

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CENTRE – URBANISATION CULTURE SOCIÉTÉ

**L'ENVIRONNEMENT ROUTIER PRÈS DES ÉCOLES PRIMAIRES ET
LES INTERACTIONS DE TRAFIC IMPLIQUANT DES ENFANTS
PIÉTONS**

Par

Andrée-Anne D'AMOURS OUELLET

Bachelière ès sciences, B.Sc.

Mémoire présenté pour obtenir le grade de

Maître ès sciences, M.Sc.

Maîtrise en études urbaines

Programme offert conjointement par l'INRS et l'UQAM

Mai 2016

Ce mémoire intitulé

**L'ENVIRONNEMENT ROUTIER PRÈS DES ÉCOLES PRIMAIRES ET
LES INTERACTIONS DE TRAFIC IMPLIQUANT DES ENFANTS
PIÉTONS**

et présenté par

Andrée-Anne D'AMOURS OUELLET

a été évalué par un jury composé de

Mme Marie-Soleil CLOUTIER, directrice de recherche, Institut national de la recherche
scientifique

Mme Sophie PAQUIN, examinatrice interne, UQAM

Mme Alison MACPHERSON, examinatrice externe, Université de York, Ontario

« Wherever you live, wherever you go, you become a participant of traffic. »

(DIAN JIANG, 2014)

RÉSUMÉ

Depuis les années 80, on observe une diminution du transport actif scolaire chez les enfants, ainsi qu'une augmentation de leurs déplacements motorisés, du nombre de véhicules près des écoles, et du risque routier réel. Les enfants piétons sont des usagers de la route vulnérables en raison de facteurs individuels tels que leur taille et leur niveau de développement, mais plusieurs facteurs environnementaux sont aussi à considérer dans la prévention des collisions impliquant un enfant piéton, tels que la configuration et la conception de la route. Ces variables environnementales sont donc souvent mises en relation avec l'historique de collision, la mesure du risque routier la plus fréquente dans les études. Cependant, il est de plus en plus acquis que les observations de conflits de trafic, qui permettent d'évaluer un continuum de gravité d'interaction de trafic entre les usagers de la route, fournissent de meilleurs indicateurs des futures collisions. Notre recherche utilise des observations de conflit de trafic afin d'évaluer dans quelle mesure les caractéristiques routières autour de traverses piétonnes scolaires permettent d'expliquer les interactions enfant-véhicule. Des analyses bivariées et des régressions logistiques ont permis d'analyser d'une part l'association entre la présence d'interaction enfant-véhicule et les caractéristiques des traverses, et d'autre part la probabilité d'observer certains comportement de conducteur selon ces mêmes caractéristiques environnementales. Nos résultats démontrent l'importance du contrôle de la circulation à la traverse (feux de circulation, présence de brigadier) pour éviter les interactions.

Mots-clés : enfant piéton; interaction de trafic; environnement scolaire sécuritaire; environnement bâti; sécurité routière.

ABSTRACT

Since the 80s, a decrease in children's active transportation to school has been observed, as has an increase in motorized travel to school, the number of cars near schools and the actual road risk. Child pedestrians are vulnerable road users due to individual factors such as their size and level of development. Several environmental factors must also be considered in the prevention of road collisions involving child pedestrian, such as road geometry and design. These built environment variables are often link to collision history, the most common measure used in road risk studies. However, it is increasingly accepted that the observations of traffic conflicts, which assess a traffic interaction severity continuum between road users, provide better indicators of future collisions. Our research uses traffic conflicts observations to assess the extent to which road features around school pedestrian crossings can explain child-vehicle interactions. Bivariate analysis and logistic regressions were used to analyze, first, the association between the presence of child-vehicle interaction and characteristics of the crossings and, second, the probability of observing driver behavior according to these same environmental characteristics. Our results demonstrate the importance of traffic control (traffic lights and crossing guards) to avoid interactions.

Keywords: child pedestrian; traffic interaction; safe school environment; built environment; road safety.

AVANT-PROPOS

Au Québec, le programme « Mon école à pied, à vélo » (MÉÀPÀV) et récemment rebaptisé « À pied, à vélo, ville active » (ÀPÀVVA) fait la promotion du transport actif scolaire sécuritaire (TASS). Il a été initié par l'organisme Vélo-Québec et est coordonné par 14 organismes mandataires (ASSS-Capitale-Nationale et Royer 2011 ; Vélo Québec 2012). Depuis son implantation en 2005, le programme a été adopté par plus de 375 écoles, dans 16 régions administratives du Québec (Vélo Québec 2012). Selon Royer et al. (2011), les objectifs du programme MÉÀPÀV étaient d'abord de:

- *rendre plus sécuritaires les trajets entre la résidence de l'enfant et l'école;*
- *maintenir et encourager le transport actif des élèves du primaire;*
- *susciter la concertation des parents, des élèves, de l'école et des municipalités en vue de planifier des aménagements en faveur des piétons et des cyclistes.*

Ces objectifs ont quelque peu changé depuis le remaniement du programme qui ne vise plus seulement les enfants, mais une plus grande population. Les nouveaux objectifs du programme ÀPÀVVA sont : « de modifier les habitudes de déplacement des enfants et de leurs parents sur le trajet domicile-école-travail » et « de créer des environnements sécuritaires afin de favoriser le transport actif pour l'ensemble des citoyens » (Vélo Québec 2013). Ce type d'amélioration de programme visant aussi les parents est d'ailleurs recommandé par Stewart (2011), puisque les horaires de transport des parents et des enfants sont généralement liés.

Avant tout récemment, l'évaluation de la sécurité des déplacements des écoliers faisant partie du programme ÀPÀVVA n'était pas prévue. Le projet ESSAIM (Environnement scolaire sécuritaire et analyse des interventions municipales), qui se déroule de 2012 à 2015, tentera de « déterminer l'impact de diverses interventions effectuées par les municipalités aux abords des écoles et des terrains de jeux à partir d'indicateurs rattachés à la sécurité routière des enfants » (Bergerons 2012).

Le projet ESSAIM est mené par une équipe de chercheurs multidisciplinaire, soit; Jacques Bergeron du Département de psychologie de l'Université de Montréal; Juan Torres de l'Institut d'urbanisme de l'Université de Montréal; Marie-Soleil Cloutier du Centre Urbanisation culture Société de l'INRS; et Annick St-Denis de Vélo-Québec. Le partenariat avec Vélo Québec permet

l'utilisation d'une banque d'information décrivant en partie les environnements urbains autour des écoles participantes au programme « À pied, à vélo, ville active ». Après avoir caractérisé les environnements autour d'écoles sélectionnées, des observations d'interactions de trafic impliquant des enfants piétons ont été effectuées à certaines intersections proches des écoles. De plus, des groupes de discussion formés des enfants de ces mêmes écoles ont eu lieu. Ainsi, l'équipe du projet ESSAIM souhaite créer des indicateurs permettant de comprendre l'impact des mesures d'interventions sur la sécurité des déplacements actifs aux abords des écoles. Ensuite, à partir de ces indicateurs, ils souhaitent identifier les interventions les plus efficaces pour réduire le risque de collisions, mais aussi pour encourager un transfert de part modale de la voiture vers les modes actifs.

L'auteure de ce mémoire fait partie de l'équipe du projet ESSAIM et ce mémoire s'insère dans ce contexte.

REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord remercier ma directrice de recherche, Marie-Soleil Cloutier, qui tout au long de ma maîtrise, m'a permis de bénéficier d'un appui financier, de son expertise et de son précieux temps. J'ai beaucoup appris à travers nos nombreux échanges et ses commentaires. Merci pour ta patience, malgré ma propension à vouloir en mettre toujours plus et merci de m'avoir si souvent éclairé et encouragé. Merci aussi de m'avoir impliqué autant dans le projet ESSAIM, qui m'a fait découvrir les joies de la recherche, mais aussi les défis associés à un projet d'aussi grande envergure. Je suis maintenant une experte des bases de données! Merci finalement pour ton dynamisme qui m'a ouvert et permis l'accès à plusieurs opportunités, tel que la présentation de mes résultats à Vancouver et la participation à divers concours de bourses d'études.

La rédaction de mon mémoire aurait été beaucoup moins productive, sans l'accès au laboratoire du LASER qui m'a fourni un lieu où la procrastination est plus restreinte qu'à la maison et des outils de travail inégalés. Merci donc à l'équipe du LASER telle que Philippe Apparicio, Gaétan et Alexia. Merci aussi à l'INRS qui permet une proximité aux professeurs, un apprentissage et un appui personnalisé grâce à des employés tels que Marie-Ève Dugas et Wassila Foul.

Un merci particulier à mes précieux collègues « lasériens », qui sont pour beaucoup d'entre eux devenus des amis. Aimée, Karine, Wiem, Ariane et Ryan, merci de votre présence et de votre soutien dans les moments où, plongé dans ma rédaction, je ne voyais plus clair. Vous m'avez tous à un moment ou à un autre éclairé de vos sages conseils d'étudiant, en connaissance de cause. Merci aussi aux « Canins » (et à mes félins Mou et Boule) qui m'ont permis de sortir de mon univers académique, dans les moments où j'en avais besoin.

Finalement, je tiens à remercier mes parents et ma sœur, qui m'ont toujours offert leur appui. Et que dire de l'appui de David, sans qui ces dernières années auraient été beaucoup plus difficiles. Que ce soit par ton réconfort, ton écoute, tes encouragements, les repas et le ménage que tu as fait pour deux dans les derniers temps, sans toi, mon quotidien d'étudiante aurait été beaucoup moins rose! MERCI BEAUCOUP!

TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux	xii
Liste des figures	xiii
Liste des abréviations et des sigles	xiv
Introduction	1
Chapitre 1 : Le transport actif scolaire et la sécurité des enfants piétons	3
1.1 Les déterminants du transport actif scolaire	3
1.2 La diminution de la pratique du transport actif.....	5
1.3 Les effets de la motorisation des déplacements journaliers scolaires.....	6
1.3.1 <i>Perte des bénéfices liés au transport actif pour les enfants</i>	7
1.3.2 <i>Augmentation du volume de trafic près des écoles</i>	8
1.4 Les programmes de promotion du transport actif en milieu scolaire	9
1.4.1 <i>Évaluation d'impact sur la sécurité routière</i>	10
1.5 Question et objectifs de recherche.....	12
Chapitre 2 : Le risque routier réel et l'environnement physique : Le cas des enfants piétons	14
2.1 Le risque routier selon les événements de trafic	14
2.1.1 <i>La collision: mesure classique du risque routier</i>	14
2.1.2 <i>Les mesures substitutives du risque routier : conflits et interactions de trafic</i>	15
2.1.3 <i>La séquence comportementale en amont des événements de trafic</i>	23
2.2 Les facteurs de risque routier chez l'enfant piéton	25
2.2.1 <i>Les facteurs individuels de l'enfant piéton</i>	25
2.2.2 <i>Les facteurs environnementaux</i>	27
Chapitre 3 : Méthodologie	38
3.1 Sélection des territoires d'études	38
3.1.1 <i>Sélection des régions administratives et villes</i>	41
3.1.2 <i>Sélections des écoles selon les environnements scolaires</i>	41
3.1.3 <i>Sélection des intersections et traverses</i>	47

3.2 Collecte de données	47
3.2.1 <i>Les outils de collecte</i>	49
3.2.2 <i>Déroulement des étapes de la collecte</i>	51
3.3 Extraction des données et spatialisation	54
3.4 Analyses	59
3.4.1 <i>Associations entre les variables indépendantes et la présence ou non d'interactions</i>	60
3.4.2 <i>Modèles de régression logistique</i>	60
3.4.3 <i>Choix des variables dépendantes</i>	61
3.4.4 <i>Choix des variables indépendantes</i>	63
3.4.5 <i>Hypothèses</i>	63
Chapitre 4 : Résultats	68
4.1 Portrait descriptif de l'échantillon	68
4.1.1 <i>Les environnements de traversées</i>	69
4.1.2 <i>Les comportements d'enfants</i>	73
4.1.3 <i>Les comportements des conducteurs en interactions</i>	75
4.2 Variables qui influencent le fait d'observer ou non une interaction enfant-véhicule	75
4.3 Variables qui influencent significativement le fait d'observer certains comportements chez les conducteurs en interaction	77
Chapitre 5 : Discussion	83
5.1 Comparer des comportements d'utilisateur entre eux; une chose complexe!	83
5.2 Des liens entre les comportements et l'environnement plus faciles à expliquer	85
5.2.1 <i>Le contrôle du trafic à la traverse, facteur protecteur?</i>	85
5.2.2 <i>Les facteurs environnementaux et le respect de la priorité piétonne : des liens pas toujours cohérents!</i>	87
5.2.3 <i>Quelques limites de la recherche</i>	88
Conclusion	90
Annexe 1 : Résultats de la CAH pour le classement des environnements d'école	92
Annexe 2 : Formulaire ESSAIM : Environnement de traversées	93
Annexe 3 : Formulaire ESSAIM : Enfant	94

Annexe 4 : Formulaire ESSAIM : Véhicule.....	96
Annexe 5 : Formulaire ESSAIM : Comptage des piétons	98
Annexe 6 : Formulaire ESSAIM : Comptage des véhicules.....	98
Annexe 7 : Résumé du contenu des Formulaires tronçon et traverse	99
Annexe 8 : Matrice de corrélation de Spearman entre les variables des modèles de régression logistique	100
Bibliographie	102

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Effets des principales mesures de prévention en sécurité routière.....	11
Tableau 2.1 : Principaux indicateurs de conflit de trafic impliquant des piétons.....	20
Tableau 2.2 : Étapes de la séquence comportementale des usagers de la route, tâches de traversée et indicateurs liés	22
Tableau 2.3 : Tâches identifiées comme complexes pour l'enfant piéton et comportements à risque.....	26
Tableau 2.4 Effets des caractéristiques de conception routière sur les facteurs médiateurs de la sécurité routière et la visibilité	34
Tableau 3.1 Étapes de sélection des territoires d'études.....	40
Tableau 3.2 : Informations nécessaires à la sélection des écoles et des traverses, sources des données et nouvelles informations calculées pour la CAH	42
Tableau 3.3 : Écoles sélectionnées selon la classe d'environnement déterminée par la CAH et selon la présence ou non d'aménagements sécuritaires	45
Tableau 3.4 : Étapes, outil et moment de la collecte de données.....	48
Tableau 3.5 : Choix des variables dépendantes, selon les types d'indicateurs d'interactions de la littérature et les données de terrains disponibles	61
Tableau 3.6 : Choix des variables environnementales, selon les types de caractéristique de l'environnement bâti et les données de terrains disponibles	64
Tableau 3.7 : Choix des variables de contrôle, selon les types d'indicateurs d'interactions de la littérature et les données de terrains disponibles	65
Tableau 3.8 : Hypothèses concernant le lien entre les variables dépendantes environnementales et les variables indépendantes.....	66
Tableau 3.9 : Hypothèses concernant le lien entre les variables dépendantes de contrôle (individuelles) et les variables indépendantes	67
Tableau 4.1 : Compositions des échantillons selon les jeux de données.....	68
Tableau 4.2 : Tranches de comptages de voiture et d'enfants (45 minutes le matin), selon les traverses avec et sans interactions	70
Tableau 4.3 : Statistiques descriptives des comptages de voiture et d'enfants (45 minutes le matin), selon les traverses avec et sans interactions.....	70
Tableau 4.4 : Caractéristiques de l'environnement bâti des traverses avec et sans interactions.....	72
Tableau 4.5 : Caractéristiques des enfants des différents échantillons.....	74
Tableau 4.6 : Comportements des conducteurs en interaction avec un enfant	75
Tableau 4.7 : Résultats des Khi-deux concernant les variables influençant la présence d'interactions.....	76
Tableau 4.8 : Résultats des tests Mann-Whitney sur la médiane des comptages d'enfants et de voiture.....	76

