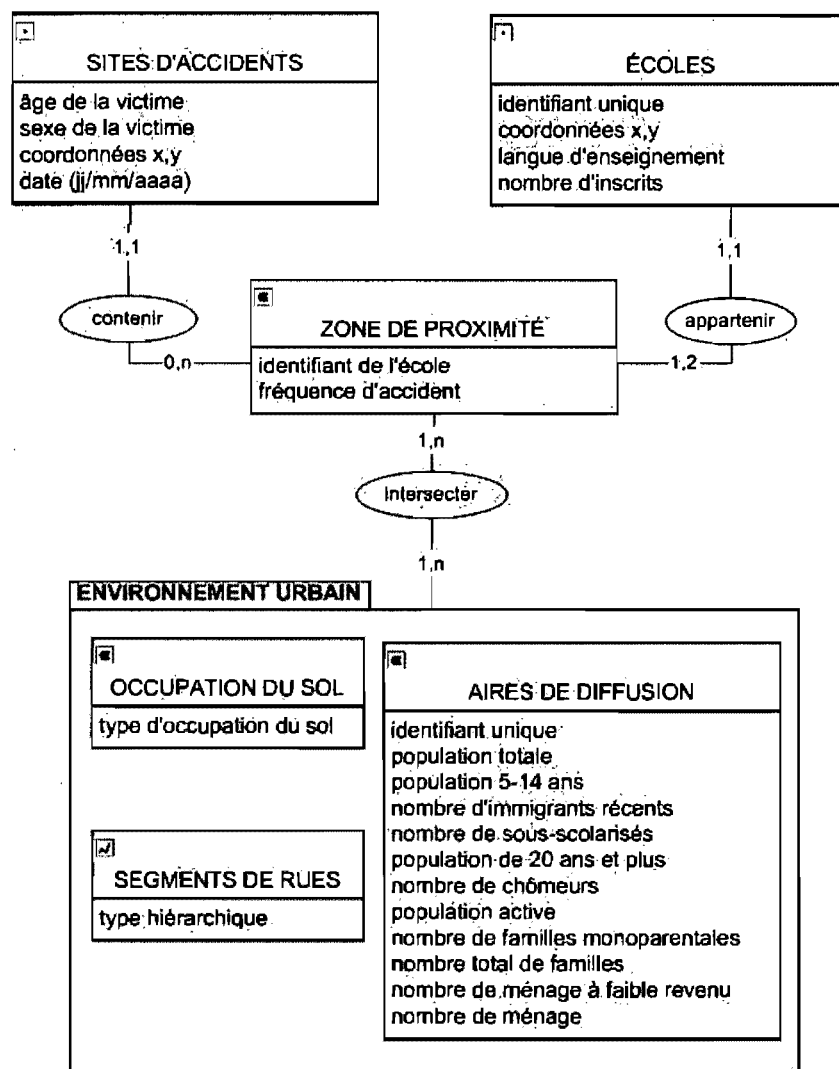


Figure 3.4 : Schéma relationnel de la base de données

3.4.2. Données disponibles et variables choisies

Le Tableau 3.1 présente les variables pour lesquelles une collecte d'information a été possible. La présentation des variables est faite selon les quatre dimensions incluses dans le modèle présenté au chapitre 2 : la morphologie urbaine, le réseau routier, la dimension socio-économique et celle scolaire. Nous retrouvons pour chaque variable du tableau la source d'information, une brève description, l'unité de mesure et le type d'entité géographique. Les données provenant du recensement 2001 étaient disponibles à l'échelle

des aires de diffusion, le plus petit découpage territorial de Statistique Canada où un grand nombre d'information est encore disponible.

3.4.2.1. Variables de la dimension morphologie urbaine

L'occupation du sol détermine la vocation des terrains selon les fonctions qui y sont rattachées. Nous avons choisi d'explorer cette variable puisque la littérature récente sur le potentiel piétonnier et la vie urbaine active démontre un lien entre la mixité des occupations du sol dans une zone donnée et la pratique de la marche dans cette même zone (Cervero et Duncan 2003; Song et Knaap 2004; Leslie *et al.* 2005; Talen 2006). En fait, cette relation est à double sens : plus la mixité urbaine est grande, plus il y a de destinations intéressantes pour les piétons, mais aussi pour les automobilistes. Cette double attraction peut avoir un effet sur le nombre de piétons mais aussi sur le volume de trafic dans un quartier, affectant ainsi le risque d'accident. Par exemple, Noland *et al.* (2004) affirment que les aires commerciales sont des endroits où il y a plus d'accidents de la route et plus de victimes en raison de leur forte fréquentation autant par les piétons que par les automobilistes. De plus, les résultats récents de Clifton et Kreamer-Fults (2007) tendent à prouver la relation entre une plus grande mixité et un fort risque d'accident en contexte scolaire. Le contexte nord-américain de ces travaux colle à la réalité du terrain de la présente recherche, d'où la pertinence d'intégrer un indice de mixité urbaine dans notre modélisation du risque.

Plusieurs indices de mixité du sol sont recensés dans la littérature provenant de l'aménagement et ces indices reposent pour la plupart sur le concept d'entropie (Krizek 2003). Notre choix s'est arrêté sur un indice d'entropie, aussi appelé indice de mixité, tel que décrit dans Apparicio (2000). Cette mesure met en évidence la spécialisation ou la diversité des occupations du sol de chaque unité spatiale de référence (les zones de proximité) selon l'équation suivante :

$$E_i = - \sum_{i=1}^n \left[\left(A_{ij} / A_i \right) \ln \left(A_{ij} / A_i \right) \right] / \ln n$$

où:

E_i = mixité des occupations du sol de la zone i .

n = nombre total d'occupations du sol

A_{ij} = aire de l'occupation du sol i dans la zone de proximité j

A_j = aire de la zone de proximité j

Tableau 3.1 : Description, mesure et sources de données des variables pour le modèle du risque objectif

<i>Variable</i>	<i>Source des données</i>	<i>Description</i>	<i>Mesure</i>	<i>Entité géographique</i>
DIMENSION MORPHOLOGIE URBAINE				
<i>Mixité fonctionnelle</i>	Carte des 16 occupations du sol de l'île de Montréal (2001)*	Indice d'entropie tenant compte de toutes les catégories	Indice entre 0 et 1	Polygones
DIMENSION RÉSEAU ROUTIER				
<i>Densité du réseau routier</i>	Géobase de la Ville de Montréal (version juin 2004)	Densité du réseau routier (toutes catégories)	Nombre de m de rue par km carré de zone	Lignes
<i>Densité du réseau artériel</i>	Géobase de la Ville de Montréal (version juin 2004)	Densité d'artères	Nombre de m de rue par km carré de zone	Lignes
DIMENSION SOCIO-ÉCONOMIQUE ET POPULATIONNELLE				
<i>Défavorisation</i>	Recensement de la population canadienne, 2001	Indice de défavorisation par zone de proximité	Indice entre 0 et 5	Polygones
<i>Démographie des enfants</i>	Recensement de la population canadienne, 2001	Proportion d'enfants de 5 à 14 ans par zone de proximité	Nombre d'enfants sur la population totale par zone	Polygones
DIMENSION SCOLAIRE				
<i>Langue d'enseignement</i>	CGTSIM (année scolaire 2000-2001)	Langue d'enseignement	Anglais : 1 Français : 0	Points
<i>Inscription scolaire</i>	CGTSIM (année scolaire 2000-2001)	Nombre d'enfants inscrits	Nombre d'enfants inscrits	Points
VARIABLE PRÉDICTIVE				
<i>Accidents</i>	SAAQ (1994-1999)	Piétons entre 5 et 14 ans victimes d'une collision avec un véhicule	Nombre de victimes par zone de proximité	Points

* Voir la définition des classes de la carte d'occupation du sol en annexe (Annexe 1)

Cet indice de mixité va plus loin que la simple densité résidentielle puisqu'il inclut les 16 types d'occupation du sol recensés à Montréal (Communauté Urbaine de Montréal-CUM 2001): habitation à faible, moyenne et haute densité, commerce de détail, centre commercial, édifice à bureaux, équipement et service communautaire, service d'utilité publique, industrie, carrière, site d'enfouissement, golf, cimetière, espace vert, rural et vacant (voir les descriptions à l'annexe 1). Plus l'indice d'entropie tend vers 0, plus l'unité spatiale est homogène (spécialisation maximale). À l'opposé, si l'indice s'approche de 1, l'unité spatiale est alors plus hétérogène (diversification maximale). Cet indice permet de dégager les espaces monofonctionnels urbains des espaces où se retrouve une plus grande diversité de fonctions. Le fait d'intégrer cette variable dans notre modèle du risque routier vérifiera les hypothèses avancées par d'autres chercheurs sur le lien qui existe entre la mixité urbaine et le risque d'accident.

3.4.2.2. *Variables de la dimension réseau routier*

Comme il a été dit plusieurs fois dans les chapitres précédents, le réseau routier est le lieu privilégié des interactions entre les piétons et les automobilistes. En fait, les facteurs de risque en lien avec le réseau routier sont souvent considérés comme les plus importants, surtout en raison de leur effet direct sur l'avènement d'un accident. Sans voiture sur le réseau emprunté par les piétons, il n'y a pas d'interaction et ainsi pas de risque d'accident. Mais la réalité est toute autre et c'est pourquoi la vitesse et le volume de trafic sont deux indicateurs qui ont été maintes fois pointés du doigt comme étant des facteurs importants pour l'estimation du risque d'accident, mais aussi pour la gravité des blessures, notamment chez les piétons (Lefler et Gabler 2004).

Plusieurs méthodes sont employées dans les recherches pour intégrer la dimension du réseau routier. Puisque les données fiables sur les flux de trafic sont rares, différentes stratégies ont été utilisées par les chercheurs pour évaluer l'influence de l'exposition au trafic sur le risque d'accident. Par exemple, Noland et Quddus (2004) ont estimé un « niveau d'activité journalier » du réseau routier pour chaque secteur de recensement (*wards*) à partir des données populationnelles, des niveaux d'emploi et de la distance entre les centroïdes des quartiers. D'autres travaux se sont concentrés sur un nombre restreint de

sites d'accidents. Ce type d'étude facilite l'intégration de variables « terrain » comme la mesure de la vitesse et du volume de trafic ou encore la collecte des caractéristiques du réseau routier (Braddock *et al.* 1994; Roberts *et al.* 1995; LaScala *et al.* 2004; Lee et Abdel-Aty 2005; Zhang *et al.* 2006). D'autre part, les chercheurs en aménagement suggèrent l'utilisation d'autres mesures reliant le réseau routier à la pratique de la marche, comme par exemple, la longueur moyenne des segments (entre deux intersections), la présence de trottoirs et le nombre d'intersections à quatre branches dans une zone (Randall et Baetz 2001; Song et Knaap 2004).

Nous avons choisi des mesures de densité en fonction de la disponibilité des données. Ainsi, deux variables sont utilisées pour estimer indirectement le trafic: la densité du réseau et la densité des artères. La première variable correspond à une estimation relative du trafic puisqu'aucune donnée de flux n'est disponible pour l'ensemble du territoire étudié. Nous la calculons comme une simple mesure de densité, en divisant le nombre total de mètres de rue (longueur total des segments) dans la zone de proximité j par l'aire de la zone (km^2). Une zone de proximité avec une densité de réseau plus grande a relativement plus de trafic qu'une zone avec une densité moindre, toutes choses étant égales par ailleurs. La seconde variable correspond aussi à une estimation des flux de trafic, connus pour être plus importants sur les artères. Le calcul consiste alors à diviser la longueur totale des segments d'artères (selon la classification en vigueur dans notre base de données) par l'aire de chaque zone (km^2). Cette mesure peut aussi servir indirectement à une estimation relative des vitesses. Les artères sont caractérisées par leur nombre de voies et leur largeur généralement plus élevés que les autres segments de rues. Ces deux caractéristiques ont une influence à la hausse sur les vitesses et ainsi sur le risque de collision. Par ailleurs, la vitesse affichée n'a pu être intégrée en tant que variable ici en raison du peu de précision de la base de données sur ce point. Comme mentionné au Tableau 3.1, la variable résultante est donnée en mètres par kilomètre carré.

3.4.2.3. Variables de la dimension socio-économique et populationnelle

Le terme « défavorisation » traduit un état observable et démontrable de désavantage relatif d'un individu face à la communauté locale ou à l'ensemble de la société à laquelle il appartient (Townsend 1987). On peut donc considérer une personne comme étant défavorisée dans la mesure où, de par ses caractéristiques matérielles ou sa condition sociale, elle est sous le niveau qui est atteint par la majorité de la population (Greene 1991; Pampalon et Raymond 2000; Pampalon 2007). À ce titre, les cinq variables incluses dans l'indice que nous avons calculé au niveau des zones de proximité sont associées à une certaine forme de défavorisation puisqu'elles reflètent des états de « manque » : la proportion de familles monoparentales, le taux de chômage, la proportion d'adultes de plus de 20 ans avec moins d'une neuvième année de scolarité, la proportion des ménages à faible revenu et le pourcentage d'immigrants récents (période 1996-2001)¹. Puisque ces variables proviennent des aires de diffusion, notre indice peut être considéré comme un indicateur de défavorisation « territorial », populationnel. Les données ayant servi au calcul ont été extraites du recensement 2001 en suivant la procédure décrite à la section 3.2.3 et ont été standardisées (valeur entre 0 et 1). L'indice calculé représente la somme des cinq variables standardisées (Apparicio *et al.* 2007). Pour notre jeu de données, il varie entre 0,176 (défavorisation minimale) et 3,347 (défavorisation maximale).

La proportion d'enfants dans la population a été choisie comme variable avec comme hypothèse qu'un plus grand pourcentage d'enfants dans un quartier amène un risque d'accident plus grand pour ces enfants. Nous mesurons la proportion d'enfants au lieu de la simple population totale d'enfants puisque nous sommes intéressés à l'effet de la présence d'enfants dans la population en général et non pas à l'effet du « nombre ». Comme mentionné au Tableau 3.1, cette variable est calculée pour chaque zone de proximité à partir du nombre d'enfants (5 à 14 ans inclusivement) et de la population totale de la zone.

¹ Le pourcentage d'immigrants a été intégré comme variable puisque des études récentes ont démontré qu'il y avait une relation significative entre la pauvreté urbaine et l'immigration au Canada (Ley et Smith 2000; Kazemipur et Halli 2001).

3.4.2.4. Variables de la dimension scolaire

Une première variable dans cette dimension est la langue d'enseignement des écoles retenues (anglais/français). La pertinence de cette variable tient à l'héritage linguistique de Montréal qui a comme conséquence directe que 26 % des écoles primaires publiques sont anglophones (85 écoles dans notre base de données). Chacune de ces écoles dessert un territoire beaucoup plus grand, ce qui nous amène à faire l'hypothèse que la langue d'enseignement a une influence sur le mode de transport des enfants vers l'école. Les écoles anglophones ont des proportions plus grandes d'élèves éligibles au transport scolaire (autobus). L'intégration de cette variable binaire (1 : anglais; 0 : français) dans le modèle permet de prendre en considération une certaine estimation de l'exposition au risque.

Finalement, une dernière variable scolaire est intégrée au modèle dans le but d'examiner la présence possible d'un lien entre le nombre d'élèves inscrits par école et le nombre d'accidents attribués à ces écoles. Bien que nous n'ayons pas trouvé de recherches qui se sont explicitement posé cette question, certains chercheurs s'opposent sur la force du « nombre ». Par exemple, Jacobsen (2003) affirme qu'il existe un certain effet de « foule » qui protégerait les piétons et les cyclistes adultes lors de traversées d'artères achalandées. Jordan (1998) soulève le même point pour tenter d'expliquer le faible nombre d'accidents tout près des écoles étudiées. Il affirme ainsi que le grand nombre d'enfants présents dans une courte période de temps rend les automobilistes plus vigilants. Par ailleurs, certains observateurs montréalais rencontrés affirment plutôt que la présence aux abords des écoles des enfants piétons au même moment que celle des parents en voiture crée de nombreuses situations conflictuelles, voire dangereuses. La taille de l'école ne fait alors qu'accentuer le problème en ajoutant des voitures et des piétons. En ce sens, prendre en considération le nombre d'élèves inscrits pour une année donnée (2000-2001) introduit la possibilité de vérifier si une telle relation existe pour notre jeu de données. Notons au passage que nous n'avons considéré ici que les écoles primaires publiques de Montréal pour deux raisons : les écoles privés n'ont habituellement pas de restrictions quant à la provenance géographique des enfants (les distances sont alors potentiellement grandes entre le domicile et l'école) et plus de 90 % des enfants montréalais fréquentent les écoles primaires publiques (Macpherson *et al.* 1998).

3.4.2.5. *La variable dépendante : le risque routier*

La compilation des victimes piétonnes impliquées dans une collision avec un véhicule a été effectuée par la Société d'assurance automobile du Québec pour une période de 5 ans (1995-1999) et pour une population ciblée (0-14 ans inclusivement). La base de données résultante comprend des informations sur les victimes (âge, sexe, sévérité des blessures selon le policier sur les lieux) et sur l'accident lui-même (numéro d'évènement unique, date, heure, localisation). Des traitements préliminaires ont été effectués sur la base de données originales pour s'en tenir aux accidents « scolaires » : les victimes de moins de 5 ans (318 accidents); les accidents durant les mois d'été (223), les fins de semaine (311) et les jours fériés (74) et les accidents n'ayant pas de date (36) ont été exclus. Cette présélection de 1335 accidents équivaut à 58 % du nombre original d'accidents.

Le réseau routier et le module de géocodage d'ArcGIS ont ensuite été utilisés pour cartographier les lieux d'accident selon leurs attributs de localisation, soit une intersection de deux rues ou une adresse exacte (dans un champ de type *texte*). Les problèmes d'orthographe ont été révisés un par un et les enregistrements pour lesquels l'information était « illisible », en raison d'erreurs de transcription entre autres, ont été exclus (104 accidents). Au final, 1231 accidents ont été cartographiés (92.2 % des accidents sélectionnés). Ces accidents ont par la suite été attribués à la zone de proximité dans laquelle ils étaient situés, appartenant ainsi à un seul milieu de vie à la fois.

3.4.3. Organigramme de traitement

La Figure 3.5 illustre de façon simplifiée les traitements que nous avons dû effectuer pour mettre en place la base de données qui servira aux analyses subséquentes.

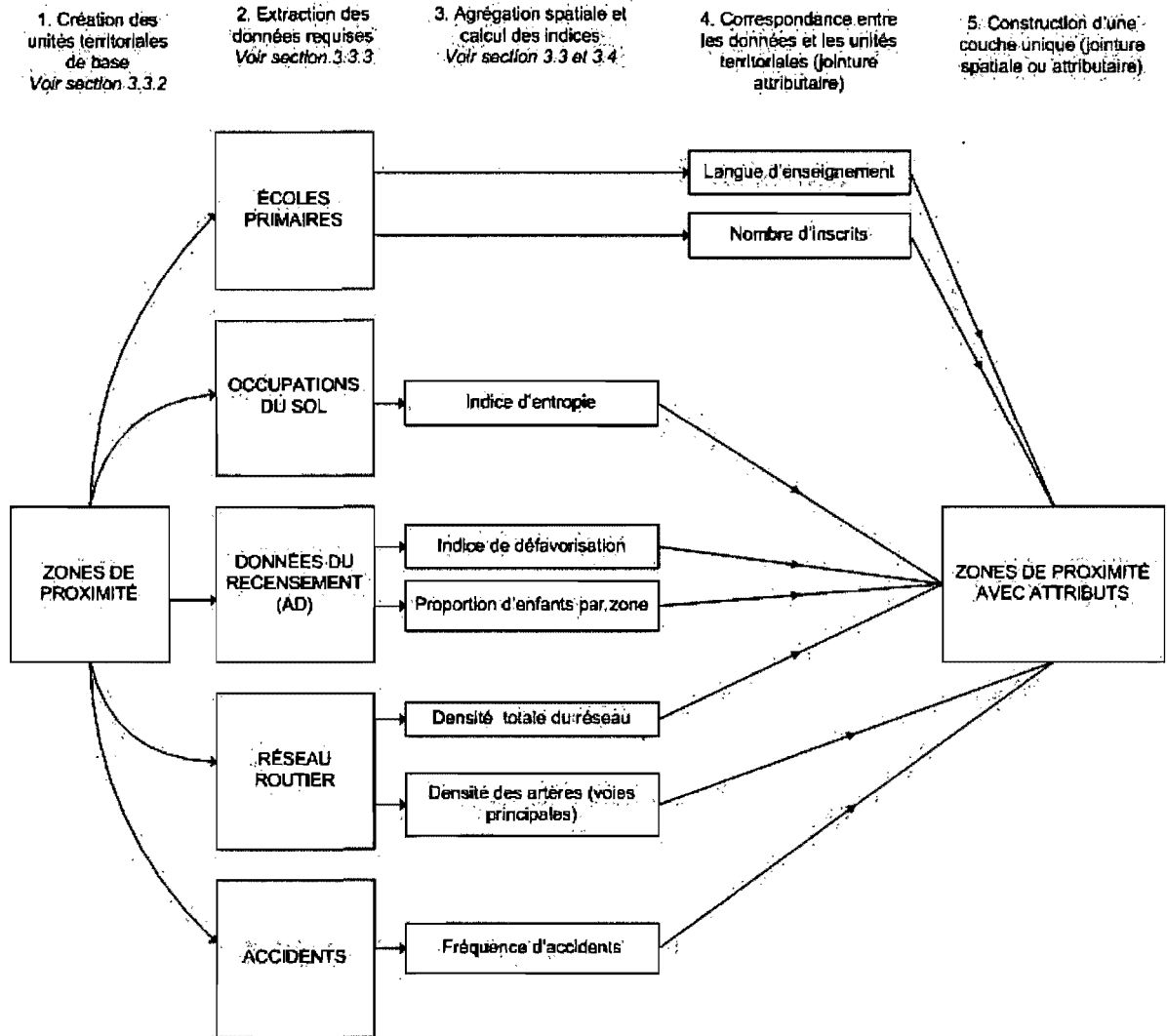


Figure 3.5 : Organigramme de traitements

3.4.4. Fiabilité des jeux de données

Pour conclure cette section, il nous apparaît important de discuter brièvement de la fiabilité des données décrites, qui proviennent par ailleurs toutes de services gouvernementaux qui sont en charge de leur création, de leur gestion et de leur mise à jour régulière. Dans le cas des accidents (variable dépendante), rappelons l'importance de la SAAQ qui, en raison de son régime d'indemnisation public, est le seul organisme à intégrer une aussi grande quantité d'information sur les accidents et les victimes. Par contre, la fiabilité des données que la SAAQ compile est tributaire de la qualité des rapports remplis

sur les lieux des accidents par les policiers. À défaut d'une meilleure source, les données fournies par la SAAQ nous semblent fiables et pertinentes, surtout qu'elles sont mises à jour continuellement.

Les données scolaires sont sous la gouverne du CGTSIM qui se doit de les maintenir à jour en raison de son rôle de percepteur de la taxe scolaire. En ce sens, la liste des écoles, des élèves et de la langue d'enseignement ne devrait pas comporter d'erreurs majeures, surtout qu'elle nous a été fournie à la fin de l'année, et ainsi après les dernières vérifications internes. En terminant, mentionnons que la Ville de Montréal, qui est la source principale de données pour l'environnement bâti (rues, occupation du sol), est en charge de la création de ces bases de données. Par ailleurs, les fichiers qui nous ont été fournis correspondaient à la dernière mise à jour disponible au temps de notre requête.

3.5. Analyse spatiale des accidents et du risque d'accident

3.5.1. Mesures spatiales descriptives

Les mesures spatiales descriptives regroupent toute une série d'outils simples qui permettent l'exploration des données à un premier niveau pour en dégager des hypothèses (Lawson 2001). Cette première étape peut s'avérer très instructive sur la concentration spatiale du phénomène à l'étude et peut ainsi contribuer à l'élaboration de modèles plus justes. Dans le cas présent, nous nous intéressons à des méthodes d'analyse de répartition ponctuelle puisque les accidents sont tout d'abord représentés sous forme de points.

Les deux premières mesures sont les équivalents géographiques de la moyenne et de l'écart type. Ces paramètres de tendance centrale d'un semis de points sont le *centre moyen (CM)*, aussi appelé *centre de gravité* et la *distance standard (DS)*. Cette distance standard permet aussi d'illustrer la dispersion des points par un cercle ou une ellipse de distribution géographique (Figure 3.6):

$$CM(\bar{x}_{mc}, \bar{y}_{mc}) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \right)$$

$$DS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_{mc})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_{mc})^2}{n}}$$

où :

n = nombre de points;

x_i et y_i = coordonnées géographiques du point i ;

\bar{x}_{mc} et \bar{y}_{mc} = coordonnées géographiques du centre moyen.

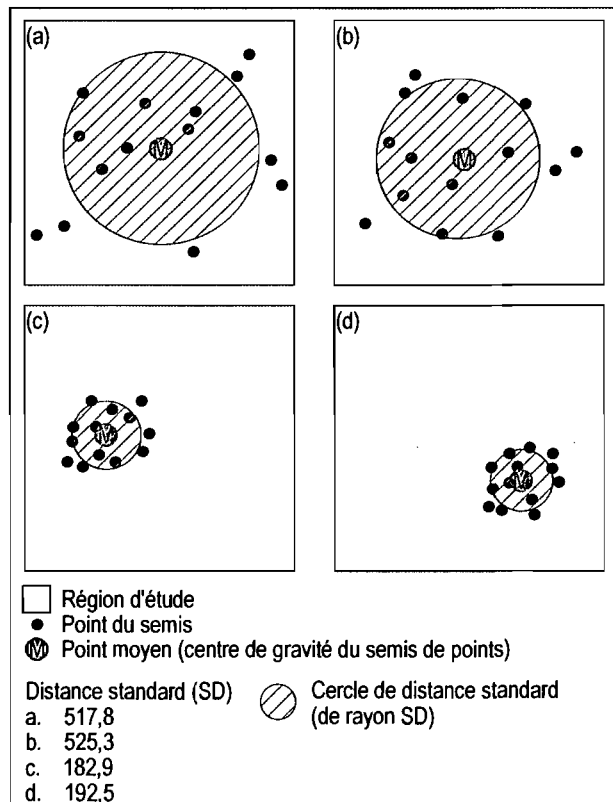


Figure 3.6 : Exemple de cercle de distance standard

Source : Aparicio (2006)

Tout comme dans les statistiques univariées, le centre moyen correspond aux valeurs moyennes arithmétiques des coordonnées géographiques x et y . Il est influencé par des coordonnées « extrêmes » et par une distance standard plus élevée, celle-ci correspondant à une dispersion du semis de point plus grande autour du centre moyen.

En plus d'étudier la dispersion d'un phénomène ponctuel dans l'espace, les statistiques spatiales étudient la forme d'un semis de point, c'est-à-dire l'arrangement spatial et l'espacement des points dans une région donnée. La distribution spatiale se décrit en trois grandes catégories : **régulière**, quand les points sont régulièrement espacés; **regroupée**, quand les points sont concentrés dans un espace restreint; et **aléatoire**, quand les points ne suivent aucun patron (ni régulier, ni regroupé). Il existe plusieurs mesures pour déterminer comment se répartissent les points, les plus connus étant la méthode des quadrats et celle du plus proche voisin (*nearest neighbor*) (notation R). Nous ne présentons que la seconde ici. Cette mesure de la forme d'un semis de point repose sur un principe relativement simple : est-ce que la distance moyenne au point le plus proche est similaire à la distance aléatoire qu'il devrait y avoir entre les points ? Le calcul se fait de la façon suivante (Lee et Wong 2001):

$$R = \frac{r_{obs}}{r_{att}} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i / n}{\frac{1}{2\sqrt{n/A}}}$$

où:

r_{obs} = distance moyenne *observée* au plus proche voisin

r_{att} = distance moyenne *attendue* au plus proche voisin (selon une distribution aléatoire)

d_i = distance entre le point i et son plus proche voisin;

n = nombre de points;

A = aire de la région d'étude.

Le ratio entre les distances moyennes observées et celles attendues nous renseigne sur le type de distribution spatiale du semis de point à l'étude de la façon suivante (voir Figure 3.7) : si R est égale à 1, la distribution est aléatoire, si R est inférieur à 1, la distribution est concentrée et si R est supérieur à 1, la distribution est régulière.

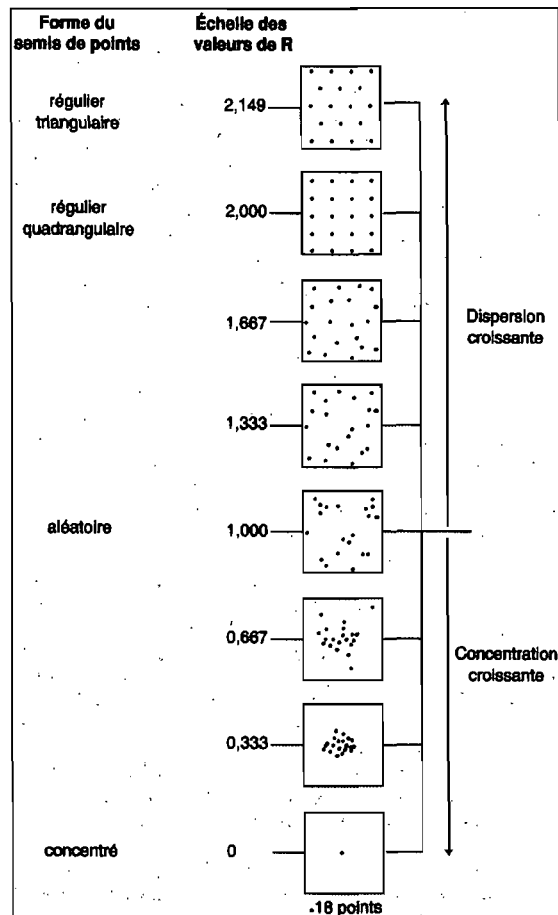


Figure 3.7 : Échelle des valeurs possibles de R pour un semis de points

Source : Pumain et Saint-Julien (1997), p. 80.

Une autre catégorie d'analyse descriptive est celle des calculs de densité. Ce type de méthode permet d'illustrer les concentrations de points localement. Elle calcule une matrice de densité par simple addition de fréquences par cellule (maille de la matrice) ou encore par interpolation incluant un rayon de recherche et une fonction de type kernel (Lee et Wong 2001). La mesure de densité par kernel se calcule en deux étapes. Tout d'abord, les points qui se retrouvent dans un rayon de recherche prédéterminé d'une cellule sont additionnés et divisés par la superficie de la zone, soit πR^2 (ex : densité par kilomètre carré). Ensuite, ces mesures de densité sont ramenées aux cellules de la matrice de départ à l'aide d'une fonction *kernel*. Cette fonction donne plus de poids aux points qui sont plus près du centre de la cellule d'origine qu'à ceux plus loin dans le calcul de la mesure de la densité, créant ainsi un certain lissage dans les résultats (McCoy et Johnston 2002).

La littérature en transport utilise peu ces mesures, passant bien souvent à la modélisation des collisions directement. Par ailleurs, certaines recherches ont utilisé la cartographie thématique ou encore l'illustration des semis de points dans un but descriptif. Par exemple, Baker *et al.* (1991), Hajar *et al.* (2003) et Morency et Cloutier (2006) ont cartographié le nombre de victimes piétons à différents niveaux d'agrégation par simple calcul des fréquences. Pour leur part, Braddock *et al.* (1994) et Jones *et al.* (1996) ont illustré les sites de collision sur une carte dans le but de faire ressortir les zones à forte densité d'accidents. Un dernier groupe de chercheurs ont cartographié des sous-groupes de collisions en tenant compte de leurs caractéristiques en lien avec le réseau routier. C'est ainsi que Lightstone *et al.* (2001) et Arthur et Waters (1997) ont comparé les semis de points des collisions survenues aux intersections avec ceux des collisions survenues entre les intersections. Dans le cas à l'étude ici, les mesures spatiales descriptives présentées seront utilisées comme première analyse sur les données à notre disposition. Elles vont nous permettre de déceler la présence de patrons spatiaux, en plus de nous informer sur la nature de la distribution spatiale des sites d'accidents.

3.5.2. Autocorrélation spatiale

Avant de passer à la revue des différentes méthodes de modélisation, il nous apparaît important d'introduire la notion d'autocorrélation spatiale. Le principe général des mesures d'autocorrélation spatiale part de la célèbre idée de Tobler, reprise par Getis (1999), qui affirme que dans un territoire donné, toutes les choses sont en relation, mais que les éléments les plus proches ont encore plus de chance d'être reliés que ceux qui sont éloignés les uns des autres. Ce principe fausse ainsi la prémisse de départ de la quasi-totalité des modèles, prémisse qui affirme que toutes les parties d'un territoire ont une probabilité égale d'être en présence d'un phénomène (distribution aléatoire dans l'espace). Si le phénomène à l'étude est concentré dans l'espace, alors les résultats peuvent en être faussés. C'est pourquoi des indices évaluent l'autocorrélation spatiale à travers un ensemble d'unités géographiques (points, lignes ou polygones).

Le I de Moran est certainement une des mesures les plus utilisées (Longley *et al.* 2001) :

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 (\sum_{i \neq j} w_{ij})}$$

où :

n = le nombre de polygones;

i et j = des unités spatiales

X_i = valeur de la variable x pour l'unité spatiale i

\bar{X} = moyenne de la variable x pour les n unités spatiales

W_{ij} = valeur de la matrice d'interaction (contiguïté, proximité, pondération spatiale) entre les unités i et j

Cet indicateur demande de construire une matrice de contiguïté W_{ij} au préalable. Cette matrice peut être calculée de trois façons, soit par la contiguïté, l'interaction ou la proximité entre les entités (Tableau 3.2). Chaque type de matrice a ses avantages et ses inconvénients, il est donc important de choisir la matrice appropriée aux entités spatiales à l'étude. Par exemple, les matrices de contiguïté sont mieux adaptées à des entités ayant des formes et des tailles identiques (image satellitaire).

Tableau 3.2 : Exemples de matrice pour l'évaluation de l'autocorrélation spatiale

Type de matrice	Relation entre les entités	Matrice résultante
Contiguïté	Selon le partage d'une chaîne, d'un nœud ou selon des ordres d'adjacence	Matrice binaire : les pixels ont des valeurs de 1 lorsque les entités sont adjacentes et de 0 sinon.
Interaction	Selon la longueur de la frontière commune et la distance entre les centroïdes des entités spatiales	Matrice de poids variant selon des équations du type : $w_{ij} = \frac{l_{ij}}{l_i}$ l_{ij} est la longueur de la frontière commune entre les unités i et j l_i est le périmètre de l'unité i .
Proximité	Selon la distance entre les centroïdes des entités spatiales	Matrice binaire : les pixels ont des valeurs de 1 lorsque les entités sont proche (distance ou nombre de voisin prédéterminé) et de 0 sinon. Matrice où le poids varie inversement à la distance entre les entités.

Source : Adaptation d'Apparicio (2006)

Le résultat d'un indice d'autocorrélation comme le I de Moran est semblable à un indice de corrélation classique : des valeurs allant de -1 pour une forte corrélation spatiale négative (valeurs opposées regroupées) à 1 pour une forte corrélation positive (valeurs similaires regroupées), en passant par 0 lorsqu'il y a absence de corrélation spatiale entre les unités spatiales pour la variable testée (Rogerson 2001).

Dans les recherches en transport, l'autocorrélation spatiale est utilisée à deux moments. Tout d'abord, elle permet de vérifier la présence de « spatialité » dans les jeux de données originaux et d'ainsi évaluer l'hypothèse de la distribution aléatoire. Dans un second temps, ce type de mesure permet de tester l'efficacité d'un modèle à bien capturer cette même « spatialité ». Cette seconde voie s'articule autour de la mesure de l'autocorrélation spatiale dans les résidus. Si le I de Moran est élevé, cela signifie que le modèle utilisé connaît de l'instabilité spatiale et qu'il convient moins à certaines parties du territoire à l'étude.

3.5.3. Modélisation et régression spatiale

Comme nous l'avons vu au chapitre 2, la modélisation du risque routier simule la réalité à l'aide d'équations mathématiques. La forme la plus simple d'un tel modèle se fonde sur une distribution normale de la variable y selon l'équation suivante :

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \varepsilon$$

où :

Y = le nombre d'accidents (ou la densité ou le taux) attendu par année en un site donné ;

β = un paramètre à estimer ;

X = une variable explicative (parmi d'autres possibles) ;

ε = terme d'erreur.

Ce type de régression linéaire a pour objectif de prédire la valeur de la variable dépendante y sur la base d'une ou de plusieurs variables indépendantes x^2 . Par contre, ce type de modèle est parfois peu approprié à des données spatiales pour deux raisons : la régression linéaire ne tient pas compte de l'autocorrélation spatiale qu'il peut y avoir entre les variables indépendantes x et la variable dépendante y et elle ne peut capturer ce qu'on appelle « l'instabilité spatiale » d'un phénomène. Cette caractéristique, aussi appelé la non-stationarité spatiale (*spatial non-stationary component*), fait référence au fait que le phénomène à l'étude n'est pas constant dans l'espace. En fait, la modélisation de la relation entre les variables dépend en partie de l'endroit où ces variables ont été mesurées (Anselin et Griffith 1988; Bailey et Gatrell 1995; Fotheringham *et al.* 2002) .

Devant ce constat, les chercheurs en économétrie ont développé toute une série de techniques qui prennent en considération l'espace dans la modélisation des phénomènes. Les travaux en transport n'y font pas exception, avec un grand nombre d'articles dans la littérature qui démontrent la plus-value des modèles intégrant une composante spatiale. Le principe de base est le même pour la majorité des recherches : les variables y sont pondérées selon une matrice qui tente de traduire l'autocorrélation spatiale présente dans

² Les conditions d'application de la régression sont largement décrites dans les ouvrages de statistiques (voir par exemple Hair *et al.* 2006; Tabachnick et Fidell 2007). Par conséquent, il ne nous semble pas nécessaire de les décrire en détails ici. Rappelons néanmoins les principales règles : un ratio nombre d'observation (n)/variables indépendantes (p) assez élevé ($n > 50+8p$), une faible multicollinéarité entre les variables, l'absence d'observations aberrantes et la normalité, la linéarité et l'homoscédasticité des résidus.

les données dans le but de réduire le biais dans l'estimation des paramètres. L'équation est alors similaire à une régression classique, en y ajoutant une composante spatiale, et peut s'écrire de plusieurs façons (notation parfois différente). Nous avons choisi ici celle décrite par Andresen (2006) :

$$y = X\beta + p \sum_{j=1}^n w_{ij} + \epsilon$$

où :

y = variable dépendante (à prédire)

$X\beta$ = les variables indépendantes (x_1, x_2 etc.)

w_{ij} = la mesure de l'association spatiale entre les unités spatiales i et j

p = la « force » de la mesure w_{ij} (matrice de pondération spatiale)

ϵ = terme d'erreur

Ces modèles spatiaux autorégressifs prennent deux formes principales : un modèle incluant un terme « spatial » comme l'équation illustrée ci-haut, et un modèle incluant la spatialité dans le terme d'erreur, comme l'ont fait LaScala *et al.* (2000). Ce modèle spatial modifié s'assure ainsi que tous les facteurs pouvant affecter le taux d'accidents piétons (la variable y ici) ont été « contrôlés », même ceux qui ne sont pas inclus dans le modèle à proprement parler. Hewson (2005) et Agüero-Valverde et Jovanis (2006) ont choisi une approche similaire à l'aide d'un modèle Bayésien, bien adapté à l'étude des phénomènes aléatoire et appelé modèle autorégressif conditionnel (*conditional auto-regressive model*). Selon Hewson (2005), ce type de modèle permet de capturer la spatialité dans le terme d'erreur, puisque les autres paramètres sont considérés comme aléatoire. Ce terme d'erreur peut alors être étudié comme une variable « latente » qui représente tous les éléments qui pourraient varier en raison de l'espace : régression vers la moyenne, dispersion des sites d'accidents, erreur de mesure sur le terrain, etc. Il est ainsi possible de pondérer ce paramètre selon une matrice de pondération spatiale et ainsi de réduire l'erreur liée à l'espace dans le modèle en ayant un effet « lissant » entre les unités spatiales adjacentes.

3.5.4. La régression géographiquement pondérée (GWR) : un choix méthodologique

Bien que les modèles présentés précédemment aient une composante spatiale qui prend en considération l'espace et évite ainsi de fausser les résultats, ils n'introduisent l'espace que globalement, à travers bien souvent une simple matrice (binaire) de contiguïté de premier ou de second degré. L'étape suivante est alors de vérifier localement comment les modèles classiques performant et c'est ce à quoi répondent les travaux de Fotheringham *et al.* (2002) sur la régression géographiquement pondérée (*geographically weighted regression* : GWR) (LeSage 2004). La GWR rend possible l'analyse locale des relations entre des variables, en produisant une équation de régression pour chaque unité spatiale à l'étude, avec des valeurs locales pour R^2 , β_0 , β_k , et pour les T de Student. L'équation de la GWR est en fait une extension de la régression linéaire multiple :

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i$$

où :

(u_i, v_i) = coordonnées géographiques de l'unité spatiale i (dans le cas de polygones, ce sont les coordonnées du centroïde)

β_j = paramètre à estimer pour la variable j

x_{ij} = variable indépendante j pour l'unité territoriale i

ε_i = terme d'erreur

La résolution de cette équation de régression est basée sur la méthode des moindres carrés et sur une matrice de pondération $W(i)$ qui varie en fonction de la distance séparant les unités. Plus j et i sont rapprochés dans l'espace, plus la pondération de la variable j sera élevée dans le calcul de la régression locale de l'unité spatiale i .

$$\hat{\beta}_i = (X^T W(i) X)^{-1} X^T W(i) y \quad \text{avec} \quad W(i) = \begin{pmatrix} w_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & w_{in} \end{pmatrix}$$

Deux fonctions *kernels* sont proposées pour estimer la pondération $W(i)$ dans le modèle : une fonction gaussienne et une fonction bi-carrée où d_{ij} représente la distance euclidienne entre les points i et j et b , le rayon de la zone d'influence autour du point i (*bandwidth*). La différence majeure entre ces deux fonctions est que la première accorde un poids non nul à toutes les unités spatiales du territoire à l'étude, aussi éloignées soient elles, tandis que la fonction bi-carré attribue un poids nul au-delà de la distance b .

Fonction gaussienne :
$$w_{ij} = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(d_{ij}/b\right)^2\right]$$

Fonction bi-carré :
$$w_{ij} = \left[1 - \left(d_{ij}/b\right)^2\right]^2 \text{ si } d_{ij} < b, \text{ sinon, } d_{ij} = 0$$

Cette valeur de b peut être fixée par l'utilisateur ou estimée avec l'une ou l'autre de ces approches : la méthode de validation *CV* (*cross-validation* : celle illustrée ici) ou celle du *AIC* (*Akaike Information Criterion*). Dans les deux cas, l'objectif est de minimiser la valeur pour déterminer le b :

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{i \neq i}(b))^2$$

où :

n = nombre de points dans l'espace d'étude

$y_i - \hat{y}_{i \neq i}$ = différence entre la valeur observée et la valeur estimée pour i en utilisant une distance b .

Une alternative à l'utilisation de la distance entre les points pour déterminer l'équation est requise lorsque l'espace d'étude a une densité de points faibles ou encore lorsque la distance standard du jeu de données est grande. Chaque équation locale est alors résolue avec un nombre déterminé de voisins immédiats et c'est la valeur de b qui varie pour chaque unité spatiale.

Comme bien d'autres, cette méthode a certaines limites qu'il faut prendre en considération dans l'analyse des résultats. Les deux sources de biais les plus sensibles sont la présence de multicollinéarité dans les variables locales et l'existence de corrélation dans les paramètres

et les R^2 locaux (Wheeler et Tiefelsdorf 2005). Ces deux éléments sont en fait une conséquence directe de la flexibilité des modèles GWR. En effet, ces modèles tiennent compte du problème de la non-stationarité (le fait que les résidus sont plus importants localement) mais ne prennent pas directement en considération le problème de l'autocorrélation (le fait que des voisins tendent à avoir des résidus similaires) (Jetz *et al.* 2005). L'autocorrélation qui reste parfois présente dans les R^2 locaux peut être attribué à cette caractéristique. Par ailleurs, l'avantage principal de la GWR est qu'il est possible de montrer les variations locales d'un modèle général et ainsi d'explorer l'hétérogénéité spatiale du modèle. Concrètement, cela signifie qu'il est possible de visualiser comment la significativité des facteurs explicatifs (variables indépendantes) varie spatialement. Par exemple, les valeurs de T rattachées à chaque entité spatiale étudiée nous font constater qu'un facteur est très significatif dans certaines parties de la ville, et qu'il ne l'est pas du tout dans d'autres. La modélisation à l'aide de la GWR permet ainsi de discerner où le modèle s'ajuste le mieux. En terminant, bien que nous puissions faire l'hypothèse que certaines zones de notre territoire d'étude seront non significatives en raison de petites fréquences (aux extrémités est et ouest de l'île de Montréal notamment), nous avons choisi cette méthode pour son fort potentiel à analyser spatialement et localement la problématique des accidents de la route chez les enfants piétons. De plus, cette méthode est tout à fait propice à l'emphase que nous mettons sur la potentielle influence des environnements de proximité autour des écoles. D'ailleurs, c'est la première fois à notre connaissance que la GWR sera utilisée dans ce contexte.

3.6. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre l'utilité des SIG dans l'étude des accidents de la route impliquant des enfants piétons. En plus de servir à la modélisation du risque près des écoles, la base de données construite va servir à comparer les environnements urbains entre eux. Ces comparaisons vont se faire de pair avec les variables parentales de connaissance, de croyance et de représentation du risque routier présentés au prochain chapitre.

4. L'approche méthodologique pour l'évaluation des variables parentales

Le présent chapitre a pour objectif d'établir les bases de la méthodologie des variables parentales reliées au risque routier près des écoles. La description de ces méthodes est un préalable à la modélisation de la représentation du risque et à la comparaison des environnements urbains. Comme mentionné au chapitre 1, notre démarche se situe à la frontière entre la géographie et la psychologie environnementale, un ajout original à cette thèse. Nous ferons une brève revue de certains principes de la psychométrie, ce qui nous permettra de présenter les méthodes de mesures et les analyses des connaissances, croyances et représentations en lien avec le risque routier. Notre démarche sera structurée en trois sections. Les deux premières décriront l'élaboration du questionnaire, l'opérationnalisation de l'enquête et la construction de la base de données. La troisième présentera brièvement les méthodes d'analyse que nous avons utilisées pour traiter les données.

4.1. Le questionnaire comme outil d'évaluation des connaissances, des croyances et de la représentation du risque routier en milieu scolaire

L'utilité du questionnaire dans les recherches en sciences humaines n'est plus à démontrer. Comme le rappelle Sabourin *et al.* (2005) : « l'analyse de la documentation scientifique contemporaine fait clairement ressortir l'utilisation substantielle des questionnaires lorsque vient le temps d'examiner avec rigueur les dimensions de l'expérience humaine » (p. 279). Le questionnaire s'impose donc comme un excellent moyen de quantifier différents éléments de notre problématique. Comparé à d'autres moyens de collecter de l'information (entrevues, observations, etc.), le questionnaire a l'avantage incontestable de permettre l'obtention d'informations chez un plus grand nombre de participants, notamment en raison de la simplification de la codification et de la saisie des informations.

Par ailleurs, Bradburn *et al.* (2004) rappellent que l'élaboration d'un questionnaire efficace demande un processus de réflexion et de validation, voire d'essais et d'erreurs. Ces auteurs rejoignent le point de vue de Sabourin *et al.* (2005) qui ont répondu à cette mise en garde en déterminant sept étapes à suivre pour la construction d'un bon questionnaire (Tableau 4.1). Notre démarche s'est inspirée de cette typologie d'une façon générale.

Tableau 4.1 : Étapes suggérées pour la construction d'un questionnaire

<i>1. Détermination du problème à l'étude et du sujet traité</i>
<i>2. Constitution de la banque d'items</i>
<i>3. Construction des échelles de réponse</i>
<i>4. Évaluation du bassin initial d'items</i>
<i>5. Élaboration du mode de présentation du questionnaire</i>
<i>6. Création d'un échantillon pour tester une version pilote</i>
<i>7. Analyse des items</i>

Source : Sabourin *et al.* (2005), p. 281

La première étape a été discutée longuement dans les chapitres précédents. Mentionnons simplement ici que nous avons identifié, avec nos partenaires, sept sections à inclure dans le questionnaire (Tableau 4.2). Ces sections ne seront pas toutes explorées dans le cadre de cette thèse, mais serviront certainement à des analyses subséquentes, comme il en sera question dans notre discussion générale au chapitre 8.

Tableau 4.2 : Sections à inclure dans le questionnaire

<i>Sections</i>	<i>Utilisation dans le présent projet</i>
<i>Identification (démographique)</i>	Oui
<i>Mobilité</i>	Oui, en partie
<i>Trajet vers l'école</i>	Oui, en partie
<i>Connaissances et croyances</i>	Oui, en partie
<i>Pratiques de sécurité routière</i>	Non
<i>Représentation du risque</i>	Oui
<i>Cartographie</i>	Non

Dans un deuxième temps, la banque d'items et de questions possibles a été construite à partir de trois sources d'information. Une première mise en commun de l'information s'est effectuée à partir d'entrevues semi-dirigées sur le thème de la sécurité des enfants avec trois mères en contact avec la chercheuse et ayant des enfants d'âge primaire. Un second recensement d'items et de questions s'est fait à partir de la revue détaillée des méthodes et des résultats des recherches recensées précédemment (voir le chapitre 2 en particulier). Finalement, quatre questionnaires ont été étudiés pour extraire des items et pour nous aider à formuler des questions et des échelles spécifiques de réponse : le questionnaire ACR développé par P. Joly et J. Bergeron (Joly *et al.* 1998); le questionnaire *kids walking, kids playing* du Centre Johns Hopkins pour la prévention des blessures (Gielen *et al.* 2004); le questionnaire s'adressant aux parents pour le volet « construction des règles » du projet Développement Social et Sécurité Routière (DSSR) (Granié *et al.* 2005); et le questionnaire d'enquête sur le trajet domicile-école de Verhaeren (HEARTS Consortium 2005). Tous ces questionnaires répondent à des objectifs différents. Par ailleurs, ces quatre recherches ont toutes des objectifs reliés aux enfants et à leurs parents, passant de l'évaluation de la sécurité routière à l'estimation de l'activité physique sur le chemin de l'école.

Une attention particulière a été portée aux questions que Bradburn *et al.* (2004) appellent « menaçantes ». Ces questions peuvent heurter les répondants en raison de leur nature personnelle ou encore par la supposition qu'il existe une « bonne » façon de répondre, comme dans le cas de comportements individuels à proscrire. Dans le cas présent, les questions qui ont trait à des comportements sécuritaires peuvent donner lieu à un sentiment de malaise chez le parent qui n'adopterait pas ce genre de comportement pour une raison donnée. La difficulté réside alors dans l'obtention d'une réponse de la part du parent qui reflète son comportement RÉEL et non celui SOUHAITÉ. Bradburn *et al.* (2004) suggèrent plusieurs pistes de solution pour éviter ce genre d'écueil qui fausserait les résultats : une formulation attentive et simple des questions et des choix de réponses; l'insertion des questions les plus « menaçantes » à travers un groupe de questions qui l'est moins; ou encore une collecte des données qui permet aux répondants de remplir eux-mêmes le questionnaire, évitant ainsi le sentiment de « jugement » que certains répondants ressentent devant un intervieweur. Tous ces éléments ont été pris en considération dans l'élaboration des questions plus délicates et dans l'opérationnalisation de l'enquête, comme il en sera question plus tard dans ce chapitre.

Ensuite, la création des échelles de réponse s'est effectuée de façon systématique pour la quasi-totalité des questions. Le but de cette stratégie est de simplifier au maximum le travail des répondants, c'est-à-dire de circonscrire le plus possible les réponses aux questions dans une liste de choix à cocher. En plus des choix habituels de réponse pour des questions d'ordre démographique et socio-économique (sexe, âge, revenu, etc.), nous avons introduit des échelles de type Likert dans plusieurs questions. L'idée derrière ce type d'échelles est que les attitudes, les croyances ou les actions peuvent être évaluées à travers un continuum de catégories ordonnées. Ces échelles reposent sur la formulation d'un certain nombre d'énoncés qui reflètent favorablement ou défavorablement l'item étudié (Bradburn *et al.* 2004; Sabourin *et al.* 2005). Un avantage indéniable de cette méthode est qu'il est possible de transformer les réponses en une variable numérique en additionnant les valeurs choisies par le répondant. Par exemple, dans la question suivante extraite de la version finale du questionnaire, l'échelle varie de *jamais dangereux* à *toujours dangereux*. En donnant un pointage de 1 à la réponse de gauche et de 7 à celle de droite, il est possible d'évaluer le niveau de dangerosité tel que les parents se le représentent, pour l'item « se déplacer à pied ou à vélo » :

Q34. À quel niveau considérez-vous qu'il soit dangereux de se déplacer À PIED ou À VÉLO sur le trajet vers l'école que fréquente de votre enfant ? (encerclez le chiffre qui correspond à votre réponse)

1	2	3	4	5	6	7
jamais dangereux	très rarement	rarement	parfois dangereux	souvent	très souvent	toujours dangereux

Pour ce qui est des étapes 4 et 5 énoncées au Tableau 4.1, elles ont été effectuées en collaboration avec des chercheurs d'expérience, notamment J. Bergeron du Département de psychologie. La version finale du questionnaire a ensuite été testée auprès des parents d'une école sélectionnée lors de la *soirée des parents* où il y avait remise du premier bulletin. À cette occasion, 16 parents ont rempli le questionnaire sur place et ont été en mesure de le commenter. L'analyse des réponses a justifié la continuité des travaux avec ce questionnaire puisque la quasi-totalité des questions ont été remplies sans incompréhension de la part des parents. Pour ce qui est de la dernière étape, les analyses projetées des items, elles seront expliquées plus en détails dans la section 4.3.

4.2. Opérationnalisation de l'enquête

4.2.1. Définition d'une mesure de la représentation du risque

Avant de voir plus en détails les variables parentales recueillies à l'aide du questionnaire, nous présentons ici la mesure de la représentation du risque que nous avons élaborée pour ce projet. Nous nous sommes inspiré des travaux de Lam (2001; 2005) pour créer notre indicateur puisque ses résultats, en plus d'avoir produit des résultats significatifs, sont cités en exemple par Prezza *et al.* (2005) comme étant une solution possible au problème de fiabilité de l'échelle de représentation du trafic (*Traffic Danger Perception Scale*). En fait, Prezza *et al.* (2005) affirment que les énoncés situationnels proposés par Lam sont plus directement liés aux représentations du risque engendrées par le trafic et contribuent ainsi de façon plus efficace à mesurer ces représentations.

Le Tableau 4.3 propose huit questions qui tentent de cerner la représentation à l'aide d'une échelle en sept points. Un des points forts de notre indice par rapport à celui de Lam est que nous y avons intégré des figures illustrant les différents scénarios, en plus d'avoir un plus grand nombre de questions (8 versus 6, voir Tableau 2.4). Les figures proposent une image mentale similaire à chaque répondant, minimisant ainsi les interprétations erronées des énoncés, et le biais d'optimisme que les parents ont envers leur propre enfant. Un exemple de ces illustrations est montré à la Figure 4.1. La mesure de la représentation du risque qui découle des réponses des parents correspondra à la transposition numérique de cette échelle en sept points (voir section 4.2.2.5). Cette mesure servira de variable dépendante dans notre analyse de la représentation, mais sera aussi considérée dans nos analyses comparatives des quartiers.

Tableau 4.3 : Méthode proposée pour évaluer la représentation du risque à l'aide d'un indice

À quel niveau de dangerosité considérez-vous les scénarios suivants pour une enfant de votre quartier?	Réponses possibles
<ol style="list-style-type: none"> 1. Jouer sur le trottoir 2. Traverser une intersection sans feux de circulation 3. Traverser lorsque le feu piéton est rouge et qu'il n'y a pas de voiture 4. Traverser lorsque le feu piéton est vert 5. Traverser en dehors d'une intersection 6. Traverser sur un passage piéton hors intersection sans signalisation 7. Traverser sans regarder 8. Traverser au milieu des voitures stationnées 	<p style="text-align: center;"><i>jamais dangereux (1 point)</i></p> <p style="text-align: center;"><i>très rarement dangereux (2 points)</i></p> <p style="text-align: center;"><i>rarement dangereux (3 points)</i></p> <p style="text-align: center;"><i>parfois dangereux (4 points)</i></p> <p style="text-align: center;"><i>souvent dangereux (5 points)</i></p> <p style="text-align: center;"><i>très souvent dangereux (6 points)</i></p> <p style="text-align: center;"><i>toujours dangereux (7 points)</i></p>

Source : MS Cloutier, adaptation de Lam (2000; 2001; 2005)

a) Jouer sur le trottoir	
1	jamais dangereux
2	très rarement
3	rarement
4	parfois dangereux
5	souvent
6	très souvent
7	toujours dangereux

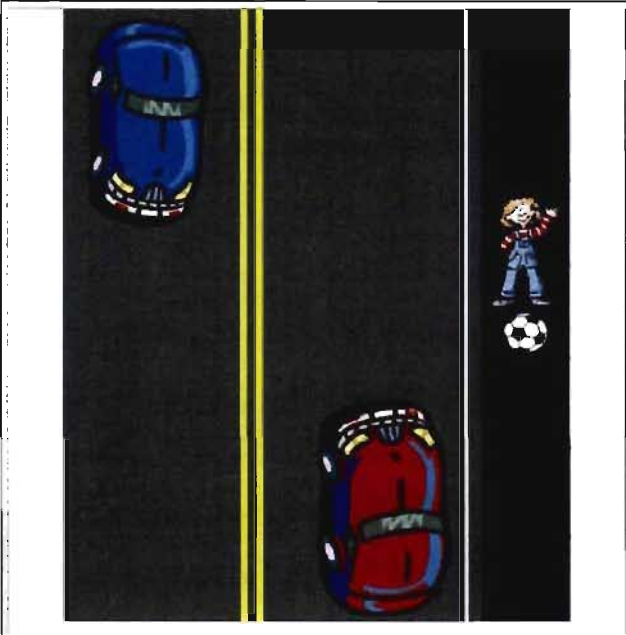


Figure 4.1 : Exemple d'illustration d'un scénario pour le calcul de l'indice de représentation du risque

Source : MS Cloutier et M. Paquette (illustration)

4.2.2. Description des variables extraites du questionnaire

Les quatre dimensions du modèle de représentation du risque que nous avons présentées au chapitre 2 sont incluses dans le questionnaire, tout comme les variables reliées aux connaissances et aux croyances que nous examinerons pour différents environnements urbains. Par ailleurs, le Tableau 4.4 reprend uniquement les variables du questionnaire que nous allons explorer et analyser plus en détail. La version finale et complète du questionnaire se trouve à l'annexe 2.

4.2.2.1. Variables démographiques

Les variables démographiques demandées sont similaires aux items se retrouvant dans une grande majorité de questionnaires. La collecte des ces variables répond à deux objectifs. Tout d'abord, caractériser les répondants pour évaluer leur représentativité dans la population générale et ensuite, évaluer l'influence de certaines caractéristiques individuelles sur la représentation du risque. La suite de cette section présente les différentes hypothèses en lien avec cette dernière relation.

Puisque peu de recherches se sont spécifiquement intéressé à la représentation du risque des parents d'enfants piétons, c'est surtout dans la littérature portant sur la prévention des blessures chez les enfants que le lien entre variables démographiques individuelles et représentation du risque des parents a été exploré. Les variables que l'on retrouve dans la littérature sont de trois ordres : celles reliées à l'enfant (âge, sexe, rang familial), au parent répondant (âge, sexe, scolarité) et au contexte familial (revenu, statut matrimonial) (Gärling *et al.* 1984; Glik *et al.* 1991; Flynn *et al.* 1994; Sellstrom *et al.* 2000; Lam 2001; 2005; Prezza *et al.* 2005; Holland et Hill 2007). Dans notre questionnaire, ces variables ont été répertoriées en catégories (choix de réponses), facilitant ainsi la compréhension et le temps de réponse.

Concernant les enfants, Gärling *et al.* (1984) et Lam (2001; 2005) ont confirmé l'hypothèse d'une relation positive entre l'âge des enfants et la représentation du risque des parents tandis que Glik *et al.* (1991) n'ont pas trouvé une telle relation. D'autre part, la présupposition que les parents de garçons ont une représentation du risque moindre n'a été

que faiblement démontrée par Lam (2001), qui l'a par la suite infirmée (2005), tout comme Sellstrom *et al.* (2000). Finalement, les auteurs qui ont inclus le rang familial de l'enfant comme variable prédictive n'ont pu confirmer les hypothèses de départ voulant que la représentation du risque des parents soit plus faible pour les aînés de famille et plus forte pour les enfants uniques (Sellstrom *et al.* 2000; Lam 2001).

Concernant les parents, la tendance relevée dans les études porte à croire que les femmes en général et les mères en particulier ont des représentations du risque plus élevées (Flynn *et al.* 1994; Lam 2001; Prezza *et al.* 2005). Par ailleurs, l'hypothèse d'une relation négative entre l'âge des répondants et la représentation du risque a été confirmée par Lam (2005), par Holland et Hill (2007) et par Sellstrom *et al.* (2000) mais infirmée par Glik *et al.* (1991), pour les mères seulement. Finalement, aucune recherche recensée ici n'a confirmé l'existence d'une relation entre le niveau de scolarité du répondant et la représentation du risque (Sellstrom *et al.* 2000; Lam 2001; 2005).

Pour ce qui est des variables familiales, le revenu semble avoir une influence négative sur la représentation du risque selon Glik *et al.* (1991), alors que cette relation n'a pas été observée par d'autres auteurs, du moins d'un point de vue individuel. De même, la situation familiale du parent interrogé (en couple ou non) ne semble pas avoir de lien avec la représentation du risque (Sellstrom *et al.* 2000; Lam 2001; 2005).

4.2.2.2. Variables concernant le milieu de vie entourant les écoles

Comme expliqué au chapitre 3, les zones de proximité scolaires ont été catégorisés selon différents critères que nous allons reprendre dans le contexte des représentations. Ces variables ne se retrouvent pas à proprement parler dans le questionnaire (ni dans le Tableau 4.4), mais proviennent plutôt de la base géographique présentée au chapitre 3. Trois variables du milieu de vie sont ainsi incluses dans notre modélisation de la représentation du risque : le niveau de risque « réel », le niveau d'exposition au trafic et la défavorisation sociale. Ces variables ont été ajoutées à la base de données provenant du questionnaire sous forme dichotomique : la valeur 1 a été attribuée aux répondants des écoles ayant un fort risque d'accident, une forte présence d'artères – donc de trafic et une forte défavorisation

sociale. Cette catégorisation provient en partie de notre échantillonnage des écoles, expliqué plus loin dans ce chapitre. De plus, deux de ces variables (risque et défavorisation) serviront de base à notre comparaison des environnements urbains (voir notre quatrième article, ch. 7).

L'inclusion de ces variables repose sur trois hypothèses. La première stipule qu'il existe un lien entre le risque « réel » tel que mesuré dans l'environnement immédiat et la représentation du risque. C'est ainsi que Glik *et al.* (1991) affirment que l'omniprésence du risque dans certains quartiers influence les représentations. Ces auteurs justifient leur position en affirmant que ce risque devient alors « invisible » puisque partout et nulle part, diminuant ainsi les représentations des parents. À l'opposé, Gielen *et al.* (2004) affirment qu'un environnement à fort risque contribue à une forte représentation des risques, du moins dans les quartiers favorisés. Notre deuxième hypothèse s'appuie sur la relation bien établie entre une forte exposition au trafic dans la rue, le quartier et une représentation du risque élevé, et ce, autant chez les parents que directement chez les enfants (Gärbling *et al.* 1984; Lee et Rowe 1994; Lam 2001; Mullan 2003; Prezza *et al.* 2005). Finalement, rappelons que la défavorisation est bien connue pour son lien avec l'augmentation des risques pour la santé (Taylor *et al.* 1997; Reimers et Laflamme 2005), mais que son influence sur la représentation des risques est moins documenté. Tout comme Weir *et al.* (2006), qui ont remarqué une augmentation des inquiétudes liées au trafic dans les quartiers pauvres de leur échantillon, Glik *et al.* (1991) affirment que les parents des quartiers défavorisés sont plus au fait des risques pour leurs enfants. Notons en terminant que les contradictions qui se retrouvent dans certaines de ces hypothèses rendent notre exploration encore plus intéressante.

Tableau 4.4 Description des variables retenues dans le questionnaire

<i>Variable</i>	<i>Description</i>	<i>Choix de réponse</i>
IDENTIFICATION (DÉMOGRAPHIQUE)		
<i>Variables concernant l'enfant</i>	âge, sexe, rang de l'enfant, endroit principal de résidence	**
<i>Variables concernant le parent</i>	age, sexe, scolarité, situation professionnelle du parent et du conjoint	**
<i>Variables concernant la famille</i>	nombre d'enfants, statut familial du répondant, revenu annuel du foyer	**
MOBILITÉ FAMILIALE		
<i>Déplacement du parent</i>	fréquence des déplacements quotidiens en semaine selon le mode de transport utilisé (voiture, vélo ou marche)	jamais, un peu, souvent, exclusivement
<i>Déplacement de l'enfant</i>	mode de transport utilisé par l'enfant pour le trajet vers l'école (le matin et le soir)	voiture transport en commun/scolaire vélo/marche
VARIABLES PROVENANT DU COGNITIF		
<i>Historique d'accident</i>	dans la famille, dans la rue, dans le quartier, à l'école de l'enfant	oui / non
<i>Croyance envers la sécurité routière sur le trajet vers l'école</i>	énoncés (accord/désaccord) sur le contrôle du risque	**
<i>Dangerosité sur le trajet vers l'école</i>	niveau de danger lors de déplacement à pied/à vélo sur le trajet de l'école (pour le parent et pour leur enfant)	jamais, (...), toujours
<i>Connaissance des sources de danger pour les enfants</i>	importance accordée à des sources de danger selon le parent (1 : plus important; 4 : moins important)	agression/enlèvement trafic routier/risque d'accident cancer/maladie grave chute et blessures
<i>Connaissances et croyances du risque d'accident chez les enfants</i>	groupe d'âge à risque âge sécuritaire pour la traversée non-accompagnée	**
REPRÉSENTATION DU RISQUE		
<i>Représentation du risque en situation piétonne</i>	niveau de danger selon huit scénarios impliquant un enfant piéton du quartier	jamais, (...), toujours

** Voir les choix de réponse dans le questionnaire à l'annexe 2

4.2.2.3. Variables concernant la mobilité familiale

En plus des variables traditionnelles, nous voulons explorer plus spécifiquement les habitudes de mobilité des parents et des enfants. Notre intérêt pour ces variables provient du principe énoncé par Tsoukala (2001) et Silka (1996) selon lequel les représentations individuelles du risque sont le produit des actions entreprises au sein des espaces du quotidien. Puisque ces espaces sont différents selon le mode de transport utilisé par les parents et leurs enfants, nous faisons l'hypothèse que certains éléments reliés à la mobilité auront une influence sur la représentation du risque des parents. Ces variables méritent une attention particulière dans un contexte où les courts déplacements et ceux vers l'école se font de plus en plus en voiture (Hillman et Adams 1992; Papon 1997; Gagné et Lewis 2008; Montulet et Hubert 2008). D'une façon plus précise, les réponses extraites des questionnaires nous renseignent sur trois points : la fréquence d'utilisation de la voiture par les parents, celle de la marche par les parents, et le mode de transport utilisé par l'enfant pour se rendre à l'école. Les deux premières variables donnent la fréquence à l'aide d'une échelle ramenée à deux catégories, soit *exclusivement/souvent* ou *un peu/jamais*. La troisième variable se retrouve sous forme dichotomique, la valeur 1 étant attribuée aux enfants allant à pied/à vélo à l'école le matin et/ou le soir et la valeur 0 aux autres.

4.2.2.4. Variables reliées à des éléments du « cognitif »

Ce thème rassemble deux types de variables : celles que nous voulons explorer pour leur lien avec les représentations du risque : les expériences passées, le sentiment de contrôle et les croyances personnelles; et celles mesurant les connaissances des parents du risque routier. Ce dernier ensemble de variables sera analysé plus en détail lors des comparaisons entre environnements urbains.

Tout d'abord, rappelons que la théorie sociale-cognitive affirme que les expériences négatives passées augmentent la représentation du risque chez les différents protagonistes. Cette hypothèse a été confirmée dans le cas d'adolescents pour leur propre représentation, mais aussi dans un contexte parent-enfant (Glik *et al.* 1991; Björklid 1994; Lee et Rowe

1994; Greening *et al.* 2005). Par contre, Lam (2001) a obtenu une relation contraire : les parents de familles ayant déjà eu un accident piéton avaient une représentation du risque significativement moins élevée que les autres. Dans le but de continuer à explorer cette dimension, les expériences passées d'accidents (directes ou indirectes) ont été ciblées à différentes échelles géographiques : dans la famille, la rue, le quartier et l'école. Les répondants avaient à cocher *oui* ou *non* à chacun des niveaux, créant ainsi quatre variables différentes.

L'hypothèse de départ qui stipule qu'un fort sentiment de contrôle amène chez les personnes concernées l'idée qu'elles peuvent justement « contrôler » la situation à risque se traduit habituellement par une représentation du risque plus faible chez ces personnes. En ce sens, le sentiment de contrôle a été maintes fois confirmé comme une variable prédictive des représentations du risque, que ce soit en influençant les intentions comportementales ou encore en augmentant le biais d'optimisme relié aux représentations (Slovic *et al.* 1980; 1985; Vlek et Hendrick 1988; DeJoy 1989; Fischhoff *et al.* 2000; Letirand et Delhomme 2003; 2006; Greening *et al.* 2005). Dans le présent contexte, nous proposons d'évaluer l'effet du sentiment de contrôle des parents en lien avec le risque routier en milieu scolaire. Pour ce faire, nous avons proposé plusieurs énoncés aux parents dont celui-ci : *on peut contrôler le risque routier sur le chemin de l'école*. Les parents avaient à évaluer leur niveau d'accord /désaccord sur une échelle de Likert en 7 points. Les valeurs ont par la suite été réduites en regroupant les réponses ayant la valeur 1, 2 et 3 dans une première catégorie (*d'accord*), la valeur 4 dans une seconde catégorie (*ni l'un ni l'autre*) et les valeurs 5, 6 et 7 dans une dernière catégorie (*désaccord*).

Le troisième groupe de variables inclus dans ce thème fait référence aux croyances des individus. Ces croyances, lorsqu'elles sont internalisées, se rapprochent de ce que Finucane *et al.* (2000) et Slovic et Peters (2006) appellent l'« affect », c'est-à-dire le sentiment de « crainte », d'évènements « inévitables » que peuvent inspirer certaines sources de danger. Tout comme ces auteurs, qui ont démontré à maintes reprises une relation positive entre

l'« *affect* » et la représentation du risque, Greening *et al.* (2005) ont confirmé que l'augmentation des craintes et des préoccupations envers une situation potentiellement dangereuse augmente la représentation du risque. Dans le présent contexte, ces croyances sont mesurées en fonction du niveau de dangerosité du milieu scolaire pour un piéton (enfant et parent) et des sources potentielles de danger pour les enfants. Tout d'abord, les répondants avaient à évaluer le niveau de danger sur le chemin de l'école pour eux et pour leur enfant sur une échelle en 7 points, de *jamais dangereux* à *toujours dangereux*. Tout comme la variable portant sur le contrôle, les valeurs ont été réduites en trois catégories. Une seconde variable a été générée à partir de la priorité donnée par les parents à différentes sources de danger pour leur enfant (voir Tableau 4.4). Les parents ayant répondu « trafic/accident » en premier ont obtenu la valeur 1, et les autres, la valeur 0.

Finalement, les connaissances des parents ont été évaluées en faisant l'hypothèse que les parents qui ont répondu à ces questions en accord avec les statistiques officielles ont une plus grande connaissance du risque que les autres. À cet effet, la création des variables s'est faite à partir des statistiques officielles, en prenant en considération les taux réels pour chaque groupe ou catégorie. Les parents ayant la réponse qui correspond à la réalité ont obtenu la valeur 1, et les autres, la valeur 0. Les deux premières variables ont été créées à partir d'éléments bien concrets du risque piéton chez les enfants : le groupe d'âge le plus à risque (6-14 ans) et l'âge minimum requis pour traverser de façon sécuritaire (10 ans et plus). La troisième variable fait référence, comme dans les croyances, aux sources potentielles de danger pour les enfants, l'ordre qui concorde avec les statistiques étant : chute/trafic/cancer/kidnapping.

4.2.2.5. *La variable dépendante : représentation du risque*

Comme mentionné précédemment, la mesure de la représentation du risque que nous utilisons en tant que variable dépendante provient de la transposition numérique d'échelles de Likert. Un des avantages principaux d'utiliser une échelle quantitative est de

pouvoir synthétiser l'information dans un indicateur que l'on peut par la suite modéliser à l'aide des outils statistiques de régression. A ce titre, Elvik et Bjornskau (2005) ont converti leur échelle numérique de représentation des risques selon différentes gradations (rang, logarithmique, etc.) dans le but d'évaluer la représentativité et l'efficacité de chacun des scores. Puisqu'ils ont conclu que toutes les échelles numériques donnent des résultats d'analyses semblables et valides, la mesure de la représentation du risque que nous avons utilisé pour la suite des analyses provient de la simple addition des rangs. Le Tableau 4.5 montre les statistiques descriptives rattachées à la mesure calculée. Il est à noter que les valeurs d'aplatissement et d'asymétrie sont faibles, dénotant une distribution normale.

Tableau 4.5 : Statistiques descriptives de la mesure de la représentation du risque

Moyenne	44,76
Médiane	45,00
Écart-type	5,40
Minimum	32
Maximum	56
Aplatissement (<i>skewness</i>)	-0,23
Asymétrie (<i>kurtosis</i>)	-0,39
Coefficient de variation	0,12

4.2.3. L'importance du risque environnemental et du contexte socio-économique dans l'échantillonnage des écoles

Trois critères ont été choisis pour faciliter la sélection des écoles. Le premier nous assure de la représentativité des écoles par rapport au modèle du risque objectif puisque seulement les écoles avec un faible résidu ont été retenues. Les deux autres critères nous ont permis de séparer les écoles en quatre groupes distincts selon le nombre d'accidents

durant la période étudiée (élevé ou faible) et selon l'indice de défavorisation calculé (favorisé ou défavorisé). La liste complète des écoles pour chaque sous-groupe se trouve à l'annexe 3. Pour des raisons pratiques et logistiques, les écoles anglophones ont été retirées de l'échantillon, tout comme les écoles de la Commission Scolaire de la Pointe-de-l'île. Notons au passage que des certificats d'éthique approuvant la version finale du questionnaire et notre démarche ont été obtenus de l'Université de Montréal, et des Commissions scolaires de Montréal (CSDM) et Marguerite-Bourgeoys (CSMB). La Figure 4.2 illustre les différents groupes d'écoles faisant partie de l'échantillon de départ. Les intervalles qui ont été utilisés sont déterminés selon les deux premiers ou derniers quintiles des valeurs possibles pour chaque sous-groupe. Par exemple, les écoles retenues dans les milieux favorisés ont un indice de défavorisation entre 0,18 et 1,68. Cet intervalle correspond à 40 % des valeurs possibles et touche 22 écoles.

De ces quatre groupes, six écoles ont accepté de participer à notre étude. Bien que la présentation sommaire des caractéristiques des écoles participantes soit faite dans les chapitres 6 et 7 (résultats), nous considérons important d'en dresser un portrait sommaire ici. Tout d'abord, la Figure 4.3 illustre la distribution géographique des écoles participantes. Il est à noter que les écoles A, D, E et F se situent dans les quartiers centraux de la Ville de Montréal tandis que les écoles B et C sont situés en périphérie ouest. Concernant les caractéristiques des milieux entourant ces écoles, mentionnons que les quatre groupes présentés précédemment sont tous représentés dans notre échantillon: trois écoles sont situées dans des zones à faible risque d'accident tandis que les trois autres se retrouvent dans des zones à fort risque d'accident (Tableau 4.6).

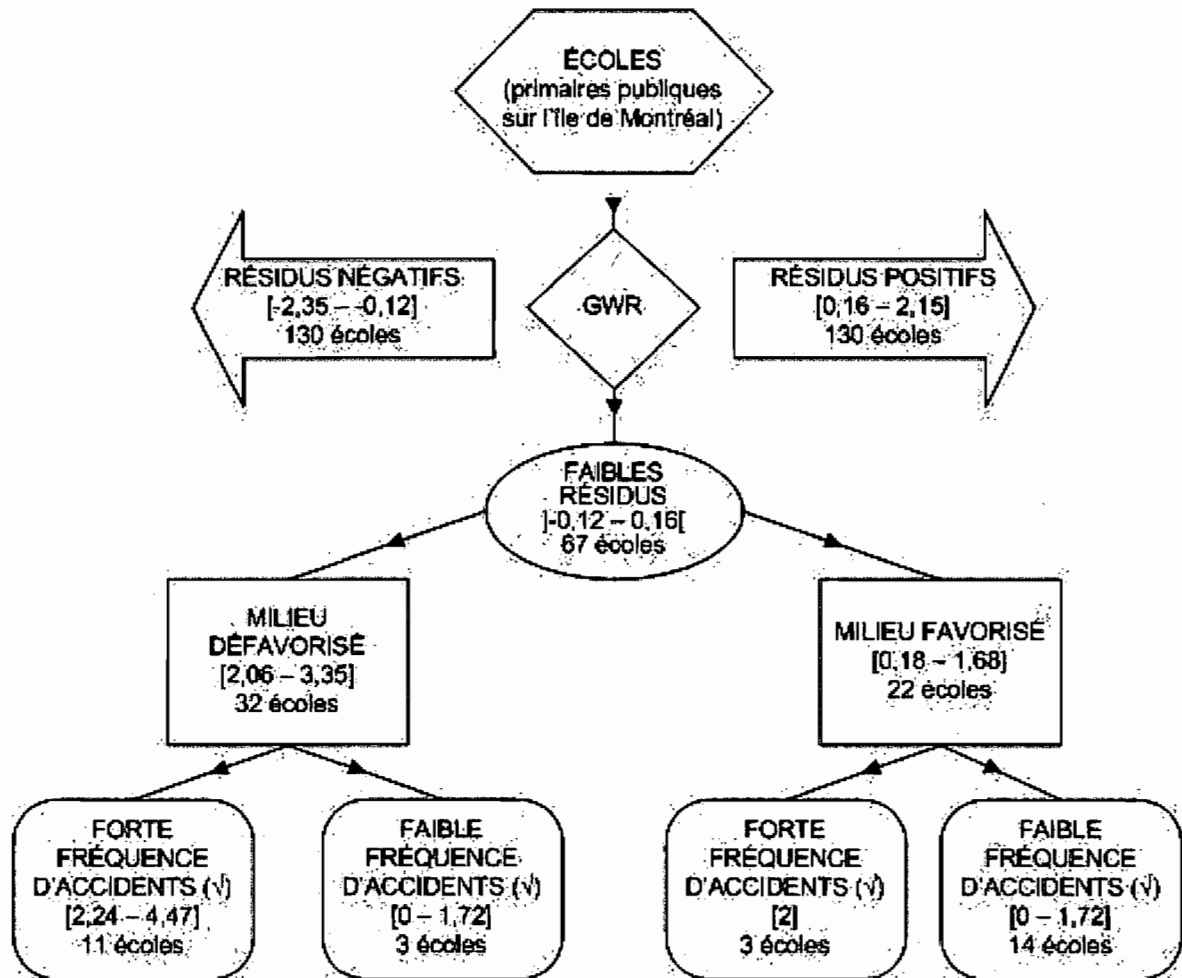


Figure 4.2 : Processus menant au choix des écoles échantillonnées

Par ailleurs, deux écoles sont situées dans des zones ayant un faible indice de défavorisation, laissant quatre écoles dans des zones à forte défavorisation. Cette inégalité est en partie dû au fait que certaines écoles de milieu défavorisé ont obtenues de plus faibles taux de réponse (15 et 36%), nous obligeant ainsi à contacter plus d'une école pour atteindre des seuils de questionnaires remplis acceptables. Le nombre d'étudiants par école est variable, indépendamment du niveau de risque ou de défavorisation, passant de moins de 300 à plus de 600 élèves. Pour ce qui est du nombre d'accidents, il est à son maximum

dans l'école D (6 accidents en 5 ans) et au minimum dans l'école A et C (1 accident). L'école E a l'indice de défavorisation le plus élevé tandis que l'école C a celui le plus faible (0.2). Malgré le fait que la majorité des écoles soient dans des quartiers centraux, la densité de population de leur zone de proximité reste faible, sauf pour l'école F, qui se situe sur le Plateau Mont-Royal. Aucune des écoles visitées n'est située sur une artère majeure, bien que plusieurs d'entre elles aient une densité de réseau et d'artères assez importante. Il est à noter que deux des densités d'artères les plus importantes se situent dans les zones de proximité des écoles D et F, où le risque d'accident est fort. Concernant le caractère résidentiel de ces milieux, il est étonnant de remarquer que toutes les écoles sauf une (école A, à Verdun), ont des proportions d'occupation du sol résidentiel dépassant le 50%, avec la proportion la plus élevée qui se retrouve dans l'école C, située en pleine banlieue. Finalement, la distance moyenne entre le domicile des répondants (code postal) et les écoles est d'environ 600 à 800 mètres dans la quasi-totalité des cas, sauf pour l'école F où la distance est de plus de 1 kilomètre.

Une cartographie détaillée des alentours des écoles participantes se retrouve à l'Annexe 4. Chacune de ces cartes a été annexée aux questionnaires destinés aux parents pour les questions concernant la cartographie (voir Tableau 4.2). Les informations recueillies à partir de ces cartes n'ont pas encore été exploitées.

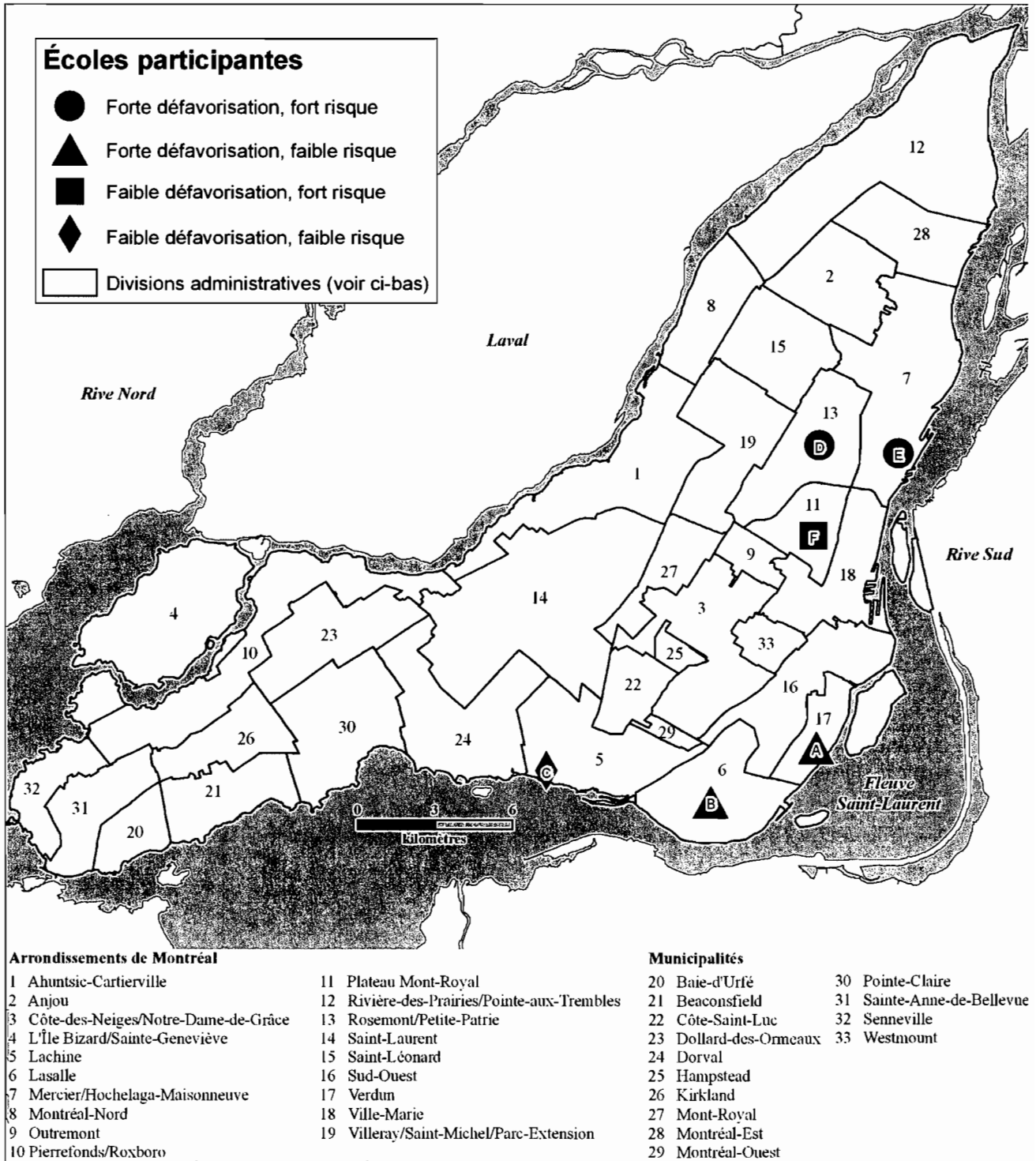


Figure 4.3 Distribution géographique des écoles participantes

Tableau 4.6 : Description des écoles participantes

	Faible risque d'accidents			Fort risque d'accidents		
	École A IDFo**	École B IDFo	École C IDFa	École D IDFo	École E IDFo	École F IDFa
Taux de réponse	45%	36%	61%	15%	50%	39%
Nombre d'étudiants 2000-2001	409	635	271	391	498	285
Nombre d'accidents 1994-99	1	2	1	6	7	4
Indice de défavorisation (de 0 à 5 du plus défavorisé au moins défavorisé)	2.1	1.9	0.2	2.4	3.2	1.3
Densité de population (hab/km²)	0.9	0.7	0.4	1.0	0.6	1.3
Densité du réseau routier (m/km²)	13.3	14.9	15.3	15.6	19.0	20.9
Densité des artères (m/km²)	4.9	4.1	2.6	5.2	2.6	6.7
Occupation du sol résidentiel (%)	39	54	81	61	51	59
Distance moyenne entre le domicile et les écoles (m)	652	827	811	597	577	1067

N.B. Tous les calculs ont été faits à partir des zones de proximité créées autour des écoles

**IDFo : Indice de défavorisation FORT / IDFa : Indice de défavorisation FAIBLE

4.2.4. Organigramme de traitement

La Figure 4.4 résume les différentes étapes qui ont précédé l'analyse des données et qui ont permis de construire une base de données reliée à celle décrite au chapitre 3.

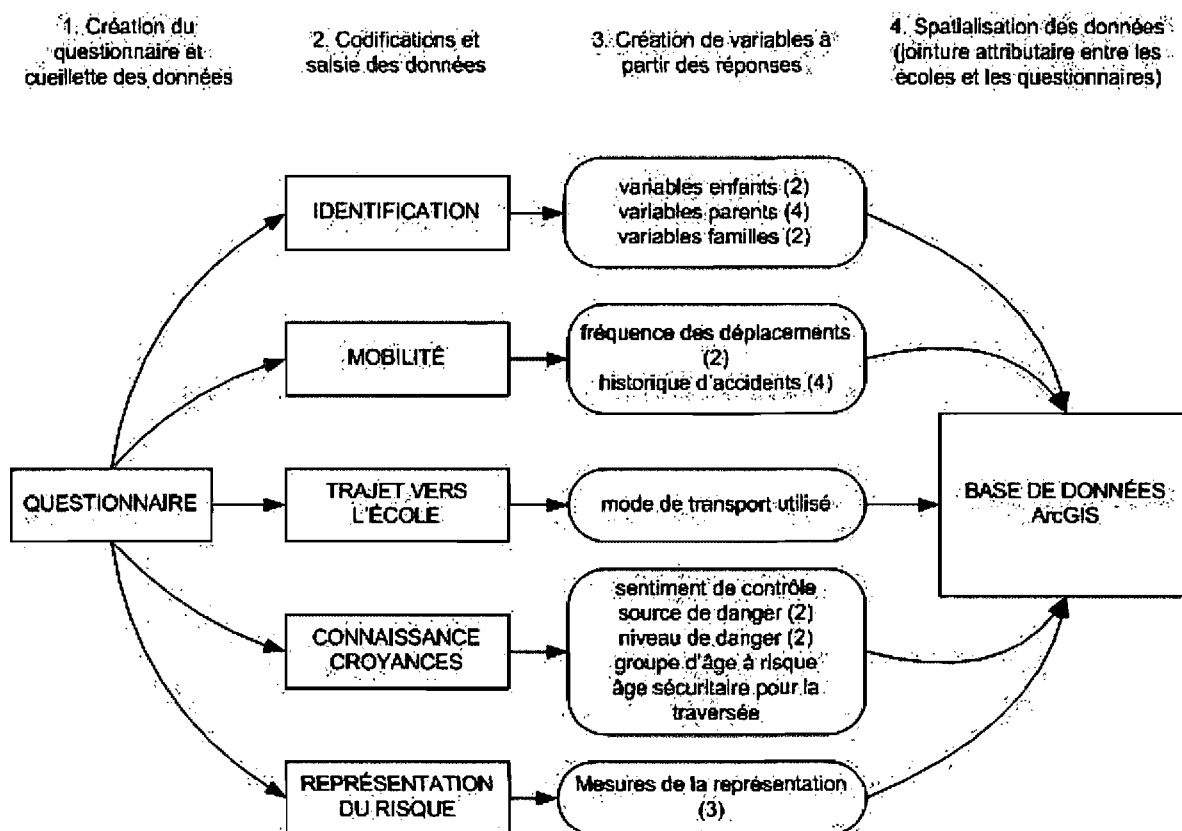


Figure 4.4 : Organigramme de traitement

4.2.5. Biais possibles dans les données provenant du questionnaire

Rappelons qu'il y a des avantages et des inconvénients dans toutes les méthodes de collecte et de mesure, la présente section est donc destinée à décrire deux sources potentielles de biais pour notre jeu de données : ceux introduits par le questionnaire et ceux reliés aux répondants.

Bien qu'il soit l'outil le plus utilisé, le questionnaire reste sensible à la désirabilité sociale. Notre sujet d'étude n'y fait pas exception puisqu'il met à l'avant-plan des valeurs universelles en lien avec la sécurité des enfants. Par ailleurs, nous avons tenté de minimiser

d'autres biais comme celui de la capacité de compréhension des répondants en portant une attention particulière à la clarté des questions et des choix de réponses.

Un autre aspect critique dans l'utilisation du questionnaire comprend tout ce qui est en lien avec la collecte des informations par un enquêteur : la méthode d'échantillonnage des répondants (représentativité), la méthode d'administration du questionnaire (face à face, par la poste, etc.), les attentes des deux parties (répondants et chercheurs), etc. (Sabourin *et al.* 2005). Dans le but d'atténuer ces sources de biais, nous avons suivi une démarche rigoureuse et documentée lors de l'élaboration du questionnaire et de la méthode. Par exemple, nous avons distribué les questionnaires en donnant les mêmes instructions dans chaque école, mais nous avons laissé les répondants les remplir. De plus, la saisie des questionnaires a été faite deux fois par des personnes différentes dans le but de minimiser les erreurs.

Dans le cas des enfants et de leurs parents, les biais peuvent provenir des répondants de plusieurs façons et nous en exposons trois exemples ici. Tout d'abord, les parents n'ont pas tous le même niveau d'exposition à la problématique (au trafic, aux enfants), ce qui peut influencer leurs réponses (Lam 2001). Un parent qui répond à un questionnaire concernant le comportement de son enfant en situation de trafic n'est pas nécessairement au courant des réalités quotidiennes que vit son enfant. Par exemple, un brigadier ou un professeur serait peut-être mieux informé des agissements des enfants en lien avec la sécurité routière près de l'école. Un second exemple fait référence à ce qu'on appelle le biais d'auto-sélection présent lorsque les répondants ne sont pas obligés de répondre au questionnaire, comme c'est le cas ici (Rivara *et al.* 1989). Certaines questions restent alors en suspens : est-ce que les répondants sont ceux qui ont un intérêt marqué pour la problématique ? Est-ce que cet intérêt se traduit par des réponses qui sont alors différentes de celles des non-répondants ? Puisque nous ne pouvons répondre à ces questions sans rejoindre les non-répondants, il est parfois important de relativiser l'interprétation des résultats à la lumière de ces limites. Finalement, un dernier exemple de biais est celui de l'optimisme, qui veut qu'un parent ait une opinion « plus que positive » du

comportement de ses propres enfants. Puisque cette opinion ne concorde pas nécessairement à la réalité, elle peut fausser les représentations du risque des parents si elle ne tient compte que de leur propre enfant. Comme mentionné précédemment, l'inclusion d'illustrations dans la mesure de la représentation du risque nous permet de minimiser ce biais, bien qu'il reste présent et qu'il soit difficile voire impossible à quantifier.

4.3. Analyse des données

Cette dernière section examine les différentes méthodes qui se retrouvent dans la littérature dans le but de nous éclairer sur les possibilités d'analyse impliquant les données recueillies à l'aide du questionnaire. Pour ce faire, nous avons divisé les travaux recensés en deux catégories, selon l'objectif principal : l'analyse des facteurs d'influence sur la représentation du risque et la comparaison de certaines variables parentales selon leur environnement.

4.3.1. Modélisation de la représentation du risque

Quand il est question de facteurs d'influence sur la représentation du risque, les travaux se basent principalement sur les statistiques univariées (moyenne, proportion du total, etc.) pour décrire les variables et l'échantillon, puis sur l'analyse de variance (ANOVA) et sur la régression linéaire pour analyser la relation entre ces variables et la représentation du risque.

4.3.1.1. Analyse de variance

L'ANOVA, l'analyse de variance, permet de montrer la relation entre une variable indépendante qualitative et une variable dépendante quantitative. Elle est une excellente option dans le cas présent puisque nous voulons examiner la relation entre la représentation

du risque (variable dépendante quantitative) et certaines variables qualitatives (caractéristiques des répondants et de leur environnement scolaire) regroupées en catégories. Sans entrer dans les détails méthodologiques de cette procédure statistique bien connue et largement utilisée, rappelons que cette analyse a pour but de déterminer l'existence ou non d'une différence statistiquement significative entre les moyennes de groupes (Brase et Brase 1993). Le principe de l'ANOVA repose donc sur le calcul de trois variations, aussi appelées variances (Gilles et Maranda 1994; Apparicio 2008)³ :

La *variance totale* (VT) est égale à la somme des carrés des déviations qui proviennent des écarts entre la moyenne arithmétique (μ) et les valeurs observées (y_i) pour la variable quantitative (variable dépendante) :

$$VT = \sum (y_i - \mu)^2 \quad \text{et} \quad VT = VNE + VE$$

La *variance non expliquée* (intragroupe) (VNE) se calcule à partir de la somme des variances dans chacune des catégories de la variable indépendante (ici, pour deux catégories : i et j). Les déviations proviennent des écarts entre les valeurs de la variable quantitative (y_i et y_j) et la moyenne arithmétique de chaque catégorie (μ_i et μ_j) :

$$VNE = \sum_{i \in g^1} (y_i - \mu_i)^2 + \sum_{j \in g^2} (y_j - \mu_j)^2$$

La *variance expliquée* (intergroupe) (VE) est égale à la somme des carrés des déviations multipliée par le nombre d'individus appartenant à chacune des catégories. Cette fois-ci, les déviations représentent l'écart entre la moyenne de l'ensemble des valeurs observées pour la variable dépendante (quantitative) (μ) et les moyennes de chaque catégorie de la variable qualitative (indépendante) (ici, pour deux catégories : μ_i et μ_j) :

³ Tout comme dans le cas de la régression, les conditions d'applications des ANOVA sont largement documentées en statistique. Rappelons tout de même qu'elles proviennent des résidus et non des données brutes : ils doivent être indépendants les uns des autres, distribués normalement et leur variance ne doit pas varier entre les traitements (homoscédasticité).

$$VE = \sum_{i \in g1} n_{g1} (\mu_i - \mu)^2 + \sum_{j \in g2} n_{g2} (\mu_j - \mu)^2$$

Si les deux variables sont indépendantes, les moyennes des catégories devraient être similaires à la moyenne générale et les déviations seront alors faibles. Pour vérifier l'hypothèse nulle (H_0) qui suppose l'absence d'une différence statistiquement significative entre les moyennes des groupes, l'analyse de variance compare les variations observées avec la distribution théorique de F. Le F observé est égal au rapport entre la moyenne des variations expliquées et la moyenne des variations non expliquées. Les degrés de liberté sont représentés par k (*nombre de catégories*) - 1 au numérateur et n (*nombre d'observations*) - k au dénominateur, et servent à déterminer la valeur théorique de F pour le jeu de données (Brase et Brase 1993; Gilles et Maranda 1994). La procédure devient alors un test d'hypothèse classique : si le F théorique est plus grand que celui observé, on accepte H_0 , sinon, on rejette H_0 et il y a présence d'association statistique. Dans ce cas, la variance intergroupe est maximisée (les groupes sont hétérogènes entre eux) et la variance intragroupe est minimisée (chaque groupe est homogène). Toutes les variables provenant de l'approche théorique proposée au chapitre 2 pour modéliser la représentation du risque ont été testées avec ce type d'analyse. Les résultats significatifs sont présentés dans le second article (chapitre 6).

4.3.1.2. Régression linéaire multiple : intégration des variables

Bien que la régression linéaire ait été expliquée au chapitre 3, précisons ici qu'il existe différentes façons d'intégrer les variables dans les modèles. La façon la plus courante est de les ajouter d'un bloc (*enter procedure*), mais certaines recherches recensées ont plutôt opté pour des régressions multiples de type pas-à-pas (*stepwise procedure*) (Glik *et al.* 1991; Sellstrom *et al.* 2000; Lam 2001). L'objectif de cette procédure est d'examiner l'apport de chaque variable à tour de rôle pour ensuite ajouter à l'équation la variable ayant

la plus forte contribution au modèle (Hair *et al.* 2006). Le processus, qui est répété autant de fois que nécessaire, s'arrête lorsque le seuil de significativité spécifié n'est plus atteint par aucune variable restante. Cette méthode permet d'optimiser le R^2 en ne prenant en considération que les variables indépendantes qui contribuent le plus au modèle (Tabachnick et Fidell 2007). La modélisation de notre mesure de la représentation du risque adopte cette procédure.

4.3.2. Comparaison des connaissances, croyances et représentations du risque selon différents environnements

Comme mentionné au chapitre 2, un volet de cette thèse s'intéresse à l'influence que peuvent avoir les environnements urbains sur certaines variables parentales en lien avec le risque routier. Bien que peu de chercheurs s'y soient intéressés, nous avons retenu les travaux de Gielen *et al.* (2004) pour comparer les environnements urbains. Ces auteurs ont comparé différentes variables parentales (connaissances, croyances, pratiques) selon quatre types de quartiers (combinaisons de revenu faible ou élevé et de risque faible ou élevé). Notre échantillonnage a aussi suivi cette démarche, mais en raison d'un trop petit effectif dans certains des quatre groupes, nous allons effectuer nos comparaisons deux par deux : faible/forte défavorisation et faible/fort risque d'accident. Tout comme ces auteurs, nous proposons ici une analyse comparative à l'aide de la méthode du Khi-carré pour la comparaison des effectifs et des proportions.

4.3.2.1. Test du Khi-carré

Le test du Khi-carré est un test d'indépendance non paramétrique qui vérifie l'indépendance stochastique de plusieurs critères de classification (i.e. : catégories) (Béguin 1979). Ce test permet de déterminer la surreprésentation de certaines caractéristiques (regroupées en classes) à partir d'un tableau de contingence. Ce tableau croisé est basé sur le dénombrement de fréquences observées (f_o : nombre de cas) et de fréquences théoriques

(f_i). Ces fréquences théoriques sont calculées sous l'hypothèse que les deux variables sont indépendantes, en tenant compte de la formule suivante :

$$f_i = \frac{n_i \times n_j}{n}$$

où :

n_i = marge de la $i^{\text{ème}}$ ligne (somme des valeurs de la catégorie en ligne)

n_j = marge de la $j^{\text{ème}}$ colonne (comme des valeurs de la catégorie en colonne)

n = nombre total d'individus

À titre d'exemple, dans le Tableau 4.7, 54 répondants provenant des écoles défavorisées croient que les accidents de la route sont la première source de danger chez les enfants alors que la fréquence théorique en attendait 68.

Tableau 4.7 : Exemple d'un tableau de contingence

<i>Première source de danger pour les enfants</i>	<i>Forte défavorisation</i>		<i>Faible défavorisation</i>		<i>TOTAL (n_i)</i>
	<i>f_o</i>	<i>f_i</i>	<i>f_o</i>	<i>f_i</i>	
<i>accident de la route/trafic</i>	54	68	49	35	103
<i>agression/ enlèvement</i>	35	26	5	14	40
<i>cancer/maladies graves</i>	9	6	0	3	9
<i>chutes et blessures</i>	17	15	5	7	22
TOTAL (n_j)	115		59		174

À partir de ces tableaux de contingence, la formule suivante est utilisée pour calculer la différence entre la distribution observée (f_o) et la distribution attendue (f_i), aussi appelé *dévi*ation. La somme de ces écarts devient la mesure du Khi-carré observé :

$$Khi^2 = \sum \frac{(f_o - f_t)^2}{f_t}$$

où :

f_o = fréquence observée

f_t = fréquence théorique

$f_o - f_t$ = déviation

Afin de valider ou de réfuter l'hypothèse d'indépendance, on calcule le Khi carré observé, puis on le compare à un Khi-carré théorique (Comité technique AIPCR de la sécurité routière 2003). La valeur du Khi-carré théorique nous est donnée selon un seuil de signification α et un degré de liberté qui tient compte de la taille du tableau :

$$\text{Degré de liberté (DL)} = (\text{ligne} - 1)(\text{colonne} - 1)$$

Le Khi-Carré, tout comme l'ANOVA, devient alors un test d'hypothèse classique : l'hypothèse nulle (H_0) suppose l'absence d'une association statistique entre les deux variables tandis que l'hypothèse H_1 suppose la présence d'une association statistique. Si le Khi-carré théorique est plus grand que celui observé, on accepte H_0 , sinon, on rejette H_0 et il y a présence d'association statistique. Dans l'exemple montré plus haut, le Khi-carré observé est égal à 22,7 et le nombre de degrés de liberté est égale à 3, ce qui donne un Khi-carré théorique de 11,34 ($p=0,01$). Nous pouvons alors rejeter H_0 et conclure à une différence significative entre les quartiers en ce qui concerne les sources de danger.

4.4. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre l'approche méthodologique utilisée pour l'étude de nos variables parentales. La base de données qui a été construite à partir des questionnaires remplis par des parents a servi à l'analyse de variables parfois peu explorées

jusqu'ici. Les résultats de ces analyses sous forme d'articles, ainsi qu'une discussion générale constitueront le reste de la thèse.

5. Résultats (article 1 et 2)

Ce chapitre est composé de deux articles scientifiques qui tentent de répondre à notre première question de recherche spécifique : *Quels sont les variables en lien avec les environnements de proximité des écoles qui influencent le risque d'accident piéton chez les enfants ?* Leur objectif général est d'intégrer l'environnement scolaire primaire (public) dans l'évaluation des risques d'accident pour les enfants piétons. Pour ce faire, nous avons modélisé le risque routier près des écoles à partir de variables intégrées dans un système d'information géographique. De plus, l'utilisation d'une régression géographiquement pondérée nous a permis de prendre en considération le caractère spatial de la relation à l'étude.

Le premier article, intitulé *GIS-based Spatial Analysis of Child Pedestrian Accidents Near Primary Schools in Montréal, Canada*, a été publié dans la revue *Applied GIS* en avril 2007. Par ailleurs, les commentaires pertinents des réviseurs, le raffinement des méthodes disponibles et l'accessibilité à de nouvelles données nous ont donné l'opportunité de rédiger un second article ayant sensiblement le même objectif.

En fait, l'utilisation de la régression géographiquement pondérée présuppose une distribution normale des variables, ce qui n'est pas toujours le cas en transport (Nakahara et Wakai 2002). À cet effet, une version plus récente du logiciel GWR prend maintenant en considération une distribution de Poisson, permettant ainsi l'utilisation de la variable « nombre d'accidents » (variable y) sans en ajuster la distribution (par un log ou une racine carré par exemple).

Le second article, intitulé *L'environnement autour des écoles a-t-il un impact sur le risque routier impliquant des enfants piétons à Montréal ? Apport de la régression de Poisson géographiquement pondérée*, comporte ainsi trois aspects distincts du premier article.