Tableau 4.9 : Résultats des modèles de régressions logistiques concernant les variables influençant la présence de certains comportements des conducteurs	79
--	-----------

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Schéma conceptuel du déplacement de l'enfant vers l'école	4
Figure 1.2 : Cercle vicieux de la motorisation des déplacements journaliers scolaire	7
Figure 2.1 : Pyramide des collisions	15
Figure 2.2 : Pyramide de sécurité.....	17
Figure 2.3 : Octaèdre de sécurité	18
Figure 2.4 : Processus menant aux différents événements de trafic impliquant un piéton et un véhicule, et séquence comportementale impliquée	24
Figure 2.5 : L'environnement bâti et la sécurité routière.....	28
Figure 3.1 : Étapes méthodologique précédant les analyses	39
Figure 3.2 : Exemple d'écoles appartenant aux classes d'environnement scolaire 1 et 4 selon la CAH	44
Figure 3.3 : Localisation des écoles sélectionnées, selon leur classe de CAH et la présence ou non d'aménagement à proximité	46
Figure 3.4 : Localisation des observateurs lors de l'observation d'interaction impliquant un enfant piéton et un véhicule	52
Figure 3.5 : Protocole de déplacement pour la collecte des données sur la traverse et les tronçons adjacents.	53
Figure 3.6 : Provenance des usagers et blocs de comptabilisation	54
Figure 3.7 : Extraction des données collectées et spatialisation.....	56
Figure 3.8 : Séquence de jointure effectuée lors de l'extraction et de la spatialisation des données	57
Figure 3.9 : Évolution des effectifs d'échantillons de traversées d'enfants et d'interactions	58
Figure 4.1: Respect de la priorité piétonne en situation d'interaction.....	78
Figure 4.2 : Traverse de la rue Laurier située à une intersection obligeant beaucoup de virages à gauche	81
Figure 5.1 : Contrôle par le feu de circulation restreignant les mouvements possibles des véhicules lors de la traversée.....	87

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SIGLES

ÀPÀVVA	À pied, à vélo, ville active
CAH	Classification ascendante hiérarchique
ESSAIM	Environnement scolaire sécuritaire et analyse des interventions municipales
INSPQ	Institut national de santé publique
MAÉPAV	Mon école à pied, à vélo
OMS	Organisation mondiale de la santé
TAS	Transport actif scolaire
TASS	Transport actif scolaire sécuritaire
TCT	Technique de conflit de trafic
TTC	Time to collision
SR2S	Safe route to school

INTRODUCTION

Au Québec dans les dernières années, une diminution du transport actif scolaire a été observée chez les enfants du primaire, ce qui n'est pas sans pertes de bénéfices pour ces derniers (Duranceau et Lewis 2010). La représentation que les parents se font des dangers de la route se traduit par une augmentation du nombre de véhicules près des écoles et par une augmentation du risque routier réel, associé aux dangers que représente la circulation automobile (Burigusa 2011).

Afin de renverser cette tendance, des programmes de promotions du transport actif scolaire (TAS) ont vu le jour et bien qu'ils visent entre autres l'augmentation de la sécurité des enfants autour des écoles, leur efficacité sur cet aspect reste à confirmer puisque plusieurs auteurs affirment que la diminution du bilan des collisions¹ impliquant un enfant piéton est en partie due à la diminution du TAS (Clifton et Kreamer-Fults 2007). D'ailleurs puisque les collisions sont des événements rares, plusieurs chercheurs proposent de considérer les événements de trafic plus fréquent comme indicateurs de sécurité routière, tels que les conflits de trafic et les interactions de trafics. Observés en temps réel, les événements de trafic permettent de relever les comportements des usagers de la route en interaction entre eux, selon ce que certains appellent la séquence comportementale.

Dans le cas de l'enfant piéton, les observations de conflit de trafic et d'interactions sont des données particulièrement intéressantes, puisqu'avec leur niveau de développement cognitif, les jeunes piétons ont parfois de la difficulté à effectuer les tâches de traversées, en particulier lorsque l'environnement routier n'est pas adapté à leur présence. Évidemment, d'autres facteurs individuels sont aussi en causes lorsqu'il est question du risque routier chez l'enfant piéton, tel que l'âge, le sexe et certaines caractéristiques familiales. Les caractéristiques de l'environnement bâti sont également très importantes puisqu'elles influencent la vitesse et le volume de circulation, ainsi que l'exposition et la visibilité, tous des facteurs qui ont une incidence sur la sécurité routière. Ce mémoire se penchera d'ailleurs sur les caractéristiques de l'environnement des traverses scolaires et leurs impacts potentiels sur les interactions de trafics impliquant des enfants piétons et des véhicules.

¹ Dans ce mémoire, le terme collision sera préféré au terme accident qui a une connotation de hasard.

Ce mémoire est divisé en 5 chapitres. Le premier chapitre traite des différents éléments de réflexion qui ont poussé notre questionnement de recherche et expose la question de recherche et l'objectif qui sont au cœur de ce mémoire. Le chapitre suivant permettra d'approfondir les concepts de base de la sécurité routière des enfants piétons, en présentant le risque routier chez cet usager vulnérable et les facteurs environnementaux et individuels qui l'influencent.

Le troisième chapitre mettra en lumière la méthodologie utilisée pour répondre à notre objectif et présentera en dernier lieu nos hypothèses. Dans le chapitre 4, nous dévoilerons les résultats de nos analyses, alors que le chapitre 5 exposera la discussion, les défis et les limites rencontrées dans cette recherche.

CHAPITRE 1 : LE TRANSPORT ACTIF SCOLAIRE ET LA SÉCURITÉ DES ENFANTS PIÉTONS

1.1 Les déterminants du transport actif scolaire

Le transport actif désigne un déplacement à pied ou à vélo pour des raisons utilitaires (Paquin et Dubé 2011). Lorsque ce type de déplacement est utilisé par des enfants dans le but de se déplacer entre la maison et l'école, les chercheurs utilisent souvent le terme « transport actif scolaire » (TAS), ou des expressions anglaises telles que « active transportation to school » (ATS) (McDonald 2007 ; Stewart 2011) ou « child's travel mode to school » (Smith et al. 2012) ou encore « active commuting to school » (Davison, Werder et Lawson 2008 ; Cooper et al. 2003).

Les déterminants qui influencent le choix du transport actif sont multiples comme l'illustrent les nombreux travaux sur le sujet. La situation du transport actif scolaire est particulière, puisque la pratique de ce type de déplacement est grandement influencée par la décision parentale (McMillan 2005 ; Armstrong 1993 ; Lam 2001 ; Stewart 2011 ; Pont et al. 2011). Le choix du mode de transport scolaire dépendra de la perception des parents, qui sera elle-même influencée par la perception de l'enfant (McMillan 2005 ; Pont et al. 2011 ; Stewart 2011).

Plusieurs facteurs influenceront à leur tour la perception des parents et des enfants en ce qui a trait aux modes de transport scolaires. Ces facteurs sont reconnus par de nombreux chercheurs et bien qu'ils ne soient pas classés de la même façon selon les études, bon nombre d'entre eux placent des facteurs en lien avec l'environnement bâti au cœur du choix d'un mode de transport scolaire. La figure 1.1 basée sur les idées de McMillan (2005), de Stewart (2011) et de Pont et al. (2011) résume bien l'importance de l'environnement bâti dans cette problématique, ainsi que les différents facteurs en causes et les interrelations entre eux. Les facteurs médiateurs de la figure 1.1 sont en lien avec les caractéristiques du quartier et des rues (sécurité, criminalité, voisinage), mais aussi avec certaines caractéristiques familiales (option de transport, horaire, etc.), alors que les facteurs modérateurs sont d'ordre individuel (âge, sexe, etc.), familial (taille du ménage, salaire, etc.) et socio-économique.

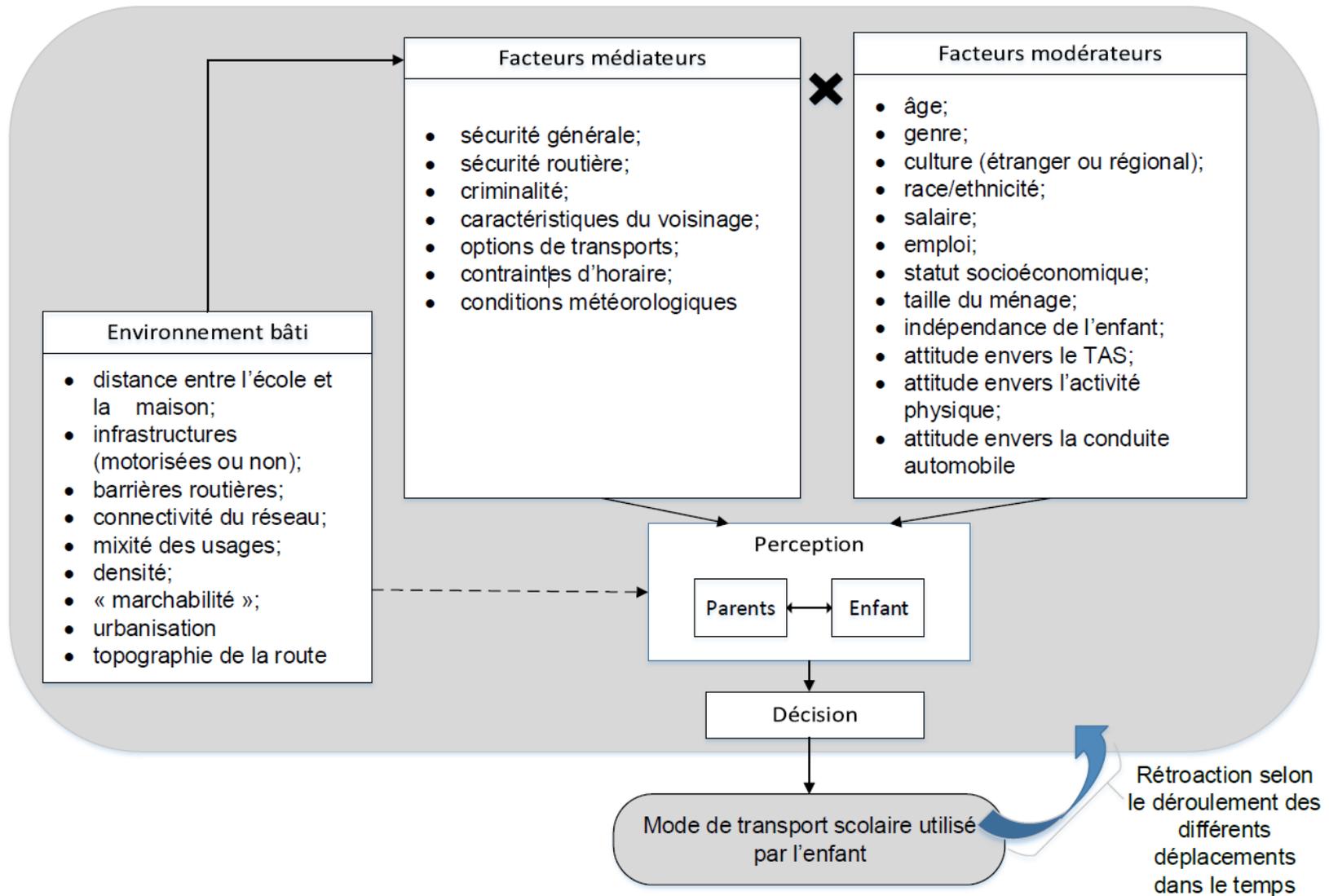


Figure 1.1 : Schéma conceptuel du déplacement de l'enfant vers l'école

Source : inspiré de (McMillan 2005, 449; Pont et al. 2011, 140; Stewart 2011).

La figure 1.1 présente les éléments de l'environnement bâti qui influencent à la fois des facteurs médiateurs (ex. : sécurité routière, options de transport), mais aussi les perceptions des individus et ainsi le choix d'un mode de transport scolaire. Ainsi, un parent ou un enfant percevant son quartier ou les routes menant à l'école comme non sécuritaire pourront préférer un déplacement en voiture plutôt qu'un déplacement en transport actif.

De plus, les facteurs modérateurs, c'est-à-dire les variables propres à l'individu (enfant et parent), qui sont en interaction avec les facteurs médiateurs (indiqué par un X sur la figure 1.1), viendront aussi influencer la perception des individus. Ainsi les parents d'un enfant de 11 ans pourraient être plus en confiance à laisser leur enfant marcher vers l'école, que si ce même enfant était âgé de 6 ans, par exemple.

Finalement, Stewart (2011) et Pont et al. (2011) insistent sur l'importance de la rétroaction (flèche bleue de la figure 1.1) dans le processus de choix d'un mode de transport scolaire. Ainsi, selon eux le déroulement des différents déplacements vers l'école, les perceptions et les choix du mode de transport pourront, avec le temps, évoluer en faveur ou non du TAS.

Puisque la réflexion de ce mémoire est basée surtout sur le facteur de la sécurité routière, nous ne détaillerons pas ici tous les facteurs de la figure 1.1, bien qu'ils aient tous une importance. Cependant, nous reviendrons sur le lien entre l'environnement bâti et la sécurité routière à la section 2.2.2 (p. 27).

1.2 La diminution de la pratique du transport actif

Depuis quelques années, la communauté scientifique et les gouvernements de nombreux pays observent une diminution du transport actif scolaire (GRVM 2008). En Australie, la part des enfants² marchant vers l'école est passée de 37 % en 1985 à 26 % en 2001 (Salmon et al. 2005), alors qu'aux États-Unis ce taux serait passé de 20,2 % en 1977 à 12,5 % en 2001³ (Sturm 2005) et de 61 % à 40 % entre 1992 et 2004, au Royaume-Uni⁴ (Paskins 2005).

² Enfants de 9 à 13 ans effectuant entre 6 à 10 voyages par semaine vers l'école à pied

³ Enfants de 5 à 15 ans se rendant à l'école à pied

⁴ Enfants de 5 à 10 ans se rendant à l'école à pied

Au Canada, on observe le même phénomène, puisqu'en 1971, on estimait que 80 % des élèves canadiens⁵ marchaient pour se rendre à l'école, alors qu'ils n'étaient plus que 40 % des élèves⁶ en 1999 (GRVM 2008). Au Québec dans les dernières années, une diminution du TAS a aussi été observée chez les enfants du primaire (Duranceau et Lewis 2010). Par exemple, dans la région de Montréal, dans le cas des enfants piétons de 6 à 12 ans, la part modale de la marche est passée de 41 % à 34 % entre 1998 et 2003, alors que celle de l'automobile est passée de 22 % à 31 % pour la même période (Duranceau et Lewis 2010).

Dans la dernière décennie, nous observons donc une augmentation de la motorisation des déplacements des enfants entre l'école et la maison. Nous discuterons ici brièvement de deux effets majeurs de cette motorisation pour les enfants d'âge scolaire.

1.3 Les effets de la motorisation des déplacements journaliers scolaires

Selon Stewart (2011), le fait que les parents décident de reconduire leurs enfants en voiture par peur pour leur sécurité, contribue à l'augmentation du volume de trafic, ce qui entraînerait une diminution possible de fréquentation de ces lieux du quartier et à moins de familiarité entre voisins. Ces éléments contribueraient potentiellement à une augmentation de la peur du danger des étrangers dans le quartier, ce qui renforcerait le fait de privilégier les déplacements en voiture. Stewart (2011) mentionne donc ici l'existence d'un cercle vicieux, lié à l'augmentation de l'utilisation de la voiture pour le transport scolaire.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) (2002, 11) propose une réflexion semblable à celle de Stewart (2011) dans un schéma illustrant le cercle vicieux de la motorisation des déplacements journaliers scolaire. Dans cette figure, les auteurs illustrent le fait que la perception que les parents se font des dangers de la route se traduit souvent par la motorisation du déplacement scolaire, qui mène à deux phénomènes successifs; soit l'augmentation du danger dans les rues, dut à l'augmentation de la circulation automobile; et en parallèle, une diminution du nombre d'enfants se rendant à l'école en transport actif.

⁵ Enfants de 7 à 8 ans se rendant à l'école à pied

⁶ Enfants de 9 ans se rendant à l'école à pied

Il existe deux effets majeurs de la motorisation des déplacements journaliers scolaires. Premièrement, la diminution du nombre d'enfants se rendant à l'école en transport actif représente une perte de certains bénéfices liés au transport actif. Deuxièmement, l'augmentation de la circulation automobile qui se traduit en l'augmentation du danger dans les rues entraîne une augmentation du risque routier réel.

La figure 1.2 illustre le cercle vicieux de la motorisation des déplacements journaliers scolaire, ainsi que les deux phénomènes qu'il engendre et qui seront expliqués dans la présente section.

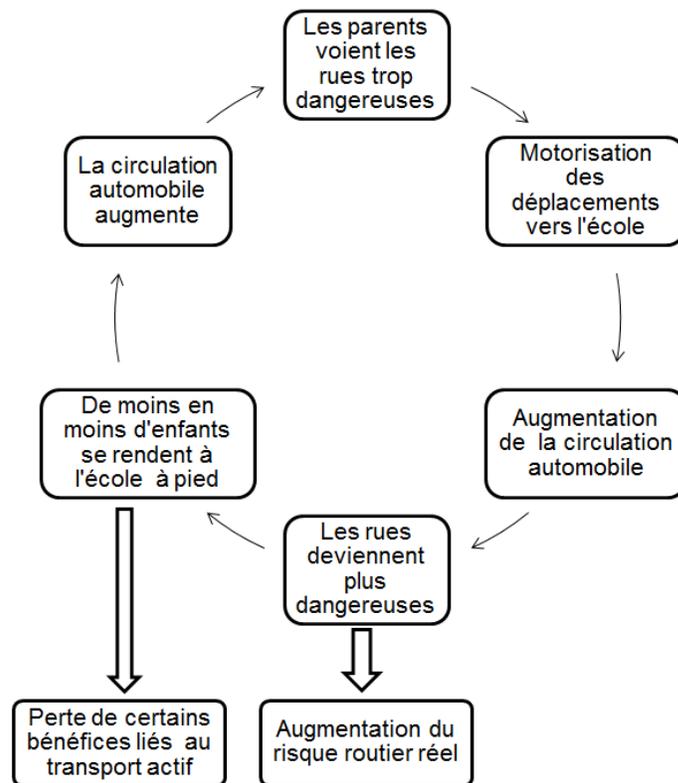


Figure 1.2 : Cercle vicieux de la motorisation des déplacements journaliers scolaire

Source : Inspiré de l'OMS (2002, 11)

1.3.1 Perte des bénéfices liés au transport actif pour les enfants

Au Canada, 73 % de la population âgée de 2 à 15 ans ne feraient pas suffisamment d'activité physique pour maintenir un poids santé (Lewis et Torres 2010). Pourtant, le niveau d'activité

physique recommandé chez les jeunes de 5 à 17 ans visant des effets bénéfiques sur la santé équivaut à 60 minutes de marche rapide par jour (Burigusa 2011 ; Duranceau et Lewis 2010).

Il a été démontré par plusieurs recherches que les enfants pratiquant le TAS sont plus susceptibles de respecter les recommandations en matière d'activité physique que ceux utilisant un transport motorisé (Burigusa 2011 ; Stewart 2011). Également, selon Mackett et al. (2005) et Tudor-Locke, Ainsworth et Popkin (2001), les enfants pratiquant la marche pour se rendre à l'école brûlent davantage de calories que ceux s'y rendant en voiture. Il a aussi été démontré que ce mode de déplacement scolaire permet une meilleure santé cardiovasculaire (Burigusa 2011).

Le transport actif est aussi reconnu pour ses bénéfices sur la santé mentale et le développement cognitif. Effectivement, de nombreuses recherches concluent que le transport actif scolaire permet aux enfants un apprentissage de leur environnement relié à l'essor d'une certaine autonomie qui influencerait leur développement physique, social, cognitif et émotionnel (Burigusa 2011 ; Lewis et Torres 2010).

1.3.2 Augmentation du volume de trafic près des écoles

Plusieurs chercheurs s'entendent pour dire que le volume de circulation est le facteur le plus important lorsqu'il est question de piétons blessés aux intersections. Morency et al. (2013) rapportent d'ailleurs que bien que la configuration de l'intersection ait un rôle à jouer, le nombre moyen de piétons blessés aux intersections dans la population générale est proportionnel à la racine carrée des volumes de circulation automobile à ce même endroit. En ciblant les enfants piétons, l'étude de Morency et al. (2011) conclue que 81 % des piétons enfants blessés, à la suite d'une collision à Montréal, entre 1999 et 2008, l'ont été à une intersection à volume de circulation élevée ou très élevée.

Bien que le taux de collision mortelle ait diminué dans les dernières années chez les enfants piétons, plusieurs chercheurs expliquent ce phénomène par une baisse de la pratique du transport actif provoquant une moins grande exposition au trafic automobile chez cette population, et donc à moins de collisions mortelles les impliquant (Clifton et Kreamer-Fults 2007 ; Duranceau et Lewis 2010). Par contre, en ciblant les collisions à proximité des écoles primaires

et durant la période scolaire, Schwebel, Davis et O'Neal (2012) concluent que les enfants ont davantage de probabilités d'être blessés près des écoles puisque l'exposition est plus élevée à cet endroit, étant donné qu'il y a davantage de véhicules. De plus, l'étude écologique de LaScala, Gruenewald et Johnson (2004) a démontré qu'il y avait davantage de collisions avec des piétons près des écoles, lors de la période scolaire avec une augmentation de la circulation. Aussi, à Toronto, près de 50 % des collisions, tous types d'usagers confondus, ont eu lieu durant les heures scolaires avec une plus grande densité de collisions à 150 mètres d'une école (Warsh et al. (2009) cité dans Rothman et al. (2014)). D'ailleurs, un des constats du rapport québécois sur la sécurité des élèves du primaire lors des déplacements à pied et à vélo entre la maison et l'école est que les mouvements des véhicules des parents qui reconduisent leurs enfants à l'école sont une source de conflits avec les piétons et les cyclistes (Burigusa 2011, 62).

Au regard de ces études, nous pouvons croire que l'augmentation du danger dans les rues causées par l'augmentation de la circulation automobile durant la période scolaire, correspond effectivement à une augmentation du risque routier réel, à proximité des écoles.

1.4 Les programmes de promotion du transport actif en milieu scolaire

Les conséquences de la motorisation des déplacements journaliers scolaires ont donné naissance à des programmes de promotion du transport actif visant à encourager le transport actif, mais aussi à rendre plus sécuritaire l'environnement autour des écoles par diverses interventions (Burigusa 2011). Le Programme « Safe Routes to School » (SR2S) conçu au Danemark, mais maintenant très présent aux États-Unis et ailleurs dans le monde, joue sur trois principaux concepts, connues en anglais sous le sigle « 3E », soit, l'enseignement des déplacements piétons sécuritaires (« Education »), l'augmentation du contrôle policier (« Enforcement ») et l'efficacité des infrastructures routières (« Engineering ») (McMillan 2005 ; Stewart 2011). Au fil des années, un autre concept s'est ajouté aux trois premiers « E », soit l'organisation d'événement et de campagne de promotion du transport actif (« Encouragement ») (Clifton et Kremer-Fults 2007 ; Stewart 2011). Stewart (2011) propose d'ajouter un cinquième « E », soit l'évaluation (« Evaluation »), qui consiste en la collecte de données et des analyses, avant et après l'implantation du programme. Au Québec, il existe des

programmes équivalents au programme SR2S, tel que celui anciennement nommé « Mon école à pied, à vélo » (MÉÀPÀV) et récemment rebaptisé « À pied, à vélo, ville active » (ÀPÀVVA)⁷.

Plusieurs études d'évaluation ont été faites concernant la mise en place de tels programmes (évaluation de processus), les changements de la part modale qu'ils provoquent (évaluation d'impact), la perception des acteurs concernés (évaluation des attitudes à l'égard des comportements visés), mais aussi, de manière plus rare, l'augmentation de la sécurité routière qu'ils pourraient générer (évaluation d'impact). Dans le cas présent, nous nous intéresserons seulement aux études qui visent l'évaluation d'impact sur la sécurité routière, puisque celle-ci fait partie intégrante de ce mémoire.

1.4.1 Évaluation d'impact sur la sécurité routière

Les études qui analysent l'efficacité des programmes de promotion du transport actif scolaire sécuritaire (TASS) sur la sécurité routière sont peu nombreuses (Dumbaugh et Frank 2007). L'étude pré/post intervention de Orenstein et al. (2007), menée sur le programme SR2S de Californie, démontre une faible diminution des collisions (13 %) accompagnée d'une augmentation de l'exposition des enfants piétons, puisque leurs nombres s'accroît avec la promotion de TAS (Orenstein et al. 2007). Selon Gutierrez et al. (2008) qui traitent les mêmes données, mais dans une autre étude, le fait que les collisions soient des événements rares et donc que le nombre d'observations soit restreint explique la difficulté à prouver statistiquement les liens de causalité entre la mise en place des programmes de promotion du transport actif et l'amélioration du bilan routier.

Dans la revue de littérature de Dumbaugh et Frank (2007), les auteurs évaluent l'effet de dix mesures, généralement utilisé dans les programmes de promotion du TAS, sur l'incidence de collisions, mais aussi sur les comportements des piétons (de tous âges) et des automobilistes (tableau 1.1). Bien que cette étude ne considère pas exclusivement des études impliquant des enfants piétons, ni des études visant des mesures utilisées strictement dans le cadre de programme de promotion du TASS, elle semble être la plus complète effectuée à ce jour. C'est pourquoi nous allons nous y attarder plus longuement ici.

⁷ Pour plus de détails, voir l'avant-propos de ce mémoire

Tableau 1.1 : Effets des principales mesures de prévention en sécurité routière

Concepts des « 3E » visés	Mesures	Incidence sur les comportements		Incidences sur les collisions
		Des piétons	Des conducteurs	
Efficacité des infrastructures routières (« Engineering »)	Trottoirs	Inconnue	Inconnue	Peuvent diminuer de 50 % les collisions et de 80 % les collisions ayant lieu en bordure de route*
	Voies cyclables	Inconnue	Inconnue	Inconnue
	Mesures d'apaisement de la circulation	Peut influencer le lieu de traversée, mais pas le temps d'attente avant de traverser*	Diminution de la vitesse*	Inconnue
	Traverse non signalisée	Le marquage influence le lieu de traversée positivement dans le cas du piéton seul*, mais n'influence pas le comportement des enfants lors de la traversée	Le marquage n'influence pas l'action de laisser passer le piéton*	Le marquage n'a aucun impact sur la fréquence de collision dans le cas de route à deux voies, mais les collisions augmentent quand il y a du marquage sur les routes à voies multiples*.
	Traverse signalisée	Moins d'action d'évitement aux traverses avec feu ou stop qu'aux traverses sans signalisation*; les enfants ont moins tendance à regarder vers les voitures venant du sens inverse à une intersection signalisée	Inconnue	Inconnue
	Îlot central et refuge piéton	Inconnue	Inconnue	Diminue les collisions*
Augmentation du contrôle policier (« Enforcement »)	Présence policière	Inconnue	Peut encourager la diminution des vitesses et le respect de la priorité piétonne*	Inconnue
	Présence de signal lumineux indiquant la zone scolaire		Peut réduire la vitesse des véhicules, mais des augmentations de vitesse ont parfois été observées	Inconnue
	Présence de brigadier	Inconnue	Inconnue	Inconnue
Éducation des déplacements sécuritaires (« Education »)	Programme d'éducation des piétons enfants	Sans effet probant	--	Inconnue
	Programme d'éducation des conducteurs	--	Sans effet	Sans effet

*Piéton de tous âges

Source : Dumbaugh et Frank (2007), données compilées par l'auteur

Ainsi, selon Dumbaugh et Frank (2007), la présence de trottoir ou de terre-plein central, ainsi que la présence de policier pour inciter à la diminution de la vitesse de circulation, sont les seules mesures permettant une diminution des collisions. Du point de vue des comportements, les auteurs mentionnent davantage l'influence des dix mesures, sans toutefois cibler seulement les comportements d'enfants piétons, sauf sur le fait que ces derniers ont moins tendance à regarder vers le véhicule aux intersections signalisées, qu'aux intersections non contrôlées par un feu ou un arrêt (MacGregor, Smiley et Dunk 1999). Ainsi, en considérant des études portant sur les comportements de piétons adultes; les dos-d'âne diminueraient l'utilisation de la traverse sans toutefois influencer le temps d'attente avant de traverser (Huang et Cynecki 2000); et la présence de traverses avec marquage aux intersections non contrôlées (absence de feu ou de stop) influencerait le lieu de traversée positivement dans le cas du piéton qui traverse seul, mais n'amènerait pas le piéton à insister sur sa priorité face au véhicule (US Federal Highway Administration 2001).

Pour ce qui est du comportement des conducteurs, Dumbaugh et Frank (2007) rapportent que l'efficacité à diminuer la vitesse des automobilistes des différentes mesures d'apaisement de la circulation a été prouvée dans de nombreuses études. De plus, la présence policière et les signaux lumineux indiquant une zone scolaire permettraient, eux aussi, une diminution de la vitesse pratiquée par les automobilistes (Dumbaugh et Frank 2007). La présence policière inciterait aussi davantage les automobilistes à céder le passage aux piétons aux traverses non signalisées, alors que le marquage n'aurait aucun effet sur ce comportement des conducteurs.

En terme d'interaction entre les piétons adultes et les automobilistes, Dumbaugh et Frank (2007) rapportent que, selon une étude de (Zegeer et al. 2006), il y aurait moins d'actions d'évitement entre ces deux usagers, aux traverses situées à une intersection contrôlée qu'aux traverses sans signalisation.

1.5 Question et objectifs de recherche

Nous avons vu que la diminution de la pratique du transport actif augmente le risque routier perçu, mais qu'elle est aussi susceptible d'augmenter le risque routier réel chez les enfants piétons dans le voisinage scolaire (figure 1.2). Bien que l'émergence de programmes de promotion du transport actif tente d'amoinrir l'incidence de ces deux phénomènes, les études évaluant la sécurité à proximité des écoles ne sont pas complètes.

De plus, les rares études qui portent sur le risque routier réel utilisent généralement les données de collision, ce qui constitue une limite importante aux résultats puisque ces collisions sont très peu nombreuses chez les enfants (Gutierrez et al. 2008). D'autre part, l'étude de Dumbaugh et Frank (2007) souligne que les mesures visant les infrastructures routières apparaissent comme étant les plus efficaces pour prévenir les collisions et réduire le risque routier.