Tout d'abord, nous avons amélioré le découpage des zones de proximité en tenant compte des barrières physiques que constituent les chemins de fer et les autoroutes. De plus, nous avons pris en considération une période plus récente pour les accidents : le premier article était basé sur les accidents survenus entre 1994 et 1999, le second se concentre sur ceux entre 1999 et 2003. Finalement, en plus de l'omission de certaines variables non significatives dans le premier article et de l'ajustement des variables existantes aux nouvelles zones de proximité, quatre variables ont été ajoutées à notre base de données : deux concernant la densité résidentielle (densité de logement et proportion d'habitations à faible densité) et deux autres reliées aux politiques de transport scolaire : la présence de brigadiers (nombre par zone de proximité) et la proportion d'élèves non éligible au transport scolaire dans chaque école.

Mentionnons en terminant que cet article a été soumis en novembre 2007 à la revue française *Territoire en mouvement* pour un numéro spécial sur les piétons. Il a été accepté moyennant des modifications mineures en septembre 2008.

Article 1

GIS-based spatial analysis of child pedestrian accidents near primary schools in Montréal, Canada

Marie-Soleil Cloutier^{1,2}

Philippe Apparicio^{2,3}

Jean-Pierre Thouez¹

¹ Département de Géographie, Université de Montréal

² Laboratoire d'Analyse Spatiale et d'Économie Régionale, INRS-UCS

³ Institut National de Recherche Scientifique, Centre Urbanisation, Culture et Société (INRS-UCS)

Contribution de chaque auteur (Article 1)

Cloutier, M. S., P. Apparicio et J. P. Thouez. 2007. « GIS-based spatial analysis of child pedestrian accidents near primary schools in Montréal, Canada ». *Applied GIS* Vol. 3, no. 4. [En ligne] (avril) <http://arrow.monash.edu.au/hdl/1959.1/5144>.

Marie-Soleil Cloutier a effectué la collecte des données manquantes, les traitements et les analyses et a rédigé l'article.

Philippe Apparicio a collaboré aux traitements, aux analyses et à la rédaction de la partie méthodologique.

Jean-Pierre Thouez a fourni les données à la source du projet et a révisé les versions préliminaires de l'article.

ACCORD DES COAUTEURS**Identification**

Nom : Marie-Soleil Cloutier	Code permanent : CLOM29617704
Faculté : Arts et Sciences	Programme : Ph. D. en Géographie (3-155-1-0)


Description de l'article

Titre :	GIS-based spatial analysis of child pedestrian accidents near primary schools in Montréal, Canada
Nom des auteurs :	Marie-Soleil Cloutier, Philippe Apparicio, Jean-Pierre Thouez
Revue :	Applied GIS
Date de publication :	Avril 2007
État du cheminement :	Publié

Déclaration des coauteurs

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, je suis d'accord pour que : **MARIE-SOLEIL CLOUTIER** inclut cet article dans sa thèse de doctorat, laquelle a pour titre :

Les accidents de la route impliquant des enfants piétons : analyse spatiale des risques potentiels et des risques perçus pour une meilleure prévention

Coauteur	Signature	Date
Philippe Apparicio		5 déc. 2008
Jean-Pierre Thouez		

ABSTRACT

In Montréal, Canada, accidents affecting child pedestrians (5 to 14 years old) remained almost constant from 1994 to 1999 despite the great amount of prevention measures. Moreover, the elementary public school environment has been barely taken into account by past and present research on factors affecting the risk of accident even though children attend school most weekdays. We argue here, therefore, that the integration of the local environment into the spatial analysis of child pedestrian accidents could help to reduce them. Accordingly, we have integrated socio-economic and environmental data into a geographic information system in order to perform a geographically weighted regression. Results demonstrate that the average network distance separating accident and closest school is less than 500 meters, thereby confirming a relationship of proximity between these two locations. Results also demonstrate the relevance of adding a spatial dimension to the regression model by suggesting that prevention initiatives should take into account the particular nature of each neighbourhood so that more relevant risk factors can be targeted.

KEYWORDS

Child pedestrian accidents, spatial analysis, geographically weighted regression, risk factors, geographic information system

1. INTRODUCTION

According to the latest World Health Organization injury report, road traffic accidents are the primary cause of mortality and morbidity in the 5 to 14 year-old age group within North America and the vulnerability of these children increases the severity and long-term consequences of their injuries (Krug 1999; World Health Organisation 2004). Since modern societies are concerned about their children, there is a need to explore further this public health preoccupation with local examples. In Montréal, Canada, the number of accidents affecting pedestrians in this age group remained almost constant for the six-year period 1994-1999. Figures available raise concerns about child safety on streets. According to police reports, between 193 and 228 accidents occurred each year, including thirteen deaths and 152 seriously injured victims (Société de l'assurance automobile du Québec 2004).

Historically, studies trying to link risk factors, exposure to these various factors and frequency of accidents relied on individual data but more analyses have been conducted on a territorial basis in the past years. This work arose from the awareness of the spatial interaction existing among accident locations and risk factors. Spatial analysis is helpful in this kind of analysis because it allows a broader scope of study.

Accidents and their surrounding environment can be visualised on maps and analysed spatially in order to detect locations of high risk (Thill 2000; Flahaut *et al.* 2003). This means that additional information can be drawn from existing datasets and outcomes can be focused on preventive environmental approaches because such initiatives, according to many authors, have been shown to be effective in reducing the risk of accidents more often than pedestrian education programs (Sibert 1991; Stevenson et Sleet 1997; Reading *et al.* 1999; Duperrex *et al.* 2002). As Roberts *et al.* (1995) mentioned:

While the validity and applicability of any single efficacy estimate is open to question, arguably the most important consideration is that there are studies that have consistently shown a beneficial effect of traffic calming. This cannot be claimed for child pedestrian education programs.

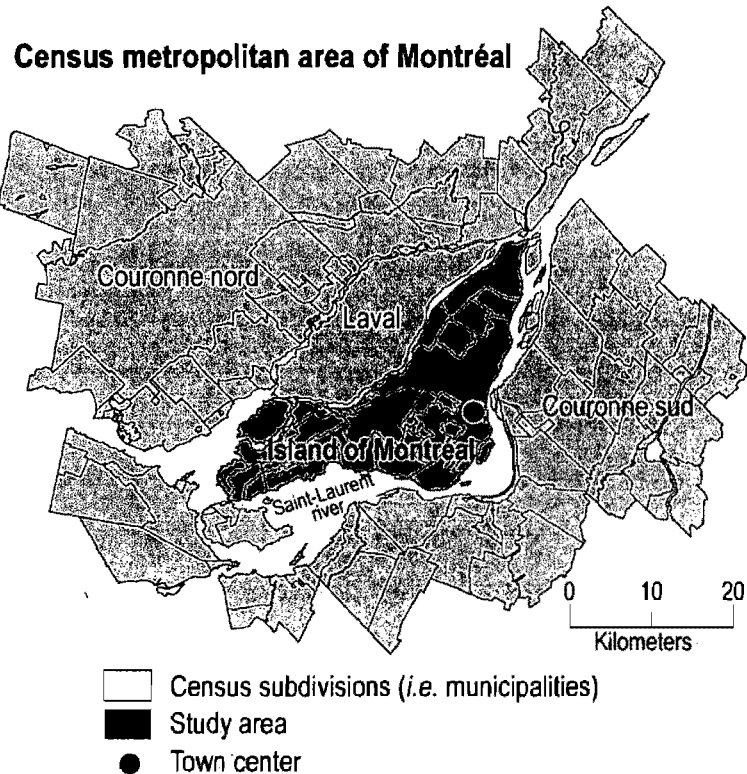
It is already known that a majority of child-related collisions happens close to home (Kendrick 1993; Wazana *et al.* 2000). Other epidemiological studies have shown that accidents involving children occur on the way to school and/or in time periods close to school hours (Joly *et al.* 1991; Carlin *et al.* 1997; LaScala *et al.* 2004). However, because most studies use traditional administrative areas (enumeration area, census tract) as the basis of their analysis, the school environment and the fact that children attend school for much of their weekdays are not sufficiently taken into account.

The objective of this paper is to integrate the elementary public schools environment into the evaluation of child-pedestrian accidents. This means that the study period is limited to the different school calendars (weekdays of the school years: September to June) and that the proximity between accidents and schools is considered through the construction of 'catchment areas'.

The latter was done because by putting the school at the center of a space of proximity, we do not study the problem starting from the usual administrative sectors, but starting from the immediate school surroundings, the real center of attraction of children during weekdays. Using such 'catchment areas' instead of conventional statistical areas has three advantages. Firstly, the areas better reflect the daily reality of pedestrians in terms of proximity to school. Secondly, the results provide local information for each school separately. Thirdly, the 'catchment areas' are used as a common space for the integration of variables that are available at different scale. Note that the variables chosen represent factors that are known from past research to affect the risk of child pedestrian accidents.

2. DATA COLLECTION

The study area is the island of Montréal, Canada's second largest city with 1.8 million people on the island, expanding to almost 3.4 million in the census metropolitan agglomeration (Figure 1) (Statistics Canada 2001).



Source: Statistics Canada, census of 2001

Figure 1- The study area in the context of the Montréal census metropolitan agglomeration

In order to model child pedestrian accident risk around primary schools, three sources of data are used: 1) information on schools; 2) police reports on child pedestrian accidents; 3) characteristics of the built environment around schools.

a. SCHOOL DATASET

Data on primary schools are provided by the School Taxation Management Council (*Conseil de gestion de la taxe scolaire de l'Île de Montréal – CGTSIM*). This dataset includes the current address, the enrolment for the year 1999-2000 (September to June) and the linguistic affiliation of each school. Schools that were not open throughout the study period (1994-1999) are excluded, together with specialised ones, for a total of 331 schools included in the study (93.8 per cent of the original dataset).

b. CHILD PEDESTRIAN ACCIDENTS DATASET

Data on child-related pedestrian accidents (0-14 years old) for the period 1995-1999 are provided by the Quebec Public Automobile Insurance Society (*Société de l'assurance automobile du Québec – SAAQ*). SAAQ data sets are the only ones that bring together all police accident reports filled on site by police officers. These reports include information on the victims (age, sex, severity of injuries) and on the event itself (date, time, location). This dataset includes events involving any contact on the street between a pedestrian and a car that lead to any type of injury for the pedestrian. Preliminary work was done to allow for a focus on schools: children below the age of five are excluded (318 accidents) as well as all summertime accidents (223), all undated accidents (36), and all those occurring during weekends or national holidays (311 plus 74). This leads to the selection of 1335 accidents (58 per cent of the original dataset).

c. BUILT ENVIRONMENT DATASET

Past studies have identified socio-economic and environmental contexts as major risk factors for child pedestrian accidents. Certain results point out to socio-economically disadvantaged areas as 'spots' of higher accident risk (Pless *et al.* 1987; Dougherty *et al.* 1990; Hasselberg *et al.* 2001; Graham *et al.* 2005) whereas others link higher levels of traffic and higher residential density to greater numbers of victims (Braddock *et al.* 1994; Roberts *et al.* 1995; LaScala *et al.* 2004).

In this study, four different elements were computed for each school in order to characterise the built environment: social deprivation, street network density, major road density (as a proxy for higher traffic) and land-use diversity (entropy index). Data on the built environment came from two main sources. Socio-economic data were extracted from the 2001 population census at the dissemination area level, while land-use and street network data were provided by the City of Montréal Geomatic Division (Statistics Canada 2001; City of Montreal 2002).

With regard to the reliability of the data, we should mention that all data included came from primary government sources that create, manage and update them regularly. The CGTSIM updates the school list every year and the five different lists (for each year of the study period) were used to find which school should be kept in our database. The SAAQ, in turn, fill in the accident database every year according to police and coroner reports. Furthermore, the staff agreed to our request to extract child pedestrian accident directly from the main database for a specific period. The general underestimation of the number of victims in police databases is well documented in the literature. Nevertheless, the monopoly that the SAAQ has in this field led us to affirm that their data are the most reliable and up-to-date source of information regarding accident site location in Montreal (Dhillon *et al.* 2001). Finally, the road network and the land-use classification were updated by the city's employees regularly and the latest version was given to us at the time that we placed a request.

3. DATA PREPARATION

a. SCHOOL AND ACCIDENT MAPPING

The street network database mentioned above was used to map selected schools and accident records according to their location attributes. Accident records where the location information was unreadable because of transcription errors are excluded from the study (104 cases). All the spelling problems were reviewed one by one in order to reduce the

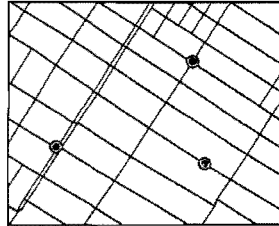
number of accidents excluded in the geocoding process. In the end, 331 schools and 1231 accidents have been mapped (92.2 per cent of the selected accidents).

b. DEFINING SCHOOL'S 'CATCHMENT AREAS'

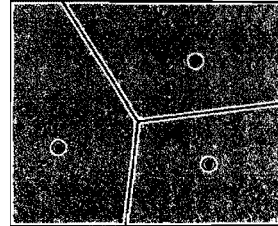
Catchment areas are created around schools based on network distance. Since accidents usually happen on roads, it is even more important to use the improved accuracy of a road network to create these areas. This approach, which is more precise than Thiessen polygons, uses global image analysis functions such as *Costallocation* and *EucAllocation* to determine catchment areas (Figure 2). These areas are shaped in ArcGIS 9.1 using the *Spatial Analyst* extension (Environmental Systems Research Institute inc. 2005). In the end, 327 catchment areas were created because four contain two schools with an identical location (in the same building). By creating these school catchment zones, it becomes possible to allocate each accident location to only one school - the closest - even though there was no way in the data provided to verify whether the child was really attending this specific school.

I. Creation of school catchment areas based on euclidean distance

(a) Vector layers

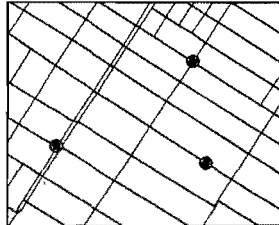


(b) Thiessen polygons

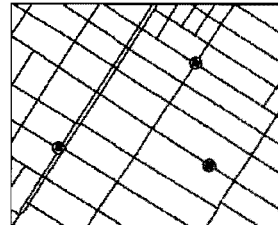


II. Creation of school catchment areas based on network distance

(a) Vector layers



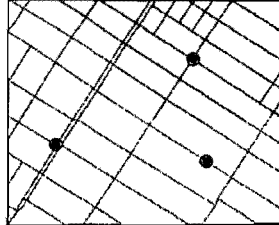
(b) Conversion to raster layers¹



SchoolR = School raster layer
StreetR = Street raster layer

(c) Cost Allocation

CostAlloc = Costallocation(SchoolR, StreetR)

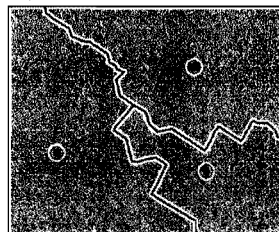


(d) Euclidean Allocation

EucAlloc = Eucallocation (CostAlloc)



(e) Conversion to vector layer



— Street network
● School
▭ School catchment area

¹ All street pixels must have the same value i.e. the same cost (value of 1 for example)

Figure 2 - Defining catchment areas: two approaches

c. DEFINING THE SCHOOL ENVIRONMENT

Once the catchment areas were delimited, four different types of variables were computed to qualify social and built environments surrounding schools. These include population characteristics, social and demographic characteristics, land use diversity and

street network characteristics. The process of integrating all sources of data was always the same and was divided in three steps.

First, each geographical unit (census area, road segment, point data, etc.) was clipped (cut) and intersected with the catchment areas to split and extract entities. The resulting entities kept their attributes and were given the unique identifier of the catchment area into which they fell. Second, in the case of polygons with population attributes, the population was fragmented proportionally to the area of each parts of the original polygon. For example, if 50% of the area of polygon p falls into the catchment area c , then only 50% of the population of polygon p was related to catchment area c . Third, all the entities were merged according to the catchment area into which they fell and relevant attributes were calculated using different operations. For example, populations were summed and density measures were computed to have one measurement for each catchment area.

Child population

As in many public health researches, a population at risk should be integrated in the model under an assumed positive relationship: the more there are children in a neighbourhood, the higher are the possibilities for child pedestrian accidents. Accordingly, the proportion of children (5 to 14 years) is calculated for each catchment area. This indicator was chosen because we are more interested in the effect of the presence of children in the population as a whole than at the total number of children per catchment area.

Social deprivation index

A social deprivation index was computed to verify the persistence of the relationship illustrated in previous work with the actual accident database. This index includes five variables: the percentage of single-parent families, the unemployment rate, the percentage adults (20 year-old and over) with less than a ninth grade education, the percentage of low income population and the percentage of immigrants having arrived during the period 1996-2001. This information was extracted at the dissemination area level from the most recent Population Census (2001).

The proposed deprivation index represents the sum of these five standardised variables (0 to 1 scale): it varies from minimal deprivation (0) to maximal deprivation (5). It is important to note here that this variable has an indirect effect on the exposure to risk since socio-economically disadvantaged areas might have more children walking to school, as mentioned in other studies (Roberts *et al.* 1996; Macpherson *et al.* 1998). It is not the purpose of the present project to verify this hypothesis again, but the results should be analysed with this relationship in mind.

Land-use diversity

The land-use classification has been used here to create an entropy index measuring the land occupational diversity of the school zones. The sixteen categories are: high, medium and low residential density; small retail; shopping center; office space; community service and equipment; public utility; industrial; quarry; landfill site; green space; golf course; cemetery; and rural and vacant space.

Diversity in the present sense goes beyond the use of simple residential density: it integrates all other land uses in an informative index representing a “risk factor”. A highly diverse neighbourhood would attract more people from outside the area, creating flows of traffic different than other neighbourhoods with low diversity. This index is calculated following equation (1) and varies from 0 (homogeneity) to 1 (diversity).

$$(eq. 1) \quad E_i = - \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{A_{ij}}{A_i} \right) \ln \left(\frac{A_{ij}}{A_i} \right) \right] / \ln n$$

where:

E_i = Land use diversity of zone i .

n = number of land-use;

A_i = area of proximity zone i ;

A_{ij} = area of land-use j in proximity zone i .

Traffic

The street network database includes a hierarchical classification of streets. This classification allocates street segments to four categories according to the number of lanes and daily traffic: local streets, collector roads, arterial roads and highways. Two variables are constructed from this network (in meters per square kilometre): the road density (all categories), and the main road density (collector and arterial). Note here that highways are excluded because usually pedestrians do not travel along them.

d. DEFINING OTHER SCHOOL VARIABLES

Two variables added to the model are specific to schools: enrolment for a chosen year and linguistic affiliation (English or French). The first one is simply the number of students registered at each school from September 1999 to June 2000 in order to verify the relationship between the size of a school and the number of accident close by. The second variable is the school language. Because of the English and French heritage of Montréal, 85 (26 per cent) of primary schools are English speaking while the rest are French speaking. Since the English ones are less numerous, their “registration” territory is larger. Consequently, we can hypothesize that the school language is significant because it has an influence on the mode of transportation of children: English-speaking schools have students coming from farther away, and thus fewer walking to school. Integrating school language as a variable in the model permits to taken into account this exposure to risk (in terms of walking or not).

In the end, eight variables are included in our analysis and some of them have been transformed in order to normalise their distribution (the operation is given in brackets):

1. the number of accidents per school zone (square root) as the dependent variable;
2. the school language — 1: English-speaking school, 0: French-speaking school;
3. school enrolment (log);
4. the proportion of children — five to 14 years-old;
5. the social deprivation index;

6. the road network density;
7. the main road density (log); and
8. the entropy index.

All variables are assumed to have a positive relationship with the number of accident except the school language. English-speaking schools should have fewer accidents.

4. METHODOLOGY

The methodology is based on three types of treatment: 1) point pattern analysis to describe the spatial distribution of child pedestrian accidents in Montréal; 2) a multiple regression model to explain globally the number of accidents; and 3) a geographically weighted regression model to show spatial variations in the relation between the number of accidents and selected explanatory variables.

a. POINT PATTERN ANALYSIS

In order to detect departures from spatial randomness within the distribution of accidents, several classical measures are used to describe the accident sites distribution:

- mean center (a central tendency measure) (equation 2);
- standard distance and standard deviational ellipse, which is a useful way to graphically represent the dispersion of points on the map (equation 3);
- nearest neighbour index (a point pattern detector measure) (equation 4); and
- density mapping (Lee et Wong 2001).

Density mapping is a good way to illustrate where points are concentrated. In a kernel density calculation as the one performed here, points that fall within the search radius are added together and then divided by the search area size to get a density value for each cell of an output matrix. The kernel feature means that points lying near the center of a raster cell's search area are weighted more heavily than those lying near the edge, giving a smoother result (McCoy and Johnston 2002).

$$(eq. 2) \quad (\bar{x}_{mc}, \bar{y}_{mc}) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \right)$$

$$(eq. 3) \quad SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_{mc})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_{mc})^2}{n}}$$

where :

n = number of points;

x_i and y_i = geographic coordinates of point i ;

\bar{x}_{mc} and \bar{y}_{mc} = geographic coordinates of the mean center.

$$(eq. 4) \quad R = \frac{r_{obs}}{r_{exp}} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i / n}{\frac{1}{2\sqrt{n/A}}}$$

d_i = distance between point i and its nearest neighbours;

n = number of points;

A = area of the referenced zone.

b. REGRESSION MODEL AND GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)

A multivariate regression model was computed to evaluate the link between selected variables and frequency of accidents. Such a global model tries to fit a regression equation in order to predict a dependent variable according to the values of p independent variables (equation 5).

$$(eq. 5) \quad y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i$$

where:

y_i = dependent variable

β_0 = intercept

β_j = regression coefficient for the independent variable j

ε_i = error

However, this kind of model, largely used in social sciences is not always appropriate with spatial data for two reasons. Firstly, it does not take into account spatial autocorrelation among the dependent and independent variables. Secondly, it cannot capture the non-stationary component of the relationship. This latter term refers to the fact that the process we are trying to investigate might not be constant over space: the measurement of the relationship depends in part on where the measurement is taken (Anselin and Griffith 1988; Bailey and Gatrell 1995; Fotheringham *et al.* 2002).

It is now possible to overcome these two drawbacks with the help of a geographically weighted regression (GWR) proposed by Fotheringham *et al.* (2002). GWR is an extension of the global model where parameters vary in space according to the geographic coordinates (u_i, v_i) of point i (equation 6). In fact, GWR calculates a regression equation for each geographic observation and provides local values for R^2 , β_0 , β_k , Student T . GWR local equations are based on a least squares method combined with a weight matrix $W(i)$ with values decreasing according to a distance d between i and j (equation 7): the closer are i and j , the higher is the weighting factor.

$$\text{(eq. 6)} \quad y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i$$

$$\text{(eq. 7)} \quad \hat{\beta}_i = (X^T W(i) X)^{-1} X^T W(i) y \quad \text{with } W(i) = \begin{pmatrix} w_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & w_{in} \end{pmatrix}$$

Two kernel functions are proposed in the model to calculate the weight matrix: a Gaussian function (equation 8) and a Bi-square function (equation 9). In the first case, the weighting is 1 when i and j coincide in space and the weighting of the rest of the data decreases according to a Gaussian curve. In the second function, the weighting of the data is continuous (near-Gaussian) up to a distance b (bandwidth) from the regression point while the rest of the data (beyond b) are given a weight of 0. This bandwidth b can be user-

defined (in terms of a distance or a number of neighbours) or can be estimated through a cross-validation (CV) method (equation 10) that minimise the CV value through the *golden section search technique* developed by Greig (Greig 1980). Fotheringham *et al.* (2002) propose other methods such as the minimisation of the AIC (*Akaike Information Criterion*), the BIC (*Bayesian Information Criterion*) or the SIC (*Schwartz Information Criterion*) to optimise the bandwidth.

In this study, we decided to automate the bandwidth according to the Gaussian Kernel weight function using the cross-validation (CV) method. The b value is optimised at 4.7 kilometres using this method. It is worth noting that we obtained similar results with the AIC optimisation but not with a user-defined bandwidth (for example with bandwidth of 5, 7 or 10 kilometers).

$$(eq. 8) \quad w_{ij} = \exp\left[-\frac{1}{2}(d_{ij}/b)^2\right]$$

$$(eq. 9) \quad w_{ij} = \begin{cases} [1 - (d_{ij}/b)^2]^2 & \text{if } d_{ij} < b \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$(eq. 10) \quad CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{i \neq i}(b))^2$$

The GWR model used for this paper assumed normality, a distribution not usually found in researches on road traffic safety - it is rather the Poisson distribution that characterised accidents, considered as “rare” events. However, since the accidents are aggregated in school zones, the dataset follows a distribution between the normal and the binomial model. Accordingly, all the variables have been tested and transformed if needed to follow normality before the model was calculated. It is worth noting that the newly released version of the GWR software allows the choice between three different models: normal, logistic and Poisson. Indeed, GWR models can be used to study other road safety data with the Poisson distribution.

5. RESULTS

a. DESCRIPTIVE STATISTICS

Before analysing the data in depth, we should look at their general portrait. Proportions of the total number of accidents remain almost constant: it fluctuates from 15.5 to 18.5 along the period studied (Table 1). Boys (59.4 per cent) are more involved than girls, as well as children of the 10 to 14 year-old age group (53.4 per cent). Periods of the day with the most accidents correspond to hours when children are not in class but are moving from or to school - in the morning (15.5%); at lunchtime (14.5%); and after class (30.5%). These numbers confirm the relevance of studying schools as a point of concentration for child pedestrian accidents.

Table 1

Descriptive statistics

Years	<i>N</i>	%	Time	<i>N</i>	%
1994	228	18.5	7 to 9 am	191	15.5
1995	204	16.6	11 am to 1 pm	179	14.5
1996	191	15.5	3 to 5 pm	376	30.5
1997	211	17.1	Others	485	39.5
1998	204	16.6	Total	1231	100.0
1999	193	15.7			
Total	1231	100.0			

b. SPATIAL DISTRIBUTION OF ACCIDENTS

Figure 3a shows the spatial distribution of accidents involving children on the Island of Montréal between 1994 and 1999. The nearest neighbour index value (0.56) indicates that the accident distribution tends to be clustered. Moreover, the standard deviational ellipse around the mean central point demonstrates that even though accidents occur all over the island, more tend to occur within and close to the ellipse, in addition to two other concentrations of accidents in socio-economically disadvantaged areas: in Montréal-Nord

(north of the ellipse: 16) and in Verdun (south of the ellipse: 27). Finally, the kernel density of accident locations shows a high concentration of accidents in the same areas, areas that correspond to the more densely populated boroughs of the island (Figure 3b).

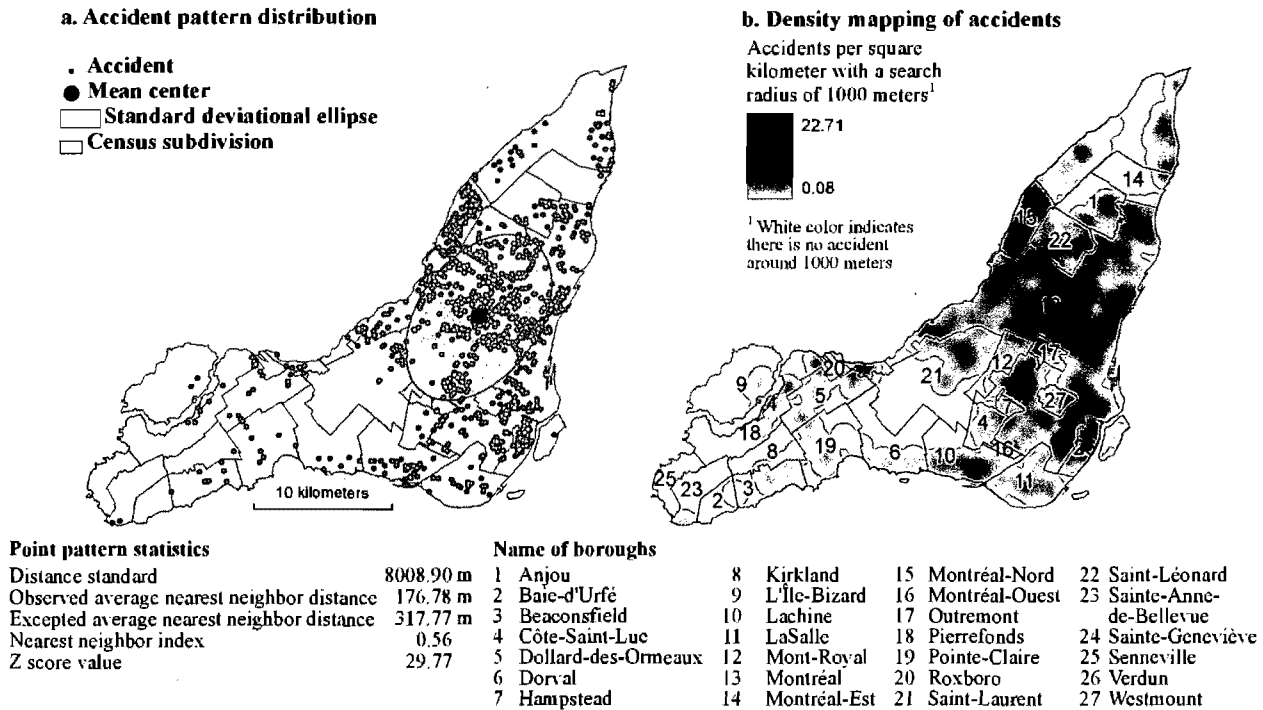


Figure 3 - Spatial distribution of child pedestrian accidents in Montréal, 1994-1999

c. RELATION BETWEEN ACCIDENT LOCATIONS AND SCHOOLS

The mean network distance between each accident and the closest school is 495 meters and 25% of the accidents occur less than 263 meters from the closest school (Table 2). Comparatively, the mean network distance between each school is 694 meters (minimum: 83 meters; maximum: 4.6 kilometers). These distances demonstrate that accidents happen closer to school and confirm the relevance of the present study. We can even hypothesize that these accidents took place while children were walking to or from school.

Table 2

Network distance between child pedestrian accidents and the closest school: some descriptive statistics

		Percentiles (% of accidents at x distance of the closest school)	Distance (m)
Minimum	0.00 m		
Mean	495.78 m	5	46.512
Maximum	3113.45 m	25	262.095
Standard Deviation	346.46	50	449.513
Skewness	1.47	75	656.785
Kurtosis	4.33	95	1165.094

d. GLOBAL MULTIVARIATE REGRESSION

A global regression model was computed to verify the statistical relationship between the number of accidents and the selected variables (Table 3). The model explains 36.5 percent of the variance in the number of accidents per catchment area, the deprivation index being the strongest variable. Low variance inflation factor (VIF) values indicate that there is no evidence of high colinearity among variables. Four out of seven parameters are statistically significant at the five percent level: the number of accidents near a school is positively related to social deprivation, to main road density and to entropy while it is negatively correlated to school language (English).

Table 3

Global multiple regression model for accident frequency in Montréal

Independent variable	Coefficient value	Standardised coefficient	T-value	Significance (p)	Variance inflation factor(VIF)
(Intercept)	-0.171		-0.301	0.764	-
Deprivation index	0.563	0.409	8.080	0.000	1.285
Children (% 5-14 years old)*	-0.029	-0.081	-1.472	0.142	1.537
Road network density	0.006	0.023	0.390	0.696	1.791
Main road density (log)	0.223	0.130	2.086	0.038	1.964
Entropy index	0.878	0.110	1.980	0.049	1.547
School enrolment (log)	0.065	0.043	0.920	0.358	1.096
School language **	-0.260	-0.117	-2.450	0.015	1.138

* Proportion per catchment area

** English speaking: 1, French speaking: 0

Note: $R^2 = 0.365$; $F = 26.15$ ($p = 0.000$)

e. GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION

A geographically weighted regression model was performed with the same variables in order to analyse spatial variability in the model. The *GWR 2.0.5* software is used to compute it (Fotheringham *et al.* 2002). The Moran's I of residuals from the global regression model was 0.12, revealing low but significant spatial autocorrelation. In the GWR model, Moran's I decreased to 0.022 while the regression coefficient (R^2) increased to 0.561, a great improvement in the model. Accordingly, the results of the ANOVA test performed between the residual of the global multiple regression model (OLS: ordinary least square) and of the GWR model is shown in Table 4 with the conclusion that the improvement between the two models is statistically significant ($p = 0.001$, Fisher value = 2.161).

Table 4

Analysis of variance (ANOVA) for the GWR model versus the OLS (global) model

Source	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean sum of squares	test of Fisher (F)
OLS Residuals	196.1	8.00		
GWR improvement	60.4	54.52	1.11	
GWR Residuals	135.7	264.48	0.51	2.16

The following figure illustrates *T*-values for each independent variable (Figure 4, see Figure 3 for the name of the municipalities), remembering that values above or below ± 2.56 are significant at the one per cent level. The child population (T2), the road network density (T3) and school enrolment (T6) are not significant in the global model, but the GWR model shows local significance: T2 is significant in the central part of the island; T3 is significant downtown, and T6 is positively significant in Anjou and Saint-Léonard and negatively significant in Dollard-des-Ormeaux and Pierrefonds. These two areas are characterised differently in terms of school enrolment because the eastern part has a higher proportion of its schools with more than 400 students.

The other variables are also interesting to consider since their significance varies locally. The influence of deprivation (T1), which has the highest coefficient value in the global model, is quite widespread since this coefficient is significant at $p=0.01$ in 79% of the catchment areas. The *t*-value is stronger in the core of the city and tends to decline with distance toward the west but stays high along the north-east axis, known to include the most deprived areas of the city.

English-speaking schools (T7) influence the model only in the north-eastern part of the island (Anjou and Montréal-Est, $p=0.01$; Saint-Léonard, $p=0.05$). This is probably due to

the fact that English-speaking schools are more numerous and regularly distributed across this part of the territory compared to the core of the city, where there are only a few and to the western part, where English is the language of most schools.

The land-use diversity measure (T5) has a high significance in the central south part of the island where entropy values are less than 0.5. These areas are principally occupied by housing but also by major public utilities and services such as cemeteries, parks and railroad tracks. Finally, the traffic density predictor (T4) is significant in Anjou, Montréal-Nord and Saint-Léonard where there is a lot of arterial traffic for two reasons: incoming cars from off-island suburbs and traffic leaving highways to get in those neighbourhoods.

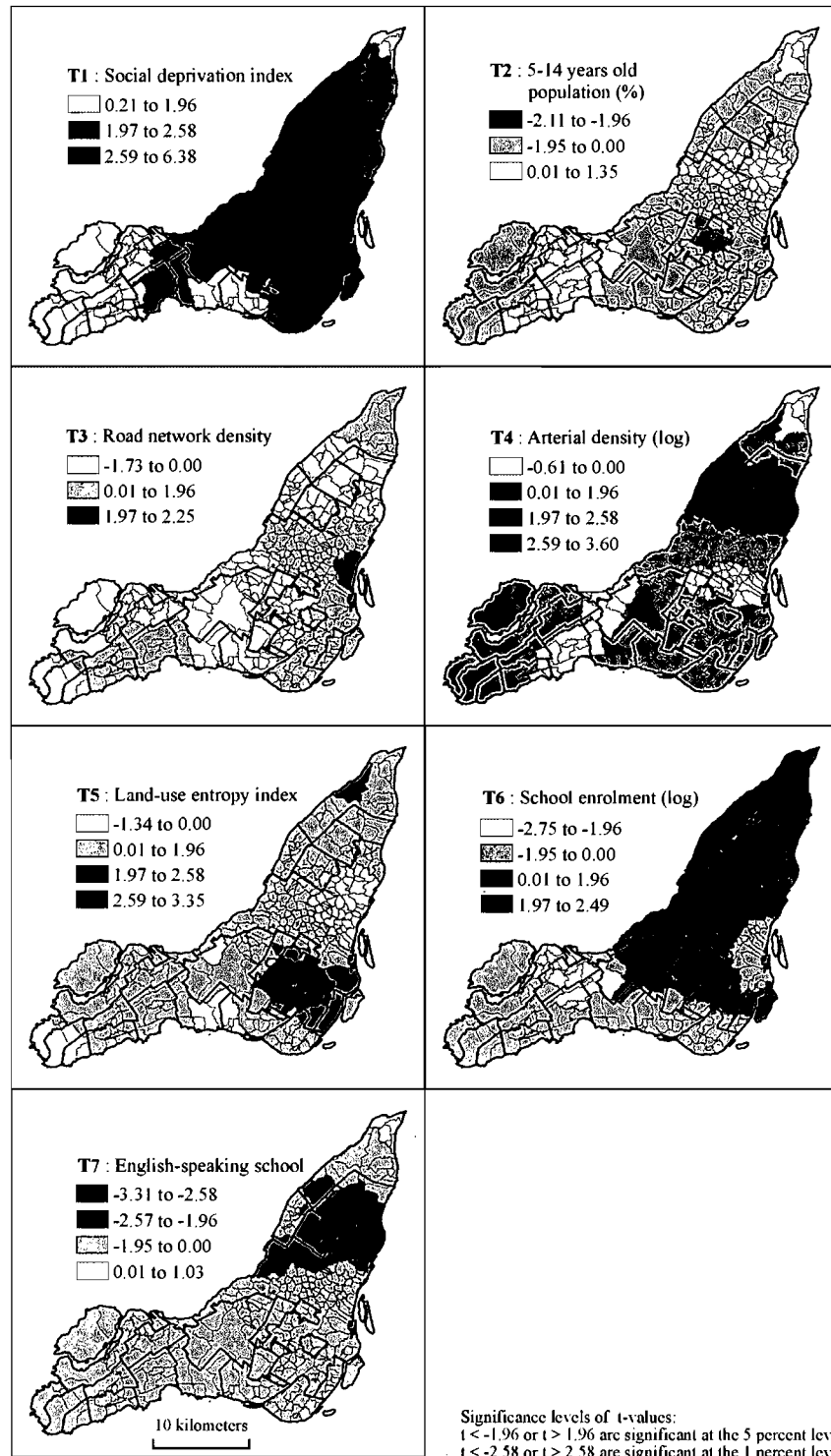


Figure 4 - Local T-values of GWR model

Finally, Figure 5a shows the spatial distribution of the most significant variable which is social deprivation (257 areas, 79 per cent of the total number of areas), school enrolment or school language (16 catchment areas each, a total of ten per cent). Figure 5b illustrates the total number of significant variables for each proximity area at the five percent level. Most of the catchment zones have only one or two significant variables (237 areas, 72 per cent) while a smaller proportion is found for three and four variables (23 and 29 areas, 16 per cent). It should also be considered that 38 areas (11 per cent) do not have any significant variables at the five per cent level.

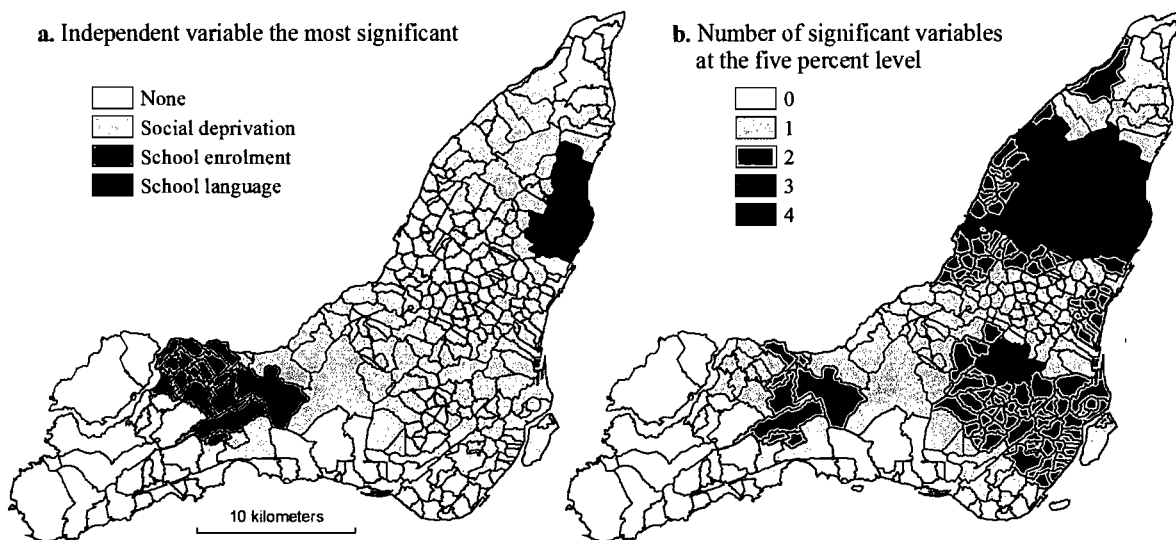


Figure 5 - Significant variables of the GWR model

6. DISCUSSION

Our descriptive results confirm those of many studies previously done in Montréal and elsewhere. First, peaks of occurrence (hours and months) resemble those noted by Pless *et al.* (1987), Joly *et al.* (1991) and DiMaggio and Durkin (2002). Second, the spatial distribution of accidents is also similar to that Joly's findings (1991), which pointed to concentrations of accident in the central and south-west neighbourhoods. However, our study, with analyses the topic with point pattern methods, offers greater depth. Our

conclusions concerning socio-economic status and traffic as factors in the increase of accidents are, furthermore comparable to earlier research (Dougherty *et al.* 1990; Roberts *et al.* 1995; Rao *et al.* 1997; Posner *et al.* 2002).

More importantly, the contribution of this paper is to analyse the data in an explicitly spatialised (GIS) framework. This research expands our knowledge of the subject by revealing an association relating the location of child pedestrian accidents and the location of primary schools. GIS techniques allow for the integration of many sources of data in order to model in a more complex way the accident sites through socio-economic, traffic and land diversity variables.

The GWR results demonstrate significant spatial variations in the relationship linking frequency of accident and different risk factors. Even the non-significant variables in the global model contribute to local models. Moreover, the GWR results suggest that prevention initiatives should take into account the particular context of each neighbourhood of the city in order to prioritise interventions on influential risk factors. These results reinforce the idea that future prevention should address local realities in their intervention planning, especially in poor neighbourhoods. For example, authorities could adapt educational campaigns to the local population in terms of mobility pattern, risk knowledge, etc. instead of following the usual application of traffic safety principles through universal mass campaigns. Future public policies should also include measures geared to the improvement of neighbourhood road infrastructures since two significant risk factors are directly related to the physical environment (land use and arterial density). Such interventions would have the potential to reduce inequalities in road traffic risk between deprived and other neighbourhoods.

7. CONCLUSION

The main objective of this paper has been to integrate the school environment into the analysis of child pedestrian accidents. This approach enables schools to be targeted for

prevention on the basis of known and new risk factors. Future methodological improvement could center on the choice of scale: Montréal is a large city with many local disparities that are not specifically studied in this project. To improve further the results at the school level, one might choose only some boroughs, take the schools they contain as representative samples and then analyse in greater depth new elements of the landscape, such as a special road layout for pedestrians. For example, another improvement could be made by integrating more elements in the construction of the catchment areas, such as physical barriers for pedestrians (railways, highways).

Finally, another potential direction for research would be to explore other elements of the urban landscape in order to integrate more risk factors in the analyses. For example, one might examine not only measures of exposure to risk in terms of traffic lights or school-crossing guard programs but also in terms of children's behaviour or mode of transportation to school. The effects of deprivation on the exposure to risk could then be directly tested. Child pedestrians move within complex spaces and many factors act in these situations to influence whether or not they will be involved in an accident. Knowing more about these factors can help to reduce levels of insecurity among our children.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank the Conseil de gestion de la taxe scolaire de l'île de Montréal (CGTSIM), the Département de Santé publique de Montréal (DSP) and the Police Road Safety Division for the data provided, as well as the Centre de Recherche sur les Transports (CRT) of Université de Montréal for the partial funding.

REFERENCES

- Anselin, L. et D. A. Griffith. 1988. « Do spatial effects really matter in regression analysis? ». *Papers in Regional Science*, Vol. 65, p. 11-34.
- Bailey, T. C. et A. C. Gatrell. 1995. *Interactive spatial data analysis*. Harlow Essex: Longman Scientific & Technical, 413 p.

- Braddock, M., G. Lapidus, E. Cromley, R. Cromley, G. Burke et L. Banco. 1994. « Using a geographic information system to understand child pedestrian injury ». *American Journal of Public Health*, Vol. 84, no. 7, p. 1158-1161.
- Carlin, J. B., M. R. Stevenson, I. Roberts, C. M. Bennett, A. Gelman et T. Nolan. 1997. « Walking to school and traffic exposure in Australian children ». *Australian & New Zealand Journal of Public Health*, Vol. 21, no. 3, p. 286-292.
- City of Montreal. 2002. *Géobase du réseau routier de l'île de Montréal*. Direction des services géomatiques.
- Dhillon, P. K., A. S. Lightstone, C. Peek-Asa et J. F. Kraus. 2001. « Assessment of hospital and police ascertainment of automobile versus childhood pedestrian and bicyclist collisions ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 33, no. 4, p. 529-537.
- DiMaggio, C. et M. Durkin. 2002. « Child pedestrian injury in an urban setting: descriptive epidemiology ». *Academic Emergency Medicine*, Vol. 9, no. 1, p. 54-62.
- Dougherty, G., I. B. Pless et R. Wilkins. 1990. « Social class and the occurrence of traffic injuries and deaths in urban children ». *Canadian Journal of Public Health. Revue Canadienne de Santé Publique*, Vol. 81, no. 3, p. 204-9.
- Dougherty, G., I. B. Pless et R. Wilkins. 1990. « Social class and the occurrence of traffic injuries and deaths in urban children ». *Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Santé Publique*, Vol. 81, no. 3, p. 204-209.
- Duperrex, O., F. Bunn et I. Roberts. 2002. « Safety education of pedestrians for injury prevention: A systematic review of randomised controlled trials ». *BMJ*, Vol. 324, no. 7346, p. 1129.
- Environmental Systems Research Institute inc. 2005. *ArcGIS Desktop 9.1*. Redlands: ESRI inc.
- Flahaut, B., M. Mouchart, E. S. Martin et I. Thomas. 2003. « The local spatial autocorrelation and the kernel method for identifying black zones: A comparative approach ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 35, no. 6, p. 991-1004.
- Fotheringham, A. S., C. Brunsdon et M. Charlton. 2002. *Geographically weighted regression: The analysis of spatially varying relationships*. Chichester: Wiley, 269 p.
- Graham, D., S. Glaister et R. Anderson. 2005. « The effects of area deprivation on the incidence of child and adult pedestrian casualties in England ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 37, no. 1, p. 125-135.
- Greig, D. M. 1980. *Optimisation*. London: Longman,
- Hasselberg, M., L. Laflamme et G. R. Weitoft. 2001. « Socioeconomic differences in road traffic injuries during childhood and youth: A closer look at different kinds of road user. ». *Journal of Epidemiology & Community Health*, Vol. 55, no. 12, p. 858-862.
- Joly, M.-F., P. Foggin et B. Pless. 1991. « Geographical and socio-ecological variations of traffic accidents among children ». *Social Science & Medicine*, Vol. 33, no. 7, p. 765-769.
- Kendrick, D. 1993. « Prevention of pedestrian accidents ». *Archives of Disease in Childhood*, Vol. 68, no. 6, p. 669-672.

- Krug, D. E. 1999. *Injury: A leading cause of the global burden of disease*. Geneva: World Health Organisation.
- LaScala, E. A., P. J. Gruenewald et F. W. Johnson. 2004. « An ecological study of the locations of schools and child pedestrian injury collisions ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 36, no. 4, p. 569-576.
- Lee, J. et D. W. S. Wong. 2001. *Statistical analysis with ArcView GIS*. New York: John Wiley & Sons, 191 p.
- Macpherson, A., I. Roberts et I. B. Pless. 1998. « Children's exposure to traffic and pedestrian injuries ». *American Journal of Public Health*, Vol. 88, no. 12, p. 1840-3.
- McCoy, J. et K. Johnston. 2002. *Using ArcGIS Spatial Analyst*. Redlands: ESRI inc., 226 p.
- Pless, B., R. Verreault, L. Arsenault, J.-Y. Frappier et J. Stulginkas. 1987. « The epidemiology of road accidents in childhood ». *American Journal of Public Health*, Vol. 77, no. 3, p. 358-360.
- Posner, J. C., E. Liao, F. K. Winston, A. Cnaan, K. N. Shaw et D. R. Durbin. 2002. « Exposure to traffic among urban children injured as pedestrians ». *Injury Prevention*, Vol. 8, no. 3, p. 231-5.
- Rao, R., M. Hawkins et B. Guyer. 1997. « Children's exposure to traffic and risk of pedestrian injury in an urban setting ». *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, Vol. 74, no. 1, p. 65-80.
- Reading, R., I. H. Langford, R. Haynes et A. Lovett. 1999. « Accidents to preschool children: Comparing family and neighbourhood risk factors ». *Social Science & Medicine*, Vol. 48, no. 3, p. 321-330.
- Roberts, I., R. Norton, R. Jackson, R. Dunn et I. Hassall. 1995. « Effect of environmental factors on risk of injury of child pedestrians by motor vehicles: A case-control study ». *BMJ*, Vol. 310, no. 6972, p. 91-94.
- Roberts, I., R. Norton et B. Taua. 1996. « Child pedestrian injury rates: The importance of "exposure to risk" relating to socioeconomic and ethnic differences, in Auckland, New Zealand ». *Journal of Epidemiology & Community Health*, Vol. 50, no. 2, p. 162-165.
- Sibert, J. R. 1991. « Accidents to children: The doctor's role. Education or environmental change? ». *Archives of Disease in Childhood*, Vol. 66, no. 7, p. 890-893.
- Société de l'assurance automobile du Québec. 2004. *Bilan 2003: Accidents, parc automobile, permis de conduire*. Direction des études et des stratégies en sécurité routière., 209 p.
- Statistics Canada. 2001. *Canadian population census*.
- Stevenson, M. R. et D. A. Sleet. 1997. « Which Prevention Strategies for Child Pedestrian Injuries? A Review of the Literature ». *International Quarterly of Community Health Education*, Vol. 13, no. 3, p. 207-217.
- Thill, J.-C. 2000. « Geographic information systems for transportation in perspective ». *Transportation Research Part C: Emerging technologies*, Vol. 8, no. 1-6, p. 3-12.
- Wazana, A., V. L. Rynard, P. Raina, P. Krueger et L. W. Chambers. 2000. « Are child pedestrians at increased risk of injury on one-way compared to two-way streets? ». *Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Santé Publique*, Vol. 91, no. 3, p. 201-206.

World Health Organisation. 2004. *World report on road traffic injury prevention*. Geneva: WHO. 178 p.

Article 2

L'environnement autour des écoles a-t-il un impact sur le risque routier impliquant des enfants piétons à Montréal? Apport de la régression de Poisson géographiquement pondérée

Marie-Soleil Cloutier^{1,2}

Philippe Apparicio^{2,3}

¹ Département de Géographie, Université de Montréal

² Laboratoire d'Analyse Spatiale et d'Économie Régionale, INRS-UCS

³ Institut National de Recherche Scientifique, Centre Urbanisation, Culture et Société (INRS-UCS)

Contribution de chaque auteur (Article 2)

Marie-Soleil Cloutier a initié le projet, a effectué la collecte des données, les traitements et les analyses et a rédigé l'article.

Philippe Apparicio a collaboré aux traitements, aux analyses et à la rédaction de l'article.

RÉSUMÉ

Malgré l'importance des campagnes de sensibilisation, le nombre de victimes piétons enfants en période scolaire est demeuré quasi constant entre 1999 et 2003 à Montréal (Canada). Par ailleurs, jusqu'à présent, l'environnement urbain entourant les écoles primaires a peu été pris en considération dans l'étude des facteurs de risque affectant ces usagers vulnérables. Le présent article a donc pour objectif d'étudier l'influence de différentes variables socio-économiques et environnementales sur le risque d'accidents piétons à travers une modélisation qui tient compte des environnements de proximité des écoles. Notre méthode fait appel aux systèmes d'information géographique et à une régression de Poisson géographiquement pondérée (GWR). Cinq variables indépendantes sont positivement associées au risque routier piéton près des écoles : le nombre de brigadiers, la mixité fonctionnelle, la densité résidentielle, la défavorisation et la densité populationnelle (enfants). Le recours à la modélisation GWR démontre comment ces facteurs de risque varient localement à travers le territoire de l'île de Montréal. La connaissance de ces variations ne peut qu'aider les décideurs à définir des stratégies de prévention plus efficaces à l'échelle locale.

ABSTRACT

Despite the great amount of prevention, child pedestrian victims in school hours in Montreal remained almost constant from 1999 to 2003. On the other hand, the elementary public school environment has been barely taken into account in research on factors affecting the risk of accident of these vulnerable users. The objective of this paper is then to explore the influence of different socio-economic and environmental variables on child pedestrian risk through the modeling of the school's surroundings. The proposed methodology uses geographic information system and geographically weighted Poisson regression (GWPR). Five variables are positively associated with pedestrian risk around schools: number of school crossing guards, land use diversity, residential density, deprivation and population density (children). GWPR permitted to demonstrate the local variations of risk factors throughout the island of Montreal. Moreover, the better knowledge of these variations can potentially help public policy makers to address local realities for more efficient interventions planning.

Mots clés

Piétons, enfants, système d'information géographique, GWR, accidentologie

Keywords

Pedestrians, children, geographic information system, GWR, accidentology

INTRODUCTION

Les effets négatifs de l'utilisation de plus en plus répandue de la voiture sont multiples : la pollution, l'insécurité et les accidents de la route n'en sont que quelques exemples. Les dernières décennies ont ainsi donné lieu au développement d'un corpus de recherches s'attardant entre autres aux usagers vulnérables du réseau routier que sont les piétons, de surcroît les enfants piétons (Stevenson et Sleet 1997; Wazana *et al.* 1997). En effet, les enfants sont des usagers plus à risque et sont des victimes affectées plus sévèrement, tant physiquement que psychologiquement, en raison de leurs attributs physiques et cognitifs encore en développement (Sandels 1970; Choinière et Dorval 1997). Au-delà des travaux qui recensent les facteurs de risque les plus fréquents chez les victimes piétons, de plus en plus d'intérêt est porté aux recherches qui examinent les espaces quotidiens vécus par les enfants (Roberts *et al.* 1995; Laflamme et Diderichsen 2000; Posner *et al.* 2002; LaScala *et al.* 2004). Dans la lignée de ces travaux, nous nous intéressons ici aux victimes piétons enfants en examinant les sites de collision en milieu scolaire.

L'école primaire représente un pilier du quotidien des enfants et son existence et son emplacement géographique revêtissent ainsi une grande importance. Par exemple, Perry (1929, cité dans Krizek 2003) fut le premier à concevoir les quartiers comme des unités spatiales de voisinage qui devaient contenir quatre éléments clés, dont une école primaire. Les autres sont : des aires de jeux et de parcs, des points de services locaux et une configuration des bâtiments et des rues qui assurent l'accès sécuritaire aux services pour tous, notamment aux piétons. Encore aujourd'hui, certains auteurs affirment que les écoles publiques doivent faire partie intégrante de tout quartier de vie puisqu'elles représentent en soi une infrastructure unique et vitale pour la santé des quartiers, autant au plan physique (édifice et terrain souvent imposants) qu'au plan social (lieu de rassemblement en tout temps) (Driedger 1991; Katz et Bressi 1994; Krizek 2003; Vincent 2006). De plus, des routines stables d'achalandage automobile et piétonnier peuvent être attribuées aux

environnements entourant les écoles, en particulier à l'entrée et à la sortie des classes. Ces affirmations mettent au premier plan l'importance de l'école comme lieu de passage et comme destination principale au quotidien, devenant ainsi un objet d'étude intéressant en accidentologie. Par ailleurs, la modélisation de ces environnements « scolaires » est peu présente dans les recherches actuelles. Notre démarche veut ainsi répondre à cette lacune en explorant, à l'aide d'un modèle intégrant l'espace, certaines variables socio-économiques et environnementales connues pour leur influence sur le risque piéton. Cet article présente notre schématisation du risque routier près des écoles avant de décrire brièvement les sources de données, les traitements préliminaires effectués et le fonctionnement de la modélisation spatiale utilisée. Nous présentons ensuite les résultats du modèle pour terminer avec une discussion sur leurs implications dans un contexte de prévention.

CADRE CONCEPTUEL

Au plan conceptuel, nous avons retenu quatre dimensions pour la modélisation du risque piéton rattaché à une école : la dimension du réseau routier, la dimension de la morphologie urbaine, celle de l'environnement socio-économique et celle du milieu scolaire. Ces dimensions abordent un certain nombre de facteurs de risque connus auxquels s'ajoutent des variables spécifiques au contexte scolaire et encore peu étudiées (Figure 1).

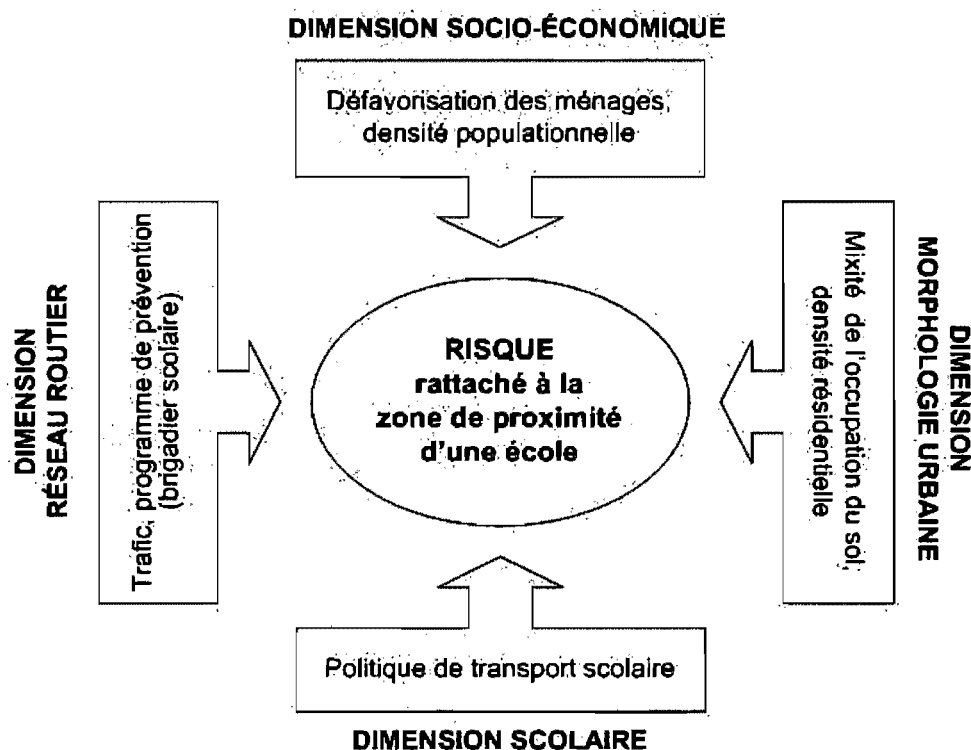


Figure 1 : Modèle conceptuel du risque routier piétonnier près des écoles primaires

Relativement à la dimension du réseau routier, nous avons retenu deux composantes. La première – les débits de trafic – est somme toute classique et souvent associée à l’occurrence des accidents (Mueller *et al.* 1990; Roberts *et al.* 1995a; Roberts *et al.* 1995b; LaScala *et al.* 2004; Lefler et Gabler 2004; Kweon et Shin 2005; Lee et Abdel-Aty 2005; Zhang *et al.* 2006). Par contre, la seconde composante demeure plus spécifique au cas montréalais : nous posons ici l’hypothèse selon laquelle un programme de prévention comme celui des brigadiers scolaires du service de Police de la ville de Montréal peut contribuer à diminuer le risque d’accidents en milieu scolaire.

La dimension morphologie urbaine renvoie à la configuration des espaces entourant les écoles à travers la mixité fonctionnelle et la densité résidentielle. Une plus grande mixité et une plus forte densité sont étroitement liées à un accroissement de l’exposition au trafic à

travers, entre autres, la pratique de la marche et les routines de jeux des enfants (Mueller *et al.* 1990; Joly *et al.* 1991; Agran *et al.* 1996; Posner *et al.* 2002; Cervero et Duncan 2003; Granié 2004; Song et Knaap 2004; Leslie *et al.* 2005; Talen 2006).

La dimension socio-économique inclut quant à elle deux composantes : la défavorisation des ménages et la densité populationnelle, toutes deux reconnues maintes fois comme des facteurs de risque importants en accidentologie (Dougherty *et al.* 1990; Braddock *et al.* 1991; Kendrick 1993; Agran *et al.* 1996; Roberts *et al.* 1996; Laflamme et Diderichsen 2000; Wazana *et al.* 2000; Lightstone *et al.* 2001; LaScala *et al.* 2004; Adams *et al.* 2005; Graham *et al.* 2005).

Finalement, la dimension scolaire prend en considération les politiques de transport scolaire sous l'hypothèse qu'elles ont une influence sur le mode de transport vers l'école, celui-ci affectant encore une fois l'exposition au trafic.

La transposition de ces dimensions dans un contexte urbain et scolaire demande la mise en place d'un territoire commun. D'emblée, la question de la délimitation de ce territoire s'impose donc à nous. Dans le cas présent, l'école est considérée comme le point central pour la construction de zones de proximité. Ces zones seront ensuite caractérisées par certaines variables reliées aux dimensions explicitées précédemment, et intégrées dans une modélisation qui tient compte de l'espace et qui permet l'analyse de spécificités locales.

METHODOLOGIE

Région d'étude : Montréal, Canada

Le recensement canadien de 2001 établit la population montréalaise à près de 1,8 millions et à plus de 3,4 millions pour la grande région métropolitaine, ce qui en fait la seconde ville canadienne en importance après Toronto (Statistique Canada 2001). De plus, Montréal comporte plusieurs caractéristiques uniques de par son héritage de métropole québécoise et canadienne : un clivage linguistique et économique s'établit entre les

extrémités est (francophone et moins fortunée) et ouest (anglophone et plus fortunée) de l'île (Drouilly 1996; Apparicio et Séguin 2002). Ce clivage historique, bien qu'il s'atténue ces dernières décennies, se fait sentir dans la distribution spatiale des accidents et des écoles : les écoles anglophones étant situées plus à l'ouest ont en général des fréquences d'accidents plus faibles (Cloutier 2004). En raison de son poids démographique et de son caractère urbain, cette région du Québec est l'endroit où le bilan des accidents piétons est le plus important. Cela a rendu possible la collecte d'un grand nombre d'accidents impliquant des enfants piétons sur une courte période (5 ans). De plus, bien que Montréal semble favorisé au plan de la marche chez les enfants en comparaison avec d'autres grandes villes occidentales (Roberts *et al.* 1997), elle n'est pas à l'abri de la tendance mondiale qui démontre une diminution constante des modes de transport actif au profit de la voiture, notamment pour se rendre à l'école (Morency et Chapleau 2005; Gagné et Lewis 2008).

Données : sources et traitements préliminaires

Afin de modéliser le risque d'accidents impliquant des enfants autour des écoles primaires, trois jeux de données intégrées dans les SIG sont utilisés : les sites d'accidents impliquant des enfants, des données relatives aux écoles et d'autres relatives à l'environnement urbain.

Sites d'accident

La compilation des victimes piétonnes impliquées dans une collision avec un véhicule a été effectuée par la Société d'assurance automobile du Québec (SAAQ) pour une période de cinq ans (1999-2003) et pour une population ciblée (5-14 ans inclusivement). La base de données résultante comprend des informations sur les victimes (âge, sexe, sévérité des blessures selon le policier sur les lieux) et sur l'accident lui-même (numéro d'évènement unique, date, heure, localisation géographique). Des traitements préliminaires ont été effectués sur la base de données originale pour s'en tenir aux accidents en période

scolaire (du lundi au vendredi et de septembre à juin) et pour normaliser les attributs de localisation (noms de rue). Au total, 968 sites d'accident ayant au moins une victime ont été géocodés dans un système d'information géographique (ArcGIS), soit 64 % du nombre original d'accidents.

Milieu scolaire

Les données concernant les écoles primaires publiques ont été fournies par le Conseil de gestion de la taxe scolaire de l'île de Montréal (CGTSIM). Elles comprennent notamment l'adresse civique et le nombre d'inscrits pour l'année scolaire 2000-2001. Nous avons exclu de l'étude les écoles qui n'étaient pas ouvertes durant toute la période d'étude (1999-2003) et les écoles spécialisées (pour des élèves avec difficultés ou handicapés), pour un total de 321 écoles aussi intégrées dans un SIG à partir d'un géocodage à l'adresse civique (Apparicio et Cloutier 2007).

Deux autres acteurs reliés au milieu scolaire ont été sollicités : les cinq commissions scolaires en charge du transport des élèves et le Service de police de la ville de Montréal (SPVM) en charge des brigadiers scolaires. Les informations concernant le transport scolaire en 2000-2001 nous ont permis de prendre en considération les statistiques reliées au transport scolaire tandis que la recension effectuée à partir des documents du SPVM (année scolaire 2003-2004) a permis la spatialisation de 519 traversées où un brigadier scolaire est en poste à tous les jours.

Environnement urbain

Trois sources de données ont été mises à notre disposition pour la définition de l'environnement urbain entourant les écoles : le recensement de la population (2001) diffusé par Statistique Canada et les cartes du réseau routier (2003) et d'occupations du sol (2000) du Service de géomatique de la Ville de Montréal (Communauté urbaine de Montréal (CUM) 2001).

Données : intégration spatiale et création des variables

Délimitation des zones de proximité autour des écoles

La création des zones de proximité autour des écoles est basée sur la distance réticulaire et repose sur des fonctions globales d'analyse d'image dans les SIG (Tomlin 1990). La démarche suivie est illustrées à la Figure 2. Brièvement, le principe se décompose en quatre étapes réalisées dans le module Spatial Analyst d'ArcGIS (McCoy et Johnston 2002) :

1. Les couches vectorielles des écoles et du réseau routier ont été converties en couches matricielles ;
2. La fonction CostAllocation a attribué à chaque pixel de rues l'identifiant de l'école la plus proche ; puis
3. La fonction EucAllocation a attribué l'identifiant de l'école la plus proche aux pixels compris entre deux segments de rues ; et
4. La couche matricielle des zones de proximité ainsi générée a été convertie en couche vectorielle (polygones).

L'avantage d'une telle méthode est de délimiter des zones d'influence à partir de la distance réticulaire (à partir du réseau de rues), et non pas en fonction de la distance euclidienne (à vol d'oiseau) comme c'est le cas avec les polygones Thiessen. Une fois ces 321 zones de proximité délimitées, il est alors possible de générer plusieurs variables caractérisant l'environnement urbain de ces zones, mais surtout, d'attribuer les sites d'accident à une seule école, soit celle la plus proche.

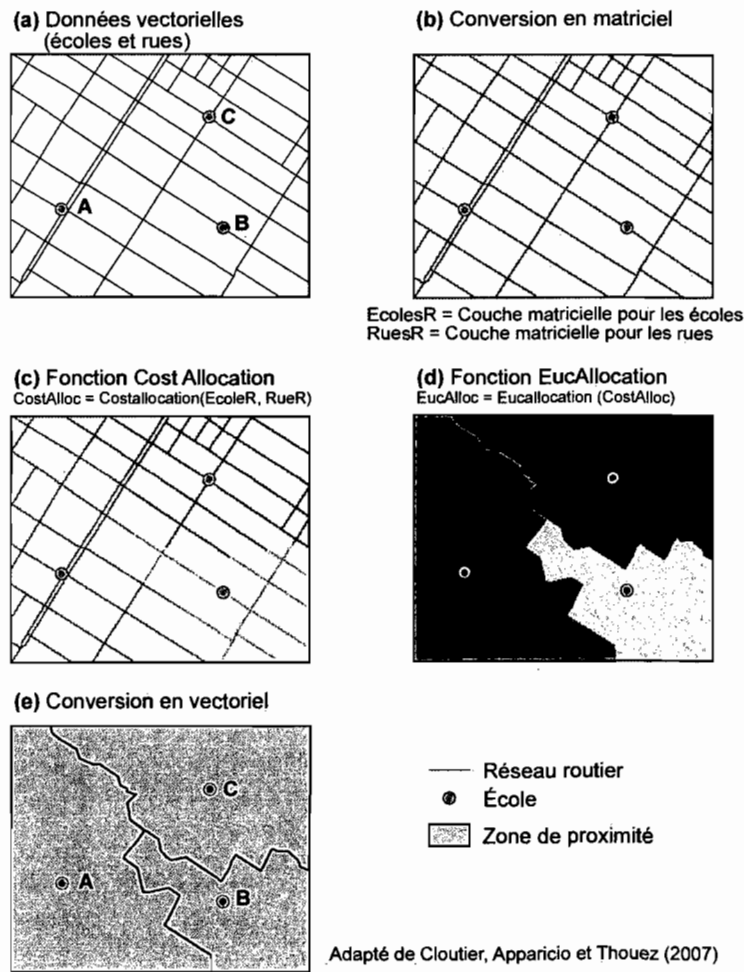


Figure 2 : Création des espaces de proximité autour des écoles à partir de la distance réticulaire

Les variables du modèle

Le risque routier près des écoles est modélisé à partir des zones de proximité créées. Subséquemment, la variable dépendante provient du nombre d'accidents impliquant des enfants piétons ayant eu lieu dans la zone de proximité de chaque école. Quant aux neuf variables dépendantes – les facteurs de risque sélectionnés –, elles sont rattachées aux dimensions introduites plus tôt (Tableau 1).

Tableau 1 : Les variables indépendantes utilisées pour modéliser le nombre d'accidents dans les zones de proximité des écoles

Dimension	Facteur de risque	Variable
Réseau routier	Trafic	• Densité du réseau (longueur en mètres au km ²)
		• Densité des artères (longueur en mètres au km ²)
	Programme de prévention	• Nombre de brigadiers
Morphologie urbaine	Mixité fonctionnelle	• Indice d'entropie des occupations du sol (0 à 1)
	Densité résidentielle	• Nombre de logement au km ²
		• Proportion de l'occupation <i>habitation faible densité</i> dans la superficie totale de la zone de proximité
Socio-économique	Défavorisation sociale	• Indice de défavorisation
	Densité populationnelle	• Proportion d'enfants de 5 à 14 ans dans la population totale résidant dans la zone de proximité
Scolaire	Politique de transport scolaire	• Proportion d'élèves non éligibles au transport par autobus scolaire

Concernant la dimension réseau routier, trois variables ont été retenues : la densité du réseau, la densité des artères et les brigadiers scolaires. Les deux premières variables ont été calculées en fonction de la longueur des segments de rues – soit l'ensemble des segments, soit ceux des artères principales et secondaires – compris dans chaque zone de proximité tandis que la seconde est le nombre de brigadiers présents dans chaque zone de proximité.

Relativement à la dimension morphologie urbaine, trois variables ont été créées : un indice d'entropie de l'occupation du sol, la densité résidentielle globale et la faible densité résidentielle. L'indice d'entropie est calculé en fonction des 16 occupations du sol présentes sur le territoire de l'île de Montréal. Cet indice varie de 0 à 1 soit d'une spécialisation parfaite (une seule occupation du sol est présente dans la zone) à une diversité fonctionnelle maximale (chacune des 16 occupations du sol couvre 1/16 de la

superficie de la zone de proximité); il est calculé de la façon suivante (Theil 1972; Apparicio 2000) :

$$E_j = - \sum_{i=1}^n [(A_{ij} / A_i) \ln(A_{ij} / A_j)] / \ln n$$

où :

E_j = mixité fonctionnelle de la zone de proximité j en fonction des occupations du sol

n = nombre total d'occupations du sol (=16)

A_{ij} = aire de l'occupation du sol i dans la zone de proximité j

A_j = aire de la zone de proximité j

Les deux autres variables retenues pour cette dimension sont le nombre de logements au kilomètre carré (densité résidentielle) et la proportion de la superficie totale de la zone de proximité occupée par de l'habitation à faible densité.

Pour ce qui est de la dimension socio-économique, deux variables ont été calculées : un indice de défavorisation et une densité populationnelle (enfants). L'indice de défavorisation sociale est en fait la sommation de quatre variables ramenées sur une échelle de 0 à 1 en lien avec la pauvreté (Greene 1991; Apparicio *et al.* 2007a; Cloutier *et al.* 2007) : le pourcentage de familles monoparentales dans l'ensemble des familles; le taux de chômage, la proportion d'adultes de plus de 20 ans avec une faible scolarité (moins d'une neuvième année) et le pourcentage des ménages à faible revenu. L'indice varie potentiellement de 0 à 4, soit d'une défavorisation minimale à une défavorisation maximale. Pour notre jeu de données, il varie entre 0,18 (défavorisation minimale) et 3,37 (défavorisation maximale). La densité populationnelle est représentée quant à elle par la proportion d'enfants de 5 à 14 ans dans la population totale résidant dans la zone de proximité.

La dimension scolaire est opérationnalisée par une seule variable dans le cas présent : la proportion des élèves n'étant pas éligible au transport par autobus scolaire. Cette variable représente l'hypothèse selon laquelle un plus grand nombre d'enfants sont susceptibles de

se rendre à pied à l'école lorsqu'ils ne sont pas éligibles au transport. Elle a été calculée pour chaque école selon le nombre d'inscrits en 2000-2001 (dénominateur).

Finalement, la variable dépendante à modéliser représente le nombre de sites d'accident par zones de proximité. La distribution des fréquences de cette variable, comme bien souvent en accidentologie, suit une distribution de Poisson : les petits effectifs sont plus fréquents du fait que les accidents sont des événements rares dans le temps et dans l'espace (Lovett et Flowerdew 1989; Rosner 2006). La modélisation du risque à partir de cette variable devra donc tenir compte de cette distribution.

Le recours à la modélisation spatiale

Les méthodes de régression classiques, largement utilisés en sciences sociales, consiste à modéliser un phénomène en définissant une équation de régression afin de prédire la valeur d'une variable dépendante y sur la base de valeurs de k variables indépendantes (x_1, \dots, x_k). Par exemple, la régression de Poisson qui permet, comme son nom l'indique, de modéliser une variable y suivant une distribution de Poisson, s'écrit :

$$\log([E(y_i)]) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki}$$

Par ailleurs, les modèles de régression classiques sont souvent peu appropriés aux données spatiales puisqu'ils ne prennent pas en compte l'autocorrélation spatiale des variables indépendantes et de la variable dépendante. Ils ne saisissent pas non plus l'instabilité spatiale de la relation entre la variable y et les variables indépendantes (Anselin et Griffith 1988; Fotheringham *et al.* 1996). Ces relations peuvent en effet varier dans l'espace : « le modèle est alors très efficace dans certaines zones géographiques et inversement, peu efficace dans d'autres. Une telle situation se traduit habituellement par une autocorrélation spatiale positive des résidus » (Apparicio *et al.* 2007b).

Afin de contrer ce problème d'instabilité spatiale du modèle, mais aussi afin d'analyser localement la relation entre la variable dépendante et ses prédicteurs, les géographes ont recours de plus en plus fréquemment à ce que Fotheringham et ses collègues ont appelé la régression géographiquement pondérée (Geographically weighted regression – GWR) (Fotheringham *et al.* 1998; 2002; LeSage 2004). Succinctement, les modèles GWR sont en fait des extensions des modèles de régression classique. Par exemple, un modèle GWR Poisson s'écrit de la façon suivante, où (u_i, v_i) représente les coordonnées géographiques du point i (ou du centroïde du polygone i) et où les paramètres β_0 et β_k peuvent varier dans l'espace (Fotheringham *et al.* 1998; Fotheringham *et al.* 2002; Nakaya *et al.* 2005).

$$\log([E(y_i)]) = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i$$

L'objectif ici n'est pas de décrire en détail la GWR; pour une description plus détaillée des paramètres du modèle, on pourra consulter Fotheringham *et al.* (2002) ou Apparicio *et al.* (2007b). Cependant, retenons que la résolution de cette équation de régression sous une distribution de Poisson est basée sur une méthode itérative des moindres carrés (iteratively reweighted least squares) et sur une matrice de pondération qui varie en fonction de la distance séparant les unités i et j .

Ainsi, les modèles GWR produisent une équation de régression pour chaque entité spatiale, et des valeurs locales pour les paramètres (β_0, β_k), les résidus, les T de Student, etc. Ces valeurs peuvent donc être cartographiées et analysées dans leur contexte spécifique. Dans le cadre de cette étude, le recours à un modèle GWR Poisson permettra de visualiser l'intensité des variations locales des facteurs prédictifs des accidents dans les zones de proximité des écoles.

RÉSULTATS

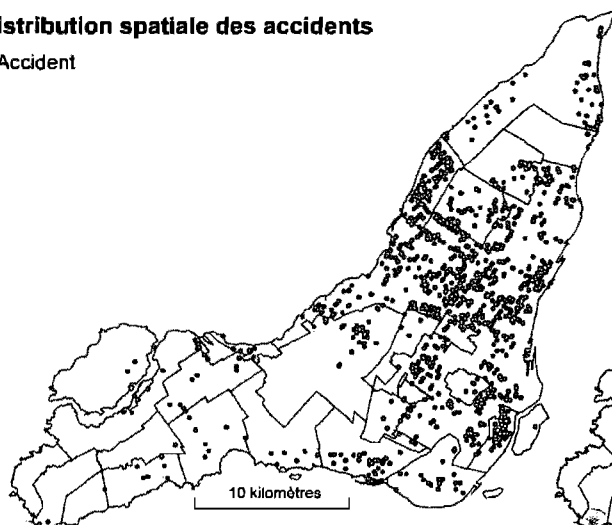
Portrait descriptif de l'accidentologie du territoire à l'étude

Avant d'analyser les résultats des modèles, il convient de dresser le portrait des accidents impliquant des enfants piétons à Montréal pour la période étudiée (1999-2003). Notons tout d'abord que le nombre d'accidents en période scolaire oscille autour de 200 par année, avec une faible diminution en 2002 et 2003 (181 et 183 accidents respectivement). De ces victimes, 61 % étaient des garçons et 55 % étaient âgées entre 10 et 14 ans.

La distribution géographique des sites d'accidents démontre une concentration dans les quartiers centraux où la densité de population et de circulation automobile est la plus forte. Ces zones de concentration correspondent globalement aussi aux espaces de pauvreté de Montréal. Par ailleurs, il est intéressant d'observer que les sites d'accidents se retrouvent un peu partout sur le territoire à l'étude, nous rappelant que peu de zones peuplées sont totalement exemptes d'accidents (Figure 3).

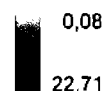
A. Distribution spatiale des accidents

- Accident



B. Densité d'accidents

Nombre d'accidents au kilomètre carré dans un rayon de 1000 mètres¹



¹ La couleur blanche indique qu'il n'y a aucun accident dans un rayon de 1000 m.

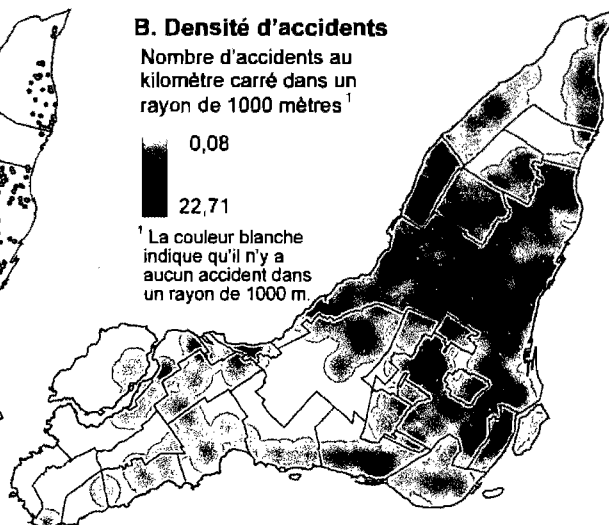


Figure 3 : Distribution géographique des sites d'accidents impliquant des enfants piétons à Montréal

Modèle de régression géographiquement pondérée (GWR)

Le Tableau 2 présente les résultats d'un modèle de Poisson global qui ne tient pas compte de l'espace. On remarque dans ce modèle que cinq variables sont significativement et positivement reliées au nombre d'accidents par zone de proximité. Ce sont dans l'ordre la densité populationnelle, l'indice de défavorisation, le nombre de brigadiers, la densité résidentielle et l'indice d'entropie. Les résultats du modèle GWR démontrent également le pouvoir explicatif de ces cinq mêmes variables. Par ailleurs, le modèle GWR représente une amélioration du modèle global puisque le critère AIC y est moins élevé : il passe de 536,2 pour le modèle global à 339,6 pour le modèle GWR (Nakaya *et al.* 2005).

Tableau 2 : Résultats du modèle GLOBAL de Poisson

Variable	β	Ereur Standard	Valeur de T	Exp (B)	Exp (B) standardisé
Intercepte	-1,593	0,314	-5,068	0,203	0,064
Densité du réseau	0,007	0,012	0,553	1,007	0,012
Densité des artères	0,021	0,023	0,903	1,021	0,023
Nombre de brigadiers	0,131	0,024	5,415	1,139	0,027
Indice d'entropie	0,856	0,376	2,278	2,354	0,885
Densité résidentielle	0,094	0,023	4,050	1,098	0,025
Faible densité résidentielle	0,001	0,002	0,570	1,001	0,002
Indice de défavorisation	0,445	0,058	7,719	1,560	0,090
Densité populationnelle (enfants)	0,001	0,000	7,954	1,001	0,000
Éligibilité au transport	0,204	0,159	1,279	1,226	0,195

Comme mentionné précédemment, l'avantage principal de la régression géographiquement pondérée est qu'il est possible de géovisualiser les variations locales du modèle général et ainsi de discerner où le modèle s'ajuste le mieux. À ce titre, les Figure 4 et 5 illustrent respectivement le nombre de variables significatives et les valeurs de T rattachées à chaque entité spatiale – les zones de proximité – pour les cinq variables

indépendantes significatives. Le premier constat général qui se dégage de ces résultats est que le nombre de variables indépendantes significatives est plus important dans les quartiers centraux et dans les quartiers plus périphériques de l'est de l'île de Montréal (Figure 4.A). Second constat général, la variable indépendante la plus significative n'est pas la même pour toutes les zones de proximité (Figure 4.B) : la densité populationnelle est la plus significative dans les zones du centre de l'île de Montréal alors que dans les zones de l'est de l'île, c'est la défavorisation qui a le plus grand pouvoir explicatif.

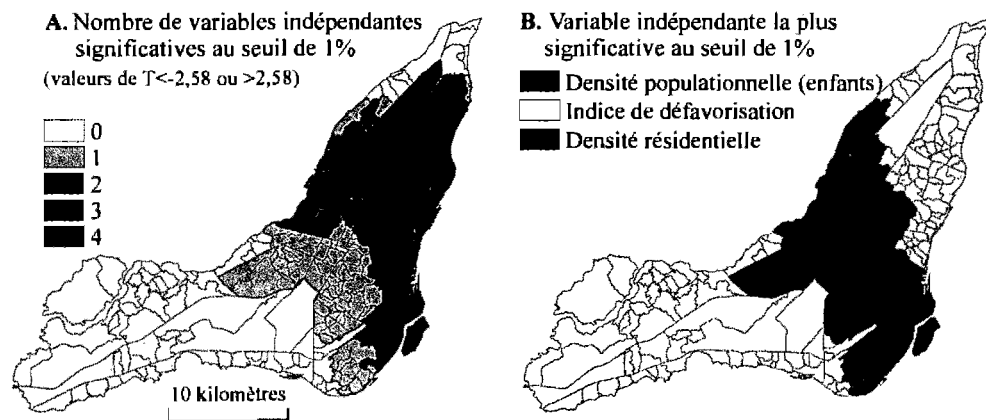


Figure 4 : Variables indépendantes significatives du modèle GWR

De façon plus détaillée, la relation entre la présence de brigadiers et le risque d'accident ne se manifeste pas dans le sens de notre hypothèse de départ, ce qui nous ramène à réfléchir sur la procédure d'attribution des brigadiers à des traversées spécifiques. En effet, comme ces traversées sont bien souvent choisies en fonction de leur dangerosité élevée, il est normal de constater un lien statistique positif entre la présence de brigadiers et le risque d'accident, a fortiori dans les zones significatives illustrées, connues pour leur accumulation de facteurs de risque (Figure 5.A). Cela ne remet pas en cause l'efficacité de ce programme de prévention, mais renforce plutôt l'importance de son application.

La significativité des deux variables concernant la morphologie urbaine démontre le lien fort existant entre la configuration de certains quartiers et le risque d'accident. La variable

entropie n'est significative que dans quelques zones de proximité au Nord-Est de l'île alors que la variable densité résidentielle est reliée au risque d'accident dans des zones de proximité au Centre et dans l'Est de la ville (Figure 5.B et C). Rappelons en terminant que ces variables de configuration des quartiers sont reconnues pour avoir des répercussions sur le trafic, bien que les deux variables en lien avec le trafic ne soient pas significatives dans notre modèle.

Finalement, il n'est pas étonnant de constater que les variables indice de défavorisation et proportion d'enfants aient une plus grande aire d'influence dans la ville, ces deux facteurs étant les plus cités dans les recherches sur les enfants piétons (Figure 5.D et E).

CONCLUSION

Les résultats obtenus corroborent les recherches portant sur la problématique des enfants piétons à Montréal, notamment en ce qui concerne la défavorisation et la distribution spatiale des accidents en général (Pless *et al.* 1987; Dougherty *et al.* 1990; Joly *et al.* 1991; Macpherson *et al.* 1998).

Par ailleurs, nos travaux explorent plus en profondeur les relations entre certains facteurs de risque et l'occurrence d'accidents d'une façon nouvelle et unique. En effet, les résultats de la modélisation à l'aide des SIG et de la GWR confirment le fort potentiel de ces outils pour analyser spatialement et localement la problématique des accidents de la route. De plus, la GWR est tout à fait propice à l'emphase que nous mettons sur l'influence potentielle des environnements autour des écoles. À ce titre, le choix des zones de proximité comme unité spatiale d'analyse apporte une originalité méthodologique tout en contribuant à l'avancement des connaissances en accidentologie.

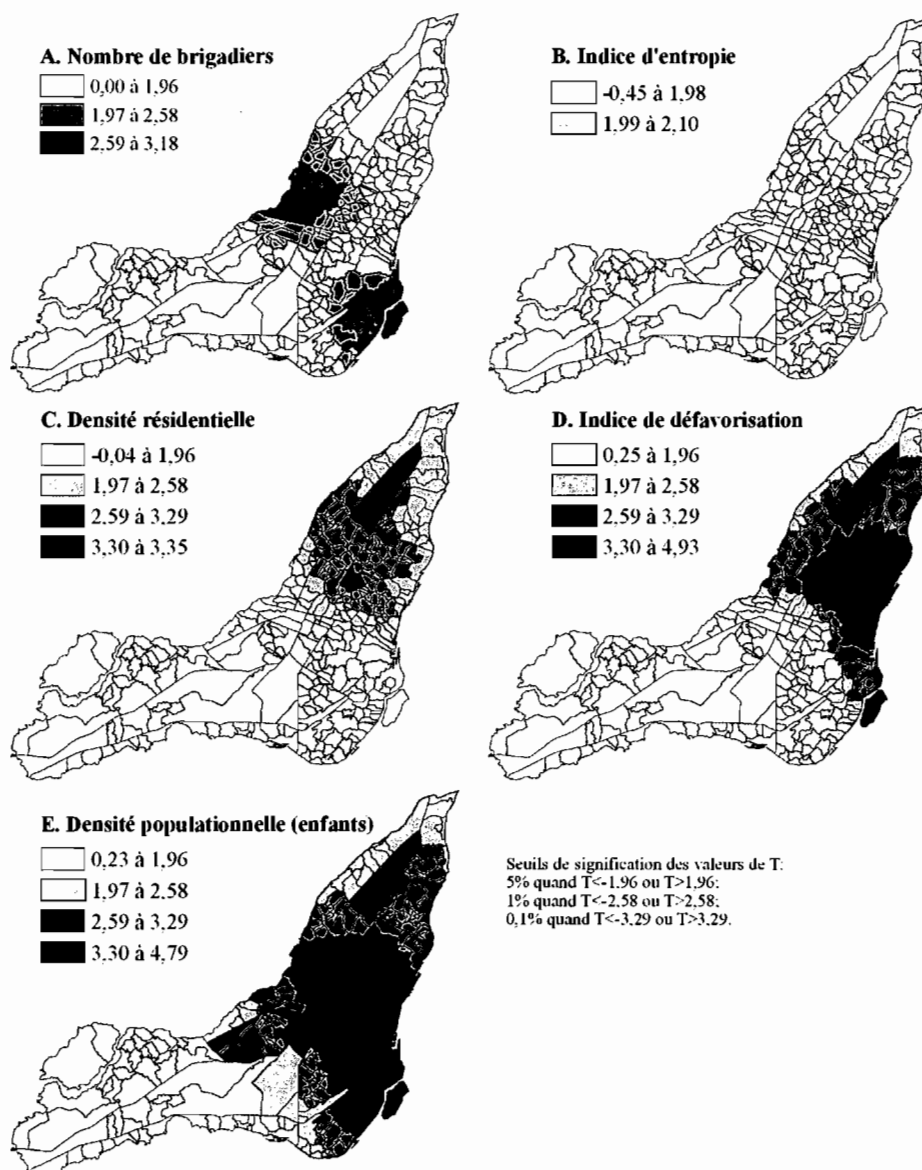


Figure 5 : Valeurs locales du T de Student pour le modèle GWR Poisson

L'objectif de la présente recherche était d'étudier l'influence de différentes variables socio-économiques et environnementales sur le risque d'accident piéton à travers une modélisation qui tient compte de l'environnement urbain autour des écoles. Au-delà de

l'identification d'écoles et d'environnements plus à risque, il est bon de rappeler que ce risque d'accident accru pour les jeunes piétons crée des appréhensions envers les modes de transport actifs que sont la marche et le vélo, réduisant ainsi la pratique d'activité physique, notamment sur le chemin de l'école. Bien que difficile à quantifier, cette insécurité modifie les habitudes de vie des enfants et des familles au profit de la voiture alors que les conséquences de ces modifications ne sont pas du tout pris en compte dans les bilans routiers habituels (Hillman et Adams 1992). Au regard de ces constats, la réflexion qui s'engage présentement au sein des organisations de santé publique devient primordiale dans toute stratégie de mobilité scolaire, et les travaux à caractère géographique devraient y prendre une place grandissante.

Nos résultats s'insèrent donc dans une vision de la prévention priorisant l'environnement. Ce type d'approche est de plus en plus prisée par les divers intervenants puisque les mesures de prévention éducatives visant uniquement les changements de comportement chez les enfants se sont avérées très peu efficaces pour réduire le nombre de victimes à moyen et à long terme (Preusser et Lund 1988; Schieber et Thompson 1996; Granié 2004). Notre approche contribue aussi à mettre l'emphase sur le caractère local de certains facteurs de risque. Tous les quartiers de la ville n'ont pas la même expérience du risque routier piéton et les facteurs de risque identifiés pour l'ensemble d'une ville donnée n'agissent pas localement avec la même intensité.

Il ne s'agit pas ici de remettre en cause les politiques globales de prévention, mais plutôt d'affirmer la complémentarité de celles-ci avec des plans d'intervention à l'échelle locale. Or, une connaissance approfondie des facteurs de risque locaux, et surtout de leur intensité, ne peut qu'aider les intervenants de santé publique à définir des stratégies de prévention prenant mieux en compte les réalités locales, les rendant ainsi, on l'espère, plus efficaces.

BIBLIOGRAPHIE

ADAMS, J., M. WHITE et P. HEYWOOD. 2005. « Time trends in socioeconomic inequalities in road traffic injuries to children, Northumberland and Tyne and Wear 1988-2003 ». *Injury Prevention*, Vol. 11, no. 2, p. 125-126.

AGRAN, P., D. WINN, C. ANDERSON, C. TRAN et C. D. VALLE. 1996. « The role of the physical and traffic environment in child pedestrian injuries ». *Pediatrics*, Vol. 98, no. 6, p. 1096-1103.

ANSELIN, L. et D. A. GRIFFITH. 1988. « Do spatial effects really matter in regression analysis? ». *Papers in Regional Science*, Vol. 65, p. 11-34.

APPARICIO, P. 2000. « Les indices de ségrégation résidentielle : Un outil intégré dans un système d'information géographique ». *Cybergeo : Espace, Société, Territoire* no. 134. [En ligne] (16 juin). Consulté le 3 septembre 2005.

APPARICIO, P. et M. S. CLOUTIER. 2007. « Système d'information géographique et santé ». In *Géographie de la santé : Un panorama*, sous la dir. de S. Fleuret et J. P. Thouez, p. 133-149. Paris : Economica/Anthropos.

APPARICIO, P., M. S. CLOUTIER et R. SHEARMUR. 2007a. « The case of Montréal's missing food deserts: Evaluation of accessibility to food supermarkets ». *International Journal of Health Geographics* Vol. 6, no. 4. [En ligne] (12 février). Consulté le 15 février 2007.

APPARICIO, P. et A.-M. SEGUIN. 2002. « La division de l'espace résidentiel montréalais en fonction de la langue maternelle : Apport des indices de ségrégation résidentielle ». *Canadian Journal of Urban Research*, Vol. 11, no. 2, p. 265-297.

APPARICIO, P., A.-M. SÉGUIN et X. LELOUP. 2007b. « Modélisation spatiale de la pauvreté urbaine : Apport méthodologique de la régression géographiquement pondérée ». *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*, Vol. 51, no. 4, p. 412-427.

BRADDOCK, M., G. LAPIDUS, D. GREGORIO, M. KAPP et L. BANCO. 1991. « Population, income, and ecological correlates of child pedestrian injury ». *Pediatrics*, Vol. 88, no. 6, p. 1242-1247.

CERVERO, R. et M. DUNCAN. 2003. « Walking, bicycling, and urban landscapes : evidence from the San Francisco Bay Area ». *American Journal of Public Health*, Vol. 93, no. 9, p. 1478-1483.

CHOINIÈRE, R. et D. DORVAL. 1997. « Pedestrian Injuries ». In *For the safety of Canadian children and youth : From injury data to preventive measures*, sous la dir. de G. Beaulne, p. 91-103. Ottawa: Health Canada.

CLOUTIER, M. S. 2004. « L'utilité d'un système d'information géographique pour analyser la sécurité des enfants à proximité des écoles primaires de Montréal ». *Projet de maîtrise*, Montréal, Université du Québec à Montréal, 74 p.

CLOUTIER, M. S., P. APPARICIO et J. P. THOUÉZ. 2007. « GIS-based spatial analysis of child pedestrian accidents near primary schools in Montréal, Canada ». *Applied GIS* Vol. 3, no. 4. [En ligne] (avril). Consulté le 5 mai 2007.

COMMUNAUTE URBAINE DE MONTREAL (CUM). 2001. Carte d'occupation du sol (édition 2000) – document d'accompagnement. Communauté Urbaine de Montréal, Division de l'aménagement, service de la mise en valeur du territoire, 8 p.

DOUGHERTY, G., I. B. PLESS et R. WILKINS. 1990. « Social class and the occurrence of traffic injuries and deaths in urban children ». *Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Santé Publique*, Vol. 81, no. 3, p. 204-209.

DRIEDGER, L. 1991. *The urban factor : Sociology of Canadian cities*. Toronto: Oxford University Press, 319 p.

DROUILLY, P. 1996. *L'espace social de Montréal, 1951-1991*. Sillery: Septentrion, 349 p.

FOTHERINGHAM, A. S., C. BRUNSDON et M. CHARLTON. 2002. *Geographically weighted regression: The analysis of spatially varying relationships*. Chichester: Wiley, 269 p.

FOTHERINGHAM, A. S., M. CHARLTON et C. BRUNSDON. 1996. « The geography of parameter Space - An investigation of spatial non-stationarity ». *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 10, no. 5, p. 605-627.

FOTHERINGHAM, A. S., M. E. CHARLTON et C. BRUNSDON. 1998. « Geographically weighted regression - A natural evolution of the expansion method for spatial data analysis ». *Environment & Planning A*, Vol. 30, no. 11, p. 1905-1927.

GAGNE, S. et P. LEWIS. 2008. « Le déclin de la marche pour aller à l'école ». *Routes et Transports*, Vol. 37, no. 1, p. 20-23.

GRAHAM, D., S. GLAISTER et R. ANDERSON. 2005. « The effects of area deprivation on the incidence of child and adult pedestrian casualties in England ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 37, no. 1, p. 125-135.

GRANIE, M.-A. 2004. *L'éducation routière chez l'enfant: Évaluation d'actions éducatives*. Arcueil: INRETS, 258 p.

GREENE, R. 1991. « Poverty concentration measures and the urban underclass ». *Economic Geography*, Vol. 67, no. 3, p. 240-252.

HILLMAN, M. et J. G. U. ADAMS. 1992. « Children's freedom and safety ». *Children's Environment*, Vol. 9, no. 2, p. 10-22.

JOLY, M.-F., P. FOGGIN et B. PLESS. 1991. « Geographical and socio-ecological variations of traffic accidents among children ». *Social Science & Medicine*, Vol. 33, no. 7, p. 765-769.

KATZ, P. et T. W. BRESSI. 1994. *The new urbanism : Toward an architecture of community*. Montréal: McGraw-Hill, 245 p.

KENDRICK, D. 1993. « Prevention of pedestrian accidents ». *Archives of Disease in Childhood*, Vol. 68, no. 6, p. 669-672.

KRIZEK, K. J. 2003. « Operationalizing neighborhood accessibility for land use-travel behavior research and regional modeling ». *Journal of Planning Education and Research*, Vol. 22, no. 3, p. 270-287.

KWEON, S. S. et M. H. SHIN. 2005. « An epidemiological study of child pedestrian traffic injuries that occurred in school-zone ». *Journal of Preventive Medicine & Public Health*, Vol. 38, no. 2, p. 163-183.

LAFHAMME, 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., P. J. GRUENEWALD et F. W. JOHNSON. 2004. « An ecological study of the locations of schools and child pedestrian injury collisions ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 36, no. 4, p. 569-576.

LEE, C. et M. ABDEL-ATY. 2005. « Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 37, no. 4, p. 775-786.

LEFLER, D. E. et H. C. GABLER. 2004. « The fatality and injury risk of light truck impacts with pedestrians in the United States ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 36, no. 2, p. 295-304.

LESAGE, J. P. 2004. « A family of geographically weighted regression ». In *Advances in spatial econometrics : methodology, tools and applications*, sous la dir. de L. Anselin, R. Florax et S. J. Rey, p. 241-260. Berlin: Springer-Verlag.

LESLIE, E., B. SAELENS, L. FRANK, N. OWEN, A. BAUMAN, N. COFFEE et G. HUGO. 2005. « Residents' perceptions of walkability attributes in objectively different neighbourhoods: A pilot study ». *Health & Place*, Vol. 11, no. 3, p. 227-236.

LIGHTSTONE, A. S., P. K. DHILLON, C. PEEK-ASA et J. F. KRAUS. 2001. « A geographic analysis of motor vehicle collisions with child pedestrian in Long Beach, California: Comparing intersection and mid-block incident locations ». *Injury Prevention*, Vol. 7, p. 155-160.

LOVETT, A. et R. FLOWERDEW. 1989. « Analysis on count data using Poisson regression ». *Professional Geographer*, Vol. 41, p. 190-198.

MACPHERSON, A., I. ROBERTS et I. B. PLESS. 1998. « Children's exposure to traffic and pedestrian injuries. ». *American Journal of Public Health*, Vol. 88, no. 12, p. 1840-1843.

MCCOY, J. et K. JOHNSTON. 2002. *Using ArcGIS Spatial Analyst*. Redlands: ESRI inc., 226 p.

MORENCY, C. et R. CHAPLEAU. 2005. «Portrait systématique, objectif et évolutif du covoiturage dans la Grande Région de Montréal.» In 40e Congrès Annuel de l'Association Québécoise du Transport et des Routes. Laval: AQTR.

MUELLER, B., F. RIVARA, S.-M. LII et N. WEISS. 1990. « Environmental factors and the risk for childhood pedestrian-motor vehicle collision occurrence ». *American Journal of Epidemiology*, Vol. 132, no. 3, p. 550-560.

NAKAYA, T., A. S. FOTHERINGHAM, C. BRUNSDON et M. CHARLTON. 2005. « Geographically weighted Poisson regression for disease association mapping ». *Statistics in Medicine*, Vol. 24, no. 17, p. 2695-2717.

PLESS, B., R. VERREAULT, L. ARSENAULT, J.-Y. FRAPPIER et J. STULGINSKAS. 1987. « The epidemiology of road accidents in childhood ». *American Journal of Public Health*, Vol. 77, no. 3, p. 358-360.

POSNER, J. C., E. LIAO, F. K. WINSTON, A. CNAAN, K. N. SHAW et D. R. DURBIN. 2002. « Exposure to traffic among urban children injured as pedestrians ». *Injury Prevention*, Vol. 8, no. 3, p. 231-235.

PREUSSER, D. A. et A. K. LUND. 1988. « And Keep on looking: A film to reduce pedestrian crashes among 9 to 12 year olds ». *Journal of Safety Research*, Vol. 19, no. 4, p. 177-185.

ROBERTS, I., J. CARLIN, C. BENNETT, E. BERGSTROM, B. GUYER, T. NOLAN, R. NORTON, I. B. PLESS, R. RAO et M. STEVENSON. 1997. « An international study of the exposure of children to traffic ». *Injury Prevention*, Vol. 3, no. 2, p. 89-93.

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.

ROBERTS, I., R. NORTON, R. JACKSON, R. DUNN et I. HASSALL. 1995. « Effect of environmental factors on risk of injury of child pedestrians by motor vehicles: a case-control study ». *BMJ*, Vol. 310, no. 6972, p. 91-94.

ROBERTS, I., R. NORTON et B. TAUA. 1996. « Child pedestrian injury rates: The importance of "exposure to risk" relating to socioeconomic and ethnic differences, in Auckland, New Zealand ». *Journal of Epidemiology & Community Health*, Vol. 50, no. 2, p. 162-165.

ROSNER, B. 2006. *Fundamentals of biostatistics*. 6th. Belmont: Thomson-Brooks/Cole, 868 p.

SANDELS, S. 1970. « Young children in traffic ». *British Journal of Educational Psychology*, Vol. 40, no. 2, p. 111-116.

SCHIEBER, R. A. et N. J. THOMPSON. 1996. « Developmental risk factors for childhood pedestrian injuries ». *Injury Prevention*, Vol. 2, no. 3, p. 228-236.

SONG, Y. et G. J. KNAAP. 2004. « Measuring urban form - Is Portland winning the war on sprawl? ». *Journal of the American Planning Association*, Vol. 70, no. 2, p. 210-225.

STATISTIQUE CANADA. 2001. *Recensement de la population*. Statistique Canada.

STEVENSON, M. R. et D. A. SLEET. 1997. « Which Prevention Strategies for Child Pedestrian Injuries? A Review of the Literature ». *International Quarterly of Community Health Education*, Vol. 13, no. 3, p. 207-217.

TALEN, E. 2006. « Design that enables diversity: The complications of a planning ideal ». *Journal of Planning Literature*, Vol. 20, no. 3, p. 233-249.

THEIL, H. 1972. *Statistical Decomposition Analysis*. Amsterdam: North-Holland, 337 p.

TOMLIN, C. D. 1990. *Geographical information systems and cartographic modeling*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 572 p.

VINCENT, J. M. 2006. « Public schools as public infrastructure - Roles for planning researchers ». *Journal of Planning Education & Research*, Vol. 25, no. 4, p. 433-437.

WAZANA, A., P. KRUEGER, P. RAINA et L. CHAMBERS. 1997. « A review of risk factors for child pedestrian injuries: Are they modifiable? ». *Injury Prevention*, Vol. 3, no. 4, p. 295-304.

WAZANA, A., V. L. RYNARD, P. RAINA, P. KRUEGER et L. W. CHAMBERS. 2000. « Are child pedestrians at increased risk of injury on one-way compared to two-way streets? ». *Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Santé Publique*, Vol. 91, no. 3, p. 201-206.

ZHANG, X., K. K. CHRISTOFFEL, M. MASON et L. LIU. 2006. « Identification of contrastive and comparable school neighborhoods for childhood obesity and physical activity research. » *International Journal of Health Geographics* Vol. 5, no. 14. [En ligne] (30 mars). Consulté le 15 avril 2006.

6. Résultats (article 3)

Ce chapitre est composé d'un seul article s'intéressant à notre seconde question de recherche spécifique : *Quels sont les variables environnementales et individuelles qui influencent la représentation du risque d'accident piéton chez les parents ?*

L'objectif de cet article est donc d'explorer plus en détail les facteurs qui influencent la représentation du risque dans une dynamique parent-enfant en analysant le cas des enfants piétons en contexte scolaire. Cet article reprend le cadre conceptuel vu au chapitre 2, en plus d'analyser les résultats des ANOVA et de la régression linéaire de type pas-à-pas que nous avons effectuée à partir des données recueillies par questionnaire.

Nos travaux s'inscrivent dans la littérature provenant de la psychologie environnementale. C'est pourquoi la version anglaise de cet article (présentée ici), provisoirement intitulé *Risk Perception Within a Parent-child Dynamics : The Case of Child Pedestrian Injuries*, a été soumise dans la revue *Risk Analysis* au moment de la défense de la thèse.

Article 3

Risk perception within a parent-child dynamics: The case of child pedestrian injuries

Marie-Soleil Cloutier^{1,2}

Jacques Bergeron³

Philippe Apparicio^{2,4}

¹ Département de Géographie, Université de Montréal.