Devant ces constats et l'état actuel de la recherche, la question suivante guidera notre démarche tout au long de ce mémoire :

« Dans quelle mesure les caractéristiques de l'environnement routier autour de traverses piétonnes permettent-elles d'expliquer les interactions entre un enfant piéton et un véhicule? »

Pour y répondre, nous proposons trois objectifs spécifiques :

1. Établir un portrait exhaustif des environnements de traverses autour des écoles primaires dans différents contextes urbains.
2. Observer des comportements d'interaction entre des piétons enfants et des conducteurs
3. Analyser les possibles relations entre les interactions et les variables environnementales à l'échelle de la traverse piétonne.

Les hypothèses concernant notre question de recherche seront exposées à la fin du chapitre 3.

CHAPITRE 2 : LE RISQUE ROUTIER RÉEL ET L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE : LE CAS DES ENFANTS PIÉTONS

Nous avons vu précédemment que les évaluations de programmes de promotion du TASS ne sont pas complètes concernant la sécurité en lien avec les composantes physiques de l'environnement. Cependant, en nous concentrant sur des études hors du contexte d'évaluation des programmes de promotion du TASS, nous pouvons élargir les connaissances concernant l'environnement routier et bâti, ainsi que leurs impacts sur la sécurité des enfants piétons. Après un retour sur la notion de risque routier et ses mesures, nous passerons en revue les facteurs de risques environnementaux les plus cités dans les écrits sur les enfants piétons. Cette recension nous permettra d'établir par la suite notre stratégie méthodologique.

2.1 Le risque routier selon les événements de trafic

Bien que le risque routier fasse généralement référence au risque de collisions, la sécurité ne peut être définie que par « l'absence d'événement violent ou de traumatisme » (Maurice et al. 1998). Ainsi, plusieurs chercheurs étudieront le risque routier en considérant d'autres types d'événements de trafic que les collisions, tels que le conflit de trafic et l'interaction. Un « événement de trafic » est une situation dans laquelle au moins deux usagers de la route se côtoient, au même moment et dans un même espace, et dont les trajectoires s'entrecroisent. Nous traiterons donc ici du risque routier selon ces événements de trafic.

2.1.1 La collision: mesure classique du risque routier

Dans ce mémoire, nous définissons le risque de collision comme étant la probabilité qu'une collision entre un véhicule et un autre usager de la route se produise, combinée à un traumatisme mortel ou non⁸. Cette définition du risque de collision inclut les deux dimensions que la plupart des auteurs associent au risque de collision soit; la probabilité de l'événement (fréquence de collision) et la sévérité de l'événement (type de traumatisme) (Bellefleur et

⁸ Définition basé sur la définition du risque du Gouvernement du Canada (2000), et de la définition de l'accident de l'OMS (2014).

Gagnon 2012 ; Ewing et Dumbaugh 2009 ; Saunier 2013). Les données de collisions proviennent généralement des rapports de police, d'hôpitaux et de coroner (Warsh et al. 2009).

La pyramide des collisions de Heinrich et celle de Bird illustrent d'ailleurs le risque de collision en intégrant à la fois la fréquence (axe des x) et la sévérité (axe des y), selon le fait qu'une collision grave sera moins fréquente qu'une collision ne causant que des traumatismes mineurs (Davies et al. 2003) (figure 2.1).

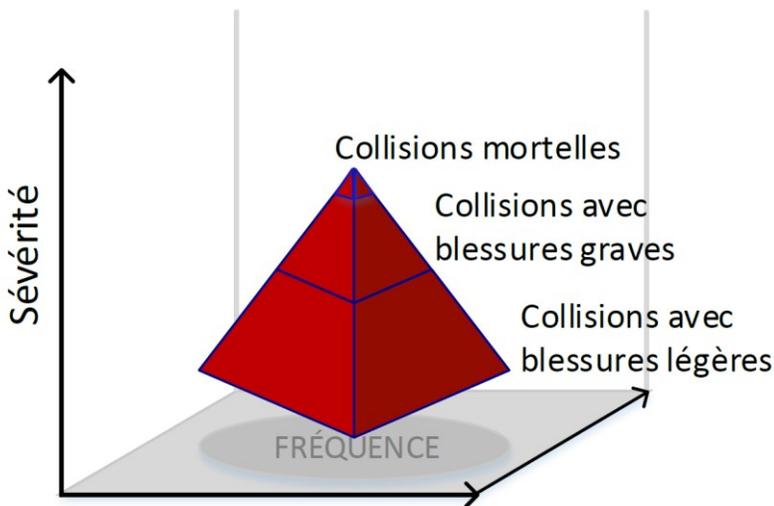


Figure 2.1 : Pyramide des collisions

Source : Inspiré de Davies et al. (2003); Langbroek et al. (2012); Laureshyn, Svensson et Hydén (2010)

2.1.2 Les mesures substitutives du risque routier : conflits et interactions de trafic

Bien que l'historique de collision soit souvent utilisée comme mesure du risque, plusieurs chercheurs en sécurité routière considèrent que les collisions sont des événements trop rares pour mesurer le risque routier de manière efficace (Laureshyn, Svensson et Hydén 2010 ; Svensson et Hydén 2006 ; Muhlrud 1996 ; Chin et Quek 1997 ; Langbroek et al. 2012 ; Saunier 2013 ; Zheng, Ismail et Meng 2014). Svensson et Hydén (2006) rapportent qu'en plus du fait que beaucoup de collision ne soit pas rapportée, le niveau de déclaration de collisions est inégalement réparti selon par exemple la localisation, la gravité des blessures ou le type d'utilisateur de la route impliqué. Aussi, ces auteurs ajoutent que les rapports de collisions de la police ne fournissent pas d'information sur les comportements ou sur les circonstances particulières des événements, tels que les interactions entre les usagers impliqués (Svensson et

Hydén 2006). Zheng, Ismail et Meng (2014) soulèvent quant à eux le paradoxe que les analystes de sécurité ont besoin d'attendre que les collisions se produisent, afin de les éviter. Ainsi, plusieurs auteurs proposent l'utilisation de mesures substitutives du risque routier, telles que les observations de conflits de trafic et les interactions de trafic

Le conflit de trafic (CT) est un événement de circulation où deux ou plusieurs usagers de la route se côtoient dans le même espace et au même moment, et qui aurait pu mener à une collision si aucune manœuvre d'évitement n'avait été entreprise par l'un ou l'autre des usagers (Muhlrad 1996 ; Svensson et Hydén 2006 ; Langbroek et al. 2012 ; Zheng, Ismail et Meng 2014). La manœuvre d'évitement peut être de deux natures, soit un changement de vitesse (accélération, arrêt ou décélération), soit un changement de trajectoire.

L'interaction de circulation se définit quant à elle comme un événement de circulation où deux ou plusieurs usagers de la route doivent réagir les uns aux autres pour adapter leurs manœuvres (Langbroek et al. 2012). Selon Langbroek et al. (2012), la différence entre la collision, le conflit de trafic et l'interaction est la période de temps entre le début de l'évitement et le moment où aurait eu lieu la collision potentielle, si aucune action évasive n'avait été prise. Ainsi, dans le cas de l'interaction, l'action évasive a lieu très tôt et est précédée de comportements adaptatifs, puisqu'au moins un des usagers réagit à la présence de l'autre en adaptant ses manœuvres (trajectoires ou vitesse) pour éviter une collision.

Dans l'idée que les événements de trafic font partie d'un continuum, la pyramide des collisions est reprise par Hydén (1987), qui ajoute les conflits de trafic et les interactions, sous les collisions, et renomme cette nouvelle illustration du risque, la pyramide de sécurité (figure 2.2)(Laureshyn, Svensson et Hydén 2010).

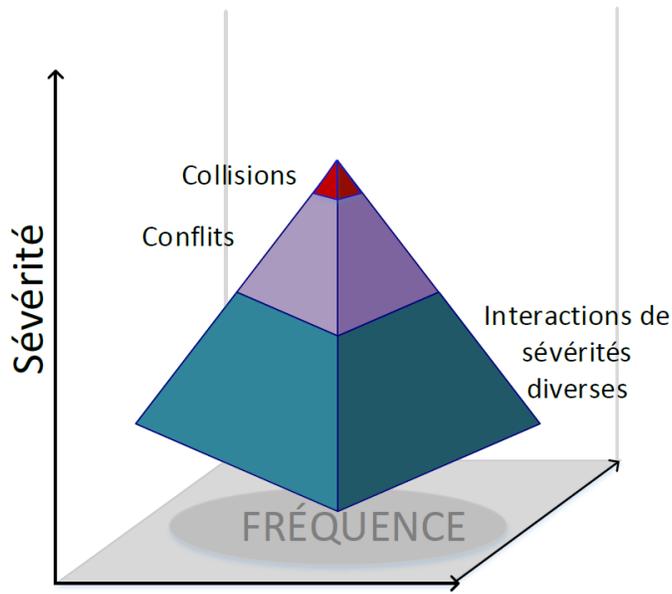


Figure 2.2 : Pyramide de sécurité

Source : Inspiré de Davies et al. (2003); Langbroek et al. (2012); Laureshyn, Svensson et Hydén (2010)

Ainsi, comme l'illustre la pyramide de sécurité, le type d'interaction ou de comportement (respect ou non de la signalisation, communication, action de céder le passage, etc.) et la manœuvre d'évitement (accélération, décélération, changement de trajectoire), s'il y en a une, permettront de classer l'événement de trafic selon un continuum de sévérité. Ainsi, les collisions, qui sont des événements rares, sont donc situées au sommet de la pyramide de sécurité, alors que les conflits suivis des interactions, qui sont en bas de la pyramide, sont plus fréquents, mais moins graves que les collisions (figure 2.2).

En s'inspirant des pyramides des collisions (figure 2.1) et de sécurité (figure 2.2), Svensson (1998) propose quant à lui d'illustrer le risque routier sous la forme d'un octaèdre (figure 2.3) puisque;

1. les événements de trafic sans aucun risque, sont assez rares, vu qu'il est peu fréquent qu'un usager soit complètement seul, sans aucune interaction;
2. les événements de gravité moyenne, soit les interactions, sont les plus fréquents, puisque les usagers de la route doivent constamment s'adapter aux autres usagers;
3. les événements de haute gravité, comme les collisions, sont moins fréquents (Laureshyn, Svensson et Hydén 2010).

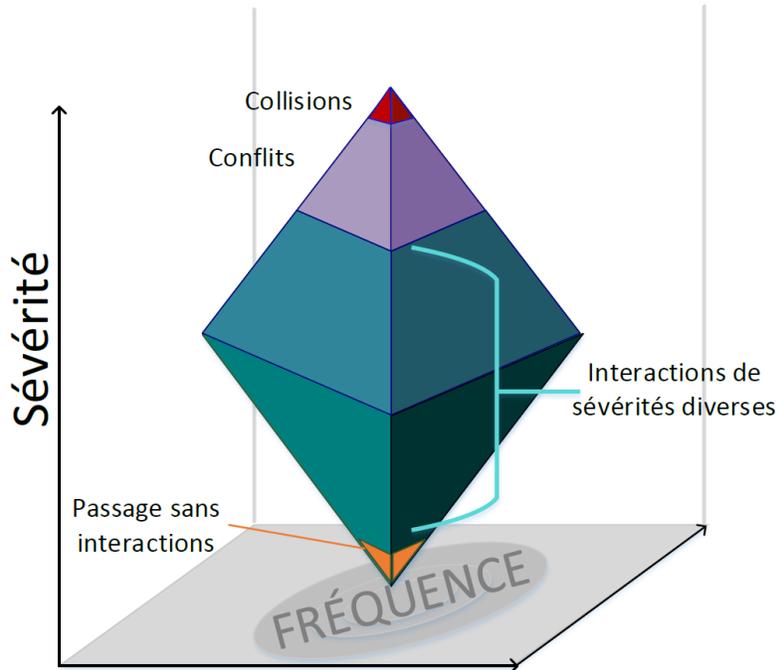


Figure 2.3 : Octaèdre de sécurité

Source : Inspiré de Davies et al. (2003); Langbroek et al. (2012); Laureshyn, Svensson et Hydén (2010)

Comment mesurer les conflits et les interactions de trafic?

Les données de conflit de trafic et d'interaction sont plus complexes à obtenir que celles des collisions, puisque ces événements de trafic ne sont pas recensés directement par les autorités (Zheng, Ismail et Meng 2014). Par ailleurs, tout comme pour les collisions, les conflits de trafic et les interactions peuvent être mesurés selon leur fréquence et selon leur sévérité.

La technique de conflit de trafic (TCT) est la méthode la plus répandue et documentée pour mesurer les conflits (et les interactions) dans le réseau routier (Kaparias et al. 2010). Les conflits de trafic peuvent être collectés en situation réelle (par observation) ou estimés selon des microsimulations informatiques (Zheng, Ismail et Meng 2014). Les données recueillies via ces deux méthodes peuvent par la suite être utilisées pour, par exemple, calculer le nombre de conflits ou d'interactions considérées comme dangereuses, dans une période d'observation donnée. Ce niveau de « danger » provient soit de la distance entre les protagonistes (proximité spatiale), soit du temps requis pour parcourir cette distance (proximité temporelle), soit des deux, comme nous allons le voir dans les prochaines sections.

L'observation de conflit directe se fait par des observateurs entraînés, qui rempliront des grilles d'observations en temps réel, en situation de trafic (ex. : sur le trottoir, à une intersection). Cette technique est souvent accompagnée d'enregistrements vidéo qui permettent de revoir les conflits enregistrés en temps réels, afin de compléter les informations requises sur les grilles (Zheng, Ismail et Meng 2014). Concernant la microsimulation, cette méthode nécessite des modèles informatiques qui simulent différents éléments de comportement des usagers en interactions dans le trafic (vitesse, mouvements, dépassement, céder) selon différents paramètres environnementaux (voies, intersection, etc.) (Zheng, Ismail et Meng 2014). Nous n'entrerons pas dans les détails de cette deuxième méthode.

Les indicateurs de conflit de trafic

Bien que dans leur revue de littératures, Zheng, Ismail et Meng (2014) exposent 15 indicateurs temporels et 4 indicateurs spatiaux, la plupart de ces mesures ont été élaborées pour les conflits entre deux véhicules (Kaparias et al. 2010). Pourtant, les interactions/conflits véhicule-piéton devraient être traité différemment des interactions/conflits véhicule-véhicule, puisque : (1) le piéton est davantage flexible et réactif et peut donc plus rapidement changer sa trajectoire ou adapter sa vitesse; et que (2) le véhicule en conflit avec un piéton aura effectué une manœuvre d'évitement ou un changement de trajectoire moins grand que si un autre véhicule était impliqué, puisque le piéton est de plus petite taille (Kaparias et al. 2010). Ainsi, les indicateurs de conflit de trafic retenus par les chercheurs qui se sont intéressés aux interactions et aux conflits impliquant des piétons sont résumés dans le tableau 2.1.