² Laboratoire d'Analyse Spatiale et d'Économie Régionale, INRS-UCS.

³ Département de psychologie, Université de Montréal.

⁴ Institut National de Recherche Scientifique, Centre Urbanisation, Culture et Société (INRS-UCS).

Contribution de chaque auteur (Article 3)

Marie-Soleil Cloutier a élaboré l'enquête, effectué la collecte des données, les traitements et les analyses et a rédigé l'article.

Jacques Bergeron a collaboré à l'élaboration du questionnaire et a révisé l'article.

Philippe Apparicio a révisé les versions préliminaires de l'article.

ACCORD DES COAUTEURS**Identification**

Nom :	Marie-Soleil Cloutier	Code permanent :	CLOM29617704
Faculté :	Arts et Sciences	Programme :	Ph. D. en Géographie (3-155-1-0)

Description de l'article

Titre :	Risk perception within a parent-child dynamics: The case of child pedestrian injuries
Nom des auteurs :	Marie-Soleil Cloutier, Jacques Bergeron, Philippe Apparicio
Revue :	Risk Analysis
Date de publication :	En révision
État du cheminement :	Soumis en octobre 2008

Déclaration des coauteurs

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, je suis d'accord pour que : **MARIE-SOLEIL CLOUTIER** inclut cet article dans sa thèse de doctorat, laquelle a pour titre :

Les accidents de la route impliquant des enfants piétons : analyse spatiale des risques potentiels et des risques perçus pour une meilleure prévention

Coauteur	Signature	Date
Jacques Bergeron		
Philippe Apparicio		

Abstract

The objective of this article is to explore in greater detail some of the factors that influence parental risk perceptions by analyzing the case of child pedestrian injuries in the school context. 193 parents from six different schools responded to a questionnaire on various aspects of road safety, including a measure of their risk perception. The results of simple ANOVAs show that eight variables are significantly related to risk perception. However, none of the environmental variables explored were significant, contrary to our initial hypotheses. Moreover, the multiple linear regression model computed retained only three significant variables: the parent's gender, the perceived primary source of danger, and the sense of control (adjusted R^2 of 0.16, $F=9.27$; $p=0.00$). Since parents' perceptions of road risks are an important factor in their road safety practices and in their choice of the mode of transport used for their child's journey to school, our analysis helps to understand factors underlying these choices. Our results can therefore help public decision makers not only to design traffic injury prevention measures but also to promote physical activity through the use of active modes of transport.

Keywords: risk perception, road safety, child pedestrian, parents

Introduction

Risk perception is defined as an intuitive assessment that most people will trust when faced with a particular danger (Slovic 2000). The interest of studying people's perceptions of risks of any kind lies in the need to better understand the cognitive processes that lead to their choices and changes in behaviour when confronted with these risks (Ajzen and Fishbein 1980; Letirand and Delhomme 2006). In this sense, risk perception has often been studied as a factor that influences risk-taking behaviours, especially in accidentology. A number of studies maintain that a low individual perception of risk is linked to more risky behaviours, particularly on the part of inexperienced drivers (Finn and Bragg 1986; Jonah 1986; Heino, vanderMolen and Wilde 1996; Rothengatter 2002). On the other hand, there has been little exploration so far of the situation for other road users, neither there has been consideration of the parent-child context, with the exception of the recent work by Lam (2000; 2001; 2005).

Parental perceptions of road risks are an important factor in their road safety practices in the presence of their child (Lam 2000; Kerr, Rosenberg, Sallis *et al.* 2006; Merom, Tudor-Locke, Bauman *et al.* 2006). The recent literature also emphasizes the link between high parental perceptions of traffic-related risks and the use of modes of transport other than walking in the journey to school (Joshi and MacLean 1995; Collins and Kearns 2001; Pooley, Turnbull and Adams 2005). As Noland (1995) stresses, "individuals are more likely to choose a given commute mode the safer they perceive it to be."

Therefore, the analysis of perceptions could lead to a better understanding of the mechanisms involved in these choices and practices. This understanding is essential to the design of effective policies on two levels: the prevention of traffic-related injuries, and the promotion of physical activity through the use of active modes of transport. The objective of this article is to explore in greater detail some of the factors that influence risk perception within a parent-child dynamics by analyzing the case of child pedestrian injuries in the school context. The results should be helpful in developing actions targeted to parents as

well as in understanding the changes needed at the environments' level for greater safety, whether real or perceived.

Influences on risk perception: review of the literature and conceptual framework

The perception of risk is in fact an individual's subjective interpretation of a potentially dangerous situation based on the information that a person has. We present here a diagram of influences on the perception of road risks in the school context using four main themes: demography, environment, family mobility and cognitive elements (Figure 1). We used these themes as the basis for the development and exploration of different variables recognized in the literature for their influence on certain risk perceptions.

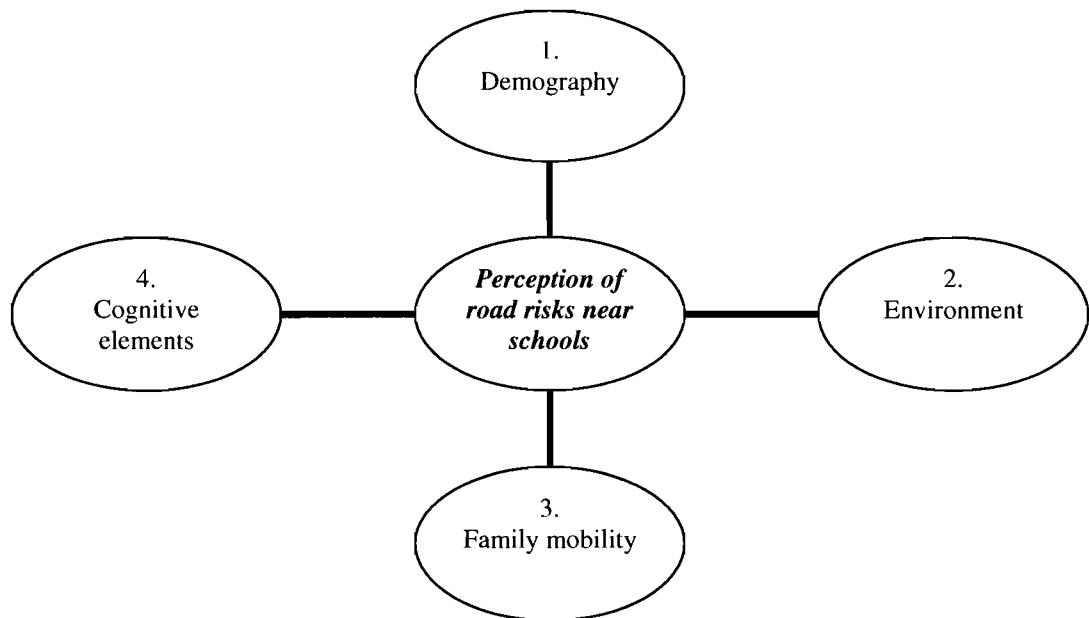


Figure 1: Conceptual framework of risk perception

Theme 1: Demography

There has been little research specifically done on risk perception by parents of child pedestrians. Therefore, we are making our hypothesis from the literature on childhood injury prevention, which explores the link between demographic variables and parental risk perception. Variables found in this field of the literature are of three kinds: those related to the child (age, gender, birth order), those related to the respondent/parent (age, gender, level of education) and those related to the family context (income, marital status).

Gärling *et al.* (1984) and Lam (2001; 2005) have confirmed the hypothesis of a positive relationship between the children's age and parental risk perception, whereas Glik *et al.* (1991) did not find such a relationship for mothers. As well, the presupposition that parents of boys have a lower risk perception was only weakly shown by Lam (2001), who subsequently invalidated this hypothesis (Lam 2005), as did Sellstrom *et al.* (2000). Finally, authors who included the child's birth order as a predictive variable were unable to confirm their initial hypotheses that risk perception would be lower for the oldest children in a family and higher for only children (Sellstrom *et al.* 2000; Lam 2001).

With regard to parents, studies tend to show that women in general and mothers in particular have higher risk perceptions (Flynn, Slovic and Mertz 1994; Lam 2001; Prezza, Alparone, Cristallo *et al.* 2005). Also, the hypothesis of a negative relationship between the age of the respondents (parents or not) and risk perception was confirmed by Lam (2005), Holland and Hill (2007) and Sellstrom *et al.* (2000), but invalidated by Glik *et al.* (1991), for mothers only. Finally, none of the research reviewed here confirmed the existence of a link between the respondent's level of education and risk perception (Sellstrom *et al.* 2000; Lam 2001; 2005).

In terms of family variables, income appears to have a negative influence on risk perception according to Glik *et al.* (1991), whereas this relationship was not found by other authors, at least from an individual viewpoint. Similarly, the family situation of the parent responding

(in a couple or not) does not seem to be linked to risk perception (Sellstrom *et al.* 2000; Lam 2001; 2005).

Theme 2: Environment

The environmental variable most often studied in the context of pedestrian accidents risk perception is certainly that of traffic. In this regard, most of the studies have shown a link between a high exposure to traffic in the immediate environment (street or neighbourhood) and a high risk perception, both for parents and for children directly (Gärling *et al.* 1984; Lee and Rowe 1994; Lam 2001; Mullan 2003; Prezza *et al.* 2005).

Other studies have explored the link between the “real” risk as measured in the environment and the perception of risk. Glik *et al.* (1991) maintain that a higher-risk environment influence risk perception. According to these authors, the risk becomes “invisible” to these parents, which lowers their perception of risk. On the other hand, Gielen *et al.* (2004) claim that a high-risk environment fosters a high risk perception, at least in more well-off neighbourhoods.

Another variable of interest in an examination of accident risks for child pedestrians is social deprivation, measured at the neighbourhood level (Hewson 2004). This characteristic has been shown to be linked to an increase in health risks (Taylor, Repetti and Seeman 1997; Reimers and Laflamme 2005), but how does it affect risk perception? Weir *et al.* (2006) noted an increase in traffic-related concerns in deprived neighbourhoods in their sample, which leads us to hypothesize that there may be a positive relationship between the two. To the opposite, Glik *et al.* (1991) maintain that parents living in deprived neighbourhoods seem to be more aware of the risks for their children, thus increasing their risk perception

Theme 3: Family mobility

We added parents' and children's habits in terms of mobility to our road risk perception model based on statements made by Tsoukala (2001) and Silka (1996) to the effect that individual risk perceptions stem from actions undertaken in the context of everyday spaces. This statement also recalls the work done by other geographers who affirm that risk perception cannot be grasped without an understanding of the daily life context (Cutter 1993). Since these spaces differ depending on the mode of transport used by parents (and their children), we are hypothesizing that some elements related to mobility, such as the frequency of car use and of walking, or the mode of transport used for children to go to school, may influence parental risk perception. These variables have not yet been explored, but they do deserve special attention in a context where short trips and travel to school are happening more and more often by car (Hillman and Adams 1992; Papon 1997; Montulet and Hubert 2008).

Theme 4: Cognitive elements

This theme includes three types of variables all related to certain cognitive processes that have been shown to be linked to risk perception: past experiences, sense of control, and personal beliefs. First, we can point to the fact that social-cognitive theory maintains that negative past experiences increase the perception of risk. This hypothesis has been confirmed in the case of adolescents' own perceptions, as well as in a parent-child context (Glik *et al.* 1991; Björklid 1994; Lee and Rowe 1994; Greening, Stoppelbein, Chandler *et al.* 2005). However, Lam (2001) found an opposite relationship: parents of families that had experienced an accident had a significantly lower risk perception than other parents.

The initial hypothesis that a strong sense of control leads the person concerned to the idea that he/she can in fact "control" the risk situation is generally expressed in lower risk perceptions on the part of this individual. The sense of control has been confirmed many times as a predicator of risk perception, either by influencing behavioural intentions or by increasing the optimism bias (or the risk denial) related to perceptions (Slovic, Fischhoff and

Lichtenstein 1980; 1985; Vlek and Hendrick 1988; DeJoy 1989; Fischhoff, Slovic, Lichtenstein *et al.* 2000; Sjöberg 2000; Letirand and Delhomme 2003; 2006; Greening *et al.* 2005).

The third group of variables included in this theme refers to personal beliefs. These beliefs, when internalized, are closely related to what Finucane *et al.* (2000) and Slovic and Peters (2006) call *affect*, that is, the feeling of “fear” or “dread” that some sources of danger may inspire. Like these authors, who have shown many times a positive relationship between affect and risk perception, Greening *et al.* (2005) have confirmed that an increase in fears and concerns about a potentially dangerous situation increases the perception of risk. In the present context, these beliefs are measured in relation to potential sources of danger for children and to the level of dangerousness of the school environment for pedestrians (children and adults).

In conclusion, we feel that the originality of our work lies in the integration of individual and environmental variables in the modelling of risk perception. Without claiming that our approach is exhaustive, we believe that our inclusion of three well-established themes as well as a fourth that has never been explored will result in an original analysis of perceptions of road risks among parents of primary school children. Our results will hopefully lead to a better understanding of the factors influencing risk perception and thus of the mechanisms that link risk perceptions and parents’ behavioural choices in the school context.

Methodology

Description of participating schools and respondents

The participating schools were selected based on a modelling of the risk around primary schools on the Island of Montréal, Canada, described in details in an earlier publication (Cloutier *et al.* 2007).

The schools with the lowest residuals in the model were categorized by their level of social deprivation (low or high)⁴ and their level of risk stemming from the number of past accidents (low or high). Schools in each subgroup were then contacted. The parents were reached either directly through the school board or via materials given to the child to take home. They filled out the questionnaire by themselves and returned it to the school secretariat. The respondents were not rewarded, but the cooperation of the various school administrations proved essential to the process.

Content of the questionnaire

The questionnaire distributed to the parents was developed based on a list of items drawn from the literature on risk perception in general and road safety in particular. The questionnaire includes 47 items in seven categories: individual demographic variables; parents' mobility habits; the child's journey to school; knowledge and beliefs about road safety; the perception of road risks near the school; parent-child road safety practices, and a hand-drawn map of the child's route to school. Items related to this article are found in the first five categories.

⁴ The index was calculated using five dimensions known to influence deprivation at the household level: single parenthood, unemployment, low income, immigration and level of education (Statistics Canada 2001).

Individual demographic variables

As in the above-listed studies, the identification of the parents responding to the questionnaire includes three sections: variables relating to the child (age, gender, birth order); variables relating to the parent responding (age, gender, level of education); and variables relating to the family context (household income, marital status). These data will be used to determine the representativeness of the respondents and to assess the influence of these individual variables on risk perception as stipulated in theme 1 (Figure 1).

Variables related to the environment

As mentioned for theme 2, three binary variables describing the environment around the schools were added to our database: a value of 1 was assigned to respondents from schools with a high level of social deprivation, a high risk of accidents, and a high proportion of major roads. The cutting point between low and high variables was determined based on the first two and last two quartiles in the dataset.

Variables representing family mobility

For this theme, the responses obtained from the questionnaires tell us three things: the frequency of the parent's use of the car, the frequency of the parent's choice of walking, and the mode of transport that the child uses to go to school. The first two variables measured the frequency using a scale with two categories: *only/often* or *sometimes/never*. The third variable is in the form of a dichotomy, with the value 1 being assigned to children who walk or cycle to or from school in the morning and/or evening.

Variables related to cognitive processes

The existence of past experiences of accidents was questioned at four different geographic scales: in the family, on the street, in the neighbourhood and at school. The respondents were asked to check off either *yes* or *no* on each of the scales, thus creating four different variables. The first variable relating to beliefs was created based on the priority that the

parents assigned to various sources of danger for their child. Parents who put “traffic/accidents” first were assigned the value 1, and the others, the value 0. The parents were asked to evaluate three other variables along scales ranging from 1 to 7. One advantage of this type of scale is that it allows for a quantitative grading of attitudes based on specific statements. The parents first evaluated the level of danger along the route to school for themselves and for their child, from *never dangerous* to *always dangerous*. Parents then evaluated their level of agreement or disagreement with the following statement: *One can control road risks along the way to school*. The values of these last three variables were then reduced by grouping answers with values of 1, 2 or 3 into a first category (*never/rarely dangerous* for the first two statements or *agree* for the third), answers with the value 4 into a second category (*sometimes dangerous* or *neither agree nor disagree*), and answers with values of 5, 6 or 7 into a final category (*often/always dangerous* or *disagree*).

The dependent variable: risk perception

Our measurement of risk perception in the context of this project is based on the work of Lam (2001; 2005). It involves eight scenarios portraying risk situations for children on the street, either with or without the presence of traffic. These situations are accompanied by a picture in the questionnaire, thus helping to create the same mental image for the respondents (see Figure 2 and Table 1). Again, parents had to evaluate the level of danger involved in the various scenarios on a scale from 1 to 7 (*never dangerous* to *always dangerous*). The main advantage of using a quantitative scale in this case is that the information can be synthesised in an indicator that can then be modelled using statistical regression tools. In this regard, Elvik and Bjørnskau (2005) converted their numeric risk perception scale into different gradations in order to assess the representativeness and efficiency of each of the scores. Although they concluded that all numeric scales yield similar and valid analysis results, we will test out three different scores here: the first derived from a simple adding up of the scales, the second based on a logarithmic scale, and

the third derived from a gradation in multiples of 5 and 10 (see Figure 2 for the different score values).

Statistical analyses

A first descriptive study of our sample is done using univariate statistics. The rest of our analyses are broken down into two stages. The first consists in performing analysis of variance (ANOVA) between each variable and the selected risk perception measure and the second step is the modelling of the significant variables from the bivariate analysis using stepwise multiple regression.

	a) Playing on the sidewalk			
		Score 1	Score 2	Score 3
	Never dangerous	1	0.01	1
	Very rarely	2	0.0	5
	Rarely	3	1	10
	Sometimes dangerous	4	10	50
	Often	5	100	100
	Very often	6	1000	500
Always dangerous	7	10000	1000	

Figure 2: Example of an illustration of a scenario to measure risk perception

Table 1: Scenarios used to measure risk perception

Situations
1. Playing on the sidewalk
2. Crossing an intersection without traffic lights
3. Crossing when the pedestrian signal is red and there are no cars coming
4. Crossing when the pedestrian signal is green
5. Crossing the street other than at an intersection
6. Crossing on a pedestrian crosswalk without traffic lights other than at an intersection
7. Crossing the street without looking
8. Crossing the street from between parked cars

Results

The sample: participating schools and other independent variables

Six schools agreed to participate in our study, including at least one per subgroup (Table 2). Of the 582 questionnaires distributed, 193 were returned, yielding an overall response rate of 33%, with lower rates in deprived schools.

Table 2: Selection of schools and number of respondents

	Low risk of an accident	High risk of an accident
High deprivation	<i>School A (22)</i> <i>School B (71)</i>	<i>School D (29)</i> <i>School E (9)</i>
Low deprivation	<i>School C (49)</i>	<i>School F (13)</i>

Table 3 shows the frequencies for each of the variables included in the subsequent analyses. It should be noted that the total number of respondents retained for the rest of the results is 187 due to six incomplete questionnaires (where it was impossible to calculate a risk perception measure). Most respondents are women (80%), aged 35 or older (84%), and are married or living in a conjugal union (81%). Despite the larger number of respondents in high-deprivation neighbourhoods, our sample is well educated and fairly well off: 86% have a level of education beyond the secondary level and 69% have a family income over \$40,000. The children represented in the questionnaire are equally divided between girls (52%) and boys (48%), and children aged 0 to 9 represent the largest age group (69%). The various birth orders are represented rather evenly, with 40% being the oldest child in the family, 29% the youngest child and 22% the only child.

Most respondents have children who go to a school in a high-deprivation neighbourhood (68%), where there is less traffic arteries (74%) and a high risk of an accident (70%). In terms of family mobility, most parents say that they use their car often (76%), and walk sometimes (55%). Finally, 68% of the children represented in our sample walk or cycle to or from school in the morning and/or evening.

In regard to variables related to cognitive processes, few of the parents said that they knew of an accident having happened in their family (16%), on their street (13%) or at their child's school (15%), but this proportion increases considerably for accidents in the neighbourhood (40%). More than half of the respondents (53%) feel that traffic and road accidents are the leading source of danger for their child. A third of the parents (31%) also assess this danger as high (the *often/always dangerous* category) for their children, although they don't find it as dangerous for themselves: the proportion in the category *never/rarely dangerous* is 59%. Finally, half (52%) of the parents agree with the statement that road risks can be controlled.

The dependent variable: comparison of the three scores

Table 4 shows the descriptive statistics associated with each of the three scores calculated. The kurtosis and skewness values are low, so that the three distributions are considered normal. Also, the correlations between the three scores are all significantly high ($p=0.000$), which means that the measures are similar from a statistical viewpoint. Finally, it should be noted that the coefficient of variation is lower for the first score due to the lower standard deviation. For all of these reasons, score 1 was retained for the subsequent analyses. Furthermore, the calculation of the Cronbach's alpha (0.749) on this score confirms the reliability of our risk perception measure.

Bivariate analyses

Significant results of the analysis of variance between score 1 and the variables of the questionnaire are shown in Table 5 for p -values of less than 0.1. Two extra variables were retained even if they have a lower significance (*frequency of car use*: 0.108 and *accident in the neighbourhood*: 0.101) in order to capture more variables in the following analyses. In general, we find that variables significantly related to risk perception are found in three of the four themes discussed earlier: demography, family mobility and cognitive elements.

Three demographic variables are significantly related to risk perception: gender, level of education, and family situation. Mothers, less well educated parents and single parents all show higher risk perceptions. Also, parents who use their car often have a higher risk perception, whereas the other mobility variables do not seem to be linked to perceptions of the risk for pedestrians near schools. Finally, half of the cognitive variables are related to risk perception. Parents aware of an accident in their neighbourhood or at their child's school show a significantly higher risk perception, as do parents who consider traffic as the leading source of danger for their children and those who have a low sense of control over road risks.

Table 3: Characteristics of the sample

Characteristics		Frequency (%)	Characteristics		Frequency (%)
Demography			Cognitive variables		
Child's gender	Boy	90 (48%)	Accident in the family	Yes	29 (16%)
	Girl	95 (52%)		No	150 (80%)
Child's age	0-9 years	129 (69%)	Accident on the street	Yes	25 (13%)
	10 years or older	58 (31%)		No	149 (80%)
Birth order	Oldest child	75 (40%)	Accident in the neighbourhood	Yes	75 (40%)
	Only child	41 (22%)		No	103 (55%)
	Middle child	13 (7%)	Accident at school	Yes	28 (15%)
	Youngest child	55 (29%)		No	147 (79%)
Respondent's gender	Man	38 (20%)	Leading source of danger	Traffic/accidents	99 (53%)
	Woman	149 (80%)		Other	79 (42%)
Respondent's age	25-34 years	30 (16%)	Level of danger for the parent	Never/rarely	
	35 years or older	157 (84%)		Sometimes	111 (59%)
Level of education	Bachelor's degree or higher	97 (52%)		Often/always	57 (31%)
	College degree	63 (34%)		19 (10%)	
	Secondary school diploma	27 (14%)	Level of danger for the child	Never/rarely	65 (35%)
Family situation	Couple	151 (81%)		Sometimes	64 (34%)
	Single parent	35 (19%)		Often/always	58 (31%)
Family income	Under \$20,000	16 (9%)	Sense of control	Agree	98 (52%)
	\$20,001-\$40,000	29 (16%)		Neither	20 (11%)
	\$40,001-\$80,000	66 (35%)		Disagree	28 (15%)
	Over \$80,001	63 (34%)			
Environment			Mobility		
Deprivation	Low	59 (32%)	Frequency of car use	Only/often	142 (76%)
	High	128 (68%)		Sometimes/never	41 (22%)
Risk of an accident	Low	56 (30%)	Frequency of walking	Only/often	77 (41%)
	High	131 (70%)		Sometimes/never	102 (55%)
Presence of traffic artery	Low	138 (74%)	Method of travelling to school	Walking or cycling	127 (68%)
	High	49 (26%)		Other	60 (32%)

Note: Missing information is not taken into account, which is why some totals are under 187.

Table 4: Comparison of three different measures of risk perception

	Score 1	Score 2	Score 3
Average	44.76	35,871.36	4,245.70
Median	45.00	34,100.00	4,200.00
Minimum	32	161	410
Maximum	56	80,000	8,000
Standard deviation	5.4	19,567.41	1,721.77
Skewness	-0.23	0.16	-0.04
Kurtosis	-0.39	-0.72	-0.66
Coefficient of variation	0.12	0.55	0.41
Pearson's correlation			
Score 1		0.87	0.94
Score 2	0.87		0.97
Score 3	0.94	0.97	

Table 5: Results of significant ANOVAs between parents' perceptions of road risks and independent variables

Variables		ANOVA		
		Average Score 1	F	<i>p</i> -value
Parent's gender	Woman	45.3	7.5	0.007
	Man	42.7		
Level of education	Bachelor's degree or higher	43.8	4.9	0.008
	College degree	46.5		
	Secondary school diploma or lower	44.2		
Family situation	Couple	44.8	2.9	0.055
	Single parent	45.1		
Frequency of car use	Only/often	45.0	2.6	0.108
	Sometimes/never	43.4		
Accident in the neighbourhood	Yes	45.6	2.7	0.101
	No	44.2		
Accident at school	Yes	46.5	4.3	0.039
	No	44.3		
Leading source of danger	Traffic/accidents	45.5	6.6	0.011
	Other	43.4		
Sense of control	Agree	43.6	3.7	0.026
	Neither agree or disagree	44.9		
	Disagree	46.6		

Multiple linear regression

A multiple linear regression model was calculated based on significant variables from the ANOVAs. The model, developed using a stepwise procedure, only retained three variables: the parent's gender, the leading source of danger and the sense of control (Table 6). This model has an adjusted R^2 of 0.16 ($F=9.27$; $p<0.00$), which differs little from the overall model (with the *enter procedure*) including all the significant variables (adjusted $R^2=0.18$; $F=4.55$; $p<0.00$). In the model retained, more than 8% of the variation in the R^2 is attributable to the variable "parent's gender," whereas the source of danger and the sense of control are responsible for 6.5% and 2.7% of the variation respectively.

Table 6: Results of the stepwise multiple linear regression

Variable	Beta	Standardized beta	T value	p	VIF
Constant	45.16	-	26.82	0.000	-
Parent's gender ¹	-3.49	-0.27	-3.29	0.000	1.04
Leading source of danger ²	2.27	0.22	2.63	0.009	1.06
Sense of control ³	1.10	0.17	2.06	0.041	1.09

¹ 1=woman, 2=man

² 1=traffic, 0=other

³ 1=high sense of control, 2= neutral, 3=low sense of control

Discussion

Gatrell (2002) notes that several studies in health geography involving risk perceptions have given us a better understanding of the viewpoint of persons directly concerned by a problem or threat to their health. In this sense, the results of our study in turn confirm or invalidate certain of our hypotheses and provide us with information about factors that influence parents' risk perceptions regarding road safety on the way to school.

In regard to demographic variables, it is noteworthy that none of the variables related to the child are found to be significant in our study, in contrast to some of the studies cited earlier. However, the strong significance of the respondent's gender as a predictive variable confirms the work of Lam (2001) and Prezza *et al.* (2005) and repeat that one of the challenges involved in prevention campaigns addressed to parents is that men and women should not be targeted in the same way.

Contrary to our initial hypotheses, none of the variables relating to the environment were linked to parental risk perception. We think that there are three reasons for this result. First, we feel that the low number of school environments considered leaves little room for variability: the parents come from only six different schools. Also, our choice of environmental variables was limited to the socioeconomic context, the "objective" risk of an accident, and traffic, whereas other elements in the urban landscape may also influence

perception of the risk for pedestrians (graffiti, sidewalk quality, etc.) (Humpel, Marshall, Leslie *et al.* 2004; Owen, Humpel, Leslie *et al.* 2004). Finally, we believe that the possible presence of a parental habituation phenomenon should not be ignored: when faced daily with environments where there is a fairly high potential for accidents, parents are in a way “forced” to accept a certain level of risk. This acceptance is then reflected in their perception of risk, which remains low, despite potentially dangerous environments. This latter hypothesis also underscores the importance of conducting road safety analyses that combine both objective and subjective measurements of risk in order to obtain a more accurate picture of the situation.

Like the environmental variables, the variables related to family mobility do not seem to be linked to parental risk perception, except for frequency of car use, which is marginally significant at $p < 0.01$. Rather than invalidating the hypothesis of a link between environments, mobility and risk, we believe that our data show the need for more in-depth analysis of this link through a better description of urban environments. Multilevel modelling methods are especially well suited to problems of this kind (Pampalon, Duncan, Subramanian *et al.* 1999; Chaix and Chauvin 2002; Reading, Haynes and Shenassa 2005; Vanlaar 2005; Riva, Gauvin and Barnett 2007). These methods make it possible to estimate the influence of both individual and contextual characteristics on a dependent variable as well as to evaluate the contribution of each characteristic on its specific level (Philibert and Apparicio 2007).

The cognitive variables give us the most information about factors that influence parental risk perceptions. Firstly, our results confirm the link between past experiences of an accident and a greater perception of risk, as noted by Greening *et al.* (2005), among others. Moreover, by including four “common spaces” in this question on past experiences, we found that accidents in the neighbourhood and at school had the strongest influence on parents and their risk perceptions. The same can be said about parents who consider traffic

as the leading source of potential danger for their child: this belief has a significant influence in both the simple ANOVA and the overall model. Finally, the sense of control is once again confirmed as an important factor influencing risk perception. In the present case, it was done so within a dynamics that has as yet been little studied: that of parents and their perceptions for their children. The importance of the cognitive dimension in our results underscores the need for action not only in regard to the real risk of accidents but also in regard to risk perceptions in order to encourage active modes of transport. As Bradshaw (1995) said: “As long as parents believe the road are too dangerous for their children to go to school unaccompanied, there is a likelihood that an increasing number will choose to drive their child to school.”

In spite of a fairly low number of respondents and a rather low R^2 , our sample reveals some quite interesting relations between parental risk perception and certain explanatory variables. The R^2 of 0.16 is similar in size to what has been found in other research on perceptions (Sellstrom *et al.* 2000; Sjöberg 2000; Lam 2001). These results can be explained by the fact that any parent’s personal assessment of risk is inevitably influenced by the social and psychological differences that exist between individuals. Accordingly, our conceptual framework could include several other dimensions. Figure 3 illustrates three other themes covered in the literature but not explored in the present paper. The first one refers to the influence of the media on the risk assessment of each person. Although the mass media role in risk perception is still very much under debate, many researchers take the media effects for granted (Gärling *et al.* 1984; Covello and Merkhofer 1993). So far, the relationship linking high media exposure to high level of perceived risk has been explored at the general population level, but not so much at the individual level (Wahlberg and Sjoberg 2000).

A second dimension that needs further exploration is the effect of ethnic and cultural background on risk perception. The first one is often summed up in the “race” of the person evaluating the risk (Black, White, Hispanic), several researchers have thus found

differences in the risk perception of each of those groups (Glik *et al.* 1991; Flynn *et al.* 1994; Lam 2005). The latter has been the focus of more attention in what is called the “Cultural Theory” of risk perception (Douglas and Wildavsky 1982). This theory hypothesises that different types of people will prioritise different sources of risk. For example, the “egalitarians” should be concerned with technologies and environment, while the “hierarchists” would be concerned with law and order. However, according to recent work, the quantitative explanatory power of such a theory is still to be proven (Sjöberg 2000; Baxter and Greenlaw 2005).

Finally, a third dimension that can be added to our initial conceptual framework refers to the social environment in which a person interacts. This theme includes variables related, for example, to social support or self-perceived stress that are hypothesised to influence risk perception (Glik *et al.* 1991; Greening *et al.* 2005). The acceptability of a specific risk by the community experiencing it is also part of this “social” environment and could therefore affect general and personal risk perception (Vlek and Hendrick 1988; Slovic 2000; Baxter and Greenlaw 2005).

A closer investigation of these dimensions among others might even improve the explanatory power of any risk perception measure. The modelling of risk perception is always only partial, and incomplete, but nonetheless useful, as Slovic *et al.* had already observed in 1980: “... Risk assessments are inevitably subjective, and (this is why) understanding judgmental limitations is crucial to effective decision making.”

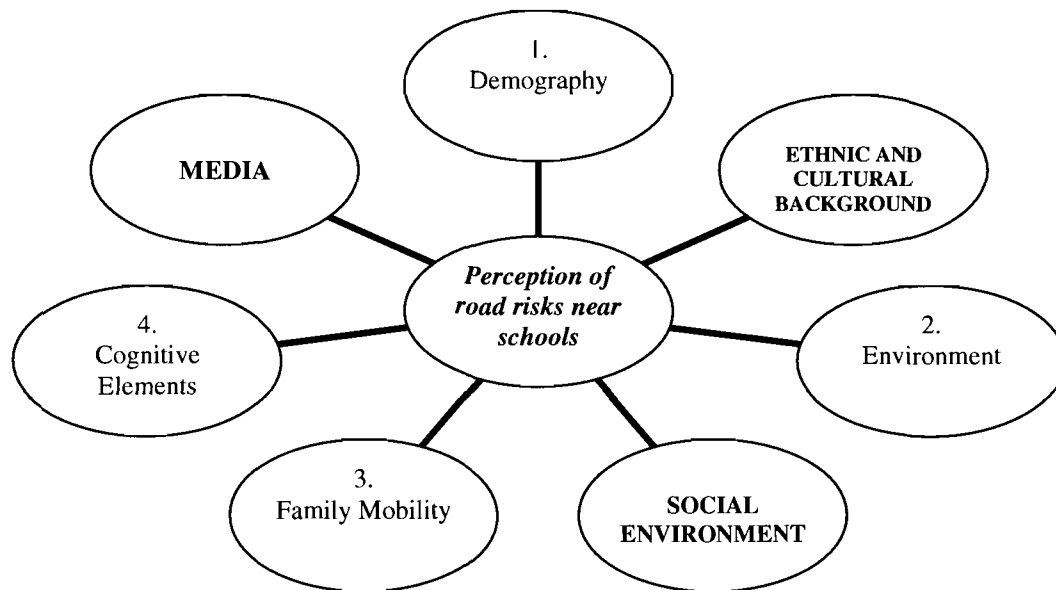


Figure 3: Extension of the initial conceptual framework of risk perception

In conclusion, we feel that research such as ours should be taken into consideration in the development of prevention strategies, especially due to the important role that parents play in injury prevention (DeFrancesco, Gielen, Bishai *et al.* 2003; Brown, Roberts, Mayes *et al.* 2005). As Ziviani *et al.* (2004) noted, parents can become a powerful lobby able to influence local authorities when they are convinced of the validity of their actions. These convictions can then serve to improve the “walkability” of our urban environments, which will benefit not only children but, in fact, all citizens.

References

- Ajzen, I. and M. Fishbein (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Baxter, J. and K. Greenlaw (2005). Explaining perceptions of a technological environmental hazard using comparative analysis. *The Canadian Geographer*, 49, 61-80.
- Björklid, P. (1994). Children-Traffic-Environment. *Architecture and Behaviour/Architecture et Comportement*, 10, 399-406.
- Bradshaw, R. (1995). Why do parents drive their children to school? *Traffic Engineering and Control*, 36, 16-19.

- Brown, K. J., M. C. Roberts, *et al.* (2005). Effects of parental viewing of children's risk behavior on home safety practices. *Journal of Pediatric Psychology*, 30, 571-580.
- Chaix, B. and P. Chauvin (2002). L'apport des modèles multiniveaux dans l'analyse contextuelle en épidémiologie sociale: une revue de la littérature. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 50, 489-499.
- Cloutier, M. S., P. Apparicio, *et al.* (2007). GIS-based spatial analysis of child pedestrian accidents near primary schools in Montréal, Canada. *Applied GIS*, 3, <http://arrow.monash.edu.au/hdl/1959.1/5144>.
- Collins, D. C. A. and R. A. Kearns (2001). The safe journeys of an enterprising school: Negotiating landscapes of opportunity and risk. *Health & Place*, 7, 293-306.
- Covello, V. T. and M. W. Merkhofer (1993). *Risk assessment methods : Approaches for assessing health and environmental risks*. New York: Plenum Press.
- Cutter, S. L. (1993). *Living with risk : The geography of technological hazards*. New York: E. Arnold.
- DeFrancesco, A. C. Gielen, *et al.* (2003). Parents as advocates for child pedestrian injury prevention: What do they believe about the efficacy of prevention strategies and about how to create change? *American Journal of Health Education*, 34, S48-S53.
- DeJoy, D. M. (1989). The optimism bias and traffic accident risk perception. *Accident Analysis & Prevention*, 21, 333-340.
- Douglas, M. and A. B. Wildavsky (1982). *Risk and culture : An essay on the selection of technical and environmental dangers*. Berkeley: University of California Press.
- Elvik, R. and T. Bjornskau (2005). How accurately does the public perceive differences in transport risks? An exploratory analysis of scales representing perceived risk. *Accident Analysis & Prevention*, 37, 1005-1011.
- Finn, P. and B. W. E. Bragg (1986). Perception of the risk of an accident by young and older drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 18, 289-298.
- Finucane, M., A. Alhakami, *et al.* (2000). The affect heuristic in judgements of risks and benefits. *Journal of Behavioral Decision Making*, 13, 1-17.
- Fischhoff, B., P. Slovic, *et al.* (2000). How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes toward technological risk and benefits. In P. Slovic, *The perception of risk* (pp. 80-103). London: Earthscan Publications.
- Flynn, J., P. Slovic, *et al.* (1994). Gender, race, and perception of environmental health risk. *Risk Analysis*, 14, 1101-1108.
- Gärling, T., A. Svensson-Gärling, *et al.* (1984). Parental concern about children's traffic safety in residential neighborhoods. *Journal of Environmental Psychology*, 4, 235-252.
- Gatrell, A. C. (2002). *Geographies of health: An introduction*. Oxford: Blackwell.
- Gielen, A. C., S. Defrancesco, *et al.* (2004). Child pedestrians: The role of parental beliefs and practices in promoting safe walking in urban neighborhoods. *Journal of Urban Health*, 81, 545-555.
- Glik, D., J. Kronenfeld, *et al.* (1991). Predictors of risk perceptions of childhood injury among parents of preschoolers. *Health Education Quarterly*, 18, 285-301.

- Greening, L., L. Stoppelbein, *et al.* (2005). Predictors of Children's and Adolescents' Risk Perception. *Journal of Pediatric Psychology*, 30, 425-435.
- Heino, A., H. H. vanderMolen, *et al.* (1996). Risk perception, risk taking, accident involvement and the need for stimulation. *Safety Science*, 22, 35-48.
- 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*, 4, <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/4/15>.
- Hillman, M. and J. G. U. Adams (1992). Children's freedom and safety. *Children's Environment*, 9, 10-22.
- Holland, C. and R. Hill (2007). The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations. *Accident Analysis & Prevention*, 39, 224-237.
- Humpel, N., A. L. Marshall, *et al.* (2004). Changes in neighborhood walking are related to changes in perceptions of environmental attributes. *Annals of Behavioral Medicine*, 27, 60-67.
- Jonah, B. A. (1986). Accident risk and risk-taking behaviour among young drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 18, 255-271.
- Joshi, M. S. and M. MacLean (1995). Parental attitudes to children's journeys to school. *World Transport Policy and Practice*, 1, 29-36.
- Kerr, J., D. Rosenberg, *et al.* (2006). Active commuting to school: Association with environment and parental concerns. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38, 787-794.
- Lam, L. T. (2000). Factors associated with parental safe road behaviour as a pedestrian with young children in metropolitan New South Wales, Australia. *Accident Analysis & Prevention*, 33, 203-210.
- Lam, L. T. (2001). Parental risk perceptions of childhood pedestrian road safety. *Journal of Safety Research*, 32, 465-478.
- Lam, L. T. (2005). Parental risk perceptions of childhood pedestrian road safety: A cross cultural comparison. *Journal of Safety Research*, 36, 181-187.
- Lee, T. and N. Rowe (1994). Parent's and children perceived risks of the journey to school. *Architecture and Behaviour/Architecture et Comportement*, 10, 379-389.
- Letirand, F. and P. Delhomme (2003). Augmenter la valeur prédictive de la théorie du comportement planifié par l'évaluation de plusieurs options comportementales : Une application au comportement de vitesse sur la route. *Nouvelle Revue de Psychologie*, 2, 319-331.
- Letirand, F. and P. Delhomme (2006). Accessibilité des croyances associées aux deux options d'une alternative comportementale : Une piste à explorer pour mieux expliquer le comportement de vitesse des jeunes conducteurs? *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, 3-14.
- Merom, D., C. Tudor-Locke, *et al.* (2006). Active commuting to school among NSW primary school children: Implications for public health. *Health & Place*, 12, 678-687.

- Montulet, B. and M. Hubert (2008). Se déplacer avec des enfants à Bruxelles ? Une étude sociologique sur les vécus du temps et les usages des modes de transport. *Brussels Studies*, 15, 1-15, <http://www.brusselsstudies.be/archives.aspx>.
- Mullan, E. (2003). Do you think that your local area is a good place for young people to grow up ? The effects of traffic and car parking on young people's views. *Health & Place*, 9, 351-360.
- Noland, R. B. (1995). Perceived risk and modal choice: Risk compensation in transportation systems. *Accident Analysis & Prevention*, 27, 503-521.
- Owen, N., N. Humpel, *et al.* (2004). Understanding environmental influences on walking: Review and research agenda. *American Journal of Preventive Medicine*, 27, 67-76.
- Pampalon, R., C. Duncan, *et al.* (1999). Geographies of health perception in Quebec: A multilevel perspective. *Social Science & Medicine*, 48, 1483-1490.
- Papon, F. (1997). Les modes oubliés: Marche, bicyclette, cyclomoteur, motocyclette. *Recherche - Transports - Sécurité*, 56, 61-75.
- Philibert, M. D. and P. Apparicio (2007). Statistiques spatiales appliquées à l'analyse de données de santé. In S. Fleuret and J. P. Thouez, *Géographie de la santé: un panorama* (pp. 111-132). Paris: Economica/Anthropos.
- Pooley, C. G., J. Turnbull, *et al.* (2005). The journey to school in Britain since the 1940s: Continuity and change. *Area*, 37, 43-53.
- Prezza, M., F. R. Alparone, *et al.* (2005). Parental perception of social risk and of positive potentiality of outdoor autonomy for children: The development of two instruments. *Journal of Environmental Psychology*, 25, 437-453.
- Reading, R., R. Haynes, *et al.* (2005). Neighborhood influences on child injury risk. *Children, Youth and Environments*, 15, 165-185.
- Reimers, A. and L. Laflamme (2005). Neighbourhood social and socio-economic composition and injury risks. *Acta Paediatrica*, 94, 1488-1494.
- Riva, M., L. Gauvin, *et al.* (2007). Toward the next generation of research into small area effects on health: A synthesis of multilevel investigations published since July 1998. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 61, 853-861.
- Rothengatter, T. (2002). Driver's illusions - no more risk. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5, 249-258.
- Sellstrom, E., S. Bremberg, *et al.* (2000). Risk of childhood injury: Predictors of mothers' perceptions. *Scandinavian Journal of Public Health*, 28, 188-193.
- Silka, L. (1996). Transforming the psychology of risk: From social perception to the geography of communities. In R. S. Feldman, *The psychology of adversity* (pp. Amherst: University of Massachusetts Press.
- Sjöberg, L. (2000). Factors in Risk Perception. *Risk Analysis*, 20, 1-12.
- Slovic, P. (2000). *The perception of risk*. London: Earthscan Publications.
- Slovic, P., B. Fischhoff, *et al.* (1980). Facts and fears: Understanding perceived risk. In R. C. Schwing and W. A. Albers, *Societal risk assessment: how safe is safe enough ?* (pp. 181-214). New York: Plenum Press.

- Slovic, P., B. Fischhoff, *et al.* (1985). Characterizing perceived risk. In R. Kates, C. Hohenemser and J. Kasperson, *Perilous progress: managing the hazards of technology* (pp. 91-125). Boulder: Westview Press.
- Slovic, P. and E. Peters (2006). Risk perception and affect. *Current Directions in Psychological Science*, 15, 322-325.
- Statistics Canada (2001). Canadian population census.
- Taylor, S. E., R. L. Repetti, *et al.* (1997). Health psychology: What is an unhealthy environment and how does it get under the skin ? *Annual Review of Psychology*, 48, 411-447.
- Tsoukala, K. (2001). *L'image de la ville chez l'enfant*. Paris: Anthropos.
- Vanlaar, W. (2005). Multilevel modeling in traffic safety research: Two empirical examples illustrating the consequences of ignoring hierarchies. *Traffic Injury Prevention*, 6, 311-316.
- Vlek, C. and L. Hendrick (1988). Statistical risk versus personal control as conceptual bases for evaluating (traffic) safety. In T. Rothengatter and R. de Bruin, *Road user behaviour: theory and research* (pp. 139-151). Maastricht: Van Gorcum.
- Wahlberg, A. A. F. and L. Sjoberg (2000). Risk perception and the media. *Journal of Risk Research*, 3, 31-50.
- Weir, L. A., D. Etelson, *et al.* (2006). Parents' perceptions of neighborhood safety and children's physical activity. *Preventive Medicine*, 43, 212-217.
- Ziviani, J., J. Scott, *et al.* (2004). Walking to school: Incidental physical activity in the daily occupations of Australian children. *Occupation Therapy International*, 11, 1-11.

7. Résultats (article 4)

L'article présenté dans ce chapitre se penche sur notre dernière question spécifique : *Suivant les deux facettes vues précédemment, existe-t-il un lien entre les environnements de proximité des écoles et les connaissances, les croyances et les représentations du risque d'accident piéton chez les parents ?* Il a donc pour objectif d'étudier et de comparer les connaissances, les croyances et les représentations du risque des parents selon divers environnements urbains. La méthode que nous avons préconisée reprend certaines variables introduites aux chapitres 3 et 4 et les analyse en utilisant des tableaux croisés et des tests de Khi-carré.

Cet article, intitulé *Different School Environments, Different Parental Attitudes: Knowledge, Beliefs and Risk Representation Regarding Child Pedestrian Road Safety in an Urban Setting*, a été soumis à la revue *Children, Youth, & Environment* au moment du dépôt de la thèse.

Article 4

Different School Environments, Different Parental Attitudes: Knowledge, Beliefs and Risk Representation Regarding Child Pedestrian Road Safety in an Urban Setting

Marie-Soleil Cloutier^{1,2}

¹ Département de Géographie, Université de Montréal.

² Laboratoire d'Analyse Spatiale et d'Économie Régionale, INRS-UCS.

Contribution de chaque auteur (Article 4)

Marie-Soleil Cloutier a élaboré l'enquête, effectué la collecte des données, les traitements et les analyses et a rédigé l'article.

Abstract

The objective of this paper is to describe parental knowledge, beliefs and representation concerning child pedestrian injury risk around primary schools. We surveyed 193 parents from six elementary schools located in different urban settings in terms of levels of deprivation and pedestrian injury risk. Parental knowledge of risk for their children was low, but *road traffic/accident* was confirmed as a major preoccupation. Parents from high risk schools rated their fear of pedestrian accident higher than parents from high deprivation schools. Finally, our measure of risk perception remained relatively high no matter the urban environment. Our results suggest three ways to encourage prevention: 1) develop efficient and original educational tools to increase parents' awareness of the risk for child pedestrians; 2) use the high preoccupation about traffic danger to promote local actions driven by parents; and 3) target "vulnerable" schools as a priority to reduce the inequalities in risk among child pedestrians.

Keywords

Road risk, child pedestrians, parents, deprivation, knowledge, beliefs

Introduction

Even if it can be said that major reductions in rates of injury and numbers of victims of road accidents have occurred over the past decades, pedestrian injuries are still a leading cause of death among children. In Canada, between 1994 and 2003, pedestrian accidents were the first cause of injury-related death for children aged 5 to 9 years old (18%) and the second cause for children aged 10 to 14 years old (14%) (SafeKids Canada 2007). In the same period, a decrease of 52% in hospitalisation and death rates also occurred. However, these recent reductions are increasingly related, among other factors, to a decrease in the frequency that children walk and, thus, a decrease in exposure to traffic, particularly on the way to school (Joshi and MacLean 1995; DiGuseppi *et al.* 1997; Dixey 1998; Sonkin *et al.* 2006). Public health officials and researchers refer to this phenomenon with concern because of the known health problems associated with a sedentary lifestyle (obesity, etc.) and because walking has a positive effect on children's physiological and psychological development (freedom to explore, independence, self-confidence, etc.) (Plante and Rodin 1990; Hillman and Adams 1992; Lee and Rowe 1994; Collins and Kearns 2001; Cooper *et al.* 2003; Jutras 2003; Frank *et al.* 2004; Mackett *et al.* 2005; Crider and Hall 2006). As Mullan (2003) pointed out, it seems that the official problem of road death among children is contributing to an invisible, unofficial problem of increased fear and worry, resulting in restricted mobility for children.

In this context, the role of parents in the decision-making process involving their children walking is important, but the cognitive factors that underlie these parental attitudes and behaviours are not well understood and have not been subject to sufficient study (Lam 2001; Gielen *et al.* 2004). Several studies concerning road safety and injury prevention reveal that knowledge and beliefs have an influence on parental behaviours, especially on questions related to their children (Rivara *et al.* 1989; Hu *et al.* 1996; Joshi *et al.* 2001). In addition, other studies found a relation between risk perception and behaviours in the parent-child context (Joshi and MacLean 1995; Lam 2000; Kerr *et al.* 2006; Merom *et al.* 2006). Another question raised but not really addressed by the current literature regards the

influence of the living environment of parents upon their knowledge, beliefs and perception of risk concerning their children's safety. Environments with low socioeconomic status and/or high-traffic volume seem to be related to a lesser understanding of child safety, to higher level of parental fear/anxiety and to more serious traffic concerns (Gärling *et al.* 1984; Eichelberger and Gotschall 1990; Björklid 1994; Lam 2001; Gielen *et al.* 2004; Weir *et al.* 2006). Accordingly, the integration of variables associated with the daily living environment is likely to enhance our understanding of parents' assessments of road safety (Lévy-Leboyer 1980; Silka 1996).

The objective of this paper is to describe parental variables concerning child pedestrian injury risk around primary schools. More specifically, a comparison of parental knowledge, beliefs and risk perceptions will be carried out through urban school environments with different levels of deprivation and pedestrian injury risk. Questions raised within this framework are: Do these school environments influence a parent's perception of risk for his or her child as a pedestrian? What do the parents know and/or believe concerning traffic injury and risk related to their children's school?

These questions have not been studied sufficiently but they can be seen as a first step in the analysis of the decision-making process concerning the type of transport chosen to go to school. The study of the three components - knowledge, beliefs and risk perception - will contribute to a better understanding of parental attitudes about child pedestrian safety. Such information can suggest future prevention schemes aimed at reducing risk and promoting safe walking to school.

Methods

Sample: Schools and Parents

Schools were selected according to a model of child pedestrian accident risk described in an earlier publication (Cloutier *et al.* 2007). This model integrated eight variables computed for each school and related to a zone of proximity. Our approach uses global image (raster) analysis and network distance to build proximity zones around schools. By creating such school “catchment” zones, it becomes possible to allocate each accident location to one school only - the school closest to the accident. The urban environment enclosed in these zones were characterised according to eight variables and integrated in a multivariate regression model: 1) the number of accidents (1994-99), as the dependent variable; 2) the school language (reflecting the cultural particularity of Montreal: English and French-speaking); 3) school enrolment for one year; 4) proportion of children (5-14 years old); 5) land use diversity index; 6) road network density; 7) main road density; and 8) deprivation index. This last index was calculated using five demographic variables extracted from the 2001 Canadian Population Census: the percentage of single-parent families, the unemployment rate, the percentage of adults (20 years-old and over) with less than Grade 9 education, the percentage of low income population and the percentage of immigrants who arrived during the period 1996-2001.

Schools with the lowest residuals in the above mentioned model were pulled out from the original database and were divided into four groups according to their deprivation index and the number of accidents which had already happened in the proximity zone of the school (dependent variable in the model): high deprivation with high accidents, high deprivation with low accidents, low deprivation with high accidents, low deprivation with low accidents (see Table 1). These two characteristics of the area surrounding the schools will be the basis of our comparative analysis.

One school per group was randomly selected and questionnaires were distributed. In order to have more data, a second school was contacted in each group and two additional schools agreed to participate in the study. Respondents were reached in two different ways: through

the parents' committee monthly meetings (a questionnaire was given to all parents attending) and through the distribution of the questionnaire to their children (in at least one class per level). No incentives were used but the collaboration of the school principals was helpful in order to increase response rates. A total of 582 questionnaires were distributed to parents in six different schools.

Questionnaire

The questionnaires completed by parents included 47 items in seven categories: demography, mobility (parents), child's way to school, knowledge and beliefs about road safety, road safety practices (parents with their children), risk perception and a map of the child's journey to school. The final version of the questionnaire was developed with reference to 1) a review of the literature including subjects found in questionnaires relating to risk perception and road safety, 2) qualitative interviews with parents and 3) a pre-test of the questionnaire in one school (Joly *et al.* 1998; Gielen *et al.* 2004; Granié *et al.* 2005; HEARTS Consortium 2005). In this paper, we only analyse selected variables related to knowledge, beliefs and risk perception, in addition to demographic variables.

Selected variables and their measurement

Knowledge

Three questions are used to determine the level of parental knowledge regarding child road safety: 1) in which order of severity would you place these sources of danger to your child? a) molestation/kidnapping; b) road traffic/accidents; c) cancer/severe diseases; d) falls/other injuries inside or outside the house, 2) In which age group is one most likely to be a victim of a road accident as a pedestrian? a) less than 5 years old; b) 6-9 years old; c) 10-14 years old; d) 15-24 years old, and 3) At what age can a child safely cross the street without being accompanied by an adult? 5, 6, 7, 8, 9 or 10 years old and older. The purpose of the first question is to determine the parent's general knowledge and concerns about

child safety while the last two questions are meant to evaluate the parent's factual understanding of the risk a child can encounter on the street. Answers reflecting the literature and recent Canadian statistics on hospitalisation and death rates are 1) d-b-c-a; 2) 10-14 years old; and 3) 10 or older.

Beliefs

One question related to beliefs is analysed in this paper. Parents were asked to rate the level of danger (walking) on the way to their children's school using a Likert scale. This type of scale is often used in psychology to "measure" specific attitudes. As Bradburn *et al.* (2004) mentioned: "The fundamental idea behind Likert scales is that an attitude can be thought of as a set of propositions about beliefs (...) held by individuals". In the present case, parents rate the level of danger on the way to their children's school, from never dangerous (level 1) to always dangerous (level 7) in two situations: a) for them and b) for their children.

Risk Perceptions

The measure of risk perception used here is based on the work of Lam (2000; 2001) and includes eight items describing risky situations for children on the street. These situations are illustrated by a figure in the questionnaire, creating the same mental image for every parent (see Figure 1 and Table 3 for the list of all the items). Again, parents were asked to rate the dangerousness of these situations on a Likert scale (1 to 7: never dangerous to always dangerous). In this case, the main advantage of the scale is that it is possible to convert the answers into a score (numeric variable) by adding the values (points) on the scale. The total score and all the eight risky situations were analysed separately.

On which dangerousness level do you consider the following scenarios for a child of your neighbourhood?

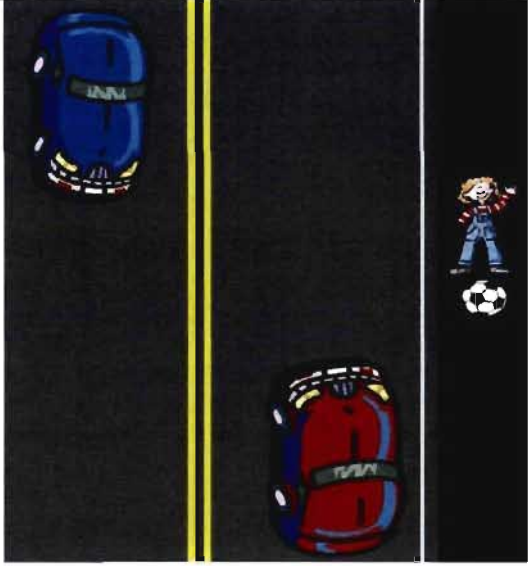
		a) Play on the sidewalk	
		1	never dangerous
		2	very rarely
		3	rarely
		4	sometimes dangerous
		5	often
		6	very often
		7	always dangerous

Figure 1: Example of a situation as illustrated in the questionnaire

Other demographic variables

Several variables related to parents (age, sex, family status, education, working status and household income) and children (age, sex, rank) are also part of our analysis. These variables were helpful to evaluate the representativeness of our sample, but they were also tested to evaluate their relationship to knowledge, beliefs and risk perception elements.

Statistical Analyses

Descriptive statistics (frequency distribution and proportions) are presented for each sub-group of schools (deprivation index and accident risk) and for the total sample. In addition, Chi-square, ANOVA and T-tests were computed to compare groups and means when applicable.

Results

Schools and neighbourhoods

Six schools agreed to participate in the survey: three with a high accident risk and three with a low accident risk, four with a high deprivation index and two with a low deprivation index (Table 1). Of the total 582 questionnaires given, 193 were returned (response rate of 33%). Response rates differed according to the deprivation index, the more deprived schools having lower rates of response. Neighbourhoods surrounding the six schools visited have similar populations and similar residential density for most of them. The three schools with the highest population density are located in neighbourhoods close to the city centre (school F, D and A) while the school with the lowest population density and the highest proportion of residential land use is located in a typical suburb (school C). We should also point out that schools in the high accident risk category have higher road and/or arterial network density. Finally, even if participating schools are located in different parts of the city, the network distance from home to school is less than one kilometre for five of them. School F included one respondent who lived more than three kilometres away, which increased the mean distance to 1067 meters (excluding this participant, the mean distance would be 777 meters) (see Table 1 and Figure 2).

Parents and children

Respondents were mostly female (80%) and the highest proportion of parents were in the 35-54 year old category (81%). Most of them were living with a partner in union (married or not) (81%). A majority of respondents worked full time (60%), as did their partners (70%). The respondent in our sample are however relatively well educated and wealthy: 86% had a degree superior to high school (compared to approximately 52% for all the population of Montreal) and 68% had an annual family income of more than 40 000\$ while the mean annual income of the Montreal population is approximately 28 000\$. We should mention that respondents of the low deprivation index schools were the most educated (100% of respondents had more than a high school degree) and the wealthiest

(87% had a family income of more than 40 000\$). Respondents in the high accident risk schools had the lowest proportion for these two variables (78% and 53% respectively) and the highest proportion of single-parent families (35%).

The children referenced by the respondents were evenly distributed between boys and girls (48 and 52%), were in the 6-9 years old age category (60%) and were for the most part the oldest (39%) or the youngest (29%) child in the family. Almost all of them lived with the respondent (97%) and the families involved in the survey included a total of 385 children of whom 88% were 12 years old or less. For these last characteristics, no significant differences were noticed between sub-groups.

Table 1: Environmental description of surveyed schools*

	Low accident risk			High accident risk		
	School A HDI**	School B HDI	School C LDI	School D HDI	School E HDI	School F LDI
Response rates	45%	36%	61%	15%	50%	39%
Number of students in 2000-2001	409	635	271	391	498	285
Number of accidents between 1994-99	1	2	1	6	7	4
Deprivation index (from 0 to 5: least deprived to most deprived)	2.1	1.9	0.2	2.4	3.2	1.3
Population density (inhab/km²)	0.9	0.7	0.4	1.0	0.6	1.3
Road network density (m/km²)	13.3	14.9	15.3	15.6	19.0	20.9
Arterial network density (m/km²)	4.9	4.1	2.6	5.2	2.6	6.7
Mean network distance between home and school (m)	652	827	811	597	577	1067
Residential land use (%)	39	54	81	61	51	59

* All calculations were performed within the proximity zone created around each school

**HDI : high deprivation index / LDI : low deprivation index

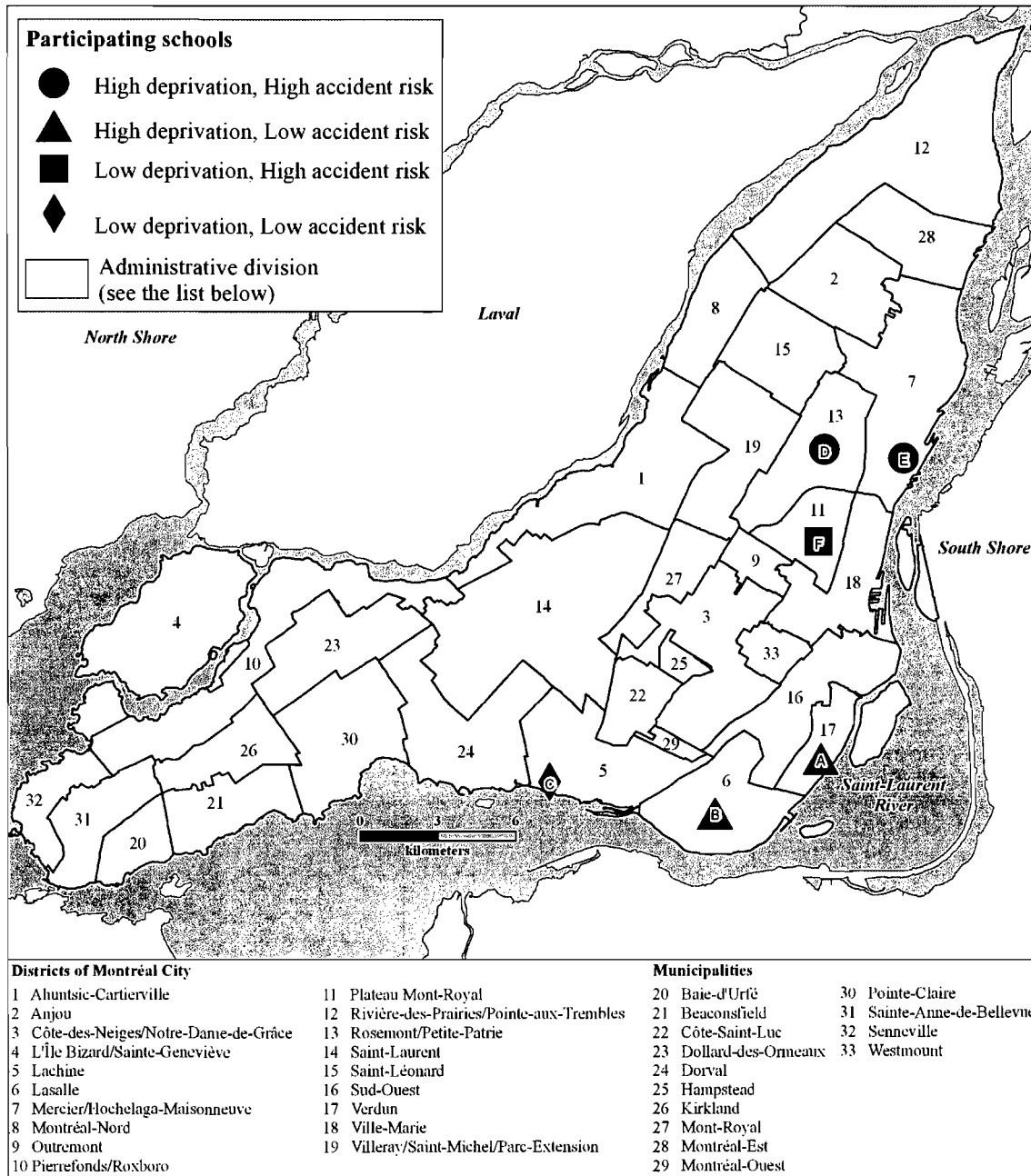


Figure 2: Study area and participating schools

Knowledge

Eleven percent of respondents had the correct answer (falls/injuries) when asked about the major sources of danger to their child. This is a rather low result. In addition, a significant proportion of respondents from high deprivation schools thought that *molestation/kidnapping* was the primary source of danger to their children (30.4% versus 8.5%: Table 2). On the other hand, the danger *road traffic/accident* was confirmed as a major preoccupation for parents since more than half (53%) of all respondents put this source in first position. A significant difference was noticed in the low deprivation schools, which had a higher proportion of parents preoccupied by traffic (83.1% versus 47%: Table 2).

Only 11% of respondents had the correct answer for the age group most likely to include pedestrian victims (10-14 years old). The highest proportion of respondents named the 6-9 year old group (42%). Respondents from high deprivation schools answered correctly in a higher proportion (15.3% against 3.5%) while respondents from low deprivation schools answered in a higher proportion for the 6-9 year old group (56.1% against 39.5%). However, according to Canadian datasets on pedestrian injuries, hospitalisation and death rates are only higher for 10-14 year-olds since 2000 (Public Health Agency of Canada 2007). Indeed, if both proportions are added, 53 % of parents think children aged 6 to 14 are the primary victims of child pedestrian accidents, which, after all, corresponds to the reality. Finally, with regard to the age to cross the street safely, 43% of all respondents answered 10 years and older. There are no significant differences between urban environments (Table 2).

Beliefs

In general, respondents rated their beliefs about the danger of walking to school 1.5 times higher for their children than for themselves. Parents from high risk schools rated their fear higher for themselves and their children (proportion in the *very often* scale)

compared to respondents from low risk schools, even if the global Chi-square test is not significant. As well, respondents from low deprivation schools considered the way to school *often dangerous* for their children and for themselves in higher proportion than respondents from high deprivation schools (respectively 17.7 against 9.9 and 11.3% against 1.5%). In contrast, parents from high deprivation schools seemed to underrate the danger for themselves and their children on the way to school: 26% of them believed that it is *rarely* dangerous for their children and 15.3% believed that it is *never* dangerous for them (Table 2).

Table 2: Chi-square test for parental knowledge, beliefs and risk perception: comparison according to deprivation index and accident risk

Variables		Level of deprivation			Level of risk		
		High deprivation index	Low deprivation index	Chi-square (p)	High accident risk	Low accident risk	Chi-square (p)
		(%)	(%)		(%)	(%)	
knowledge	Source of danger #1: road traffic/accidents	47.0	83.1	22.6	52.2	61.7	3.0
	molestation/kidnapping	30.4	8.5	(0.00)	22.7	22.7	(0.39)
	Age group most likely to be victim of a road accident: 6-9 years old	39.5	56.1	7.6	41.7	45.9	3.3
	10-14 years old	15.3	3.5	(0.05)	18.8	9.0	(0.35)
knowledge	Age to safely cross a street: 10 and older	50.4	27.9	8.9 (0.06)	46.9	41.8	2.872 (0.58)
	Beliefs	Level of danger walking to school for PARENTS : very often	4.6	0.0	16.9 (0.01)	7.8	1.4
often		1.5	11.3				
never		15.3	4.8				
Beliefs	Level of danger walking to school for their CHILDREN : very often	8.4	6.5	14.4	15.7	4.9	8.3
	rarely	26	6.5	(0.03)			(0.22)
Risk perception mean score		44.5	44.5	F=11.2 (0.08)	43.9	44.7	F=3.2 (0.78)

**Bold values are significant at p=0.05*

Risk perception

The mean score for the risk perception measurement is 44.6 (with a maximum of 56). ANOVA tests performed did not show any significant variation in the mean scores for all demographic variables (parents and children). Moreover, these risk perceptions remained relatively high no matter the type of urban environment parents and children experienced every day. Mean scores varied from 43.9 to 44.7, high risk schools having the lowest score (Table 2). This last result challenges the *belief* responses given by parents of high risk schools. Faced with specific scenarios, parents of these schools seemed to underrate their perception of traffic danger.

Finally, the detailed analysis of the measurement of items shows three sub-groups with comparable scores (Table 3): situations where parents have a higher perception of risk (#5, 7 and 8); situations where parents have a perception of risk close to the mean (#1, 2, 3 and 6); and one situation where parents' risk perception is low (#4). The first sub-group represents situations where basic safety rules are infringed upon while situation #4, *cross when the pedestrian light is GREEN*, represents the "ideal" crossing situation if everyone followed the rules.

Table 3: ANOVA test for parental risk perception according to eight situations (mean values)

Situations	High deprivation index	Low deprivation index	F (p)	High accident risk	Low accident risk	F (p)
1. <i>Play on the sidewalk</i>	5.7	5.3	4.27 (0.04)	5.8	5.5	1.56 (0.21)
2. <i>Cross an intersection without traffic light</i>	5.1	5.2	0.15 (0.70)	5.4	5.1	2.18 (0.14)
3. <i>Cross when the pedestrian light is RED and there is no car</i>	5.7	5.3	3.54 (0.06)	5.4	5.7	0.89 (0.35)
4. <i>Cross when the pedestrian light is GREEN</i>	3.3	3.7	3.99 (0.05)	3.5	3.4	0.17 (0.68)
5. <i>Cross away from an intersection</i>	6.2	5.9	3.05 (0.08)	5.8	6.2	4.32 (0.04)
6. <i>Cross at an unsignalised pedestrian crossing distant from an intersection</i>	5.2	5.7	4.95 (0.03)	5.1	5.4	2.03 (0.16)
7. <i>Cross without looking</i>	6.8	6.9	0.63 (0.43)	6.7	6.9	3.40 (0.07)
8. <i>Cross in the middle of parked cars</i>	6.4	6.5	0.11 (0.74)	6.2	6.5	4.17 (0.04)

*Bold values are significant at $p=0.05$

Discussion

Even though this is a descriptive study, our results reveal some relationships between characteristics of urban environments and knowledge, beliefs and risk perception of parents concerning the risk of injury to child pedestrians. With respect to knowledge of parents, our sample did not show a high level of understanding of child pedestrian injury risk, which is consistent with previous work on injuries in general (Lam 2000; Gielen *et al.* 2004). In contrast, a majority of parents rated road traffic/accident as the first source of

danger for their children, no matter their living environment. This demonstrates parents' awareness of this problem and reflects recent studies on parents' main concerns for their children (Lee and Rowe 1994; Vincenten *et al.* 2005). However, even if parents from high deprivation schools answered correctly in a greater proportion, this "accurate" knowledge is not reflected in their beliefs and perception of risk. We can then ask ourselves the following questions: Is "better" knowledge only the sign of a lack of confidence in their children and their environment?

Regarding beliefs, the socioeconomic status of the environment surrounding participating schools seems to influence parental attitudes. Low deprivation schools have a higher proportion of parents with concerns about traffic. This last result is inconsistent with the work of Weir *et al.* (2006) who found that inner city parents (low income) felt that traffic was a problem in a higher proportion compared to a middle-class suburban community. On the other hand, Weir *et al.*'s (2006) results, as well as the work of other authors, are consistent with our high risk school respondents, whose level of danger walking to school are higher than respondents from low risk environments (Gärling *et al.* 1984; Björklid 1994; Lam 2001; Gielen *et al.* 2004). Finally, the fact that our measure of risk perception remains high, no matter the school environment or the demographic variable, might be the reflection of an unwritten but well known assumption: parents are always worried about their children.

We should mention here that recurrent significant differences between high and low deprivation environments echo the health research approach which is called the *place effect* (Macintyre *et al.* 2002). As mentioned before, parents in our sample are in general not individually deprived in terms of family income and education, but there is still a difference in their knowledge and beliefs when compared to parents living in wealthier environments. Carstairs (2000) accurately explained the complex dynamic between poverty and health and his work is markedly relevant to the present case: "Socio-economic position does not, of itself, explain health state, rather it represents a complex of living experience, living and

working conditions, attitudes and social orientation, income, wealth, and assets for the individual. As well as these personal attributes, “poor places” provide socially adverse environments that strike at the health status of even the non-poor inhabitants”. Even though the place effect has not often been studied in the specific case of attitude and risk perception, our results lend insight for interactions between poorer school environments and parental beliefs regarding their children’s safety as pedestrians.

Conclusion

Although our response rates were lower than expected, and our sample wealthier and more educated than the general population, it is not unreasonable to assume that if such a sample has inaccurate knowledge and unsubstantiated beliefs about child pedestrian injuries, then less educated and less privileged parents may be more likely to underestimate the risks (MacGregor *et al.* 1999). Accordingly, our results suggest three ways to encourage accident prevention.

First, the lack of knowledge of parents about risk encountered by children as pedestrians should encourage the development of efficient and original tools to increase their understanding of the situation. Incidentally, some authors argue that increasing parental awareness and knowledge of their child’s risk of injury may be a relevant intervention to change safety behaviours (Brown *et al.* 2005; Vincenten *et al.* 2005; Munro *et al.* 2006). Policy makers have to find the balance between, on the one hand, classic prevention campaigns that might just target children’s behaviour and increase parental fears and, on the other hand, responsible, accurate information campaigns aimed at promoting safe alternatives to the automobile.

Secondly, since beliefs about traffic danger seem high in many cases, why not use this high level of preoccupation to promote action? Many authors agree now to the fact that parents, once convinced of the adverse consequences of certain situations, can serve as a powerful lobby group in successful interventions aimed at improving the safety of neighbourhoods,

including pathways to schools (Gärling *et al.* 1984; Lam 2000; Collins and Kearns 2001; Bishai *et al.* 2003; DeFrancesco *et al.* 2003; Ziviani *et al.* 2004). Comments from parents in our sample confirm their appreciation of several actions already undertaken such as the school crossing guards program. However, many of them agreed that we must do more and the international literature is full of examples of actions that successfully improved safety while walking, such as *walking school bus* or traffic calming schemes (Roberts *et al.* 1994; Kearns *et al.* 2003; Pucher and Dijkstra 2003; Retting *et al.* 2003; Boarnet *et al.* 2005; Crider and Hall 2006; Kingham and Ussher 2007).

Thirdly, since there are differences in risk according to urban environment, targeting “vulnerable” schools is much needed. Parents from schools located in high deprivation environments underestimated the risk in general, as did parents from high risk schools faced with specific scenarios. One assumption that can be extracted from our results is that faced with such a complex interaction of risk, parents don’t grasp the magnitude of the problem of traffic safety and cannot act accordingly to protect their children. Since socioeconomic status, as well as traffic volume, are known to be factors associated with higher rates of injuries, it would improve the situation if actions were undertaken in those urban areas as a priority.

Starting from this descriptive portrait of parents’ views on traffic risk in different urban environments, we can go further in our analysis by evaluating how this knowledge, these beliefs and the risk perception affect children’s daily mobility and parental road safety practices. Although there has been a considerable decrease in the number of child road fatalities in past decades, roads are seen as less and less safe for pedestrians. In order to reverse this tendency, we can immediately question the place given to the automobile in our cities and develop urban planning that is pedestrian friendly, for children and hence for adults.

Acknowledgment

The author wants to thank all participating schools, parents and principals for their help. She also wishes to acknowledge the meaningful comments and reviews of Philippe Apparicio (INRS-UCS, Montreal, Canada), Jacques Bergeron and Martin Paquette (Psychology Department, Université de Montréal, Canada), Brigitte Cambon-de-Lavalette (INRETS, Paris, France) and Jean-Pierre Thouez (Geography Department, Université de Montréal, Canada).

References

- Bishai, D., P. Mahoney, S. DeFrancesco, B. Guyer and A. C. Gielen** (2003). "How willing are parents to improve pedestrian safety in their community?" *Journal of Epidemiology & Community Health* 57(12): 951-955.
- Björklid, P.** (1994). "Children-Traffic-Environment." *Architecture and Behaviour/Architecture et Comportement* 10(4): 399-406.
- Boarnet, M. G., C. L. Anderson, K. Day, T. McMillan and M. Alfonzo** (2005). "Evaluation of the California Safe Routes to School legislation: Urban form changes and children's active transportation to school." *American Journal of Preventive Medicine* 28(2 Suppl 2): 134-140.
- Bradburn, N. M., B. Wansink and S. Sudman** (2004). *Asking questions : The definitive guide to questionnaire design for market research, political polls, and social and health questionnaires*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Brown, K. J., M. C. Roberts, S. Mayes and R. E. Boles** (2005). "Effects of parental viewing of children's risk behavior on home safety practices." *Journal of Pediatric Psychology* 30(7): 571-580.
- Carstairs, V.** (2000). "Socio-economic factors at areal level and their relationship with health." In P. Elliot, J. C. Wakefield, N. G. Best and D. J. Briggs. *Spatial Epidemiology: Methods and Applications*. Oxford: Oxford University Press, 51-67.
- Cloutier, M. S., P. Apparicio and J. P. Thouez** (2007). "GIS-based spatial analysis of child pedestrian accidents near primary schools in Montréal, Canada." *Applied GIS* 3(4).
- Collins, D. C. A. and R. A. Kearns** (2001). "The safe journeys of an enterprising school: Negotiating landscapes of opportunity and risk." *Health & Place* 7(4): 293-306.
- Cooper, A. R., A. S. Page, L. J. Foster and D. Qahwaji** (2003). "Commuting to school: Are children who walk more physically active?" *American Journal of Preventive Medicine* 25(4): 273-276.
- Crider, L. B. and A. K. Hall** (2006). "Healthy school travel: Walking and bicycling." In H. Frumkin. *Safe and healthy school environments*. Oxford: Oxford University Press, 314-327.

- DeFrancesco, A. C., Gielen, D., Bishai, P., Mahoney, S., Ho and B. Guyer** (2003). "Parents as advocates for child pedestrian injury prevention: What do they believe about the efficacy of prevention strategies and about how to create change?" *American Journal of Health Education* 34(5): S48-S53.
- DiGuseppi, C., I. Roberts and L. Li** (1997). "Influence of changing travel patterns on child death rates from injury: trend analysis." *BMJ* 314(7082): 710-713.
- Dixey, R.** (1998). "Improvements in child pedestrian safety: Have they been gained at the expense of other health goals?" *Health Education Journal* 57(1): 60-69.
- Eichelberger, M. R. and C. S. Gotschall** (1990). "Parental attitude and knowledge of child safety." *American Journal of Diseases of Children* 244: 714-720.
- Frank, M. A., Andresen and T. L. Schmid** (2004). "Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars." *American Journal of Preventive Medicine* 27(2): 87-96.
- Gärling, T., A. Svensson-Gärling and J. Valsiner** (1984). "Parental concern about children's traffic safety in residential neighborhoods." *Journal of Environmental Psychology* 4(3): 235-252.
- Gielen, A. C., S. Defrancesco, D. Bishai, P. Mahoney, S. Ho and B. Guyer** (2004). "Child pedestrians: The role of parental beliefs and practices in promoting safe walking in urban neighborhoods." *Journal of Urban Health* 81(4): 545-555.
- Granié, M.-A., G. Espiau and A. Beaumatin** (2005). "La construction des règles chez l'enfant: Socialisation et différences de sexe." In M.-A. Granié. *Développement social et sécurité routière*. Laboratoire de psychologie de la conduite (LPC), Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS), 19-70.
- HEARTS Consortium** (2005). "Enquête sur le trajet domicile-école de Verhaeren." Lille: Observatoire national de l'aménagement durable accessible (ONADA), Université de Lille 1.
- Hillman, M. and J. G. U. Adams** (1992). "Children's freedom and safety." *Children's Environment* 9(2): 10-22.
- Hu, X., D. Wesson, P. Parkin and I. Rootman** (1996). "Pediatric Injuries: Parental knowledge, attitudes and needs." *Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Santé Publique* 87(2): 101-105.
- Joly, P., J. Bergeron and M. Paquette** (1998). "Manuel d'administration et d'interprétation du questionnaire ACR (version E)." Montréal: Département de psychologie, Université de Montréal.
- Joshi, M. S. and M. MacLean** (1995). "Parental attitudes to children's journeys to school." *World Transport Policy and Practice* 1(1): 29-36.
- Joshi, M. S., V. Senior and G. P. Smith** (2001). "A diary study of the risk perceptions of road users." *Health, Risk & Society* 3(3): 261-279.
- Jutras, S.** (2003). "Allez jouer dehors! Contributions de l'environnement urbain au développement et au bien-être des enfants." *Canadian Psychology* 44(3): 257-266.
- Kearns, R. A., D. C. A. Collins and P. M. Neuwelt** (2003). "The walking school bus: Extending children's geographies?" *Area* 35(3): 285-292.

- Kerr, J., D. Rosenberg, J. F. Sallis, B. Saelens, L. D. Frank and T. L. Conway** (2006). "Active commuting to school: Association with environment and parental concerns." *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38(4): 787-794.
- Kingham, S. and S. Ussher** (2007). "An assessment of the benefits of the walking school bus in Christchurch, New Zealand." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 41(6): 502-510.
- Lam, L. T.** (2000). "Factors associated with parental safe road behaviour as a pedestrian with young children in metropolitan New South Wales, Australia." *Accident Analysis & Prevention* 33(2): 203-210.
- Lam, L. T.** (2001). "Parental risk perceptions of childhood pedestrian road safety." *Journal of Safety Research* 32(4): 465-478.
- Lee, T. and N. Rowe** (1994). "Parent's and children perceived risks of the journey to school." *Architecture and Behaviour/Architecture et Comportement* 10(4): 379-389.
- Lévy-Leboyer, C.** (1980). *Psychologie et environnement*. Paris: Presses universitaires de France.
- MacGregor, C., A. Smiley and W. Dunk** (1999). "Identifying gaps in child pedestrian safety: Comparing what children do with what parents teach." *Transportation Research Record*(99-0724): 32-40.
- Macintyre, S., A. Ellaway and S. Cummins** (2002). "Place effects on health: How can we conceptualise, operationalise and measure them?" *Social Science & Medicine* 55(1): 125-139.
- Mackett, R. L., L. Lucas, J. Paskins and J. Turbin** (2005). "The therapeutic value of children's everyday travel." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 39(2-3): 205-219.
- Merom, D., C. Tudor-Locke, A. Bauman and C. Rissel** (2006). "Active commuting to school among NSW primary school children: Implications for public health." *Health & Place* 12(4): 678-687.
- Mullan, E.** (2003). "Do you think that your local area is a good place for young people to grow up ? The effects of traffic and car parking on young people's views." *Health & Place* 9(4): 351-360.
- Munro, S. A., A. van Niekerk and M. Seedat** (2006). "Childhood unintentional injuries: The perceived impact of the environment, lack of supervision and child characteristics." *Child Care Health & Development* 32(3): 269-279.
- Plante, T. G. and J. Rodin** (1990). "Physical fitness and enhanced psychological health." *Current Psychology* 9(1): 3-25.
- Public Health Agency of Canada** (2007). "Mortality and morbidity dataset, child pedestrian victims, 1994-2004." *Unpublished data*.
- Pucher, J. and L. Dijkstra** (2003). "Promoting safe walking and cycling to improve public health: Lessons from The Netherlands and Germany." *American Journal of Public Health* 93(9): 1509-1516.
- Retting, R. A., S. A. Ferguson and A. T. McCartt** (2003). "A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce pedestrian-motor vehicle crashes." *American Journal of Public Health* 93(9): 1456-1463.

- Rivara, F. P., A. B. Bergman and C. Drake** (1989). "Parental attitudes and practices toward children as pedestrians." *Pediatrics* 84(6): 1017-1021.
- Roberts, I., T. Ashton, R. Dunn and T. Lee-Joe** (1994). "Preventing child pedestrian injury: Pedestrian education or traffic calming?" *Australian Journal of Public Health* 18(2): 209-212.
- SafeKids Canada** (2007). "Child and Youth Unintentional Injury: 10 Years in Review, 1994-2003." Toronto: SafeKids Canada.
- Silka, L.** (1996). "Transforming the psychology of risk: From social perception to the geography of communities." In R. S. Feldman. *The psychology of adversity*. Amherst: University of Massachusetts Press.
- Sonkin, B., P. Edwards, I. Roberts and J. Green** (2006). "Walking, cycling and transport safety: An analysis of child road deaths." *Journal of the Royal Society of Medicine* 99(8): 402-405.
- Vincenten, J. A., M. J. Sector, W. Rogmans and L. Bouter** (2005). "Parents' perceptions, attitudes and behaviours towards child safety: A study in 14 European countries." *International Journal of Injury Control and Safety Promotion* 12(3): 183 - 189.
- Weir, L. A., D. Etelson and D. A. Brand** (2006). "Parents' perceptions of neighborhood safety and children's physical activity." *Preventive Medicine* 43(3): 212-217.
- Ziviani, J., J. Scott and D. Wadley** (2004). "Walking to school: Incidental physical activity in the daily occupations of Australian children." *Occupation Therapy International* 11(1): 1-11.

8. Discussion

8.1. Rappel des objectifs de recherche

Le questionnement général de cette thèse visait à mieux comprendre l'influence de l'environnement urbain et de certaines variables parentales sur le risque d'accident de la route chez les enfants près des écoles primaires. Pour y arriver, nous avons défini trois objectifs spécifiques et les chapitres contenant les différents articles sont le résultat de notre effort d'analyse. La présente section se veut un rappel des principaux résultats à ces différentes questions qui étaient posées au début de notre démarche.

Quels sont les variables en lien avec les environnements de proximité des écoles qui influencent le risque d'accident piéton chez les enfants ?

Ce premier objectif avait pour but d'explorer la distribution spatiale des accidents et de certains facteurs de risque à Montréal, en plus de tenter de modéliser un certain risque objectif à travers des milieux de proximité entourant les écoles. Nos deux premiers articles ont su répondre à cette question de plusieurs façons. Tout d'abord, il a été possible, à l'aide du SIG que nous avons construits, d'illustrer et de documenter la répartition spatiale des accidents à Montréal. En effet, bien qu'il y ait des accidents impliquant des enfants piétons un peu partout sur le territoire montréalais, les statistiques spatiales effectuées ont démontré une certaine concentration, notamment dans certains quartiers centraux : le Sud-Ouest, Montréal-Nord, Côte-des-Neiges, Hochelaga-Maisonneuve, etc. Dans un second temps, nous avons prouvé l'utilité d'une modélisation intégrant la composante spatiale : les modèles GWR construits ont permis d'améliorer la performance en comparaison avec les modèles classiques tout en démontrant la significativité de la quasi-totalité des variables environnementales testées. Notre approche contribue ainsi à mettre l'emphase sur le caractère local de certains facteurs de risque. Tous les quartiers de la ville n'ont pas la même expérience du risque routier piéton et les facteurs de risque identifiés pour l'ensemble d'une ville donnée n'agissent pas localement avec la même intensité. Comme nous l'avons indiqué dans notre second article, il ne s'agit pas ici de remettre en cause les politiques globales de prévention, mais plutôt d'affirmer la complémentarité de celles-ci

avec des plans d'intervention à l'échelle locale. Une meilleure connaissance des variables significatives localement ne peut qu'aider les différents acteurs de la prévention à améliorer leurs stratégies.

Quels sont les variables environnementales et individuelles qui influencent la représentation du risque d'accident piéton chez les parents ?

Ce second objectif sort du cadre géographique à proprement parler pour s'intéresser aux représentations du risque en soi. Notre but ici était d'explorer une avenue qui est tout autant spatiale que psychologique : nous avons fait l'hypothèse que les représentations se forment à partir des expériences du quotidien, ces expériences prenant place dans les espaces du quotidien, comme les alentours des écoles primaires. Notre troisième article démontre tout d'abord la pertinence de notre mesure de la représentation du risque en milieu scolaire, pour ensuite expliquer ses variations en fonction de trois variables individuelles et cognitives : le sexe du parent, le sentiment de contrôle et la croyance envers le trafic. Ces résultats, bien qu'ils soient contraires à nos hypothèses de départ, sont en accord avec la littérature récente et ajoutent à la compréhension générale des représentations. Ces résultats contre-intuitifs s'expliquent de trois façons. Tout d'abord, le faible nombre d'environnements scolaires pris en considération laisse peu de place à une grande variabilité : les parents ne proviennent que de six écoles différentes. De plus, notre choix des variables environnementales s'est limité au contexte socioéconomique, au risque objectif d'accident et au trafic, alors que d'autres éléments du paysage urbain ont peut-être une influence sur la représentation du risque piéton (graffiti, qualité des trottoirs, etc.). Finalement, nous croyons qu'il ne faut pas négliger la présence d'un phénomène d'accoutumance de la part des parents : confrontés quotidiennement à des environnements accidentogènes, ils sont en quelque sorte « forcés » d'accepter un certain niveau de risque. Cette acceptation se reflète alors dans leur représentation du risque qui reste faible, malgré des environnements plus hostiles. Cette dernière supposition renforce par ailleurs l'importance d'effectuer des diagnostics de sécurité routière qui combinent des mesures

objectives et subjectives du risque dans le but d'obtenir un portrait plus juste de la situation, comme il en sera question dans la prochaine section.

Suivant les deux facettes vues précédemment, existe-t-il un lien entre les milieux de vie entourant les écoles et les connaissances, les croyances et les représentations du risque d'accident piéton chez les parents ?

Ce dernier objectif avait pour but d'analyser les différences dans les connaissances, les croyances et les représentations du risque des parents en fonction du milieu entourant l'école que leur enfant fréquente. Cette analyse exploratoire est plutôt concluante puisque, comme l'explique notre quatrième article, il semble y avoir un certain effet de lieux dans ces trois composantes reliées au risque routier en milieu scolaire. En effet, les parents des milieux défavorisés ont montré des différences quant à leurs connaissances et leurs croyances, au-delà de leur statut socio-économique individuel. Cette analyse démontre ainsi la pertinence de combiner des champs d'expertises pour en arriver à des analyses originales de la problématique des accidents de la route impliquant des piétons en milieu scolaire.

8.2. Synthèse des résultats

Lorsqu'une analyse rétrospective en est faite, trois points se dégagent de nos résultats : la prépondérance des variables individuelles dans la représentation du risque, l'importance des environnements défavorisés dans la modélisation du risque et la complémentarité des données objectives et subjectives pour l'étude de la sécurité des enfants piétons.

8.2.1. L'importance des variables individuelles

Les représentations du risque routier des parents de notre échantillon restent élevées et semblables, peu importe l'environnement urbain scolaire dans lequel leurs enfants évoluent. De plus, le modèle ayant pour variable dépendante ces mêmes représentations n'a retenu aucune variable environnementale, alors que les variables cognitives individuelles sont demeurées significatives dans toutes les analyses. Ces constats nous permettent d'affirmer que les variables individuelles restent les meilleurs prédicteurs de la représentation du risque des parents telle que nous l'avons explorée.

8.2.2. L'importance des environnements défavorisés

Contrairement aux représentations du risque, la modélisation du risque routier à partir de données objectives est fortement influencée par l'environnement socioéconomique entourant les écoles. En effet, le statut socioéconomique des zones de proximité est la variable la plus significative. Des résultats similaires à l'échelle internationale ont mené Roberts *et al.* (1996) à affirmer que les victimes piétons sont en fait une conséquence directe de la distribution inégale des richesses (Collins et Kearns 2001). Cette affirmation provient du fait que la voiture protège (en tant qu'habitable) tout comme elle contribue (en tant que percuteur) au danger, touchant ainsi doublement les pauvres : en plus d'avoir un accès restreint à la voiture en raison de leur statut socio-économique, les populations défavorisées s'exposent plus souvent au risque en marchant pour leurs déplacements quotidiens.

Par ailleurs, comme il en a été question précédemment, les résultats de nos comparaisons entre les milieux scolaires présentés dans le quatrième article nous amènent à poser l'hypothèse d'un certain « effet de lieu » concernant les connaissances et les croyances des parents en lien avec le risque routier. Bien que les parents qui constituent notre échantillon

soient plutôt éduqués et bien nantis, leurs niveaux de connaissance et de croyance ne sont pas les mêmes dans les milieux scolaires favorisés et défavorisés. Ce second fait rehausse l'importance du contexte local dans l'élaboration des stratégies de prévention puisque les aprioris des parents semblent différents d'un quartier à l'autre.

8.2.3. La pertinence d'utiliser des méthodes objectives et subjectives

Un des points forts de cette thèse provient de la combinaison de deux approches méthodologiques. La première, provenant de la science de l'information géographique, impliquait l'analyse spatiale du risque routier près des écoles en fonction de différentes variables environnementales. Elle a permis d'identifier des facteurs de risque objectifs en milieu scolaire et de sélectionner les lieux d'enquête à visiter. La seconde phase de notre projet, s'apparentant aux enquêtes psychométriques avec questionnaire, impliquait l'analyse des connaissances, des croyances et des représentations du risque routier en milieu scolaire. En plus de la modélisation des représentations à partir de variables individuelles et environnementales, une comparaison des trois éléments mesurés a été effectuée selon différents environnements urbains. Ces analyses n'auraient pu être faites sans le couplage des données objectives et subjectives à travers un espace commun, soit l'école et ses environs.

La complémentarité de nos méthodes s'est révélée essentielle à une meilleure compréhension de la situation. Il apparaît évident à la lumière des comparaisons entre les écoles que l'évaluation du risque des parents ne correspond pas toujours au risque réel. Ce constat rappelle que la question des craintes et de leurs représentations ne saurait se réduire aux seuls risques environnementaux, ce qui nous ramène à l'importance du risque comme objet social. Comme le mentionnent Reynaud et Séchet (2007) dans le livre de Fleuret et Thouez (2007), « il n'y a pas de risque sans une population ou un individu qui perçoit et pourrait subir ses effets (p.219) ». Cette vision du risque social appelle à des analyses qui

ne s'en tiennent pas uniquement aux évaluations objectives du risque et c'est précisément ce que nous avons fait ici.

Un second élément d'importance ressort de nos résultats concernant d'éventuelles interventions. En effet, la prise en compte de données objectives et subjectives est primordiale pour éviter des erreurs de diagnostic. Se fier uniquement sur l'opinion des parents ne nous renseigne pas sur les risques réels et par conséquent sur les interventions à prioriser. En contre partie, se fier uniquement aux facteurs environnementaux ne nous aide en aucun cas, par exemple, à comprendre les motivations qui pourraient changer la part modale des déplacements de la voiture vers le transport actif. Les données subjectives sont donc toutes aussi importantes quand vient le temps de planifier les interventions, comme l'affirmait déjà Slovic *et al.* (1980) : « Even when statistical data are plentiful, the 'hard' fact can only go so far towards developing policy. At some point human judgment is needed to interpret the findings and determine their relevance. » (Slovic *et al.* 1980, p. 212). Nos résultats renforcent cette affirmation, en plus de mettre l'accent sur le rôle des parents en tant qu'informateur de ce qui se passe dans leur milieu.

8.3. Limites reliées aux choix conceptuels, méthodologiques et aux sources de données

Brièvement, mentionnons ici que toute démarche de recherche laisse place à l'interprétation et à un certain questionnement concernant les choix conceptuels et méthodologiques. Prenons l'exemple classique du triangle expliquant les interactions menant à un accident : d'un côté il y a les conducteurs (et les voitures), de l'autre côté il y a les victimes et le troisième côté fait référence au lieu et aux circonstances de la collision. Dans le cas présent, nous avons choisi de mettre l'emphase sur le lieu et les circonstances, dans le but d'identifier des variables environnementales susceptibles d'influencer l'occurrence d'accident. Nous avons aussi mis une certaine emphase sur les victimes des

accidents de la route (les enfants) en interrogeant les parents sur le risque en lien avec leurs enfants. Un côté est donc négligé : celui des conducteurs. Ce choix conceptuel se justifie facilement en raison de la charge de travail supplémentaire que cela aurait entraînée. La littérature qui s'intéresse aux dynamiques sous-jacentes aux comportements et agissements des conducteurs dans diverses situations peut faire l'objet d'une thèse en soi puisque différents facteurs environnementaux et individuels sont à considérer lorsqu'il est question de modéliser le risque d'accident du point de vue des conducteurs. Par ailleurs, ce type de travaux ne s'insère pas nécessairement dans notre approche géographique du problème, où nous voulions préconiser une analyse spatiale du risque, et non une typologie des personnes à risque. En terminant, rappelons que nos choix méthodologiques se fondent à la fois sur des méthodes précises et solides, et sur des analyses exploratoires qu'il faudra reproduire encore pour leur donner une certaine légitimité. Nos résultats sont par ailleurs probant et en lien avec la littérature internationale, ce qui nous fait croire que nos choix sont des plus pertinents.

Finalement, attardons-nous à certaines limites provenant des sources de données requises pour l'étude de nos variables objectives et subjectives. Tout d'abord, mentionnons que les rapports policiers sont depuis longtemps reconnus pour sous-estimer le nombre et la gravité des accidents (Fife et Cadigan 1989; Agran *et al.* 1990; Aptel *et al.* 1999; Alsop et Langley 2001; Dhillon *et al.* 2001; Amoros *et al.* 2006). Par contre, ils sont la seule source à localiser autant de lieux d'accidents. En comparaison, les données hospitalières n'enregistrent que les lieux de résidence des victimes, et les données ambulancières n'ont que les blessés les plus graves. À ce jour, cette sous-estimation semble systématique sur tout le territoire à l'étude, diminuant ainsi l'effet que cela aurait pu avoir localement. Par ailleurs, des erreurs ont pu être introduites lors du géocodage des sites d'accidents. Ces erreurs proviennent des données (spatiales ou non) que nous avons utilisées : la précision du réseau routier, des frontières du territoire à l'étude, des informations écrites par le policier sur place, etc. À cet égard, un projet en cours à la Direction de santé publique de Montréal a démontré une grande efficacité dans le géocodage automatique des sites d'accident provenant d'une base de données similaires : après la normalisation des noms de

rues, les pourcentages de concordance entre les rapports policiers et les résultats du géocodage varient de 93% à 99% (*Diane Bérubé, comm. personnelle*).

D'autre part, la complexité de collecter des données auprès des parents nous laisse avec un nombre de questionnaires remplis et valides d'un peu moins de 200, dans seulement six écoles. Certains dirons, à juste titre, que cela est trop peu pour faire des généralisations au-delà du cas montréalais. Notre objectif, qui était en soi plus modeste avec les moyens à notre disposition, est tout de même atteint : nos résultats documentent de nouvelles informations relatives aux risques environnementaux et aux représentations du risque des parents. De plus, notre démarche pour la collecte et l'analyse des données objectives et subjectives est tout à fait reproductible.

8.4. La contribution de nos résultats aux politiques scolaires de sécurité routière

Nos travaux constituent une première dans la mesure où très peu de recherches se sont intéressées d'aussi près aux environnements scolaires dans le contexte des enfants piétons. En ce sens, nos résultats apportent trois contributions majeures en matière de politique scolaire de sécurité routière.

- **La sécurité des enfants passe par une réduction de la circulation automobile sur le chemin de l'école.**

Nous affirmons cela en raison de la relation positive qui existe entre la présence de trafic (ici, estimé par les artères) et le nombre de blessés, autant dans nos travaux, que dans la littérature internationale (Garder 2004; Lee et Abdel-Aty 2005; Morency *et al.* 2008). Pour en arriver à une réelle réduction du risque et à un partage de la route qui fonctionne, les décideurs auront à implanter des aménagements routiers qui protégeront les usagers

vulnérables des manœuvres et de la vitesse effectuées par les usagers beaucoup moins vulnérables que sont les automobilistes (Joshi *et al.* 2001). En milieu scolaire, cela devrait se traduire par une plus grande intégration de la sécurité des piétons (et des cyclistes) dans la planification urbaine, et ce, autant au niveau national (politique de transport, curriculum des ingénieurs, des urbanistes, etc.) que local (règlementation, apaisement de trafic, occupation du sol, etc.)⁵. Les acteurs interpellés à ces niveaux ont tout à y gagner. Les écoles sont omniprésentes dans la ville, en sécuriser les alentours bénéficie à l'ensemble des citoyens.

- **La sécurité des enfants passe par une plus grande reconnaissance du rôle actif que peuvent jouer les parents.**

À la lumière des réponses fournies dans les questionnaires et des propos recueillis de façon informelle, il est clair que le rôle des parents est primordial dans la sécurité des enfants piétons. En effet, bien que les parents aient peu de connaissances sur les risques réels, ils ont bien souvent des craintes élevées concernant la sécurité de leurs enfants sur le chemin de l'école. Cette faible proportion de bonnes connaissances sur le risque routier nous rappelle qu'il est insuffisant d'agir seulement à l'école sur cette question. Informer les parents et les autres intervenants scolaires des règles, des conséquences et des solutions qui s'offrent à eux contribue à en faire des agents de changement dans leurs milieux respectifs. Ces nouvelles connaissances peuvent alors se traduire de deux façons : en participant activement à l'éducation routière des enfants et en intervenant auprès des autorités. Ce dernier point est le plus important à nos yeux puisque l'importance du lobby des parents auprès des instances locales est de plus en plus reconnue comme étant efficace, autant pour rappeler la vulnérabilité des enfants que pour proposer des alternatives de transport et d'aménagement en milieu scolaire. C'est ainsi que les nouvelles connaissances se traduisent en mesures concrètes et en réaménagements efficaces (Bonanomi 1994), d'où l'importance

⁵ Une liste plutôt exhaustive de recommandations, rejoignant celles écrites ici, a été faite par les participants à la conférence internationale *Reducing Childhood Pedestrian Injuries* qui a eu lieu en 2001 à l'initiative du *Center for Disease Control and Prevention* et de ses partenaires. Pour un résumé de ces recommandations, voir Schieber et Vegega (2002).

de transmettre à tous les niveaux les résultats des recherches et des expériences sur le terrain. Dans les mains des parents, cette nouvelle information devient utile et pertinente pour l'élaboration de politiques et de programmes pouvant amener une réduction des blessés et une augmentation du transport actif.

- **La sécurité des enfants passe par des interventions ciblant les quartiers les plus sensibles en priorité.**

Comme mentionné précédemment, plus d'un facteur de risque semblent converger vers les quartiers plus pauvres, ajoutant aux inégalités sociales de santé de ces populations vulnérables. Nos travaux ont prouvé encore une fois l'influence des milieux défavorisés sur le risque entourant les écoles, mais aussi sur les croyances et les connaissances du risque des parents. Ces milieux devraient donc faire l'objet d'une attention particulière dans tout programme de prévention, autant pour augmenter la sécurité des enfants que pour diminuer les craintes des parents. Rappelons que les interventions à l'échelle de quartiers ou de zones élargies peuvent aider à la réduction des impacts de l'automobile sur la santé, tandis que les interventions ne ciblant qu'un site ou une rue en particulier ou un faible potentiel de réduction du nombre total de blessés (Morency et Cloutier 2006).

8.5. Pistes de recherche future

8.5.1. L'amélioration de l'accès aux données d'exposition : un mal nécessaire

Comme nous l'avons mentionné au chapitre 2, il existe peu de sources de données qui nous renseignent localement sur l'exposition au trafic des usagers vulnérables. Pourtant, ce concept est à la base des risques encourus : sans voiture ni piéton, il n'y a pas de collision! Pour combler cette lacune et ainsi mieux documenter le risque piéton à différents endroits de la ville, trois avenues sont possibles. La première provient des enquêtes origine-

destination déjà disponibles dans plusieurs pays. Ces enquêtes à grande échelle sont le reflet des habitudes de mobilité des citoyens. Bien qu'elles se concentrent habituellement sur les automobilistes, les dernières années ont vu l'avènement de questions spécifiques sur l'intermodalité, le transport actif, les enfants (lien domicile-école) ou encore la famille (dynamique du navettage). Parallèlement à ces enquêtes, il est important de rappeler que les administrateurs des grandes villes ont maintenant accès à des bases de données informatisées, intégrées dans des SIG et décrivant en détail les caractéristiques physiques du réseau routier. Une plus grande collaboration menant à une exploration et une exploitation de ces données est souhaitable, particulièrement dans le contexte des enfants piétons. Le *Transportation Research Board*, dans son rapport portant sur le risque sur le chemin de l'école, mentionne qu'un tel partenariat rapporte habituellement autant aux gestionnaires qui doivent renouveler leurs façons de faire qu'aux chercheurs en manque de données précises (Committee on School Transportation Safety 2002).

Les personnes en contact avec les enfants au quotidien sont aussi une source de données négligée lorsqu'il est question des piétons et de la sécurité routière aux abords des écoles. Les brigadiers scolaires, les chauffeurs d'autobus, les professeurs et le personnel des écoles sont des mines d'or d'informations relatives aux habitudes des enfants, mais aussi à l'environnement autour des écoles. Leur implication a le potentiel de valider l'information contenue dans des enquêtes plus génériques, tout en apportant un regard « local » sur les réalités quotidiennes des enfants sur le chemin de l'école.

Finalement, une troisième amélioration des données d'exposition provient de la collecte directe de nouvelles informations : grille d'observation, relevé de comptage, carte à main levée, etc. Les cartes mentales sont depuis longtemps utilisées en géographie, mais la combinaison de cartes dessinées par les parents ou les enfants et des outils que procurent les SIG ouvrent de nouvelles possibilités d'analyse encore peu explorées à ce jour. Par exemple, il serait intéressant d'analyser les trajets vers l'école des enfants en leur demandant de les dessiner et de les coupler avec d'autres données dans un SIG. L'étude des micro-environnements le long de ces trajets nous permettrait de documenter certaines

mesures d'exposition tenant compte de l'occupation du sol, du cadre bâti, ou encore des aménagements pour piétons affectant l'exposition.

8.5.2. L'étude des pratiques des parents : une avenue prometteuse pour la prévention des accidents et la promotion de la marche

La société urbaine se caractérise par le fait que la vie de famille se fragmente et se spécialise entre le travail, les études, les loisirs et bien d'autres activités, obligeant parfois les enfants et les parents à réduire au minimum leurs interactions en tant que famille et en dehors du foyer (Israël 1980; Le Bourdais *et al.* 2003). Ce morcellement des activités des familles modernes laisse peu de place à une réelle éducation à la sécurité routière, dans la rue, de la part des parents. Cette situation laisse les parents dans un cercle vicieux. Les craintes face au trafic encouragent l'utilisation de la voiture, amènent plus de circulation automobile aux abords des écoles, et augmentent ainsi encore plus le sentiment d'inquiétude des parents. Dans ce contexte, nous jugeons primordiale l'étude des pratiques des parents. Deux approches méritent d'être priorisées, soit l'étude des habitudes d'accompagnement et l'analyse des relations entre les représentations et les pratiques.