Tableau 2.1 : Principaux indicateurs de conflit de trafic impliquant des piétons

Type de mesures	Indicateurs	Description	Auteurs
Proximité temporelle	Temps à la collision (time to collision (TTC) ou Times-to-accidents (TA))	Période de temps entre le début de l'évitement et le moment où aurait eu lieu la collision potentielle, si aucune action évasive n'avait été prise (Laureshyn, Svensson et Hydén 2010)	Langbroek (2012); Kaparias et al. (2010); Laureshyn, Svensson et Hydén (2010)
	Temps post-empiètement (Post-Encroachment Time (PET))	Période de temps entre le moment où le premier usager quitte l'espace de rencontre et le moment où le second usager entre dans ce même espace	Langbroek (2012); Kaparias et al. (2010); Laureshyn, Svensson et Hydén (2010); Langbroek et al. (2012)
Proximité spatiale	Distance de collision (distance to collision)	Distance entre l'endroit où a été fait l'évitement et l'endroit où aurait eu lieu la collision, si aucune action évasive (changement de direction ou de vitesse) n'avait été prise	Kaparias et al. (2010); Langbroek (2012)
Proximité à la fois temporelle et spatiale	Sévérité de l'action évasive (severity of evasive action) ou Vitesse de conflit (conflicting speed)	Vitesse des usagers de la route	Kaparias et al. (2010); Langbroek et al. (2012)
	Complexité de l'action évasive (complexity of evasive action)	Selon différentes modalités de vitesse et de trajectoires	Kaparias et al. (2010)

Source : données combinées par l'auteure provenant des différentes sources notées dans le tableau

Les indicateurs d'interaction

Les quelques études qui étudient les interactions de trafic utilisent des données de comportements pour évaluer la dangerosité des interactions. Le non-respect des règles est particulièrement problématique dans les interactions, puisque dans ces situations, les attentes des usagers sont biaisées et l'effet de surprise entraîne des temps de réaction plus courts (Langbroek et al. 2012 ; Svensson et Hydén 2006). Par exemple, à l'approche d'un feu vert, le conducteur s'attend à pouvoir passer. Si un piéton ne respecte pas son feu rouge et qu'il traverse dans la trajectoire du véhicule, l'automobiliste devra adopter un comportement imprévu qui est de ralentir à l'approche d'un feu vert. Ainsi, Langbroek et al. (2012) considèrent que les

interactions problématiques sont celles impliquant des comportements déviants tels que la violation du feu rouge, le non-respect de la priorité donné au piéton lors du virage des véhicules et la traversée en dehors de la traverse par le piéton.

Outre les comportements de non-respect, Langbroek et al. (2012) considèreront aussi dans leurs études le contact visuel, observé par les mouvements de tête des usagers. Ils remarqueront d'ailleurs que le fait que le piéton ne tourne pas la tête vers le conducteur est souvent associé à un conflit (dans 67 % des conflits, le piéton ne regardait pas vers le véhicule). Alors que dans les interactions de trafic, qui n'ont pas mené à des conflits, la majorité des piétons (78 %) regardaient vers le véhicule (Langbroek et al. 2012).

Le contact visuel étudié par Langbroek et al. (2012) rappelle l'étape de recherche de la séquence comportementale de Snyder et Knoblauch (1971). Ce modèle illustre les interrelations entre le piéton et le véhicule selon 6 étapes qui mèneront ou non à une collision (National Highway Traffic Safety Administration of United States 2007 ; Langbroek et al. 2012). Ainsi, selon ce modèle, le piéton et le conducteur du véhicule doivent rechercher, détecter, évaluer, prendre une décision, passer à l'action et le véhicule doit répondre correctement à la commande du conducteur. Si l'exécution d'une des étapes échoue pour au moins un des deux usagers de la route, il y aura collisions (National Highway Traffic Safety Administration of United States 2007 ; Langbroek et al. 2012).

Selon Langbroek et al. (2012), la communication et les distractions sont des éléments fondamentaux dans l'exécution de la séquence comportementale. La communication permettra aux usagers d'évaluer et d'ajuster leur mouvement, afin que les trajectoires ne se croissent pas au même endroit et au même moment, alors que les distractions peuvent faire échouer l'exécution de la séquence.

Ainsi des indicateurs liés à la réalisation des étapes de la séquence comportementale peuvent permettre d'évaluer les interactions entre le piéton et le véhicule. D'ailleurs, l'étude de Tom et Granié (2011), évaluent les comportement des piétons adultes en contexte de traversées en s'inspirant de la description des tâches de traversée du piéton de Van Der Molen *et al.*, (1981) (Burigusa 2011) qui s'apparente elle-même à la séquence comportementale de Snyder et Knoblauch (1971). L'observation des comportements de traversées peut donc fournir des indicateurs d'interactions. Le tableau 2.2 résume les tâches reliées aux étapes de la séquence comportementale, ainsi que les indicateurs liés.

Tableau 2.2 : Étapes de la séquence comportementale des usagers de la route, tâches de traversée et indicateurs liés

Étapes de la séquence comportementale		Tâche de traversée du piéton	Indicateurs liés à la réalisation des étapes de la séquence comportementale	
	---	Sélectionner un site convenable pour la traversée (part de chaussée en ligne droite, où de nombreux piétons traversent, etc.)	Nombre de piétons présents à la traverse; Point de départ par rapport à la route et au marquage de la traverse (sur la zone marquée ou en dehors de la zone).	
1-	Rechercher : Le conducteur et le piéton scannent leur environnement pour évaluer les dangers potentiels	Identifier les directions par lesquelles le trafic peut survenir; Sélectionner un point depuis lequel le trafic soit observable de façon optimale		
2-	Détecter : Chacun voit l'autre	Observer (regarder et écouter) tous les véhicules en mouvement comme en stationnement dans toutes les directions; Prendre en compte le nombre de directions de la circulation et le type d'intersection, ainsi que les possibilités d'obstacles à la visibilité		
3-	Évaluer : Chacun reconnaît le croisement des trajectoires	Évaluer : si les véhicules sont stationnés ou en mouvement; si la tâche de traversée peut être exécutée sans entrer en conflit avec des véhicules en approche; si les véhicules stationnés peuvent se mettre en mouvement; Prendre en compte la distance et la vitesse du trafic; Adapter l'évaluation aux mauvaises conditions d'éclairage, à la mauvaise visibilité et au bruit	Mouvement de la tête.	Type de communication entre le piéton et le conducteur (contact visuel, gesticule/parole)
4-	Prendre une décision : Chacun détermine les mesures à prendre pour éviter un conflit ou une collision	Décider du moment de débiter la traversée sur la base de la situation présente du trafic et des changements prévus;		
5-	Passer à l'action : Exécution d'un ou de plusieurs comportements adaptatifs (laissé la priorité, signe de tête, etc.) effectués avec succès	Commencer à marcher après s'être assuré que la situation de la circulation n'a pas changé de façon marquée pendant le processus de décision; Continuer la détection et l'évaluation, Marcher à un rythme calme et régulier, Traverser autant que possible à angle droit;	Rythme de marche du piéton; type de Trajectoire de traversée (droite, diagonal, etc.); Mouvement de la tête.	
6-	Réponse du véhicule : Le véhicule répond correctement à l'action du conducteur (pédale de frein ou d'accélération actionnée ou direction du volant)	----	----	

Sources : inspirée de Snyder et Knoblauch (1971); Burigusa (2011); Tom et Granié (2011); Langbroek et al. (2012).

2.1.3 La séquence comportementale en amont des événements de trafic

Comme nous l'avons vu précédemment, l'échec d'une des 6 étapes de la séquence comportementale mène à une collision et selon (Langbroek et al. 2012), la différence entre la collision, le conflit de trafic et l'interaction est le temps à la collision (Time to collision) En contextualisant la séquence comportementale selon les autres événements de trafic, on pourrait supposer que dans le cas du conflit de trafic, l'action entreprise (étape 5 du tableau 2.2) serait l'évitement (changement drastique de trajectoire ou de vitesse), alors que dans le cas de l'interaction, elle se traduirait par des comportements adaptatifs (p. ex. échange de regard et communications) qui permettront aux usagers d'ajuster leur mouvement ou leur vitesse (changement graduel de trajectoire ou de vitesse) , afin que les trajectoires ne se croisent pas au même endroit et au même moment.

La figure 2.4 incorpore les différents événements de trafic ainsi que la séquence comportementale au schéma de Mulrhad (1988, 16) qui décrit le processus de conflit de trafic. Cette figure permet de mieux comprendre le continuum d'événement de trafic entre un piéton et un véhicule.

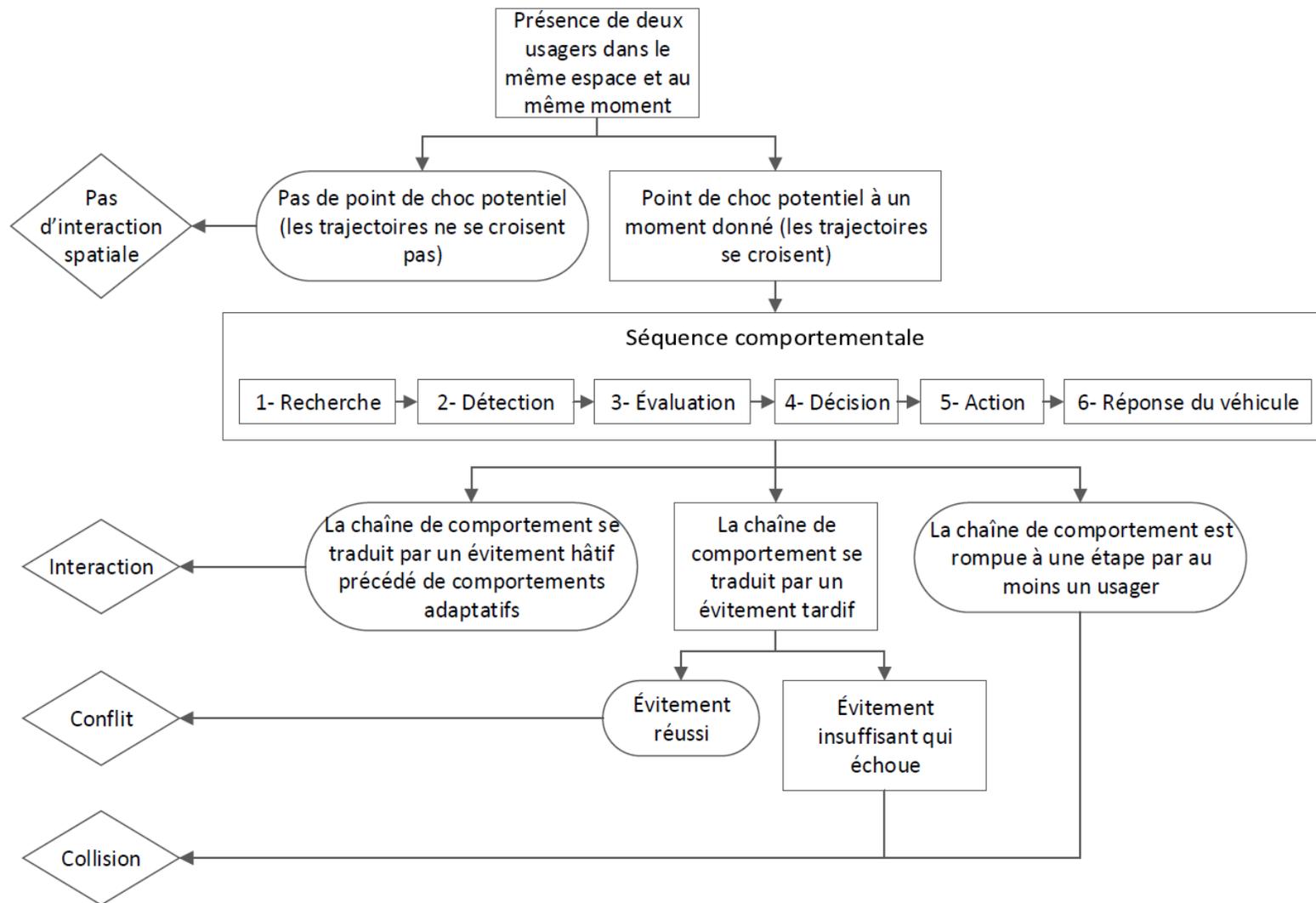


Figure 2.4 : Processus menant aux différents événements de trafic impliquant un piéton et un véhicule, et séquence comportementale impliquée

Source : inspiré de Muhlrad (1988); Snyder et Knoblauch (1971)

2.2 Les facteurs de risque routier chez l'enfant piéton

Maintenant que nous avons passé en revue les mesures des événements de trafic, la présente section exposera les facteurs qui ont une influence sur le risque, donc sur les collisions, et possiblement les conflits et les interactions de trafic.

Trois sous-catégories de facteurs sont pointées du doigt dans les travaux des 30 dernières années concernant l'enfant piéton exposé à la circulation automobile, soit les facteurs humains (individuels), les facteurs liés aux véhicules, et les facteurs environnementaux (physique et socio-économique). Nous traiterons ici brièvement des facteurs individuels de l'enfant pour ensuite nous concentrer sur les facteurs les plus pertinents dans le cadre de ce mémoire, c'est-à-dire les facteurs environnementaux. Nous n'aborderons pas les facteurs liés aux caractéristiques des véhicules précisément, puisque nous traiterons des vitesses et du volume de trafic, dans la section des facteurs environnementaux. De plus, bien que le type de véhicule, ainsi que certains facteurs humains liés aux conducteurs (perception du risque, consommation d'alcool, utilisation des téléphones cellulaires au volant, etc.) influencent le comportement des conducteurs, et le risque de collision, notre recherche ne traitera pas de ces aspects.

2.2.1 Les facteurs individuels de l'enfant piéton

Le fait d'être de sexe masculin augmente aussi les risques de collision des enfants piétons, puisque les garçons sont généralement plus exposés (Colwell et Culverwell 2002 ; Burigusa 2011). Au niveau familial, le risque routier lors des transports actifs scolaires augmente avec le niveau de stress familial, la densité interne des habitations, la monoparentalité ainsi que le statut socio-économique (Burigusa 2011 ; Cloutier 2008 ; Granié 2004).

Les enfants de 5 à 9 ans sont plus à risque de blessure comme piéton puisque c'est à ces âges qu'ils commencent à expérimenter la mobilité indépendante (Cloutier 2008 ; Burigusa 2011). De plus, les enfants en jeune âge sont souvent de plus petite taille donc moins visible, et leur développement cognitif n'est pas achevé, ce qui rend plusieurs tâches de traversée difficiles à effectuer pour eux (Cloutier 2008 ; Burigusa 2011). C'est ainsi que l'âge de l'enfant piéton a souvent été associé à ces limites à faire face à la circulation automobile (Granié, 2004; Zeedyk

et al., 2001; Whitebread et al., 2000; Thomson et al., 1996) (Burigusa 2011). Le tableau 2.3 reprend les principales tâches qui posent problème aux enfants.

Tableau 2.3 : Tâches identifiées comme complexes pour l'enfant piéton et comportements à risque

Tâches	Comportements à risque chez les enfants	Auteurs
Sélection d'un site de traversée sécuritaire	Les enfants plus jeunes (5 à 7 ans) se fient essentiellement à la présence ou non de véhicules en circulation, en faisant abstraction des possibles obstacles visuels	Ampofo-Boateng et Thomson (1991) et Demetre et Gaffin (1994) dans Burigusa (2011)
Recherche visuelle	Plusieurs enfants ne regardent pas s'il y a des véhicules qui arrivent.	Zeedyk, Wallace et Spry (2002); Tolmie et Great (1998)
	Les garçons de moins de 5 ans ont tendance à scanner davantage leur environnement que les filles, avant de traverser la rue.	Granié (2007), cité dans Tom et Granié (2011),
Évaluation et décision de traverser	Les enfants de 5 à 10 ans évaluent mal le temps disponible pour traverser, puisqu'ils se fient essentiellement à la distance des véhicules, sans tenir compte de leur vitesse	Connelly et al. (1998); Plumert, Kearney et Cremer (2004) dans Burigusa (2011)
	L'impulsivité des enfants les fait traverser au mauvais moment et au mauvais endroit	Briem et Bengtsson (2000).

Sources : données combinées par l'auteure provenant des différentes sources notées dans le tableau

Puisque les enfants éprouvent certaines difficultés en situation de trafic, l'accompagnement par les parents peut être un facteur de prévention individuel. Selon l'étude de Zeedyk et Kelly (2003), les parents fournissent un bon modèle. Cependant, dans l'étude de Rosenbloom, Ben-Eliyahu et Nemrodov (2008), les enfants accompagnés (7 à 11 ans) avaient davantage de comportements non sécuritaires, tels que ne pas arrêter et/ou ne pas regarder des deux côtés avant de traverser, d'amorcer une traversée alors qu'un véhicule s'approchait, et/ou de traverser en courant. Selon Burigusa (2011), cette situation peut être dû au fait que les enfants imprudents étaient plus jeunes ou que les enfants accompagnés faisant davantage confiance à leur accompagnateur, leur déléguant la responsabilité de sécurité. Une autre explication serait que les enfants accompagnés sont déjà plus turbulents que ceux non accompagnés, ce qui expliquerait les comportements davantage déviants de ces enfants (Burigusa 2011).

2.2.2 Les facteurs environnementaux

Nous avons vu précédemment l'importance de certains éléments de l'environnement bâti concernant la sécurité des enfants à proximité des écoles. Nous pousserons ici davantage ces aspects. La figure 2.5 schématise les différents facteurs de risque connus lorsqu'il est question des variables environnementales. Ces éléments seront présentés en détail, mais puisque la littérature concernant seulement les enfants piétons est assez restreinte, cette section portera sur les piétons en général. Cependant, lorsqu'il sera possible, nous aborderons la situation du piéton enfant.

Les facteurs médiateurs de la sécurité routière

Les éléments de l'environnement bâti influencent le volume et la vitesse de circulation (Ewing et Dumbaugh 2009). À ce titre, le volume et la vitesse de circulation, mais aussi l'exposition (temps sur la chaussée) sont fréquemment mentionnés comme étant des facteurs médiateurs de la sécurité routière de tous (Bellefleur et Gagnon 2012 ; Ewing et Dumbaugh 2009 ; Zegeer et al. 2002A ; Miranda-Moreno, Morency et El-Geneidy 2011 ; Morency et al. 2013) ou de celle des enfants piétons (Burigusa 2011 ; Cloutier 2008 ; Mueller et al. 1990 ; Roberts et al. 1995). La visibilité qui découle des caractéristiques de l'environnement bâti, mais aussi de la vitesse, est aussi souvent mentionnée (Burigusa 2011 ; Cloutier 2008 ; Zegeer et al. 2002A).

A. Volume

Concernant le volume de trafic automobile, comme nous l'avons expliqué dans la section 1.3.2, plusieurs études prouvent que plus le trafic moyen journalier est élevé plus la fréquence de collision sera élevée (Ewing et Dumbaugh 2009). C'est aussi vrai dans le cas de collision impliquant un enfant piéton : les études prouvent que plus le volume journalier moyen de véhicule est élevé, plus le risque de blessure le sera aussi (Mueller et al. 1990 ; Roberts et al. 1995). L'étude de Stevenson (1997) conclut qu'à chaque augmentation de 100 véhicules par heure, le risque de blessure doublait (Burigusa 2011).

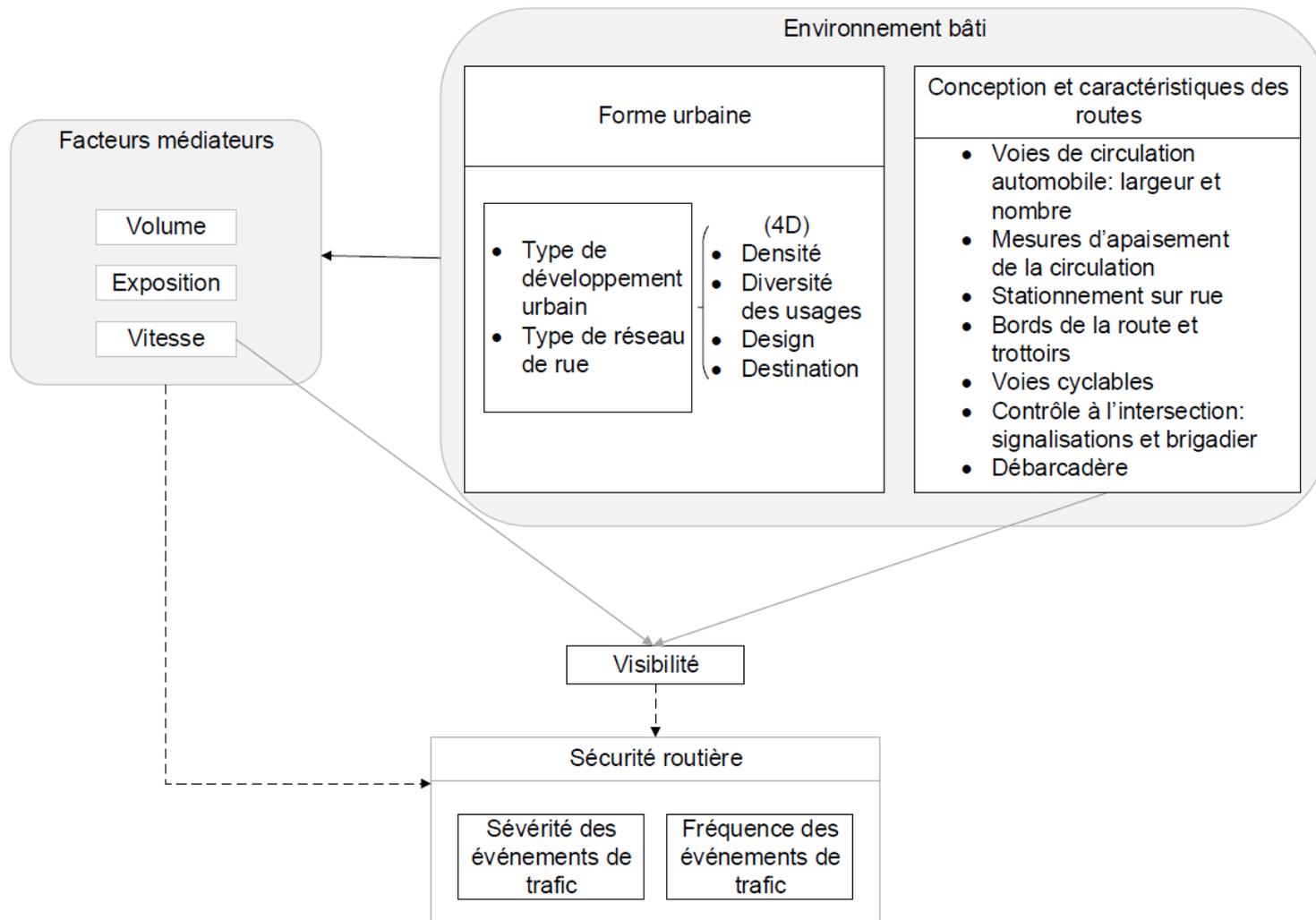


Figure 2.5 : L'environnement bâti et la sécurité routière

Source : inspiré de Ewing et Dumbaugh (2009); Bellefleur et Gagnon (2012); Burigusa (2011); Cloutier (2008); Miranda-Moreno, Morency et El-Geneidy (2011); Morency et al. (2013); Retting, Ferguson et McCartt (2003); Zegeer et al. (2002A)

Concernant le volume de piéton, Ewing et Dumbaugh (2009) mentionnent que certaines études (Jacobsen 2003 ; Robinson 2005) avancent que l'augmentation du nombre de piétons et/ou de cyclistes entraînerait une diminution du nombre de collisions. Ce phénomène est appelé *l'effet de masse* (safety in numbers). Miranda-Moreno, Morency et El-Geneidy (2011), ainsi que Retting, Ferguson et McCartt (2003) rapportent aussi cet effet, qu'ils attribuent à un changement de comportement des conducteurs lorsqu'il y a de nombreux piétons. Cependant, ces auteurs mentionnent aussi qu'il faudrait pousser les études davantage. Une autre étude nuance d'ailleurs ces résultats. Effectivement, Bhatia et Wier (2011) expliquent que l'augmentation du nombre de piétons dans un secteur peut subvenir au même moment qu'une diminution du volume de véhicule. Ainsi, la diminution du nombre de collisions, dans un tel cas, ne serait pas nécessairement dûe à l'augmentation du nombre de piétons, mais plutôt à la diminution du volume de véhicules. Selon ces auteurs, l'environnement urbain est trop complexe, pour simplement faire des liens entre l'effet de masse et la diminution du nombre de collisions.

Le volume aura aussi un effet sur les interactions et les conflits de trafic. Plus il y a d'utilisateurs sur la route, plus il y aura d'interaction. Cependant dépendamment du type d'utilisateurs pris en compte, le volume n'aura pas la même incidence sur la probabilité de survenue de conflit. Comme nous l'avons vu, dans le cas du trafic automobile, plus le volume sera élevé, plus il y aura de risque de collision, mais aussi de conflit. Cependant pour ce qui est du lien entre le volume de piéton et le risque de conflit, la relation n'est pas linéaire. Selon Ekman (1996), cité dans Langbroek (2012, 45) , lorsqu'il y a peu de piétons (30 piétons/ heure), les risques de conflits sont plus élevés, puisque les conducteurs s'attendent moins à voir de piéton. Entre 30 et 200 piétons à l'heure, le risque de conflit diminue puisque les conducteurs s'attendent à l'arrivée de piéton, et sont donc plus prudents et attentifs. Finalement à plus de 200 piétons à l'heure, le risque de conflit augmente, puisqu'il y a tellement de piétons à l'intersection que les automobilistes, qui se sentent coincés, ont moins d'opportunité pour passer et sont donc plus impatients de passer (Ekman 1996, cité dans Langbroek 2012, 45).

Langbroek (2012) identifie la situation du virage à gauche, avec un fort volume de circulation comme étant aussi problématique. Dans cette situation, les automobilistes peuvent échouer à l'étape de recherche du piéton qui croiserait sa trajectoire, puisqu'ils se concentrent sur le trafic automobile pour pouvoir effectuer leur mouvement. Ainsi, l'automobiliste pourrait avoir seulement recherché le trafic automobile, et après avoir détecté que le champ était libre, il

pourrait décider de s'engager dans son virage à gauche, sans avoir pris connaissance de la présence de piéton traversant la rue.

B. Vitesse

Le lien entre la vitesse et les collisions s'explique par le fait que l'augmentation de la vitesse diminue le champ de vision du conducteur, en plus de réduire le temps de réaction et d'augmenter la distance de freinage (Bellefleur et Gagnon 2012 ; Ewing et Dumbaugh 2009).

La vitesse des usagers de la route influencera aussi l'exécution de la séquence comportementale puisqu'elle diminue le temps de réaction. Ainsi à haute vitesse, si un des deux usagers échoue à une des étapes de la séquence, il est possible qu'il ne reste pas assez de temps à l'autre usager pour réagir correctement et effectuer les étapes subséquentes avec succès, dans un temps restreint (Langbroek 2012).

Selon Langbroek (2012), les étapes de détection, d'évaluation, de décision et d'évaluation sont particulièrement influencées par la vitesse des usagers. À l'étape de la détection, si la vitesse du véhicule est élevée, la vision périphérique des conducteurs sera diminuée, ce qui peut se traduire par l'échec de la détection par ce dernier. Aussi, le piéton peut surestimer son rythme de marche et la décision de traverser baser sur cette évaluation pourrait donc ne pas être bonne. Selon Várhelyi (1998) cité dans Langbroek (2012, 43), les automobilistes qui conduisent lentement ont tendance à arrêter davantage à une traverse zébrée non signalisée, lorsque le piéton ne fait pas de contact visuel, que la distance piéton-véhicule est grande, et lorsqu'il y a un groupe de piétons à l'approche de la traverse.

Dans le cas de l'enfant piéton, l'étape d'évaluation de la séquence comportementale peut être compromise lorsqu'un véhicule s'approche à grande vitesse. Effectivement, l'enfant qui est en plein développement peut avoir une moins bonne perception de la profondeur, et donc moins bien évaluer la vitesse et la distance du véhicule qui approche.

Concernant les enfants piétons et le risque de collision, il semble qu'une limite de vitesse affichée supérieure à 40 km/h correspond à un risque plus élevé de blessures (Mueller et al. 1990 ; Roberts et al. 1995). De plus, l'étude de Stevenson (1997) mentionne l'importance de prendre en compte les vitesses réelles, puisque lorsque les vitesses ne sont pas respectées cela correspond à une augmentation du risque de blessure chez l'enfant piéton (Burigusa 2011).

C. Exposition

Le dernier facteur médiateur est l'exposition des piétons aux éventuelles collisions. Cette exposition fait référence au temps passé par le piéton sur la chaussée (Ewing et Dumbaugh 2009 ; Bellefleur et Gagnon 2012, 101; Zegeer et al. 2002A). Retting, Ferguson et McCartt (2003) expliquent qu'il est possible de diminuer cette exposition en séparant les usagers de la route dans l'espace (avancée de trottoir, giratoire) ou dans le temps (feux de circulation). Nous reviendrons plus en détail sur ces stratégies dans les prochaines sections.

La visibilité

Zegeer et al. (2002A), Burigusa (2011) et Cloutier (2008) identifient certains obstacles visuels (stationnement en bordure de rue) comme facteurs de risque environnementaux, pour les enfants piétons. D'ailleurs, selon Bellefleur et Gagnon (2012, 101), les mesures d'apaisement de la circulation visent fréquemment l'augmentation de la visibilité, comme c'est le cas des avancées de trottoir. Bellefleur et Gagnon (2012, 101) placent la visibilité comme un mécanisme sous-jacent à la vitesse, puisqu'à haute vitesse le champ de vision des conducteurs est diminué. Outre le champ de vision, l'augmentation de la visibilité peut aussi être liée au concept d'éclairage (Bellefleur et Gagnon 2012).

Selon Retting, Ferguson et McCartt (2003), dans plusieurs cas de collision entre un véhicule motorisé et un piéton, les conducteurs attribuent la cause de la collision au fait qu'ils n'aient pas vu le piéton. L'étude de Mayr et al. (2003) portant sur les collisions impliquant un enfant piéton, concluent d'ailleurs que dans la majorité des 501 cas étudiés, le manque de visibilité était en cause (45 % de la part des conducteurs et 39 % de la part des piétons).

Les éléments de l'environnement bâti

La figure 2.5 regroupe les éléments de l'environnement bâti dans deux catégories, soit « la forme urbaine » et « la conception et les caractéristiques des routes ». Ces groupes sont présentés de manière semblable par plusieurs auteurs, mais sous de termes différents (Banville et Torres 2014 ; Cloutier 2008 ; Cloutier et al. 2014 ; Ewing et Dumbaugh 2009).

A. Forme urbaine

Nous retrouvons dans le premier groupe le concept des 4 D (densité, diversité, design, destination accessible), qui sont liés aux types de développement urbain et au type de réseau de rue. Ces éléments souvent présentés comme influant sur le transport actif ont aussi une incidence sur la sécurité routière. Selon plusieurs études, les zones à forte densité d'habitation et d'emplois, ainsi qu'à forte diversité (mixité des usages) sont associées à davantage de collision impliquant un piéton (Banville et Torres 2014 ; Clifton et Kreamer-Fulfs 2007 ; Cloutier et al. 2014 ; Miranda-Moreno, Morency et El-Geneidy 2011 ; Warsh et al. 2009). Cependant, Ewing et Dumbaugh (2009) allèguent quant à eux que les milieux possédant ces deux caractéristiques, comme la plupart des milieux urbains centraux, entraînent une diminution de la distance parcourue par personne (vehicle miles traveled per capita), donc une diminution des volumes de véhicules (par personne) et donc aussi des taux de collisions plus bas. À l'inverse, les zones marquées par l'étalement urbain, qui se traduit par une plus faible densité et diversité, impliquent davantage de distance parcourue par personne, donc à plus de volume de véhicule par personne et à un taux de collisions impliquant un piéton plus élevé (Ewing et Dumbaugh 2009).