Tout d'abord, mentionnons que les habitudes de supervision ou d'accompagnement des parents envers leurs enfants ont fait l'objet de plusieurs travaux dans les dernières décennies. En effet, les craintes des parents concernant la circulation automobile et les « étrangers » (*stranger-danger*) ont eu pour effet une diminution des libertés de mouvement des enfants, incluant leurs déplacements vers l'école (Tranter 2006). Cela a pour conséquence que les enfants sont de plus en plus confinés à des espaces de jeux et de déplacements restreints (autour de la maison), condamnant ainsi la rue à devenir un espace dangereux à éviter (Moore et Young 1978; Valentine et McKendrick 1997; Matthews *et al.* 2000; Jutras 2003; Matthews 2003). Puisque la liberté de mouvement des enfants, en particulier en milieu urbain, est une condition préalable à plusieurs aspects de leur croissance et de leur maturité (Ward 1978; Collins et Kearns 2001), nous considérons

important de mieux documenter cet effet dans le contexte scolaire. Une façon d'y arriver serait de s'intéresser aux habitudes de mobilité et d'accompagnement des parents, voire même de les comparer en fonction de diverses variables individuelles et environnementales.

Parallèlement à ce que nous affirmions plus tôt, mentionnons que l'importance des variables individuelles dans la représentation du risque ne restreint pas nécessairement les possibilités d'action efficaces au niveau des environnements. Cette affirmation découle de la relation qui existe entre les représentations du risque, les représentations de l'environnement, les intentions comportementales et les pratiques des individus. Ces deux derniers concepts se retrouvent en aval des représentations telles que nous les avons étudiées. La suite logique de nos travaux réside en partie dans l'étude de ces relations puisque, comme le rappelle Keerle (2006), les représentations sont en général étroitement liées aux pratiques. Une analyse qui tenterait de dissocier complètement les deux manquerait un point important. Maintenant que nous avons documenté certains des facteurs explicatifs de la représentation, il serait pertinent de s'intéresser aux liens qui existent entre les représentations du risque routier des parents et leurs pratiques de mobilité et de sécurité en présence de leur enfant. Il serait aussi intéressant de documenter la relation entre ces mêmes pratiques et les représentations des environnements des parents. À ce jour, les travaux effectués dans cette sphère se concentrent plutôt sur les adultes (Handy *et al.* 2002; Humpel *et al.* 2002; Frank *et al.* 2003; Humpel *et al.* 2004; Owen *et al.* 2004). Cela laisse de la place pour explorer la situation particulière des parents en interaction avec leurs enfants. Cet axe de recherche a le potentiel de nous informer sur les mécanismes en amont des pratiques dans le but de mieux intervenir tant au niveau des individus, qu'à celui des environnements locaux.

Conclusion

Le questionnement de départ de cette thèse provenait d'une préoccupation envers la diminution de la marche au profit de la voiture pour les trajets entre le domicile et l'école. Les statistiques récentes en ce sens sont éloquentes, renforçant encore plus la pertinence de nos travaux. En effet, la comparaison des enquêtes origine-destination effectuées dans la grande région de Montréal démontre que la part de la marche pour les déplacements vers l'école des enfants de 6 à 12 ans est passée de 45% en 1993 à 34% en 2003 (diminution de 11%). Durant la même décennie, la part de l'automobile pour ce groupe d'âge passait de 17 à 32% (augmentation de 15%) (Gagné et Lewis 2008).

Alors que les raisons données par les parents qui priorisent la voiture pour se rendre à l'école proviennent de la complexité de la vie moderne et du manque de temps qui en résulte, nous semblons oublier que la motorisation de nos société contribue aux inégalités de santé. Les enfants, les aînés, les personnes handicapées et les pauvres dépendent des autres pour la majorité de leurs déplacements parce qu'ils n'ont ni permis, ni voiture (Demers 2008). Puisque les enfants constituent un groupe spécialement vulnérable au sein de ces inégalités, notre question générale de recherche les concernait plus particulièrement. En s'intéressant à l'influence de l'environnement urbain et de certaines variables parentales sur le risque d'accident des enfants piétons, cette thèse contribue à l'avancement des connaissances, particulièrement en ce qui a trait au milieu scolaire. Nos résultats offrent un point de vue original, unique et utile pour l'élaboration de stratégies de prévention efficaces et susceptibles d'être adaptées à la réalité des quartiers.

Tout comme les chercheurs provenant du courant de la géographie de l'enfance (*Children's geography*), nous croyons qu'une des conséquences de la conceptualisation de l'enfance comme une phase de transition et d'apprentissage à sens unique (adulte vers l'enfant) est le manque flagrant de considération de ce sous-groupe de la société, particulièrement dans les politiques de transport (James 1990; Matthews et Limb 1999). De jeter le blâme sur les enfants victimes en tant que piétons, comme s'ils étaient responsables de la mauvaise conception des rues ou de la circulation rapide, conduit à des stratégies de prévention axées

sur l'enfant, moins efficaces que celles centrées sur l'environnement (Sheehy et Chapman 1986; Collins et Kearns 2001; Demers 2008). Les résultats de nos travaux rappellent qu'il est essentiel d'étudier le problème de la circulation automobile autour des écoles primaires sous une nouvelle perspective : à travers le regard des enfants.

Bibliographie

- Adams, J., M. White et P. Heywood. 2005. « Time trends in socioeconomic inequalities in road traffic injuries to children, Northumberland and Tyne and Wear 1988-2003 ». *Injury Prevention*, Vol. 11, no. 2, p. 125-126.
- Agran, P. F., D. N. Castillo et D. G. Winn. 1990. « Limitations of data compiled from police reports on pediatric pedestrian and bicycle motor vehicle events ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 22, no. 4, p. 361-370.
- Aguero-Valverde, J. et P. P. Jovanis. 2006. « Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 38, no. 3, p. 618-625.
- Ajzen, I. et M. Fishbein. 1980. *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 278 p.
- Albert, D. P., W. M. Gesler et B. Levergood. 2000. *Spatial analysis, GIS, and remote sensing applications in the health sciences*. Chelsea: Ann Arbor Press, 217 p.
- Alsop, J. et J. Langley. 2001. « Under-reporting of motor vehicle traffic crash victims in New Zealand ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 33, no. 3, p. 353-359.
- Amoros, E., J. L. Martin et B. Laumon. 2006. « Under-reporting of road crash casualties in France ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 38, no. 4, p. 627-635.
- Andresen, M. A. 2006. « A spatial analysis of crime in Vancouver, British Columbia: a synthesis of social disorganization and routine activity theory ». *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien*, Vol. 50, no. 4, p. 487-502.
- Anselin, L. et D. A. Griffith. 1988. « Do spatial effects really matter in regression analysis? ». *Papers in Regional Science*, Vol. 65, p. 11-34.
- Apparicio, P. 2000. « Les indices de ségrégation résidentielle: un outil intégré dans un système d'information géographique ». *Cybergeo: Espace, Société, Territoire* no. 134. [En ligne] (16 juin) <http://www.cybergeo.eu/index12063.html>. Consulté le 3 septembre 2005.
- Apparicio, P. 2006. *Traitement de données spatiales et dynamiques des formes urbaines. COURS IV : Autocorrélation spatiale et spécialisation spatiale*. Notes de cours pour EUR8466, INRS-UCS.
- Apparicio, P. 2006. *Traitement de données spatiales et dynamiques des formes urbaines. COURS VII : Méthode de répartition spatiale et applications*. Notes de cours pour EUR8466, INRS-UCS.

- Apparicio, P. 2008. *Méthodes quantitatives en études urbaines. COURS III-IV : Analyse bivariée I et II*. Notes de cours pour EUR8215, INRS-UCS.
- Apparicio, P., M. Abdelmajid, M. Riva et R. Shearmur. 2008a. « Comparing alternative approaches to measuring the geographical accessibility of urban health services: Distance types and aggregation-error issues ». *International Journal of Health Geographics* Vol. 7, no. 7. [En ligne] (18 février) <http://www.ij-healthgeographics.com/content/7/1/7>. Consulté le 15 juin 2008.
- Apparicio, P., M. S. Cloutier et R. Shearmur. 2007. « The case of Montréal's missing food deserts: Evaluation of accessibility to food supermarkets ». *International Journal of Health Geographics* Vol. 6, no. 4. [En ligne] (12 février) <http://www.ij-healthgeographics.com/content/6/1/4>. Consulté le 15 février 2007.
- Apparicio, P. et A.-M. Séguin. 2008. « L'accessibilité aux services de proximité dans les espaces de pauvreté de l'île de Montréal ». In *Information géographique et dynamiques urbaines - Tome 2*, sous la dir. de M. Thériault et F. Des Rosiers, p. 69-90. Paris: Traités IGAT (Information géographique et aménagement du territoire), Hermès.
- Aptel, I., L. R. Salmi, F. Masson, A. Bourde, G. Henrion et P. Erny. 1999. « Road accident statistics: discrepancies between police and hospital data in a French island ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 31, no. 1-2, p. 101-108.
- Arthur, R. et N. Waters. 1997. « Formal scientific research of traffic collision data utilizing GIS ». *Transportation Planning and Technologies*, Vol. 21, p. 121-137.
- Assailly, J. P. 1997. « Characterization And Prevention Of Child Pedestrian Accidents - An Overview ». *Journal of Applied Developmental Psychology*, Vol. 18, no. 2, p. 257-262.
- Atkinson, P. et A. Molesworth. 2000. « Geographical analysis of communicable disease data ». In *Spatial epidemiology : methods and applications*, sous la dir. de P. Elliott, J. C. Wakefield, N. G. Best et D. G. Briggs, p. 251-266. Oxford: Oxford University Press.
- Austin, K. P., M. R. Tight et H. R. Kirby. 1995. «An advanced system for the study of children's safety on the journeys to and from school.» In *VTI conference no. 4A*. Prague: Swedish national road and transport research institute.
- Bailey, T. C. et A. C. Gatrell. 1995. *Interactive spatial data analysis*. Longman Scientific & Technical,
- Baker, S., A. Waller et J. Langlois. 1991. « Motor vehicle deaths in children: geographic variations ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 23, no. 1, p. 19-28.

- Baker, S., A. Waller et J. Langlois. 1991. « Motor vehicle deaths in children: geographic variations ». *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 23, no. 1, p. 19-28.
- Béguin, H. 1979. *Méthodes d'analyse géographique quantitative*. Paris: Librairies techniques, 252 p.
- Björklid, P. 1994. « Children-Traffic-Environment ». *Architecture and Behaviour/Architecture et Comportement*, Vol. 10, no. 4, p. 399-406.
- Black, W. R. 2003. *Transportation : a geographical analysis*. New York: Guilford Press, 375 p.
- Blancher, P. 1995. « Risque et densité ». *Les Annales de la recherche urbaine*, no. 67, p. 108-116.
- Bonanomi, L. 1994. « L'enfant et la traversée de la chaussée ». *Architecture and Behaviour/Architecture et Comportement*, Vol. 10, no. 4, p. 391-397.
- Bradburn, N. M., B. Wansink et S. Sudman. 2004. *Asking questions : The definitive guide to questionnaire design for market research, political polls, and social and health questionnaires*. Édition revue et corrigée. San Francisco: Jossey-Bass, 426 p.
- Braddock, M., Garry Lapidus, Ellen Cromley, Robert Cromley, Georgine Burke, Leonard Banco. 1994. « Using a Geographic Information System to Understand Child Pedestrian Injury ». *American Journal of Public Health*, Vol. 84, no. 7, p. 1158-1161.
- Braddock, M., G. Lapidus, E. Cromley, R. Cromley, G. Burke et L. Banco. 1994. « Using a geographic information system to understand child pedestrian injury ». *American Journal of Public Health*, Vol. 84, no. 7, p. 1158-1161.
- Braddock, M., G. Lapidus, D. Gregorio, M. Kapp et L. Banco. 1991. « Population, income, and ecological correlates of child pedestrian injury ». *Pediatrics*, Vol. 88, no. 6, p. 1242-1247.
- Brase, C. H. et C. P. Brase. 1993. *Pour comprendre la statistique : concepts et méthodes*. Montréal: Guérin, 614 p.
- Brunet, R., R. Ferras et H. Théry. 1993. *Les mots de la géographie : dictionnaire critique*. 3e éd. rev. et augm. Paris: RECLUS, 518 p.
- Cambon de Lavalette, B. et O. Laya. 1988. « The role of education in the prevention of pedestrian accidents among children ». In *Road user behaviour: theory and*

research, sous la dir. de T. Rothengatter et R. De Bruin, p. 466-472. Maastricht: Van Gorcum.

Carstairs, V. 2000. « Socio-economic factors at areal level and their relationship with health ». In *Spatial Epidemiology: Methods and Applications*, sous la dir. de P. Elliot, J. C. Wakefield, N. G. Best et D. J. Briggs, p. 51-67. Oxford: Oxford University Press.

Centers for Disease Control and Prevention. 1999. « Motor-vehicle safety: a 20th century public health achievement ». *Morbidity and Mortality Weekly Report*, Vol. 48, no. 18, p. 369-374.

Cervero, R. et M. Duncan. 2003. « Walking, bicycling, and urban landscapes: evidence from the San Francisco Bay Area ». *American Journal of Public Health*, Vol. 93, no. 9, p. 1478-1483.

Chaix, B. et P. Chauvin. 2002. « L'apport des modèles multiniveau dans l'analyse contextuelle en épidémiologie sociale: une revue de la littérature ». *Rev Epidemiol Santé Publique*, Vol. 50, p. 489-499.

Chapman, R. 1973. « The concept of exposure ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 5, no. 2, p. 95-110.

Chaskin, R. J. 1998. « Neighborhood as a unit of planning and action: a heuristic approach ». *Journal of Planning Literature*, Vol. 13, no. 1, p. 11-30.

Chawla, L. 2002. *Growing up in an urbanising world*. London: UNESCO Pub. MOST/Management of Social Transformation, 254 p.

Chin, H. C. et S. T. Quek. 1997. « Measurement Of Traffic Conflicts ». *Safety Science*, Vol. 26, no. 3, p. 169-185.

Choinière, R. et D. Dorval. 1997. « Pedestrian Injuries ». In *For the safety of Canadian children and youth : from injury data to preventive measures*, sous la dir. de p. xvi, 291. Ottawa: Health Canada.

Christoffel, K. K., M. Donovan, J. Schofer, K. Wills, J. V. Lavigne, R. R. Tanz, M. Barthel, J. Jenq, C. Klinger et P. McGuire. 1996. « Psychosocial Factors In Childhood Pedestrian Injury - A Matched Case-Control Study ». *Pediatrics*, Vol. 97, no. 1, p. 33-42.

Clifton, K. J. et K. Kreamer-Fults. 2007. « An examination of the environmental attributes associated with pedestrian-vehicular crashes near public schools ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39, no. 4, p. 708-715.

- Cloutier, M. S. 2004. « L'utilité d'un système d'information géographique pour analyser la sécurité des enfants à proximité des écoles primaires de Montréal ». Projet de maîtrise, Montréal, Université du Québec à Montréal, 74 p.
- Cloutier, M. S., P. Apparicio et J. P. Thouez. 2007. « GIS-based spatial analysis of child pedestrian accidents near primary schools in Montréal, Canada ». *Applied GIS* Vol. 3, no. 4. [En ligne] (avril) <http://arrow.monash.edu.au/hdl/1959.1/5144>. Consulté le 5 mai 2007.
- Cockings, S., C. E. Dunn, R. S. Bhopal et D. R. Walker. 2004. « Users' perspectives on epidemiological, GIS and point pattern approaches to analysing environment and health data ». *Health & Place*, Vol. 10, no. 2, p. 169-182.
- Collins, D. C. A. et R. A. Kearns. 2001. « The safe journeys of an enterprising school: Negotiating landscapes of opportunity and risk ». *Health & Place*, Vol. 7, no. 4, p. 293-306.
- Comité technique AIPCR de la sécurité routière. 2003. *Manuel de sécurité routière*. Paris: Association mondiale de la Route, 602 p.
- Committee on School Transportation Safety. 2002. *The relative risk of school travel: a national perspective and guidance for local community risk assessment*. Washington: Transportation Research Board, 181 p.
- Communauté urbaine de Montréal (CUM). 2001. *Carte d'occupation du sol (édition 2000) – document d'accompagnement*. Communauté Urbaine de Montréal, Division de l'aménagement, service de la mise en valeur du territoire, 8 p.
- Congrès pour le Nouvel Urbanisme. "Les principes du nouvel urbanisme." [En ligne]. <http://www.cnu.org> (Page consulté le 1e septembre 2006)
- Connelly, M. L., H. M. Conaglen, B. S. Parsonson et R. B. Isler. 1998. « Child pedestrians' crossing gap thresholds ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 30, no. 4, p. 443-453.
- Covello, V. T. 1995. « Communication et perception des risques ». *Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Santé Publique*, Vol. 86, no. 2, p. 80-82.
- Cromley, E. K. et S. McLafferty. 2002. *GIS and public health*. New York: Guilford Press, 340 p.
- Cross, R. 1988. « Application of children's concepts of speed at the kerbside: Accident vulnerability and implications for the teaching of science to young children ». In

- Road user behaviour: theory and research*, sous la dir. de T. Rothengatter et R. De Bruin, p. 473-481. Maastricht: Van Gorcum.
- Davis, A. et L. J. Jones. 1996. « Children in the urban environment: an issue for the new public health agenda ». *Health & Place*, Vol. 2, no. 2, p. 107-113.
- DeJoy, D. M. 1989. « The optimism bias and traffic accident risk perception ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 21, no. 4, p. 333-340.
- Demers, M. 2008. *Pour une ville qui marche: aménagement urbain et santé*. Montréal: Écosociété, 287 p.
- Depeau, S. et T. Ramadier. 2005. « Les trajets domicile-école en milieux urbains: quelles conditions pour l'autonomie de l'enfant de 10-12 ans? ». *Psychologie et Société*, Vol. 8, p. 81-112.
- Dhillon, P. K., A. S. Lightstone, C. Peek-Asa et J. F. Kraus. 2001. « Assessment of hospital and police ascertainment of automobile versus childhood pedestrian and bicyclist collisions ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 33, no. 4, p. 529-537.
- DiGuseppi, C., I. Roberts et L. Li. 1997. « Influence of changing travel patterns on child death rates from injury: trend analysis ». *Bmj*, Vol. 314, no. 7082, p. 710-3.
- DiMaggio, C. et M. Durkin. 2002. « Child pedestrian Injury in an urban setting: descriptive epidemiology ». *Academic Emergency Medicine*, Vol. 9, no. 1, p. 54-62.
- Dougherty, G., I. B. Pless et R. Wilkins. 1990. « Social class and the occurrence of traffic injuries and deaths in urban children ». *Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Santé Publique*, Vol. 81, no. 3, p. 204-209.
- Driedger, L. 1991. *The urban factor : sociology of Canadian cities*. Toronto, Ont.: Oxford University Press, xiv, 319 p.
- Driedger, L. 1991. *The urban factor : sociology of Canadian cities*. Toronto: Oxford University Press, 319 p.
- Driskell, D. 2002. *Creating better cities with children and youth : a manual for participation*. London: UNESCO Pub. MOST/Management of Social Transformation, 208 p.
- Drouilly, P. 1996. *L'espace social de Montréal, 1951-1991*. Sillery: Septentrion, 349 p.
- Dubois-Maury, J. et C. Chaline. 2004. *Les risques urbains*. 2e éd. entièrement mise à jour. Paris: A. Colin, 208 p.

- Duncan, C., A. Khattak et R. Hughes. 2002. «The perceived effectiveness of sidewalks and other pedestrian safety treatments as countermeasures for hit-along-roadway crashes.» In *81st annual Transportation Research Board (TRB) meeting*. Washington, É.U.: Transportation Research Board.
- Duperrex, O., F. Bunn et I. Roberts. 2002. « Safety education of pedestrians for injury prevention: A systematic review of randomised controlled trials ». *BMJ*, Vol. 324, no. 7346, p. 1129.
- Ehrlich, P. F., J. C. Helmkamp, J. M. Williams, A. Haque et P. M. Furbee. 2004. « Matched analysis of parent's and children's attitudes and practices towards motor vehicle and bicycle safety: an important information gap ». *Injury Control & Safety Promotion*, Vol. 11, no. 1, p. 23-28.
- Eichelberger, M. R. et C. S. Gotschall. 1990. « Parental attitude and knowledge of child safety ». *American Journal of Diseases of Children*, Vol. 244, p. 714-720.
- Elvik, R. et T. Bjornskau. 2005. « How accurately does the public perceive differences in transport risks? An exploratory analysis of scales representing perceived risk ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 37, no. 6, p. 1005-1011.
- Ewing, R. 2005. « Can the physical environment determine physical activity levels? ». *Exercise & Sport Sciences Reviews*, Vol. 33, no. 2, p. 69-75.
- Fife, D. et R. Cadigan. 1989. « Regional variation in motor vehicle accident reporting: findings from Massachusetts ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 21, no. 2-G, p. 193-196.
- Finucane, M., A. Alhakami, P. Slovic et S. Johnson. 2000. « The affect heuristic in judgements of risks and benefits ». *Journal of Behavioral Decision Making*, Vol. 13, p. 1-17.
- Fischhoff, B., P. Slovic, S. Lichtenstein, S. Read et B. Combs. 2000. « How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes toward technological risk and benefits ». In *The perception of risk*, sous la dir. de P. Slovic, p. 80-103. London: Earthscan Publications.
- Fleuret, S. et J. P. Thouez. 2007. *Géographie de la santé: un panorama*. Paris: Economica/Anthropos, 297 pages.
- Flynn, J., P. Slovic et C. K. Mertz. 1994. « Gender, race, and perception of environmental health risk ». *Risk Analysis*, Vol. 14, no. 6, p. 1101-1108.

- Fontaine, H. et Y. Gourlet. 1997. « Fatal pedestrian accidents in France: a typological analysis ». *Accid Anal Prev*, Vol. 29, no. 3, p. 303-12.
- Fotheringham, A. S., C. Brunson et M. Charlton. 2000. *Quantitative geography : perspectives on spatial data analysis*. London: SAGE, xii, 270 p.
- Fotheringham, A. S., C. Brunson et M. Charlton. 2002. *Geographically weighted regression: The analysis of spatially varying relationships*. Chichester: Wiley, 269 p.
- Frank, P. O. Engelke et T. L. Schmid. 2003. *Health and community design : the impact of the built environment on physical activity*. Washington: Island Press, 253 p.
- Fulton, J. E., J. L. Shisler, M. M. Yore et C. J. Caspersen. 2005. « Active transportation to school: Findings from a national survey ». *Research Quarterly for Exercise & Sport*, Vol. 76, no. 3, p. 352-357.
- Gagné, S. et P. Lewis. 2008. « Le déclin de la marche pour aller à l'école ». *Routes et Transports*, Vol. 37, no. 1, p. 20-23.
- Garder, P. E. 2004. « The impact of speed and other variables on pedestrian safety in Maine ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 36, no. 4, p. 533-542.
- Gärling, T., A. Svensson-Gärling et J. Valsiner. 1984. « Parental concern about children's traffic safety in residential neighborhoods ». *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 4, no. 3, p. 235-252.
- Gatrell, A. C. 2002. *Geographies of health: An introduction*. Oxford: Blackwell, 294 p.
- Germain, A. 1998. « Le quartier, un "lieu commun"? ». In *Trajectoires familiales et espaces de vie en milieu urbain*, sous la dir. de Y. Grafmeyer et F. Dansereau, p. 447-461. Lyon: Presses universitaires de Lyon.
- Getis, A. 1999. « Spatial Statistics ». In *Geographical information systems: Management Issues and Applications*, sous la dir. de P. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire et D. W. Rhind, p. 239-251. New York: Wiley.
- Gielen, A. C., S. Defrancesco, D. Bishai, P. Mahoney, S. Ho et B. Guyer. 2004. « Child pedestrians: The role of parental beliefs and practices in promoting safe walking in urban neighborhoods ». *Journal of Urban Health*, Vol. 81, no. 4, p. 545-555.
- Gifford, R. 2003. *Housing quality and children's socioemotional health*. Société Canadienne d'Hypothèque et de Logement (SCHL), 50 p.

- Gilles, A. et P. Maranda. 1994. *Éléments de méthodologie et d'analyse statistique pour les sciences sociales*. Montréal: McGraw-Hill, 571 p.
- Glik, D., J. Kronenfeld et K. Jackson. 1991. « Predictors of risk perceptions of childhood injury among parents of preschoolers ». *Health Education Quarterly*, Vol. 18, no. 3, p. 285-301.
- Graham, D., S. Glaister et R. Anderson. 2005. « The effects of area deprivation on the incidence of child and adult pedestrian casualties in England ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 37, no. 1, p. 125-135.
- Graham, D., S. Glaister et R. Anderson. 2005. « The effects of area deprivation on the incidence of child and adult pedestrian casualties in England ». *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 37, p. 125-135.
- Granié, M.-A. 2004. *L'éducation routière chez l'enfant: Évaluation d'actions éducatives*. Arcueil: INRETS, 258 p.
- Granié, M.-A., G. Espiau et A. Beaumatin. 2005. « La construction des règles chez l'enfant: socialisation et différences de sexe ». In *Développement social et sécurité routière*, sous la dir. de Institut National De Recherche Sur Les Transports Et Leur Sécurité (Inrets), p. 19-70. Laboratoire de psychologie de la conduite (LPC).
- Greene, R. 1991. « Poverty concentration measures and the urban underclass ». *Economic Geography*, Vol. 67, no. 3, p. 240-252.
- Greening, L., L. Stoppelbein, C. C. Chandler et T. D. Elkin. 2005. « Predictors of Children's and Adolescents' Risk Perception ». *Journal of Pediatric Psychology*, Vol. 30, no. 5, p. 425-435.
- Grossman, D. C. 2000. « The history of injury control and the epidemiology of child and adolescent injuries ». *Future Child*, Vol. 10, no. 1, p. 23-52.
- Gumuchian, H., C. Marois et V. Fèvre. 2000. *Initiation à la recherche en géographie : aménagement, développement territorial, environnement*. Montréal: Presses de l'Université de Montréal, 425 p.
- Haining, R. P. 1990. *Spatial data analysis in the social and environmental sciences*. Cambridge England ; New York: Cambridge University Press, xxi, 409 p.
- Hair, J. F., W. Black, B. Babin, R. Anderson et R. Tatham. 2006. *Multivariate data analysis*. 6e édition. Upper Saddle River: Prentice Hall, 897 p.

- Hameed, M., C. Popkin, S. Cohn et W. Johnson. 2004. « The epidemic of pediatric traffic injuries in South Florida: a review of the problem and initial results of a prospective surveillance strategy ». *American Journal of Public Health*, Vol. 94, no. 4, p. 554-556.
- Hamel, D. 2001. *Évolution des traumatismes au Québec de 1991 à 1999*.
- Handy, S. L., M. G. Boarnet, R. Ewing et R. E. Killingsworth. 2002. « How the built environment affects physical activity: views from urban planning ». *American Journal of Preventive Medicine*, Vol. 23, no. 2 Suppl 1, p. 64-73.
- Hasselberg, M., L. Laflamme et G. R. Weitoft. 2001. « Socioeconomic differences in road traffic injuries during childhood and youth: A closer look at different kinds of road user. ». *Journal of Epidemiology & Community Health*, Vol. 55, no. 12, p. 858-862.
- Hearrell, C. et C. Burke. 2007. « Walking Through the Ages: The Impact of Pedestrian Injury ». *Journal of Emergency Nursing*, Vol. 33, no. 3, p. 217-222.
- HEARTS Consortium. 2005. *Enquête sur le trajet domicile-école de Verhaeren*. Lille: Observatoire national de l'aménagement durable accessible (ONADA), Université de Lille 1.
- HEARTS Consortium. 2006. *Health Effects and Risk of Transport Systems*. Bruxelles: WHO Regional Office for Europe, European Centre for Environment and Health. 88 p.
- Heino, A., H. H. vanderMolen et G. J. S. Wilde. 1996. « Risk perception, risk taking, accident involvement and the need for stimulation ». *Safety Science*, Vol. 22, no. 1-3, p. 35-48.
- 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. [En ligne] (10 mai) <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/4/15>. Consulté le 15 janvier 2007.
- Hewson, P. J. 2005. « Epidemiology of child pedestrian casualty rates: Can we assume spatial independence? ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 37, no. 4, p. 651-659.
- Hijar, M., J. Trostle et M. Bronfman. 2003. « Pedestrian injuries in Mexico: a multi-method approach ». *Social Science & Medicine*, Vol. 57, no. 11, p. 2149-2159.
- Hillman, M. et J. G. U. Adams. 1992. « Children's freedom and safety ». *Children's Environment*, Vol. 9, no. 2, p. 10-22.

- Holland, C. et R. Hill. 2007. « The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39, no. 2, p. 224-237.
- Huguenin-Richard, F. 2000. « Approche géographique des accidents de la circulation: Propositions de modes opératoires de diagnostic ». Thèse de Doctorat, Besançon, Université de Franche-Comté, 322 p.
- Humpel, N., A. L. Marshall, E. Leslie, A. Bauman et N. Owen. 2004. « Changes in neighborhood walking are related to changes in perceptions of environmental attributes ». *Annals of Behavioral Medicine*, Vol. 27, no. 1, p. 60-67.
- Humpel, N., N. Owen et E. Leslie. 2002. « Environmental factors associated with adults' participation in physical activity: A review ». *American Journal of Preventive Medicine*, Vol. 22, no. 3, p. 188-199.
- Israël, J. 1980. «Écosystèmes et rythmes de la vie extra-familiale et aménagement du temps.» In *L'enfant et la vie urbaine*. Montréal, Canada: Conseil du Québec de l'enfance exceptionnelle.
- Jackson, R. J. 2005. « Commentary on active living research ». *American Journal of Preventive Medicine*, Vol. 28, no. 2 Suppl 2, p. 218-219.
- Jacobsen, P. L. 2003. « Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. ». *Injury Prevention*, Vol. 9, no. 3, p. 205-209.
- James, S. 1990. « Is there a 'place' for children in geography? ». *Area*, Vol. 22, no. 3, p. 278-283.
- Jelinski, D. E. et J. G. Wu. 1996. « The modifiable areal unit problem and implications for landscape ecology ». *Landscape Ecology*, Vol. 11, no. 3, p. 129-140.
- Jetz, W., C. Rahbek et J. Lichstein. 2005. « Local and global approaches to spatial data analysis in ecology ». *Global Ecology & Biogeography*, Vol. 14, no. 1, p. 97-98.
- Joffe, M. et J. Mindell. 2002. « A framework for the evidence base to support Health Impact Assessment ». *Journal of Epidemiology & Community Health*, Vol. 56, no. 2, p. 132-138.
- Joly, M.-F., R. Bourbeau, J. Bergeron et S. Messier. 1992. *Analytical approach to the identification of hazardous road locations: a review of the literature*. Centre de Recherche sur les transports de l'Université de Montréal, 22 pages p.

- Joly, M.-F., P. Foggin et B. Pless. 1991. « Geographical and socio-ecological variations of traffic accidents among children ». *Social Science & Medicine*, Vol. 33, no. 7, p. 765-769.
- Joly, P., J. Bergeron et M. Paquette. 1998. *Manuel d'administration et d'interprétation du questionnaire ACR (version E)*. Montréal: Université de Montréal, 25 pages p.
- Jonah, B. A. et G. R. Engel. 1983. « Measuring the relative risk of pedestrian accidents ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 15, no. 3, p. 193-206.
- Jones, A., I. Langford et G. Bentham. 1996. « The application of K-function analysis to the geographical distribution of road traffic accident outcomes in Norfolk, England ». *Social Science & Medicine*, Vol. 42, no. 6, p. 879-885.
- Jones, A. P. et G. Bentham. 1995. « Emergency medical service accessibility and outcome from road traffic accidents ». *Public Health*, Vol. 109, no. 3, p. 169-77.
- Jordan, G. 1998. « Child pedestrian-car crashes near schools are a small percentage of total child pedestrian crashes in Philadelphia ». *Transportation Research Record 1636*, no. Paper no. 98-1058, p. 132-137.
- Jordan, G. 1998. « Child pedestrian-car crashes near schools are a small percentage of total child pedestrian crashes in Philadelphia ». *Transportation Research Record*, no. 98-1058, p. 132-137.
- Joshi, M. S., V. Senior et G. P. Smith. 2001. « A diary study of the risk perceptions of road users ». *Health, Risk & Society*, Vol. 3, no. 3, p. 261-279.
- Julien, A. et J.-R. Carré. 2002. « Cheminements piétonniers et exposition au risque: Risk exposure during pedestrian journeys ». *Recherche - Transports - Sécurité*, Vol. 76, no. Octobre-Décembre, p. 173-189.
- Jutras, S. 2003. « Allez jouer dehors! Contributions de l'environnement urbain au développement et au bien-être des enfants ». *Canadian Psychology*, Vol. 44, no. 3, p. 257-266.
- Katz, P. et T. W. Bressi. 1994. *The new urbanism : toward an architecture of community*. Montréal: McGraw-Hill, 245 p.
- Kazemipur, A. et S. S. Halli. 2001. « The changing colour of poverty in Canada ». *Canadian Review of Sociology & Anthropology*, Vol. 38, no. 2, p. 217-238.
- Keerle, R. 2006. « Représentations sociales, idéologie et géographie sociale. Pour une définition des règles du jeu du discours géographique ». *Espaces Géographiques et Société (ESO), Travaux et documents*, no. 25, p. 19-27.

- Kemp, K. K. 2008. *Encyclopedia of geographic information science*. Thousand Oaks: SAGE Publications, 558 p.
- Kendrick, D. 1993. « Prevention of pedestrian accidents ». *Archives of Disease in Childhood*, Vol. 68, no. 6, p. 669-672.
- Kendrick, D. 1993. « Prevention of pedestrian accidents ». *Archives of Disease in Childhood*, Vol. 68, p. 669-672.
- Kerr, J., D. Rosenberg, J. F. Sallis, B. Saelens, L. D. Frank et T. L. Conway. 2006. « Active commuting to school: Association with environment and parental concerns ». *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 38, no. 4, p. 787-794.
- Kerr, J., D. Rosenberg, J. F. Sallis, B. E. Saelens, L. D. Frank et T. L. Conway. 2006. « Active commuting to school: Associations with environment and parental concerns ». *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 38, no. 4, p. 787-794.
- Krieger, N. 2003. « Place, space and health: GIS and epidemiology ». *Epidemiology*, Vol. 14, no. 4, p. 384-385.
- Krizek, K. J. 2003. « Operationalizing neighborhood accessibility for land use-travel behavior research and regional modeling ». *Journal of Planning Education and Research*, Vol. 22, no. 3, p. 270-287.
- Kwan, M.-P. 2000. « Analysis of human spatial behavior in a GIS environment: Recent development and future prospects ». *Journal of Geographical Systems*, Vol. 2, no. 1, p. 85-90.
- Kweon, S. S. et M. H. Shin. 2005. « An epidemiological study of child pedestrian traffic injuries that occurred in school-zone ». *Journal of Preventive Medicine & Public Health*, Vol. 38, no. 2, p. 163-183.
- 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.
- Lam, L. T. 2000. « Factors associated with parental safe road behaviour as a pedestrian with young children in metropolitan New South Wales, Australia ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 33, no. 2, p. 203-210.
- Lam, L. T. 2001. « Parental risk perceptions of childhood pedestrian road safety ». *Journal of Safety Research*, Vol. 32, no. 4, p. 465-478.

- Lam, L. T. 2005. « Parental risk perceptions of childhood pedestrian road safety: A cross cultural comparison ». *Journal of Safety Research*, Vol. 36, no. 2, p. 181-187.
- LaScala, E., D. Gerber et P. Grunewald. 2000. « Demographic and environmental correlates of pedestrian injury collisions: a spatial analysis ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 32, no. 5, p. 651-658.
- LaScala, E. A., P. J. Grunewald et F. W. Johnson. 2004. « 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. et I. Thomas. 2005. « Exploring road mortality ratios in Europe: National versus regional realities ». *Journal of the Royal Statistical Society Series*, Vol. 168, no. 1, p. 127-144.
- Last, J. M. 2001. *A dictionary of epidemiology*. 4th. Oxford: Oxford University Press, 196 p.
- Last, J. M. 2004. *Dictionnaire d'épidémiologie : enrichi d'un lexique anglais-français*. Acton-Vale: Edisem, 306 p.
- Lawson, A. 2001. *Statistical methods in spatial epidemiology*. Chichester: John Wiley, 277 p.
- Le Bourdais, C., N. Marcil-Gratton et H. Juby. 2003. «Family life in a changing world: The evolution of the canadian family in a context of marital and economic instability.» In *Reddin Symposium XVI: The Canadian Studies Center*.
- Lee, C. et M. Abdel-Aty. 2005. « Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 37, no. 4, p. 775-786.
- Lee, J. et D. W. S. Wong. 2001. *Statistical analysis with ArcView GIS*. New York: John Wiley & Sons, 191 p.
- Lee, T. et N. Rowe. 1994. « Parent's and children perceived risks of the journey to school ». *Architecture and Behaviour/Architecture et Comportement*, Vol. 10, no. 4, p. 379-389.
- Lefler, D. E. et H. C. Gabler. 2004. « The fatality and injury risk of light truck impacts with pedestrians in the United States ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 36, no. 2, p. 295-304.
- Lefler, D. E. et H. C. Gabler. 2004. « The fatality and injury risk of light truck impacts with pedestrians in the United States ». *Accid Anal Prev*, Vol. 36, no. 2, p. 295-304.

- LeSage, J. P. 2004. « A family of geographically weighted regression ». In *Advances in spatial econometrics : methodology, tools and applications*, sous la dir. de L. Anselin, R. Florax et S. J. Rey, p. 241-260. Berlin: Springer-Verlag.
- Leslie, E., B. Saelens, L. Frank, N. Owen, A. Bauman, N. Coffee et G. Hugo. 2005. « Residents' perceptions of walkability attributes in objectively different neighbourhoods: A pilot study ». *Health & Place*, Vol. 11, no. 3, p. 227-236.
- Lessard, R., L. Drouin, N. King, P. Morency et N. Sicard. 2005. *Impacts sur la santé publique du projet de prolongement de l'autoroute 25 entre l'autoroute 440 et le boulevard Henri-Bourassa et solutions proposées: Mémoire présenté au Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE)*. Montréal: Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux., 30 p.
- Letirand, F. et P. Delhomme. 2003. « Augmenter la valeur prédictive de la théorie du comportement planifié par l'évaluation de plusieurs options comportementales: une application au comportement de vitesse sur la route ». *Nouvelle Revue de Psychologie*, Vol. 2, no. 3, p. 319-331.
- Letirand, F. et P. Delhomme. 2006. « Accessibilité des croyances associées aux deux options d'une alternative comportementale: Une piste à explorer pour mieux expliquer le comportement de vitesse des jeunes conducteurs? ». *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, no. 69, p. 3-14.
- Lévy-Leboyer, C. 1980. *Psychologie et environnement*. Paris: Presses universitaires de France, 211 p.
- Ley, D. et H. Smith. 2000. « Relations between deprivation and immigrant groups in large Canadian cities ». *Urban Studies*, Vol. 37, no. 1, p. 37-62.
- Li, G., C. Shahpar, J. G. Grabowski et S. P. Baker. 2001. « Secular trends of motor vehicle mortality in the United States, 1910-1994 ». *Accid Anal Prev*, Vol. 33, no. 3, p. 423-32.
- Lightstone, A. S., P. K. Dhillon, C. Peek-Asa et J. F. Kraus. 2001. « A geographic analysis of motor vehicle collisions with child pedestrian in Long Beach, California: comparing intersection and mid-block incident locations ». *Injury Prevention*, Vol. 7, p. 155-160.
- Litman, T. 2002. *If Health Matters: Integrating Public Health Objectives in Transportation Planning*. Victoria Transport Policy Institute, Canada, 19 pages p.

- Litman, T. 2003. « Integrating public health objectives in transportation decision-making ». *Am J Health Promot*, Vol. 18, no. 1, p. 103-8.
- Longley, P., M. F. Goodchild et D. J. Maguire. 2001. *Geographic information systems and science*. Chichester: Wiley, 454 p.
- Lu, T. H., T. L. Chiang et J. W. Lynch. 2005. « What can we learn from international comparisons of social inequalities in road traffic injury mortality? ». *Injury Prevention*, Vol. 11, no. 3, p. 131-133.
- MacGregor, C., A. Smiley et W. Dunk. 1999. « Identifying gaps in child pedestrian safety: Comparing what children do with what parents teach ». *Transportation Research Record*, no. 99-0724, p. 32-40.
- Macintyre, S., A. Ellaway et S. Cummins. 2002. « Place effects on health: how can we conceptualise, operationalise and measure them? ». *Social Science & Medicine*, Vol. 55, p. 125-139.
- Macpherson, A., I. Roberts et I. B. Pless. 1998. « Children's exposure to traffic and pedestrian injuries. ». *American Journal of Public Health*, Vol. 88, no. 12, p. 1840-1843.
- Maguire, D. J. 1991. « An overview and definition of GIS ». In *Geographical information systems : principles and applications*, sous la dir. de D. J. Maguire, M. F. Goodchild et D. Rhind, p. 9-20. Harlow, Eng. New York: Longman Scientific & Technical ; Wiley.
- Martin, D. J. 1999. « Spatial representation: the social scientist's perspective ». In *Geographical information systems: Principles, techniques, applications and management*, sous la dir. de P. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire et D. W. Rhind, p. 71-80. New York: Wiley.
- Marwick, C. 1992. « Traffic death toll may be declining, but experts not ready to celebrate ». *Journal of the American Medical Association*, Vol. 268, no. 3, p. 301.
- Marwick, C. 1992. « Traffic death toll may be declining, but experts not ready to celebrate ». *JAMA*, Vol. 268, no. 3, p. 301.
- Mathian, H. et M. Piron. 2001. « Échelles géographiques et méthodes statistiques multidimensionnelles ». In *Modèles en analyse spatiale*, sous la dir. de L. Sanders, p. 61-103. Paris: Lavoisier.
- Matte, J. 2001. *Statistiques et commentaires sur les origines des élèves 1999-2000 et 2000-2001*. Montréal: Conseil scolaire de l'île de Montréal (CSIM, maintenant Conseil de Gestion de la Taxe Scolaire de l'île de Montréal: CGTSIM),

- Matthews, H. 2003. « The street as a liminal space: the barbed spaces of childhood ». In *Children in the city : home, neighborhood, and community*, sous la dir. de P. M. Christensen et M. O'brien, p. 101-117. London: Routledge Falmer.
- Matthews, H. et M. Limb. 1999. « Defining an agenda for the geography of children: review and prospect ». *Progress in Human Geography*, Vol. 23, no. 1, p. 61-90.
- Matthews, H., M. Limb et M. Taylor. 2000. « The "street as thirdspace" ». In *Children's geographies : playing, living, learning*, sous la dir. de S. L. Holloway et G. Valentine, p. 63-79. London: Routledge.
- Mayou, R. et B. Bryant. 2003. « Consequences of road traffic accidents for different types of road user ». *Injury*, Vol. 34, no. 3, p. 197-202.
- McCoy, J. et K. Johnston. 2002. *Using ArcGIS Spatial Analyst*. Redlands: ESRI inc., 226 p.
- McMillan, T. E. 2005. « Urban form and a child's trip to school: The current literature and a framework for future research ». *Journal of Planning Literature*, Vol. 19, no. 4, p. 440-456.
- Menahem, G., S. Spiro, E. Goldring et R. Shapira. 1993. « Parental choice and residential segregation ». *Urban Education*, Vol. 28, no. 1, p. 30-48.
- Merlin, P. et F. Choay. 2005. *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*. Nouvelle édition mise à jour. Paris: Presses universitaires de France, 963 p.
- Michelson, W. et E. Roberts. 1979. « Children and the physical environment ». In *The Child in the city*, sous la dir. de W. M. Michelson, S. V. Levine, E. Michelson et A.-R. Spina, p. 410-477. Toronto: University of Toronto Press.
- Miller, H. J. et S.-L. Shaw. 2001. *Geographic information systems for transportation : principles and applications*. Oxford: Oxford University Press, 458 p.
- Miller, J. S. 2000. « Geographic information systems: Unique analytic capabilities for the traffic safety community ». *Transportation Research Record*, Vol. 1734, no. 00-0101, p. 21-28.
- Montulet, B. et M. Hubert. 2008. « Se déplacer avec des enfants à Bruxelles ? Une étude sociologique sur les vécus du temps et les usages des modes de transport ». *Brussels Studies* Vol. 15, [En ligne] (11 février) <http://www.brusselsstudies.be/archives.aspx>. Consulté le 5 juin 2008.

- Moore, R. et D. Young. 1978. « Childhood Outdoors, toward a social ecology of the landscape ». In *Children and the environment*, sous la dir. de I. Altman et J. F. Wohlwill, p. 83-130. New York: Plenum Press.
- Morency, C. et R. Chapleau. 2005. «Portrait systémique, objectif et évolutif du covoiturage dans la Grande Région de Montréal.» In *40e Congrès Annuel de l'Association Québécoise du Transport et des Routes*. Laval: AQTR.
- Morency, P. et M. S. Cloutier. 2005. *Distribution géographique des blessés de la route sur l'île de Montréal (199-2003). Cartographie pour les 27 arrondissements*. Montréal: Direction de santé publique de Montréal. 158 p.
- Morency, P. et M. S. Cloutier. 2006. « From targeted "black spots" to area-wide pedestrian safety ». *Injury Prevention*, Vol. 12, no. 6, p. 360-364.
- Morency, P., C. Plante, A. Smargiassi, M. Fournier, C. Morency, M. Cloutier et S. Goudreau. 2008. «The threat of traffic volume for pedestrians and cyclists in an urban setting.» In *2nd International Congress on Physical Activity and Public Health*. Amsterdam, Pays-Bas.
- Mueller, B., F. Rivara, S.-M. Lii et N. Weiss. 1990. « Environmental factors and the risk for childhood pedestrian-motor vehicle collision occurrence ». *American Journal of Epidemiology*, Vol. 132, no. 3, p. 550-560.
- Muhlrad, N. 1988. *Technique des conflits de trafic: Manuel de l'utilisateur*. France: Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS), 85 p.
- Muhlrad, N. 1988. *Technique des conflits de trafic: Manuel de l'utilisateur*. France: Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS), 85 pages p.
- Mullan, E. 2003. « Do you think that your local area is a good place for young people to grow up ? The effects of traffic and car parking on young people's views ». *Health & Place*, Vol. 9, no. 4, p. 351-360.
- Nakahara, S. et S. Wakai. 2002. « Differences between Japanese pre-school and school-age pedestrian mortality and morbidity trends ». *Public Health*, Vol. 116, no. 3, p. 166-172.
- Nasar, J. L. 2003. « Does neotraditional development build community? ». *Journal of Planning Education & Research*, Vol. 23, no. 1, p. 58-68.
- Noland, R. B. et M. A. Quddus. 2004. « A spatially disaggregate analysis of road casualties in England ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 36, no. 6, p. 973-984.

- Openshaw, S. 1984. « The modifiable areal unit problem ». *Concepts and Techniques in Modern Geography*, Vol. 38, p. 1-41.
- Organisation de coopération et de développement économiques. 2002. *Pour des transports écologiquement viables: Les mesures à prendre*. [En ligne] <http://new.sourceocde.org/> Consulté le 4 avril 2007.
- Organisation Mondiale de la Santé. 2004. *Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation*. Genève: Organisation Mondiale de la Santé. 178 p.
- Owen, N., N. Humpel, E. Leslie, A. Bauman et J. F. Sallis. 2004. « Understanding environmental influences on walking: Review and research agenda ». *American Journal of Preventive Medicine*, Vol. 27, no. 1, p. 67-76.
- Pampalon, R. 2007. « Un indice de défavorisation matérielle et sociale pour l'étude des inégalités de santé au Québec ». In *Géographie de la santé: un panorama*, sous la dir. de S. Fleuret et J. P. Thouez, p. 37-44. Paris: Economica/Anthropos.
- Pampalon, R. et G. Raymond. 2000. « Un indice de défavorisation pour la planification de la santé et du bien-être au Québec ». *Maladies chroniques au Canada*, Vol. 21, no. 3,
- Papon, F. 1997. « Les modes oubliés: Marche, bicyclette, cyclomoteur, motocyclette ». *Recherche - Transports - Sécurité*, Vol. 56, no. Juillet-Septembre, p. 61-75.
- Peek-Asa, C. et C. Zwering. 2003. « Role of Environmental Interventions in Injury Control and Prevention ». *Epidemiologic Reviews*, Vol. 25, no. 1, p. 77-89.
- Peleg, K. et J. S. Pliskin. 2004. « A geographic information system simulation model of EMS: reducing ambulance response time ». *Am J Emerg Med*, Vol. 22, no. 3, p. 164-70.
- Pitt, R., B. Guyer, C. C. Hsieh et M. Malek. 1990. « The severity of pedestrian injuries in children: an analysis of the Pedestrian Injury Causation Study ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 22, no. 6, p. 549-59.
- Pless, B., R. Verreault, L. Arsenault, J.-Y. Frappier et J. Stulginkas. 1987. « The epidemiology of road accidents in childhood ». *American Journal of Public Health*, Vol. 77, no. 3, p. 358-360.
- Posner, J. C., E. Liao, F. K. Winston, A. Cnaan, K. N. Shaw et D. R. Durbin. 2002. « Exposure to traffic among urban children injured as pedestrians ». *Injury Prevention*, Vol. 8, no. 3, p. 231-5.

- Posner, J. C., E. Liao, F. K. Winston, A. Cnaan, K. N. Shaw et D. R. Durbin. 2002. « Exposure to traffic among urban children injured as pedestrians ». *Injury Prevention*, Vol. 8, no. 3, p. 231-235.
- Powell, K. E. 2005. « Land use, the built environment, and physical activity: a public health mixture; a public health solution ». *American Journal of Preventive Medicine*, Vol. 28, no. 2 Suppl 2, p. 216-217.
- Preston, B. 1989. « Child pedestrian casualties with special reference to casualties on the journey to or from school in Manchester and Salford, England ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 21, no. 3, p. 291-297.
- Preusser, D. A. et A. K. Lund. 1988. « And Keep on looking: A film to reduce pedestrian crashes among 9 to 12 year olds ». *Journal of Safety Research*, Vol. 19, no. 4, p. 177-185.
- Prezza, M., F. R. Alparone, C. Cristallo et S. Luigi. 2005. « Parental perception of social risk and of positive potentiality of outdoor autonomy for children: The development of two instruments ». *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 25, no. 4, p. 437-453.
- Pumain, D. et T. Saint-Julien. 1997. *L'analyse spatiale*. Paris: A. Colin, 167 p.
- Randall, T. A. et B. W. Baetz. 2001. « Evaluating pedestrian connectivity for suburban sustainability ». *Journal of Urban Planning & Development*, Vol. 127, no. 1, p. 1-15.
- Rao, R., M. Hawkins et B. Guyer. 1997. « Children's exposure to traffic and risk of pedestrian injury in an urban setting ». *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, Vol. 74, no. 1, p. 65-80.
- Reading, R., I. H. Langford, R. Haynes et A. Lovett. 1999. « Accidents to preschool children: Comparing family and neighbourhood risk factors ». *Social Science & Medicine*, Vol. 48, no. 3, p. 321-330.
- Reimers, A. et L. Laflamme. 2005. « Neighbourhood social and socio-economic composition and injury risks ». *Acta Paediatrica*, Vol. 94, no. 10, p. 1488-1494.
- Reneland, M. 2003. « A GIS-method to calculate accessibility by car, bus, cycle and foot ». In *Urban transport IX: International conference on urban transport and the environment*, sous la dir. de L. J. Sucharov, C.A. Brebbia, p. 425-435. WIT Press.
- Reynaud, L. et R. Séchet. 2007. « Santé et risque(s): du singulier au pluriel ». In *Géographie de la santé: un panorama*, sous la dir. de S. Fleuret et J. P. Thouez, p. 213-231. Paris: Economica/Anthropos.

- Richter, E. D., P. Barach, E. Ben-Michael et T. Berman. 2001. « Death and injury from motor vehicle crashes: a public health failure, not an achievement ». *Injury Prevention*, Vol. 7, no. 3, p. 176-178.
- Rivara, F. P., A. B. Bergman et C. Drake. 1989. « Parental attitudes and practices toward children as pedestrians ». *Pediatrics*, Vol. 84, no. 6, p. 1017-1021.
- Robert, P., J. Rey-Debove et A. Rey. 2000. *Le nouveau petit Robert : dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française*. Paris: Dictionnaires Le Robert, 2841 p.
- Roberts, I., F. Campbell, S. Hollis et D. Yates. 1996. « Reducing accident death rates in children and young adults: the contribution of hospital care. ». *BMJ*, Vol. 313, no. 7067, p. 1239-41.
- Roberts, I., J. Carlin, C. Bennett, E. Bergstrom, B. Guyer, T. Nolan, R. Norton, I. B. Pless, R. Rao et M. Stevenson. 1997. « An international study of the exposure of children to traffic ». *Injury Prevention*, Vol. 3, no. 2, p. 89-93.
- 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.
- 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. 169-71.
- Roberts, I., R. Norton, R. Jackson, R. Dunn et I. Hassall. 1995. « Effect of environmental factors on risk of injury of child pedestrians by motor vehicles: a case-control study ». *BMJ*, Vol. 310, p. 91-94.
- Roberts, I., R. Norton, R. Jackson, R. Dunn et I. Hassall. 1995. « Effect of environmental factors on risk of injury of child pedestrians by motor vehicles: A case-control study ». *BMJ*, Vol. 310, no. 6972, p. 91-94.
- Roberts, I., R. Norton et B. Taua. 1996. « Child pedestrian injury rates: The importance of "exposure to risk" relating to socioeconomic and ethnic differences, in Auckland, New Zealand ». *Journal of Epidemiology & Community Health*, Vol. 50, no. 2, p. 162-165.
- Robertson, H. D. et J. C. Tsai. 2006. « Safe school travel ». In *Safe and healthy school environments*, sous la dir. de H. Frumkin, p. 295-313. Oxford: Oxford University Press.

- Rodrigue, J.-P., C. Comtois et B. Slack. 2006. *The geography of transport systems*. London: Routledge, 284 p.
- Rogerson, P. 2001. *Statistical methods for geography*. London: SAGE Publications, 236 p.
- Rosner, B. 2006. *Fundamentals of biostatistics*. 6th. Belmont: Thomson-Brooks/Cole, 868 p.
- Ross, N. A., S. Tremblay et K. Graham. 2004. « Neighbourhood influences on health in Montréal, Canada ». *Social Science & Medicine*, Vol. 59, no. 7, p. 1485-1494.
- Routledge, D. A., R. Repetto-Wright et C. I. Howarth. 1996. « The exposure of young children to accident risk as pedestrians ». *Injury Prevention*, Vol. 2, no. 2, p. 150-161.
- Sabourin, S., P. Valois et Y. Lussier. 2005. « L'utilisation des questionnaires en recherche ». In *Recherche psychosociale : pour harmoniser recherche et pratique*, sous la dir. de S. Bouchard et C. Cyr, p. 245-273. Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Sandels, S. 1970. « Young children in traffic ». *British Journal of Educational Psychology*, Vol. 40, no. 2, p. 111-6.
- Sanders, L. 2001. *Modèles en analyse spatiale*. Paris: Lavoisier, 333 p.
- Schieber, R. A. et N. J. Thompson. 1996. « Developmental risk factors for childhood pedestrian injuries ». *Injury Prevention*, Vol. 2, no. 3, p. 228-236.
- Schieber, R. A. et N. J. Thompson. 1996. « Developmental risk factors for childhood pedestrian injuries ». *Inj Prev*, Vol. 2, no. 3, p. 228-36.
- Schieber, R. A. et M. E. Vegega. 2002. « Reducing childhood pedestrian injuries ». *Injury Prevention*, Vol. 8 Suppl 1, p. i3-i8.
- Schneider, R., A. Khattak et C. Zegeer. 2001. « A proactive method of improving pedestrian safety using GIS: example from a college campus ». *Transportation Research Record*, no. 01-1773, p. 97-107.
- Schneider, R., R. Ryznar et A. Khattak. 2004. « An accident waiting to happen: a spatial approach to proactive pedestrian planning ». *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 36, no. 2, p. 193-211.
- Sellstrom, E., S. Bremberg, A. Garling et J. Olof Hornquist. 2000. « Risk of childhood injury: predictors of mothers' perceptions ». *Scandinavian Journal of Public Health*, Vol. 28, no. 3, p. 188-193.

- Service de Police de la Ville de Montréal. 2007. *Rapport final de la Table de concertation provinciale sur les piétons*. Montréal: Comité COPS-SAAQ. 55 p.
- Sheehy, N. et A. Chapman. 1986. « Accidents, Perceptions of Danger and the Social Context: A Conceptual Analysis ». *Journal of Community Psychology*, Vol. 14, no. juillet, p. 307-314.
- Silka, L. 1996. « Transforming the psychology of risk: From social perception to the geography of communities ». In *The psychology of adversity*, sous la dir. de R. S. Feldman, p. Amherst: University of Massachusetts Press.
- Slovic, P. 1987. « Perception of risk ». *Science*, Vol. 236, no. avril, p. 280-285.
- Slovic, P. 2000. *The perception of risk*. London: Earthscan Publications, 473 p.
- Slovic, P., B. Fischhoff et S. Lichtenstein. 1980. « Facts and fears: Understanding perceived risk ». In *Societal risk assessment: how safe is safe enough ?*, sous la dir. de R. C. Schwing et W. A. Albers, p. 181-214. New York: Plenum Press.
- Slovic, P., B. Fischhoff et S. Lichtenstein. 1985. « Characterizing perceived risk ». In *Perilous progress: managing the hazards of technology*, sous la dir. de R. Kates, C. Hohenemser et J. Kasperson, p. 91-125. Boulder: Westview Press.
- Slovic, P. et E. Peters. 2006. « Risk perception and affect ». *Current Directions in Psychological Science*, Vol. 15, no. 6, p. 322-325.
- Société de l'assurance automobile du Québec. *Bilan (annuels): Accidents, parc automobile, permis de conduire*.
- Société de l'assurance automobile du Québec. 2004. *Bilan 2003: Accidents, parc automobile, permis de conduire*. Direction des études et des stratégies en sécurité routière,, 209 p.
- Société de l'assurance automobile du Québec. "Historique de la Traumatologie à la SAAQ." [En ligne]. http://www.saaq.gouv.qc.ca/publications/victime/histo_traumato.pdf (Page consulté le 2005)
- Société de l'assurance automobile du Québec. 2004. *Bilan 2003: Accidents, parc automobile, permis de conduire*. Direction des études et des stratégies en sécurité routière,, 209 pages p.
- Song, Y. et G. J. Knaap. 2004. « Measuring urban form - Is Portland winning the war on sprawl? ». *Journal of the American Planning Association*, Vol. 70, no. 2, p. 210-225.

- Sonkin, B., P. Edwards, I. Roberts et J. Green. 2006. « Walking, cycling and transport safety: An analysis of child road deaths ». *Journal of the Royal Society of Medicine*, Vol. 99, no. 8, p. 402-405.
- Statistique Canada. 2001. *Recensement de la population*. Statistique Canada.
- Statter, M. M., J. M. Strickland, K. M. Quinlan, M. R. Harris-Rosado, L. M. Glynn et D. M. Liu. 2006. « The Identification Of Environmental Factors In Pediatric Pedestrian Motor Vehicle Crashes ». *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care*, Vol. 60, no. 6, p. 1384-1385.
- Stevenson, M. R. et D. A. Sleet. 1997. « Which Prevention Strategies for Child Pedestrian Injuries? A Review of the Literature ». *International Quarterly of Community Health Education*, Vol. 13, no. 3, p. 207-217.
- Sturms, L. M., C. K. van der Sluis, R. E. Stewart, J. W. Groothoff, H. J. ten Duis et W. H. Eisma. 2005. « A prospective study on paediatric traffic injuries: health-related quality of life and post-traumatic stress ». *Clinical Rehabilitation*, Vol. 19, no. 3, p. 312-322.
- Sunderland, R. 1984. « Dying young in traffic ». *Archives of Disease in Childhood*, Vol. 59, no. 8, p. 754-7.
- Tabachnick, B. G. et L. S. Fidell. 2007. *Using multivariate statistics*. 5e Édition. Boston: Pearson/Allyn & Bacon, 980 p.
- Talen, E. 2006. « Design that enables diversity: The complications of a planning ideal [Review] ». *Journal of Planning Literature*, Vol. 20, no. 3, p. 233-249.
- Taylor, S. E., R. L. Repetti et T. Seeman. 1997. « Health psychology: what is an unhealthy environment and how does it get under the skin ? ». *Annual Review of Psychology*, Vol. 48, no. 1, p. 411-447.
- Tester, J. M., G. W. Rutherford, Z. Wald et M. W. Rutherford. 2004. « A matched case-control study evaluating the effectiveness of speed humps in reducing child pedestrian injuries ». *American Journal of Public Health*, Vol. 94, no. 4, p. 646-50.
- Thériault, M. 2001. « Les SIG en géographie: outil de démocratisation ou instrument élitiste? ». In *Géographie et société*, sous la dir. de S. Laurin, J. L. Klein et C. Tardif, p. Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Thouez, J.-P. et J. Bergeron. 2003. *Analyse comparative des comportements des piétons et des conducteurs à l'égard des piétons dans six villes du Québec et de l'Ontario*. Montréal: Université de Montréal,

- Thouez, J.-P., J. Bergeron, Y. Bussière et R. Bourbeau. 2004. *Développer une mesure d'exposition au risque des usagers vulnérables (piétons et cyclistes)*. Montréal: Université de Montréal et Centre de recherche sur les transports, 126 pages p.
- Thouez, J.-P., R. Bourbeau, A. Rannou, J. Bergeron, J. Nadeau et Y. Bussière. 2003. « Pertes de vie et blessures par accident de la route chez les piétons à Montréal et à Toronto ». *Canadian Journal of Urban Research*, Vol. 12, no. 2, p. 299-319.
- Thouez, J. P. 2005. *Santé, maladie et environnement*. Paris: Économica/Anthropos, 137 p.
- Thouez, J. P., M. F. Joly, Y. Bussière, R. Bourbeau et A. Rannou. 1990. « La géographie de la mortalité par accident de la route au québec, 1983-1988 ». *Espace, Population, Sociétés*, no. 3, p. 553-564.
- Tight, M. R. 1988. « A study of the accident involvement and exposure to risk of child pedestrians on journeys to and from school in urban areas ». In *Road user behaviour: theory and research*, sous la dir. de T. Rothengatter et R. De Bruin, p. 185-191. Maastricht: Van Gorcum.
- Townsend, P. 1987. « Deprivation ». *Journal of Social Policy*, Vol. 16, no. 2, p. 125-146.
- Tranter, P. 2006. « Overcoming social traps: a key to creating child friendly cities ». In *Creating child friendly cities: reinstating kids in the city*, sous la dir. de B. Gleeson et N. G. Sipe, p. 121-135. London ; New York: Routledge.
- Tsoukala, K. 2001. *L'image de la ville chez l'enfant*. Paris: Anthropos, 191 p.
- Tudor-Locke, C., B. E. Ainsworth et B. M. Popkin. 2001. « Active commuting to school: an overlooked source of childrens' physical activity? ». *Sports Medicine*, Vol. 31, no. 5, p. 309-313.
- Underwood, J., G. Dillon, B. Farnsworth et A. Twiner. 2007. « Reading the road: The influence of age and sex on child pedestrians' perceptions of road risk ». *British Journal of Psychology*, Vol. 98, no. 1, p. 93-110.
- Valentine, G. et J. McKendrick. 1997. « Children's outdoor play: exploring parental concerns about children's safety and the changing nature of childhood ». *Geoforum*, Vol. 28, no. 2, p. 219-235.
- Vincent, J. M. 2006. « Public schools as public infrastructure - Roles for planning researchers ». *Journal of Planning Education & Research*, Vol. 25, no. 4, p. 433-437.

- Vlek, C. et L. Hendrick. 1988. « Statistical risk versus personal control as conceptual bases for evaluating (traffic) safety ». In *Road user behaviour: theory and research*, sous la dir. de T. Rothengatter et R. De Bruin, p. 139-151. Maastricht: Van Gorcum.
- Ward, C. 1978. *The child in the city*. New York: Pantheon Books, 221 p.
- Wazana, A., V. L. Rynard, P. Raina, P. Krueger et L. W. Chambers. 2000. « Are child pedestrians at increased risk of injury on one-way compared to two-way streets? ». *Canadian Journal of Public Health. Revue Canadienne de Sante Publique*, Vol. 91, no. 3, p. 201-6.
- Weir, L. A., D. Etelson et D. A. Brand. 2006. « Parents' perceptions of neighborhood safety and children's physical activity ». *Preventive Medicine*, Vol. 43, no. 3, p. 212-217.
- Wheeler, D. et M. Tiefelsdorf. 2005. « Multicollinearity and correlation among local regression coefficients in geographically weighted regression ». *Journal of Geographical Systems*, Vol. 7, no. 2, p. 161-187.
- Yates, D. 1998. « Improving post-impact care--a form of injury prevention ». *Inj Prev*, Vol. 4, no. 4 Suppl, p. S42-5.
- Yiannakoulis, N., K. Smoyer-Tomic, J. Hodgson, D. Spady, B. Rowe et D. Voaklander. 2002. « The spatial and temporal dimensions of child pedestrian injury in Edmonton ». *Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Santé Publique*, Vol. 93, no. 6, p. 447-451.
- Zhang, X., K. K. Christoffel, M. Mason et L. Liu. 2006. « Identification of contrastive and comparable school neighborhoods for childhood obesity and physical activity research ». *International Journal of Health Geographics* Vol. 5, no. 14. [En ligne] (30 mars) <http://www.ij-healthgeographics.com/content/5/1/14>. Consulté le 15 avril 2006.
- Ziviani, J., J. Scott et D. Wadley. 2004. « Walking to school: Incidental physical activity in the daily occupations of Australian children ». *Occupation Therapy International*, Vol. 11, no. 1, p. 1-11.

Annexe 1 : Définition des classes de la carte d'occupation du sol de la communauté urbaine de Montréal (2000)

Habitation à faible densité : Maison unifamiliale isolée, semi-détachée, en rangée, duplex isolé.

Habitation à moyenne densité : Maison de deux à trois étages contiguë, duplex et triplex contigus, bâtiment de 4 à 6 logements.

Habitation à haute densité : Bâtiment de trois étages mais de plusieurs unités de logements ou condos (18 logements); bâtiment de quatre étages et plus; autres.

Commerce de détail : Immeubles destinés à des fins de vente au détail de produits de toutes sortes : restauration, hébergement, divertissement (cinémas), entraînement sportif (établissements privés, ex. Nautilus), services personnels, professionnels et socioculturels, incluant les commerces de grande surface spécialisés (ex. : Loblaws, Canadian Tire, etc.) et les magasins-entrepôts (costco, René Dépôt, Ikea, etc.). Les occupations mixtes, commerces au rez-de-chaussée et logements aux étages supérieurs, ont aussi été mises dans ce groupe.

Centre commercial : Centres commerciaux de petites et grandes superficies. Le rôle foncier ainsi que le « Canadian directory of shopping centres⁶ » ont, entre autres, servi à la validation des occupations identifiées « centre commercial ».

Édifices à bureaux : Immeubles à bureaux, peu importe l'activité (publique ou privée), de quatre étages et plus. C'est la fonction dominante de l'immeuble qui a été inscrite. L'édifice des Cours Mont-Royal, par exemple, où il y a des commerces au rez-de-chaussée et des bureaux aux autres étages, a été identifié comme édifice à bureaux.

Équipements et service communautaire : Écoles, cégeps et universités, églises, hôpitaux, bâtiments gouvernementaux (fédéral, provincial et municipal), bureaux de poste, palais de justice, bibliothèques, musées et autres installations culturelles et sportives (patinoire intérieure, piscine, etc.).

⁶ *Canadian directory of shopping centres, MacLean Hunter, Toronto, 1998.*

II

Service d'utilité publique : Infrastructures de transport, cours de triage et gares de chemin de fer, réseaux d'électricité et de communication (station de retransmissions téléphoniques, poste hydroélectrique, etc.), installations portuaires et aéroportuaires, stationnements et usines de filtration ; postes de police ou de pompiers.

Industrie : Tous les types d'industries : alimentaire, manufacturière, pétrochimique, pharmaceutique et lieux d'entreposage.

Carrière : Site destiné à l'extraction à ciel ouvert des matériaux de construction (pierre, roche, etc.).

Cimetière : Lieu présentant une superficie importante et destinée à des fins d'inhumation et de crémation.

Site d'enfouissement : Site où les déchets sont incinérés ou enfouis.

Espace vert : Lieux de conservation et/ou de récréation sous la juridiction fédérale, provinciale, municipale ou d'un organisme public. Elle comprend également, les jardins communautaires, certaines pistes cyclables en sites propres, certains espaces servant de zones tampons.

Golf : Site destiné à la pratique du golf incluant les champs de pratique extérieurs.

Espace agricole : Exploitations agricoles enregistrées auprès du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, situées en zone agricole ou non.

Espace vacant : Dans les termes de l'évaluation foncière, l'espace de terrain non aménagé et inutilisé ou l'espace de terrain non exploité et non aménagé. Au rôle d'évaluation, tous les stationnements (incluant les stationnements payants du centre-ville de Montréal) sont considérés comme espaces vacants.

Annexe 2 : Questionnaire

Merci de répondre à ce questionnaire qui porte sur la sécurité routière des piétons dans votre quartier. Veuillez répondre aux questions sur ce formulaire en tenant compte d'une journée typique de la dernière semaine.

A. IDENTIFICATION

1. Quel âge a l'enfant pour lequel vous répondez à ce questionnaire?

moins de 6 ans 6 à 9 ans 10 à 12 ans plus de 12 ans

2. Quel est son sexe?

fille garçon

3. Quel est le rang de l'enfant pour lequel vous répondez à ce questionnaire dans votre foyer?

l'aîné le plus jeune entre les deux il est enfant unique

4. Cet enfant vit-il de façon régulière avec vous?

oui non

5. Combien d'enfants y a-t-il dans votre foyer (selon l'âge)?

moins de 6 ans : _____ 6 à 9 ans : _____ 16 à 18 ans : _____

10 à 12 ans : _____ 13 à 15 ans : _____ plus de 18 ans : _____

6. Votre âge :

18-24 ans 25-34 ans 35-54 ans 55 ans et plus

7. Votre sexe :

femme homme

8. Votre situation familiale :

en couple/ avec conjoint monoparental(e) autre :

9. Quel est le dernier niveau de scolarité que vous avez atteint?

élémentaire secondaire collégial baccalauréat maîtrise ou doctorat

10. Quelle est votre situation professionnelle?

travailleur à temps plein au chômage
 travailleur à temps partiel au foyer

11. Si vous êtes en couple, quelle est la situation professionnelle de votre conjoint(e)?

travailleur à temps plein au chômage
 travailleur à temps partiel au foyer

Répondez aux quatre prochaines questions (17 à 21) en tant qu'AUTOMOBILISTE : les questions sont en rapport avec un feu de circulation JAUNE (encerclez le chiffre qui correspond à votre réponse).

17. Traverser une intersection sur le feu jaune, je trouve cela :

1	2	3	4	5	6	7	8
extrêmement désagréable	très désagréable	moyennement désagréable	un peu désagréable	un peu agréable	moyennement agréable	très agréable	extrêmement agréable

18. Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai traversé une intersection sur le feu jaune :

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

19. Étant donné mes habiletés de conduite, traverser une intersection sur le feu jaune est :

1	2	3	4	5	6	7
extrêmement facile	très facile	plutôt facile	ni facile, ni difficile	plutôt difficile	très difficile	extrêmement difficile

20. D'après ce que j'observe, les gens de mon quartier traversent une intersection sur le feu jaune:

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

21. D'après vous, quelle est la signification d'une *MAIN ROUGE CLIGNOTANTE* quand il y a un feu de circulation pour les piétons?

- On peut commencer à traverser
 On ne peut pas commencer à traverser

Selon le Code de la Sécurité Routière (L.R.Q., chapitre C-24.2), voici les règles à suivre en présence d'une *MAIN ROUGE CLIGNOTANTE* (appelé ici *feu clignotant*).

Article 408. Le conducteur d'un véhicule routier ou d'une bicyclette doit céder le passage à un piéton qui traverse en face d'un feu blanc ou d'un *feu clignotant* de piétons.

Article 444. Lorsque des feux de piétons sont installés à une intersection, un piéton doit s'y conformer.

- En face d'un feu blanc, un piéton peut traverser la chaussée.
- En face d'un *feu clignotant*, un piéton qui a déjà commencé à traverser la chaussée doit presser le pas jusqu'au trottoir ou à la zone de sécurité.

VI

Répondez aux quatre prochaines questions (22 à 25) en tant que PIÉTON: les questions sont en rapport avec un feu pour piéton avec la **MAIN ROUGE CLIGNOTANTE** (encerclez le chiffre qui correspond à votre réponse).

22. Traverser une intersection durant la main rouge clignotante, je trouve cela :

1	2	3	4	5	6	7	8
extrêmement désagréable	très désagréable	moyennement désagréable	un peu désagréable	un peu agréable	moyennement agréable	très agréable	extrêmement agréable

23. Au cours de la dernière année, quand l'occasion s'est présentée, j'ai traversé une intersection durant la main rouge clignotante:

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

24. Étant donné mes habiletés de piéton, traverser une intersection durant la main rouge clignotante est :

1	2	3	4	5	6	7
extrêmement facile	très facile	plutôt facile	ni facile, ni difficile	plutôt difficile	très difficile	extrêmement difficile

25. D'après ce que j'observe, les gens de mon quartier traversent une intersection durant la main rouge clignotante :

1	2	3	4	5	6	7
jamais	très rarement	rarement	parfois	souvent	très souvent	toujours

Veillez répondre selon une journée typique de la dernière semaine.

26. Par quel moyen de transport votre enfant se rend-il ou revient-il de l'école?

LE MATIN	LE SOIR
<input type="checkbox"/> en voiture	<input type="checkbox"/> en voiture
<input type="checkbox"/> en transport en commun / scolaire	<input type="checkbox"/> en transport en commun / scolaire
<input type="checkbox"/> en vélo	<input type="checkbox"/> en vélo
<input type="checkbox"/> à la marche ou trottinette ou patins à roues	<input type="checkbox"/> à la marche ou trottinette ou patins à roues

27. Combien de temps dure le trajet habituel de votre enfant pour se rendre ou revenir de l'école?

LE MATIN	LE SOIR
<input type="checkbox"/> moins de 5 minutes	<input type="checkbox"/> moins de 5 minutes
<input type="checkbox"/> de 6 à 10 minutes	<input type="checkbox"/> de 6 à 10 minutes
<input type="checkbox"/> de 11 à 15 minutes	<input type="checkbox"/> de 11 à 15 minutes
<input type="checkbox"/> plus de 16 minutes	<input type="checkbox"/> plus de 16 minutes

28. À partir de quel âge votre enfant s'est-il déplacé (ou se déplacera) à l'école sans être accompagné par un adulte (peu importe le mode de transport)?

âge : _____

ne sait pas / ne s'applique pas

29. Si votre enfant se rend À PIED ou À VÉLO à l'école, quelles sont les TROIS motivations PRINCIPALES de ce choix de mode de transport plutôt qu'un autre? Donnez les chiffres 1 à 3 aux motivations les plus importantes.

_____ c'est agréable

_____ c'est plus rapide qu'en voiture

_____ c'est bon pour la santé et/ou l'éducation de mon enfant

_____ je n'ai pas d'autres possibilités (conflits d'horaire, pas d'accompagnants, manque de temps)

_____ je limite l'utilisation de la voiture

_____ c'est moins dangereux / plus sécuritaire

_____ la distance n'est pas trop grande

_____ autre raison, précisez : _____

_____ ne sait pas / ne s'applique pas

30. Si votre enfant se rend habituellement À PIED ou À VÉLO à l'école, est-il:

LE MATIN	LE SOIR
<input type="checkbox"/> seul	<input type="checkbox"/> seul
<input type="checkbox"/> accompagné d'enfant(s) de son âge	<input type="checkbox"/> accompagné d'enfant(s) de son âge
<input type="checkbox"/> accompagné d'enfant(s) plus vieux	<input type="checkbox"/> accompagné d'enfant(s) plus vieux
<input type="checkbox"/> accompagné d'un adulte	<input type="checkbox"/> accompagné d'un adulte
qui est cet adulte ? (parent, grand parent, voisin, etc.) _____	qui est cet adulte ? (parent, grand parent, voisin, etc.) _____

VIII

31. Si votre enfant est accompagné en VOITURE, quelles sont les TROIS motivations PRINCIPALES de ce choix de mode de transport plutôt qu'un autre?

Donnez les chiffres 1 à 3 aux motivations les plus importantes.

- _____ c'est agréable
- _____ c'est plus rapide qu'à pied ou à vélo
- _____ c'est bon pour la santé et/ou l'éducation de mon enfant
- _____ je n'ai pas d'autres possibilités (conflits d'horaire, pas d'accompagnants, manque de temps)
- _____ je limite l'utilisation de la marche ou du vélo
- _____ c'est moins dangereux / plus sécuritaire
- _____ la distance est trop grande
- _____ autre raison, précisez : _____
- _____ ne sait pas / ne s'applique pas

32. Si votre enfant est accompagné ou récupéré en voiture, est-ce que l'école fait partie d'un trajet vers une destination finale (travail, loisirs)?

LE MATIN	LE SOIR
<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> oui
<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> non

33. Si oui, quel est le motif de ce trajet?

LE MATIN	LE SOIR
<input type="checkbox"/> travail	<input type="checkbox"/> travail
<input type="checkbox"/> achats, loisirs	<input type="checkbox"/> achats, loisirs
<input type="checkbox"/> accompagnement (autres enfants, etc.)	<input type="checkbox"/> accompagnement (autres enfants, etc.)

34. À quel niveau considérez-vous qu'il soit dangereux de se déplacer À PIED ou À VÉLO sur le trajet vers l'école que fréquente de votre enfant? (encerclez le chiffre qui correspond à votre réponse)

a) Pour VOUS

1	2	3	4	5	6	7
jamais dangereux	très rarement	rarement	parfois dangereux	souvent	très souvent	toujours dangereux

b) Pour des ENFANTS du même âge que le VÔTRE

1	2	3	4	5	6	7
jamais dangereux	très rarement	rarement	parfois dangereux	souvent	très souvent	toujours dangereux

c) Pour VOTRE ENFANT

1	2	3	4	5	6	7
jamais dangereux	très rarement	rarement	parfois dangereux	souvent	très souvent	toujours dangereux

35. Dans quel ordre considérez-vous ces sources de danger pour VOTRE enfant ? Donnez le chiffre 1 à la plus importante source de danger et le chiffre 4 à la moins importante.

- _____ agression / enlèvement
 _____ trafic routier / risque d'accidents
 _____ cancer / maladies graves
 _____ chute et blessures dans la maison ou à l'extérieur

36. Selon vous, quel groupe d'âge est le plus susceptible d'être victime d'un accident de la route en tant que piéton?

- les enfants de moins de 5 ans
 les enfants entre 6 et 9 ans
 les enfants entre 10 et 14 ans
 les adolescents entre 15 et 24 ans

37. Selon vous, à quel âge un enfant peut-il traverser la rue de façon sécuritaire sans être accompagné d'un adulte?

- 5 ans 6 ans 7 ans 8 ans 9 ans 10 ans et plus

38. Estimez-vous que vous êtes informé des règles de sécurité routière concernant le trajet de votre enfant vers l'école (peu importe le mode de transport)?

- pas du tout informé
 un peu
 assez
 beaucoup informé
 ne sait pas / ne s'applique pas

39. Où avez-vous entendu le plus SOUVENT parler de la sécurité routière des enfants vers l'école (peu importe le mode de transport)?

- à l'école de votre enfant
 dans les journaux locaux
 à la télé et dans les médias (journaux, radio)
 chez votre médecin ou votre infirmier(ère)
 de la part d'agents de police de votre quartier
 je n'ai jamais entendu parler de la sécurité routière concernant le trajet des enfants vers l'école

40. Faites vous confiance à l'information dont vous disposez concernant la sécurité routière des enfants vers l'école?

- pas du tout
 un peu
 assez
 beaucoup
 ne sait pas / ne s'applique pas

X

41. Comment définiriez-vous le risque relié à la SÉCURITÉ ROUTIÈRE sur le trajet vers l'école que fréquente votre enfant? (cochez la case qui correspond à votre réponse)

	extrêmement d'accord	très d'accord	un peu d'accord	ni en accord ni en désaccord	Un peu en désaccord	très en désaccord	extrêmement en désaccord
On peut le contrôler							
Il est inexistant							
On le connaît mal							
On n'y peut rien, il n'y a rien à faire							
On pourrait le réduire							

42. Lorsque vous marchez dans votre quartier avec votre enfant :

- Vous lui tenez toujours la main
- Il marche juste à côté de vous (tout près)
- Il a le droit de marcher seul un peu plus loin de vous

43. Lors de traversées :

- Vous traversez côte à côte
- Vous lui tenez la main toute la durée de la traversée
- Vous le laissez faire tout seul

44. Avez-vous senti le besoin d'expliquer les règles de sécurité routière à votre enfant?

oui

non

Si oui, comment lui avez-vous expliqué?

- Je lui ai expliqué à la maison
- Je lui explique lorsque nous marchons ensemble

Si non, pourquoi?

- Il/elle a appris ces règles ailleurs (à l'école, avec des amis)
- Il/elle a compris tout seul

45. Surveillez-vous votre enfant lorsqu'il joue dehors ou dans la rue?

- Il n'a pas besoin de surveillance
- Je suis habituellement dehors avec lui pour le surveiller
- Je m'assure d'avoir une visibilité pour l'observer de temps en temps

46. Imposez-vous des règles lorsque votre enfant se déplace seul dans les rues?

- Je délimite des zones interdites et j'interdis certaines rues dangereuses
- Il peut aller où il veut
- Il ne va pas tout seul dans les rues

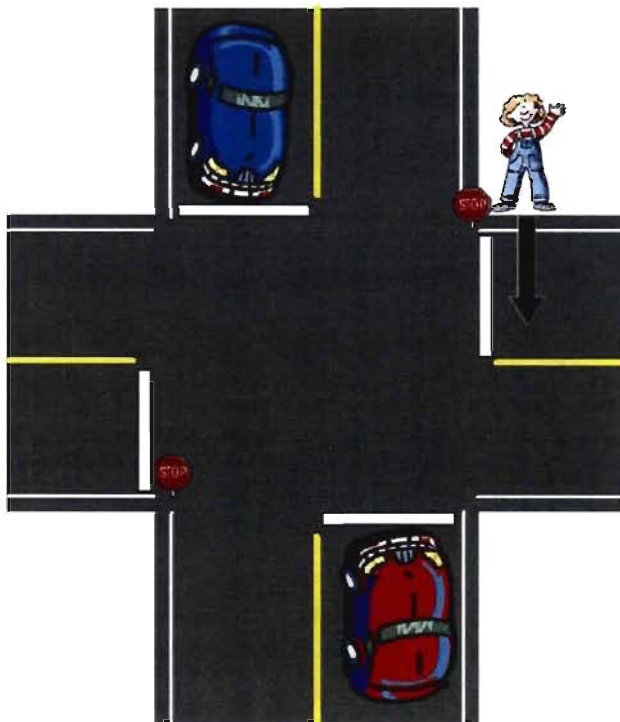
Répondez aux 8 prochaines questions en faisant référence aux figures et à leur description en pensant à un enfant de VOTRE QUARTIER :

47. À quel niveau de dangerosité considérez-vous les scénarios suivants?



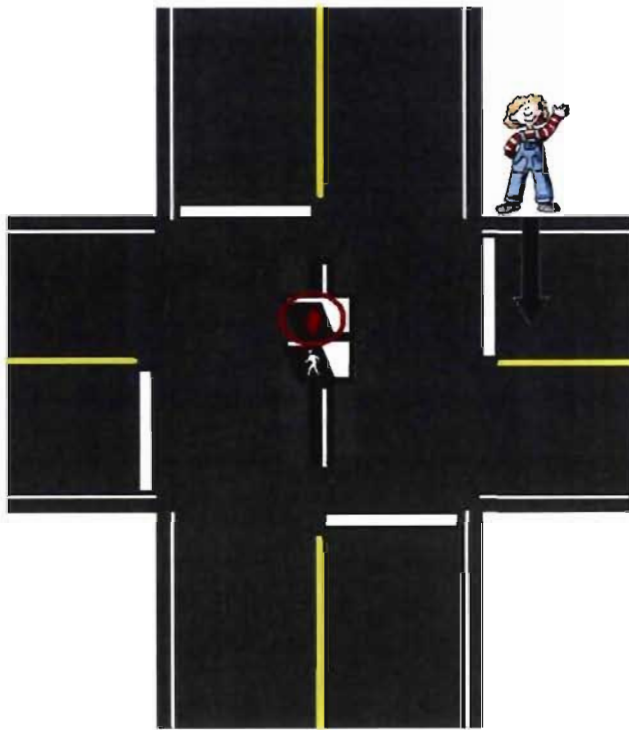
a) Jouer sur le trottoir

- 1 jamais dangereux
- 2 très rarement
- 3 rarement
- 4 parfois dangereux
- 5 souvent
- 6 très souvent
- 7 toujours dangereux



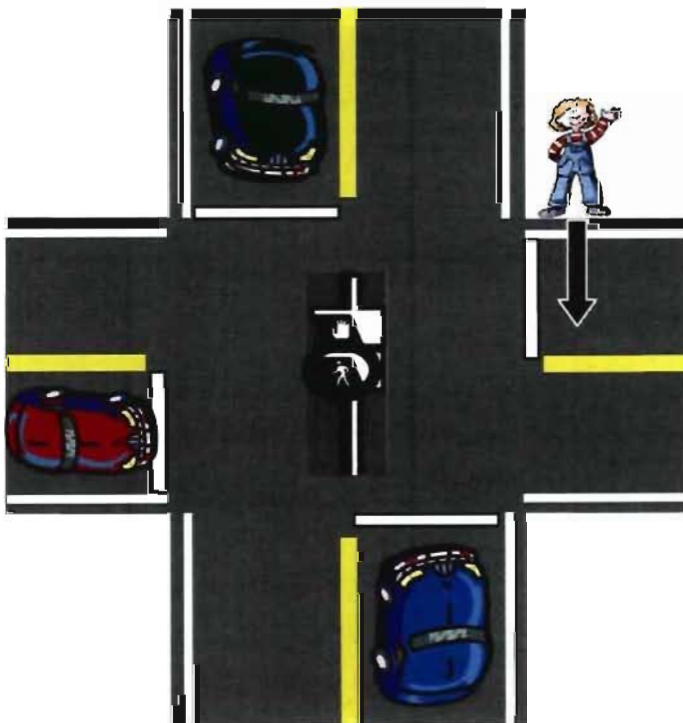
b) Traverser une intersection sans feux de circulation

- 1 jamais dangereux
- 2 très rarement
- 3 rarement
- 4 parfois dangereux
- 5 souvent
- 6 très souvent
- 7 toujours dangereux



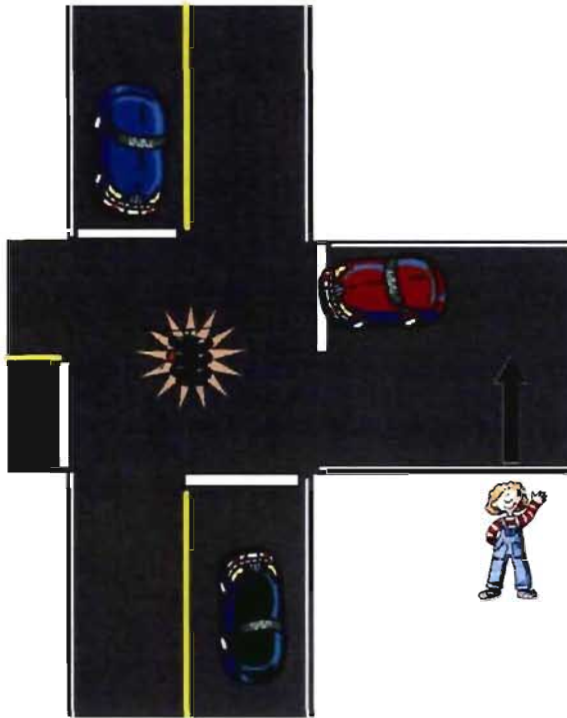
c) Traverser lorsque le feu piéton est ROUGE et qu'il n'y a pas de voiture

- 1 jamais dangereux
- 2 très rarement
- 3 rarement
- 4 parfois dangereux
- 5 souvent
- 6 très souvent
- 7 toujours dangereux



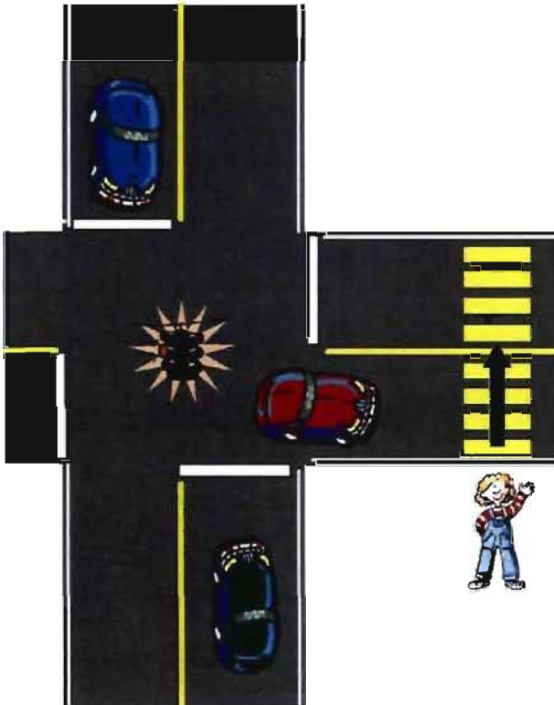
d) Traverser lorsque le feu piéton est BLANC

- 1 jamais dangereux
- 2 très rarement
- 3 rarement
- 4 parfois dangereux
- 5 souvent
- 6 très souvent
- 7 toujours dangereux



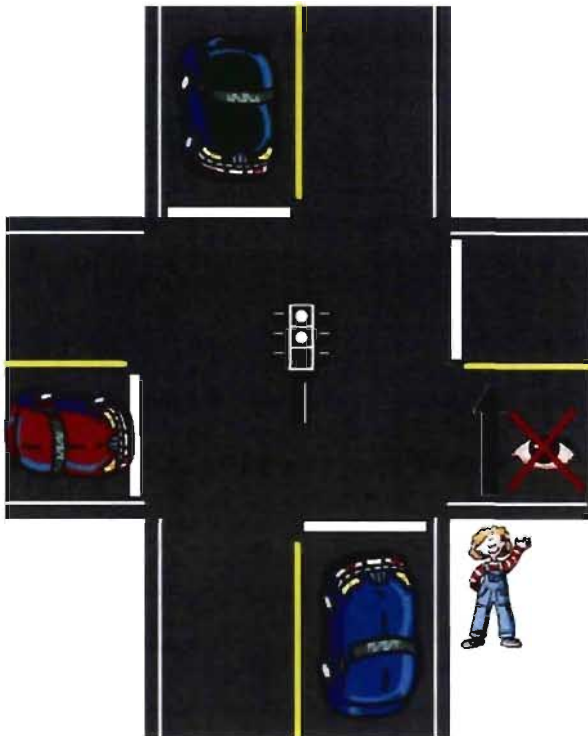
e) Traverser en dehors d'une intersection

- 1 jamais dangereux
- 2 très rarement
- 3 rarement
- 4 parfois dangereux
- 5 souvent
- 6 très souvent
- 7 toujours dangereux



f) Traverser sur un passage piéton hors intersection sans signalisation

- 1 jamais dangereux
- 2 très rarement
- 3 rarement
- 4 parfois dangereux
- 5 souvent
- 6 très souvent
- 7 toujours dangereux



g) Traverser sans regarder

- | | |
|---|--------------------|
| 1 | jamais dangereux |
| 2 | très rarement |
| 3 | rarement |
| 4 | parfois dangereux |
| 5 | souvent |
| 6 | très souvent |
| 7 | toujours dangereux |



h) Traverser au milieu des voitures stationnées

- | | |
|---|--------------------|
| 1 | jamais dangereux |
| 2 | très rarement |
| 3 | rarement |
| 4 | parfois dangereux |
| 5 | souvent |
| 6 | très souvent |
| 7 | toujours dangereux |

Annexe 3 : Liste des écoles échantillonnées et contactées

Groupe DÉFAVORISÉ / FORTE FRÉQUENCE D'ACCIDENTS			
Nom de l'école	Coordonnées	Langue d'enseignement	Commission Scolaire
Jean-Nicolet	11 235, av. Salk	français	CSPI*
Le Carignan	11 480, boul. Rolland	français	CSPI
Léonard-de-Vinci (tous les cycles)	7630, 22 ^e Avenue (1 ^e cycle)	français	CSDM
	7575, 19 ^e Avenue (2 ^e et 3 ^e cycle)		
René-Guénette	11 070, av. Rome	français	CSPI
Ludger-Duvernay	770, rue du Couvent	français	CSDM
Maisonneuve	1680, av. Morgan	français	CSDM
Saint-François-Solano	3580, Dandurand	français	CSDM
Saint-Grégoire-le-Grand	7950, Cartier	français	CSDM
Sainte-Bernadette-Soubirous	6855, 16 ^e Avenue	français	CSDM
Sans-Frontières	5937, 9 ^e Avenue	français	CSDM

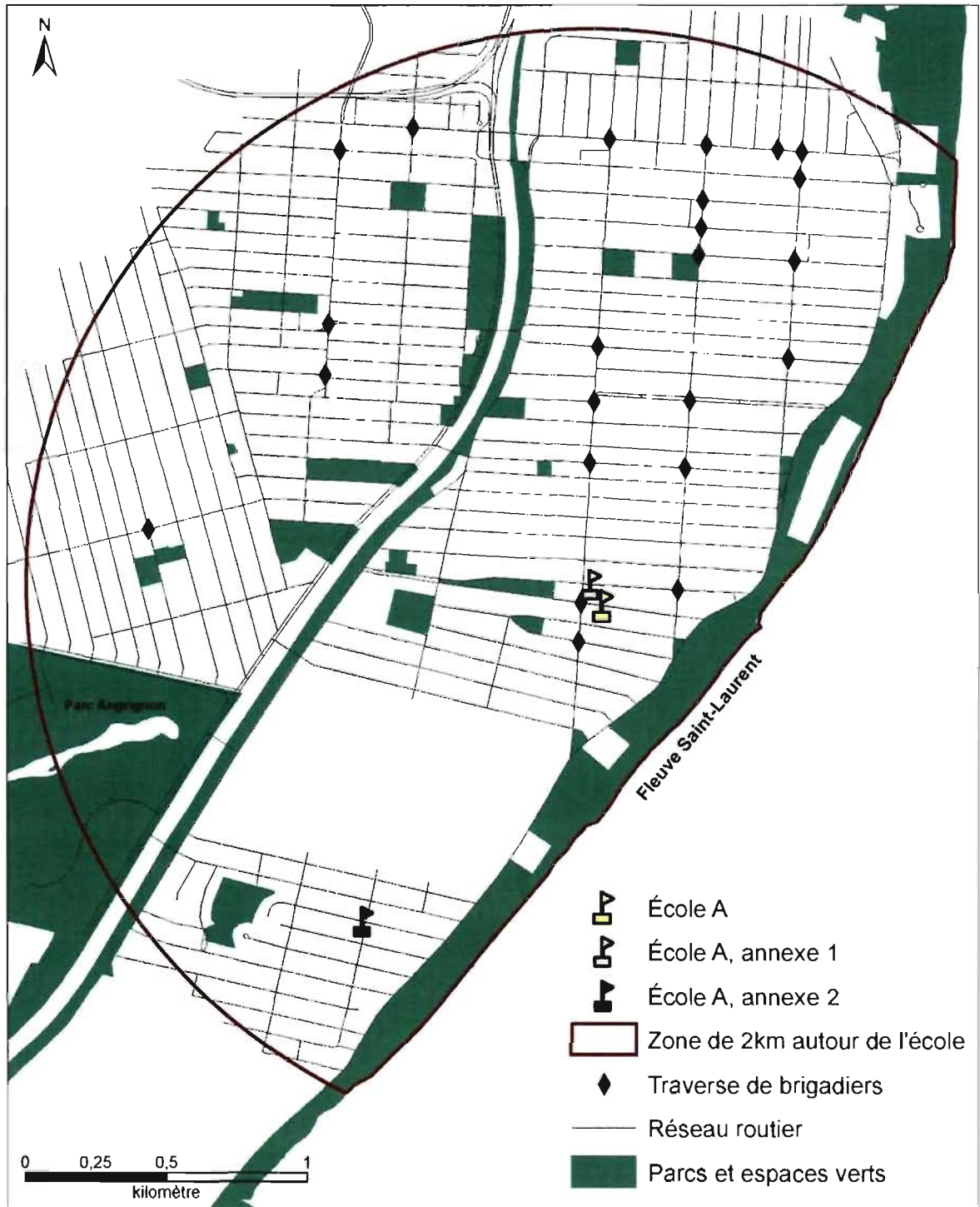
Groupe DÉFAVORISÉ / FAIBLE FRÉQUENCE D'ACCIDENTS			
Nom de l'école	Coordonnées	Langue d'enseignement	Commission Scolaire
Laurendeau-Dunton	1555, Rancourt	français et anglais	CSEM
Edward-Murphy	6800, av. Pierre-de-Coubertin	anglais	CSEM
Notre-Dame-de-la-Garde (annexe 1)	760, Richard	français	CSMB

Groupe FAVORISÉ / FAIBLE FRÉQUENCE D'ACCIDENTS			
Nom de l'école	Coordonnées	Langue d'enseignement	Commission Scolaire
Catherine-Soumillard	250, 48e Avenue	français	CSMB
Chénier	5800, av. Saint-Donat	français	CSPI
Allancroft	265, ch. Allancroft	anglais	CSLBP
Bancroft	4563, Saint-Urbain	anglais	CSEM
Beaconsfield	91, prom. Sweetbriar	français	CSMB
Ile-des-sœurs	530, de Gaspé	français	CSMB
Iona	5000, Iona	français	CSDM
Jacques-Bizard	515, de l'Église	français	CSMB
Royal Vale Elementary	5851, av. Somerled	anglais	CSEM
Meadowbrook	740, 52e Avenue	anglais	CSLBP
Saint-Louis	151, av. Winthrop	français	CSMB
Sainte-Odile	12 055, Despatie	français	CSDM
St-Paul	230, Sherbrooke o.	anglais	CSLBP
St-Veronica	244, de la Présentation	anglais	CSLBP

Groupe FAVORISÉ / FORTE FRÉQUENCE D'ACCIDENTS			
Nom de l'école	Coordonnées	Langue d'enseignement	Commission Scolaire
Louis H. Lafontaine (Arc-en-ciel)	4245, Berri	français	CSDM
Saint-Gérard	14 385, boul. Pierrefonds	français	CSMB
Saint-Jean-Baptiste	4265, av. Laval	français	CSDM

Annexe 4 : Cartographie des écoles participantes

École A : Située dans un quartier à forte défavorisation, historiquement ouvrier, surtout à l'est de la localisation de l'école. Les environs de l'école se caractérisent par une trame urbaine plutôt résidentiel, avec un maillage des rues en quadrillé. Il est à noter que nous n'avons rencontré que les parents de l'école, pas des annexes.



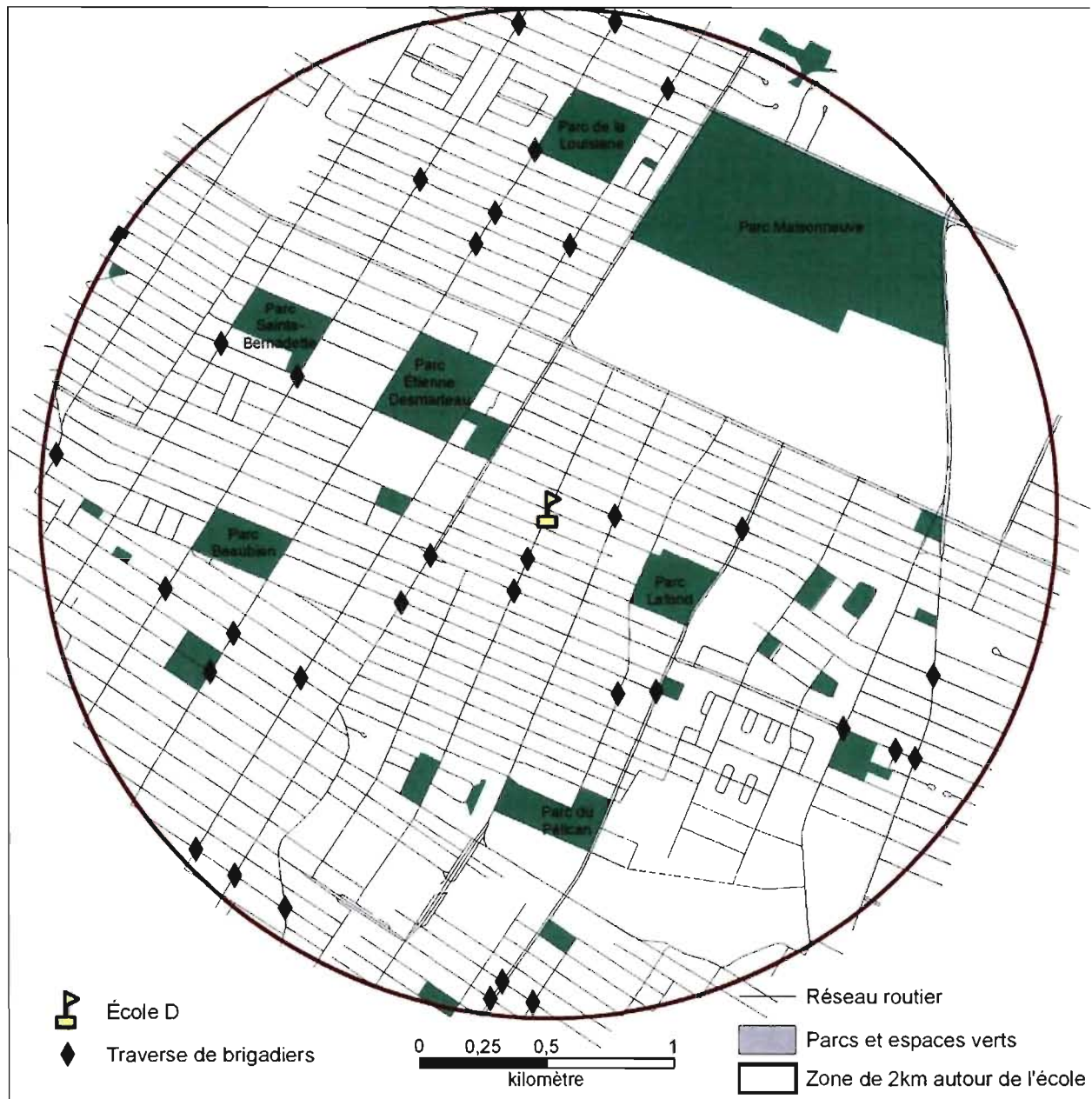
École B : En périphérie du centre-ville, cette école est située au même endroit que l'école primaire anglophone. Les environs de l'école se caractérisent par des habitations de moyenne densité (quadruplex, appartements) et la population qui y réside est pluriethnique. La trame urbaine est discontinue, mais l'école est à proximité d'un grand boulevard. Rappelons qu'il n'y a que les parents de l'école francophone qui ont été sollicité pour notre enquête.



École C : Cette école est celle qui se retrouve le plus en banlieue. Son emplacement est caractérisé par des habitations à faible densité (maisons unifamiliales) mais la trame du réseau routier est assez rectiligne en raison du caractère historique du quartier. L'artère à proximité, tout comme les voies d'accès à l'autoroute en font un endroit assez fréquenté en voiture.



École D : Cette école se situe dans un des quartiers centraux de la Ville de Montréal. Les enfants qui fréquentent cette école proviennent de milieux diversifiés, mais majoritairement défavorisés. La trame urbaine est caractérisée par une grande connectivité des rues et la présence d'artères majeures à proximité.



École E : Cette école se situe dans un des quartiers les plus défavorisés de Montréal. Elle est juste à côté d'une école secondaire, d'un centre de formation professionnel et d'un marché public. La trame urbaine y est quadrillée, l'école étant sur une rue perpendiculaire à deux artères importantes du quartier.



XXIV

École F : Cette école est située en plein cœur du quartier central le plus achalandé de Montréal. Le réseau routier à proximité est caractérisé par une grande connectivité et la population qui y réside est composée essentiellement de personnes de la classe moyenne et aisée.