De plus, concernant le type de réseau de rue, les zones étalées posséderont généralement un design fait de blocs de tailles plus grandes, ce qui permet une augmentation des vitesses des véhicules, et possédant davantage de courbure, ce qui diminue la visibilité (Ewing et Dumbaugh 2009). Du point de vue de l'accessibilité de destination, le degré de connexité sera généralement plus faible, en région étalée, ce qui aura deux effets, un volume de circulation automobile plus élevé, mais aussi une moins grande quantité de piétons, ce qui diminuera l'historique de collision (Cloutier et al. 2014). En général, plus il y aura une forte densité d'intersection, moins les conducteurs adopteront des vitesses élevées, ce qui diminuera le nombre de collisions (Ewing et Dumbaugh 2009).

Outre les particularités des réseaux de rue qui auront une incidence sur le risque routier selon le type de développement urbain, des éléments plus précis de la géométrie routière sont aussi mentionnés dans la littérature qui traite du risque routier. Ainsi, les intersections à 4 branches mènent à plus de collisions que celles à 3 branches puisque plus d'accessibilité entraîne plus de volume de véhicule, et plus de points de conflit (Ewing et Dumbaugh 2009 ; Miranda-Moreno, Morency et El-Geneidy 2011 ; Morency et al. 2013).

Aussi, sur une échelle plus large, selon Ewing et Dumbaugh (2009), plus il y aura de kilomètres d'artère dans une zone, plus il y aura de collision. Puisque le volume de circulation est plus élevé sur les artères, ce type de route mène à davantage de collision (DiMaggio et Li 2012 ; Roberts et al. 1995 ; Mueller et al. 1990). Certains auteurs feront un lien direct entre un fort volume sur les routes majeures et l'augmentation de l'exposition des enfants piétons (Routledge, Repetto-Wright et Howarth 1996). D'ailleurs selon (Morency et al. 2013), à Montréal entre 1999 et 2008, plus de la moitié des collisions avec blessures impliquant un jeune enfant se localisaient à une intersection avec artère.

B. Conception et caractéristiques des routes

Concernant la conception des routes, nous avons regroupé les facteurs de risque en sept caractéristiques les plus fréquentes dans les écrits en sécurité routière (Ewing et Dumbaugh 2009 ; Banville et Torres 2014 ; Cloutier 2008 ; Cloutier et al. 2014). Le tableau 2.4 présente ces caractéristiques ainsi que l'élément de conception routière qu'elles affectent et leurs effets (positif (+) ou négatif (-)) sur les facteurs médiateurs.

i. Largeur et nombre de voies

La largeur et/ou le nombre de voies de circulation élevée a un effet néfaste sur les facteurs médiateurs, en augmentant le volume et la vitesse de circulation, ainsi que l'exposition (tableau 2.4). D'ailleurs, davantage de piétons sont blessés aux traverses situées sur les rues possédant ces caractéristiques (Morency 2013) et les risques de blessure sont plus grands pour les enfants piétons qui circulent sur les rues à plus de deux voies (Mueller et al. 1990).

Tableau 2.4 Effets des caractéristiques de conception routière sur les facteurs médiateurs de la sécurité routière et la visibilité

Élément de conception des routes		Caractéristique	Effet sur les facteurs médiateurs et la visibilité				Références
			Volume	Vitesse	Exposition	Visibilité	
Voies de circulation automobile		Largeur et nombre de voies élevées	+	+	+		Burigusa (2011); Cloutier (2008); Cloutier et al. (2014); Ewing et Dumbaugh (2009); Morency et al. (2013); Warsh et al. (2009).
Mesures d'apaisement de la circulation	Visant la diminution de la largeur des voies	Présence d'avancée de trottoir, terre-plein, refuge piéton, goulots d'étranglement	-	-	-	+	Ewing 1999, cité dans Banville et Torres (2014, 12) Bellefleur et Gagnon (2012)
	Visant la déviation horizontale*	Présence de chicanes, carrefours giratoires, introduction d'éléments physiques tels des pots de fleurs ou des bollards	-	-			Banville et Torres (2014); Bellefleur et Gagnon (2012)
	Visant la déviation verticale**	Présence de dos-d'âne, dos d'âne allongé, coussins berlinois, intersection surélevée ou pavée (relief)	-	-			Banville et Torres (2014)
	Visant la restriction de l'accès	Présence de sens unique, création de zones de rencontre (deux sens uniques qui se rencontrent), interdictions de tourner à gauche, terre-pleins	-	-			Ewing et Dumbaugh (2009).
Stationnement sur rue		Présence de stationnements sur rue			-	-	Zegeer et al. (2002A) Burigusa (2011); Cloutier (2008); Ewing et Dumbaugh (2009); Zegeer et al. (2002A).
Bords de la route et trottoirs		Présence de zones tampons végétalisées et de trottoir, éclairage, mobilier urbain			-	+/-	Ewing et Dumbaugh (2009).
Voies cyclables		Présence de voies cyclables		-	-		Zegeer et al. (2002A)
Contrôle à l'intersection		Présence de feux de circulation, arrêts, giratoire, marquage		-	-		Burigusa (2011); Cloutier (2008); Ewing et Dumbaugh (2009); Zegeer et al. (2002A)
		Présence de brigadier scolaire			-		Burigusa (2011)
Débarcadère		Présence d'un débarcadère			-		Clifton et Kremer-Fults (2007)

* Mesures qui dévient la trajectoire des véhicules latéralement

** Mesures qui dévient la trajectoire des véhicules en élevant verticalement la chaussée

Sources : données combinées par l'auteure provenant des différentes sources notées dans le tableau

ii. Mesures d'apaisement de la circulation

La présence de mesures d'apaisement de la circulation aura quant à elle généralement un effet positif sur les facteurs médiateurs, mais aussi sur la visibilité. Le concept d'apaisement de la circulation conjugue des mesures d'ingénierie et des stratégies pour les mettre en œuvre dans le but de diminuer les vitesses et/ou les volumes de circulation motorisée sur la voie publique (Bellefleur et Gagnon 2012). La présence de dos d'âne allongé dans le quartier d'un enfant est associée à 2 fois moins de risque de collision (Tester et al. 2004). Concernant les mesures visant la restriction de l'accès, il y a davantage de blessures dans les rues à sens unique (Wazana et al. 2000). En général, au niveau du quartier, l'introduction de mesures d'apaisement de la circulation peut d'ailleurs entraîner une diminution des blessures chez les enfants piétons ((Preston 1995, cité dans Burigusa 2011, 53) et Rothman et al. 2014). Pour une description illustrée des mesures d'apaisement de la circulation, nous vous invitons à consulter le glossaire de l'INSPQ (2011).

iii. Stationnement sur rue

La présence de stationnement en bordure de rue peut constituer une zone tampon qui diminue l'exposition du piéton circulant sur le trottoir, mais aussi un obstacle à la visibilité. Ainsi, le risque de collisions attribuables à une sortie de route sera moindre lorsqu'il y a des voitures stationnées. Cependant, particulièrement dans le cas de l'enfant piéton, les rues à forte densité de stationnement sont associées à davantage de risques de blessures chez l'enfant piéton (Roberts et al. 1995) (DiMaggio et Li 2012) (Rothman et al. 2014). D'ailleurs, plusieurs chercheurs conseilleront de retirer la possibilité de stationnement à proximité des intersections, particulièrement pour les enfants piétons (Zegeer et al. 2002A).

Bien qu'au Québec le stationnement à moins de cinq mètres des intersections soit interdit par le code de la sécurité routière, les villes peuvent contourner cette disposition via leurs règlements municipaux. D'autres l'appliqueront plus systématiquement en utilisant une signalisation identifiant les 5 mètres à dégager (marquage et panneau).

iv. Conception des bords de la route et des trottoirs

Au même titre que le stationnement sur rue, les aménagements de la zone en bordure de la chaussée peuvent être protecteurs (diminution de l'exposition), mais aussi constituer des

entraves à la visibilité, dépendamment des éléments qu'ils contiennent (Ewing et Dumbaugh 2009).

Dans son étude, Morency et al. (2013) considère que la présence en bordure de chaussée de végétation (banquette végétalisée), de bâtiments, de clôtures et de mobilier urbain, peuvent constituer des obstacles à la visibilité. Cependant, selon Zegeer et al. (2002A) ainsi que Ewing et Dumbaugh (2009), les aménagements paysagers en bordure de trottoirs engendrent souvent une diminution de la vitesse des véhicules.

La présence de trottoir est généralement associée à moins de collisions entre piéton et véhicule (Knoblauch 1988, cité dans Ewing et Dumbaugh 2009, 360). Cependant, Rothman et al. (2014) notent que la présence de trottoir est aussi associée à davantage de blessures chez l'enfant piéton. Les auteurs rapportent comme hypothèses que les enfants utilisent parfois les trottoirs comme une extension de leurs terrains de jeux, mais aussi que ces derniers sont possiblement plus prudents sur les rues qui ne possèdent pas ces aménagements (Mueller 1990, Stevansson 1995 1996 1997, dans Rothman et al. 2014, 46)

v. Voies cyclables

La présence de voie cyclable n'est pas un élément souvent étudié en termes de sécurité des piétons. Cependant, Zegeer et al. (2002A) mentionne que les pistes cyclables peuvent rétrécir l'espace dédié aux véhicules et donc encourager une diminution des vitesses de circulation de ces derniers. Aussi, il avance que ces aménagements peuvent diminuer l'exposition des piétons avec les voitures en réduisant l'espace d'exposition, puisqu'une partie de la chaussée est retranchée pour la circulation des vélos. Cependant, les collisions entre vélos et piétons sont possibles.

vi. Signalisation

Une des zones les plus critiques en termes de sécurité des piétons est l'intersection, puisqu'elles représentent le lieu de rencontre des trajectoires entre les piétons qui circulent sur les trottoirs et les voitures qui circulent sur la chaussée (Ewing et Dumbaugh 2009). Ainsi, la signalisation de contrôle aux intersections, tel que les feux de circulation et les arrêts permettent de réguler l'exposition des piétons dans le temps, mais aussi la vitesse des véhicules (Burigusa 2011 ; Cloutier 2008 ; Ewing et Dumbaugh 2009 ; Zegeer et al. 2002A). Selon Rothman et al. (2014), il y a effectivement moins de blessures chez les enfants piétons, aux intersections

contrôlées par des feux de circulation. De plus, selon Burigusa (2011), la présence de feux de circulation pour piétons a un effet protecteur concernant les enfants piétons et le risque de blessures (Von Kries et al. 1998, cité dans Burigusa 2011, 54). Cependant, les enfants ont moins tendance à regarder vers les voitures venant du sens inverse à une intersection signalisée (Dumbaugh et Frank 2007) (tirée de (MacGregor, Smiley et Dunk 1999))

La signalisation horizontale comme le marquage peut aussi avoir une incidence sur la sécurité des enfants piétons. Selon la revue de littérature de Rothman et al. (2014), les traverses piétonnes possédant un marquage sont associées à plus de blessures chez les enfants piétons. Toutefois, cela s'explique potentiellement par le fait que le marquage est présent particulièrement où les enfants sont eux aussi présents.

vii. La présence de brigadier scolaire

Le brigadier scolaire accompagne l'enfant dans sa traversée aux intersections et permet un certain contrôle de la circulation (Burigusa 2011). La présence de brigadier à la traversée n'a pas été beaucoup étudiée en termes d'efficacité à protéger les enfants, ainsi outre la diminution de l'exposition, il n'a pas été possible d'identifier d'autres effets de sa présence sur les facteurs médiateurs. Rosenbloom, Ben-Eliyahu et Nemrodov (2008) ont cependant remarqué que les élèves d'une école ayant un programme de brigadiers enfants regardaient davantage à gauche et à droite avant de traverser, que les élèves d'une école n'ayant pas ce genre de programme (Burigusa 2011). Cependant, la présence de brigadier à une traverse est associée à davantage de risque de collision, possiblement parce que ces lieux sont déjà reconnus comme dangereux, d'où la nécessité du brigadier (Cloutier et Apparicio 2008 ; Rothman et al. 2014 ; Rothman et al. 2015).

viii. Débarcadère

Selon l'étude de (Clifton et Kremer-Fults 2007), la présence de débarcadères peut avoir une incidence sur la sécurité des enfants piétons, en diminuant le nombre de collisions et la gravité des blessures, puisque ces aménagements produisent une séparation plus nette entre la circulation automobile et la circulation piétonne, ce qui entraîne une diminution de l'exposition. Cependant, selon Burigusa (2011), puisque cette étude est descriptive, il faudrait d'autres études pour pouvoir conclure sur l'efficacité directe du débarcadère sur la diminution du risque routier chez l'enfant piéton.

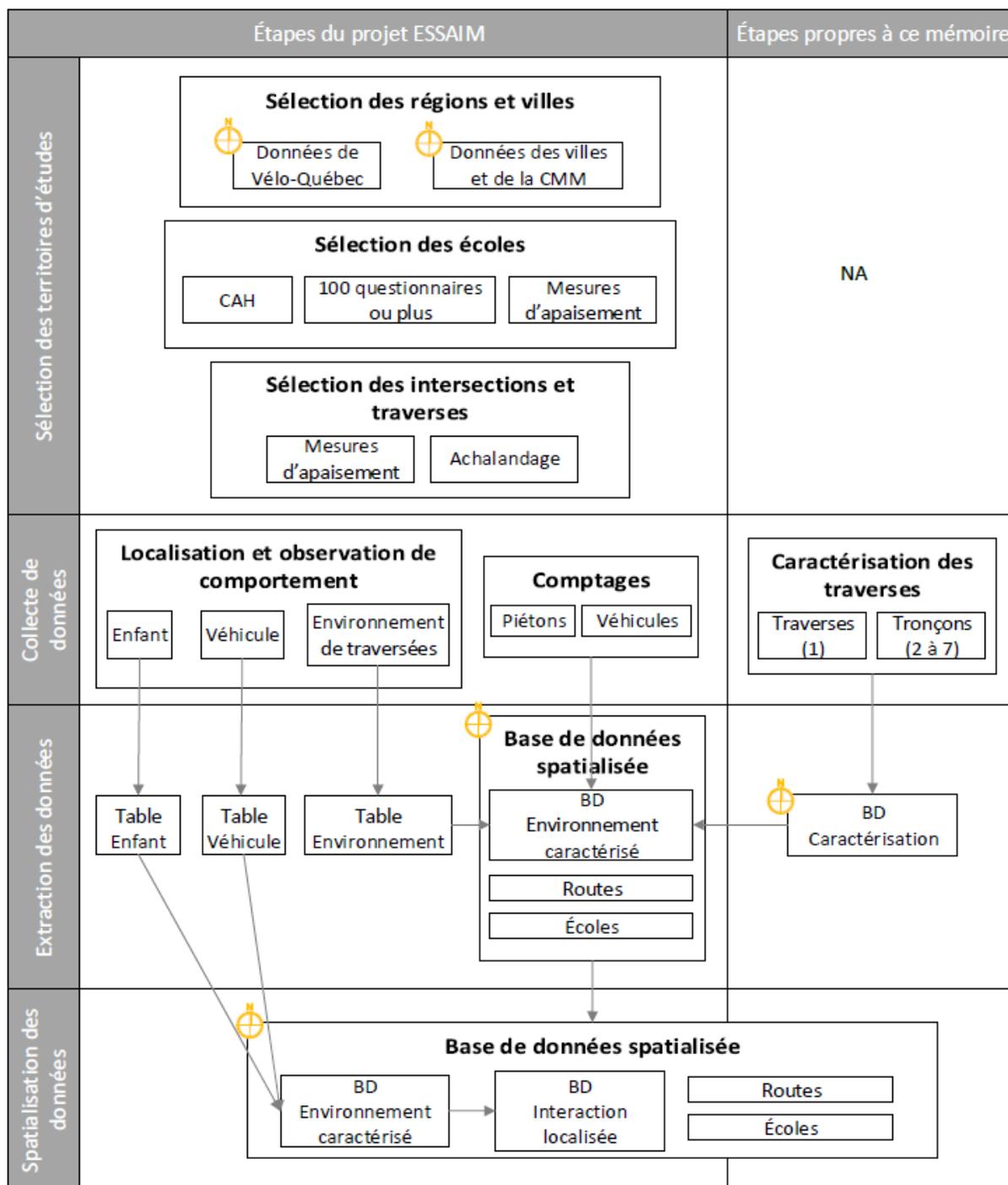
CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE

La méthodologie de ce mémoire a en partie été déterminée par la méthodologie du projet ESSAIM⁹. La figure 3.1 résume les étapes de la méthodologie précédant les analyses, soit la sélection des territoires d'études, la collecte, l'extraction et la coordination des données, qui seront d'ailleurs présentées dans ce chapitre. Les méthodes d'analyses seront exposées à la dernière section de ce chapitre.

3.1 Sélection des territoires d'études

Puisque les observations d'interaction et de conflit de trafic impliquant des enfants piétons devaient avoir lieu à des traverses situées à proximité d'écoles, deux types d'entités spatiales majeures ont dû être sélectionnés par les chercheurs du projet ESSAIM, soit des écoles et des traverses. La sélection de ces entités spatiales s'est déroulée en 8 étapes relatives à différents niveaux géographiques. Le tableau 3.1 permet de comprendre l'évolution de la sélection des territoires d'études dans le temps ainsi que dans l'espace. Mentionnons tout de même que le budget de départ du projet ESSAIM était prévu pour la sélection de 24 écoles.

⁹ Pour plus de détails, voir l'avant-propos de ce mémoire



 Données géoréférencées

Figure 3.1 : Étapes méthodologique précédant les analyses

Source : Auteure

Tableau 3.1 Étapes de sélection des territoires d'études

Niveau géographique	Régional		Municipal		Environnement scolaire			Local	
Étapes de la méthodologie ESSAIM	(1) Ciblage des régions possédant le plus grand nombre d'écoles MÉAPAV		(2) Collecte d'information sur les environnements des écoles auprès des villes et des organismes mandataires	(3) Élimination de certaines écoles situées hors des périmètres de l'étude	(4) Exécution d'une CAH	(5) Élimination des écoles possédant moins de 100 formulaires	(6) Ciblage d'écoles représentatives de chaque groupe de la CAH dans différentes villes et selon la présence ou non d'aménagements sécuritaires	(7) Ciblage des intersections	(8) Ciblage des traverses
Évolution de l'échantillonnage selon les régions et les municipalités	Région	Nombre d'écoles	Villes	Nombre d'écoles			Nombre d'intersection	Nombre de traverses	
	Montréal	69	Montréal	69	65	38	10	18	53
	Capitale nationale	34	Québec	34	23	13	4	5	8
	Montérégie	15	Longueuil	3	3	2	2	2	8
			Sainte-Julie	3	1	1	1	1	2
	Laval	12	Laval	12	11	5	4	4	11
Outaouais	11	Gatineau	11	8	7	3	4	10	
Total d'effectifs de l'échantillon	--	141	--	132	124	66	24	35	92
Échantillonnage d'écoles							Échantillonnage de traverses		
Évolution de l'échantillonnage dans le temps selon les étapes du projet ESSAIM									

Sources : Auteure

3.1.1 Sélection des régions administratives et villes

Grâce à la collaboration de l'organisme Vélo Québec, les chercheurs du projet ESSAIM ont premièrement ciblé les régions administratives du Québec comportant le plus grand nombre d'écoles participantes au programme « À pied à vélo, ville active » (ÀPVVA) (étape 1 du tableau 3.1). À l'intérieur de ces régions, les villes comportant le plus grand nombre d'écoles ÀPVVA, ont été à leur tour sélectionnées. Ainsi, seulement les écoles de 6 villes (Québec, Gatineau, Laval, Longueuil, Sainte-Julie, Montréal) ont été retenues, pour un total de 132 écoles (étape 2 du tableau 3.1).

Cette première sélection de territoire a été faite dans le but de cibler les administrations municipales susceptibles de fournir les informations requises pour effectuer un portrait des environnements autour des écoles. Outre les services d'urbanisme des différentes villes, d'autres sources ont été consultées afin de compléter les informations nécessaires à l'élaboration du portrait. Les différentes informations recueillies ont été intégrées à un système d'information géographique (SIG) à l'aide du logiciel de la compagnie ArcGIS (ESRI). Le tableau 3.2 (section 3.1.2) résume les informations recueillies, ainsi que leurs sources.

Lors de la mise en place du système d'information géographique (SIG) incluant les 132 écoles force était de constater que certaines de ces écoles appartenaient à des territoires périphériques à ceux des villes, ce qui ne permettait pas de dresser le portrait des environnements autour de ces écoles. Ainsi, l'échantillon de 132 écoles a été diminué à 124 écoles (étape 3 du tableau 3.1).

3.1.2 Sélections des écoles selon les environnements scolaires

Puisque plusieurs études analysant les environnements autour des écoles utilisent des périmètres entre 0,4 et 1,8 km (Larsen et al. 2009 ; Leclerc 2009 ; Clifton et Kreamer-Fults 2007 ; McDonald 2007 ; McMillan 2007 ; Schlossberg et al. 2006 ; Timperio et al. 2004), l'équipe du projet ESSAIM a considéré qu'un kilomètre était une distance convenable afin de dresser le portrait de l'environnement près des écoles.

Ainsi, une zone tampon d'un kilomètre à vol d'oiseau a été créée autour des 124 écoles et les informations contenues dans les différentes couches ont permis de calculer de nouvelles informations pour chaque école; afin de permettre l'exécution d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) (tableau 3.2).

Tableau 3.2 : Informations nécessaires à la sélection des écoles et des traverses, sources des données et nouvelles informations calculées pour la CAH

Informations recherchées	Sources des données	Nouvelles informations calculées pour la CAH
Localisation des écoles publiques	Ministère de l'Éducation (2013)	Périmètre d'un kilomètre
Occupations du sol	CMM, Ville de Québec, Ville de Gatineau	Pourcentage d'aire occupé selon les occupations résidentielles, industrielles, commerciales et vacant;
Emplacement des feux de circulations et piétons	Données ouvertes de la Ville de Montréal, Ville de Laval, Ville de Sainte-Julie, Ville de Longueuil, Ville de Québec, Villes de Gatineau,	Nombre de feux de circulation
Emplacement du réseau cyclable	Données ouvertes de la Villes de Montréal et de Québec, Ville de Laval, Ville de Sainte-Julie, Ville de Longueuil, Villes de Gatineau	Nombre de kilomètres de pistes cyclables;
Localisation des brigadiers scolaires	Service de police de la Ville de Montréal, Ville de Laval, Ville de Sainte-Julie, Ville de Longueuil, Ville de Québec, Villes de Gatineau,	Nombre de brigadiers scolaires;
Localisation des parcs et des terrains de jeux pour enfants	CMM, Ville de Laval, Ville de Longueuil, Ville de Québec, Ville de Gatineau	Pourcentage d'aire occupé par un parc et le nombre de parc;
Réseau routier	Adresse-Québec (2012)	Nombre de kilomètres d'artères et de collectrices; Type (hiérarchie) de route où l'école est située;
Îlots de recensements.	Statistique Canada (2011)	Périmètre moyen des îlots.

Sources : Auteurs

Pour caractériser les écoles selon le périmètre de 1 km, une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS, à partir de la couche des nouvelles informations calculées (étape 4 du tableau 3.1). Cette méthode a permis de regrouper les écoles sélectionnées en 6 classes différentes. Cependant, seulement cinq classes ont été conservées, puisque la sixième ne comportait que 5 écoles, et ce seulement sur le territoire de

Montréal. Les 5 classes retenues sont décrites dans le tableau 3.3 et le tableau des moyennes en annexe 1 permet de comprendre ces descriptions.

La figure 3.2 montre l'exemple de l'école Saint-Fidèle, à Québec, et de l'école Les Quatre-Vents/Monseigneur-Laval à Laval, qui suite à la CAH, ont respectivement été classée de type 1 et 4. Les informations géoréférencées qui ont permis de calculer les informations utilisées pour la CAH (pourcentage d'aire occupé selon les occupations du sol, nombre de feux, périmètre moyen des îlots, etc.) sont illustrées sur cette figure. On remarque d'ailleurs que le périmètre d'un kilomètre autour de l'école Saint-Fidèle, qui est de classe 1, possède des îlots de petite taille (moyenne de 609 m²), une grande proportion de brigadier (10) et de feux de circulation (41), alors que celui de l'école Les Quatre-Vents/Monseigneur-Laval possède de plus grands îlots (moyenne de 817 m²), peu de brigadier (3) et de feux de circulation (20) ainsi qu'une plus grande mixité des usages, puisqu'il y a davantage d'occupation commerciale (en mauve sur la figure) et d'espace vacant (en bleue sur la figure) .

Suite à l'exécution de la CAH, l'échantillon d'école a été diminué, selon une condition établie strictement pour le projet ESSAIM. Préalablement au projet ESSAIM, des questionnaires concernant la perception des parents par rapport à la sécurité à proximité de l'école ont été remplis dans plusieurs écoles APAVVA. Ainsi, les chercheurs souhaitaient que les écoles sélectionnées dans le projet ESSAIM aient toutes un minimum de 100 questionnaires répondus. Ainsi l'échantillon de 124 écoles a été diminué à 66 (étape 5 du tableau 3.1).

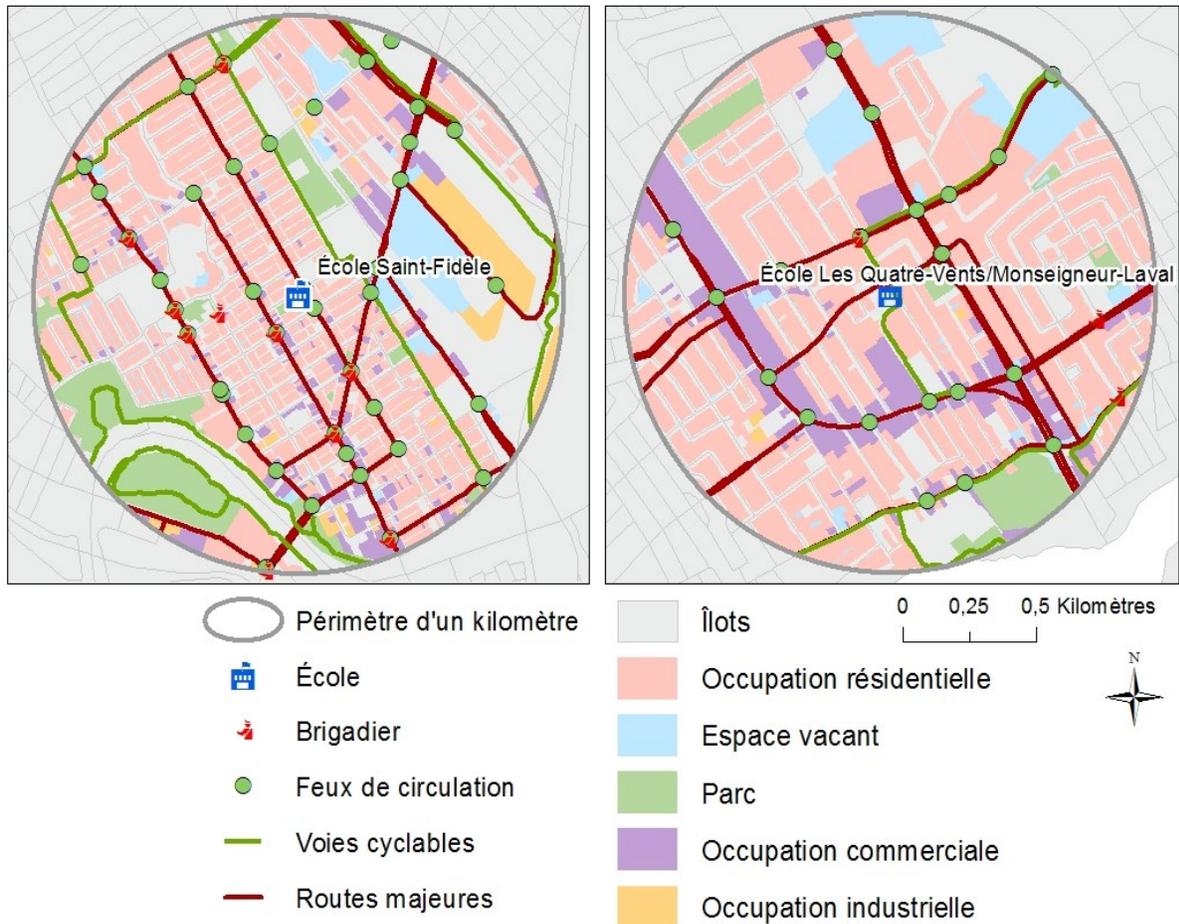


Figure 3.2 : Exemple d'écoles appartenant aux classes d'environnement scolaire 1 et 4 selon la CAH

Source : Auteure

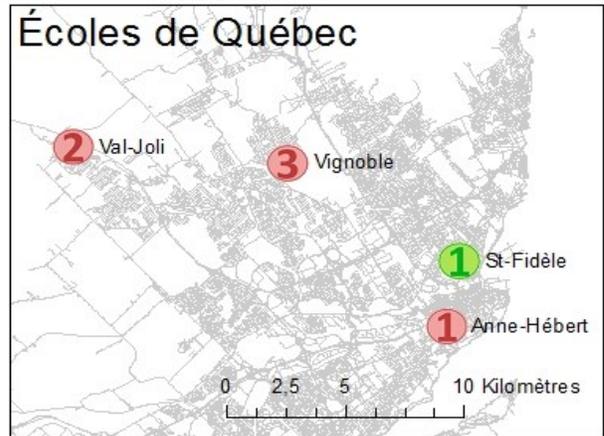
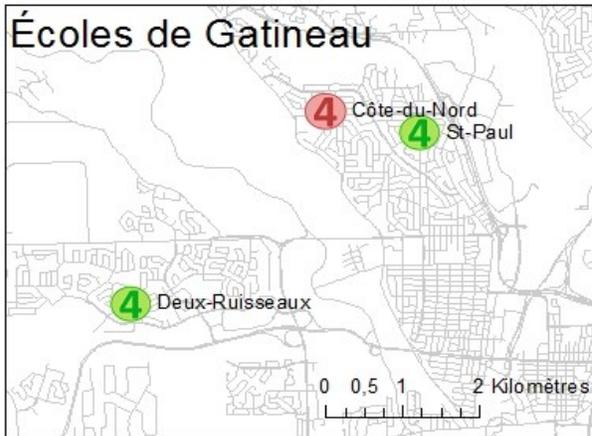
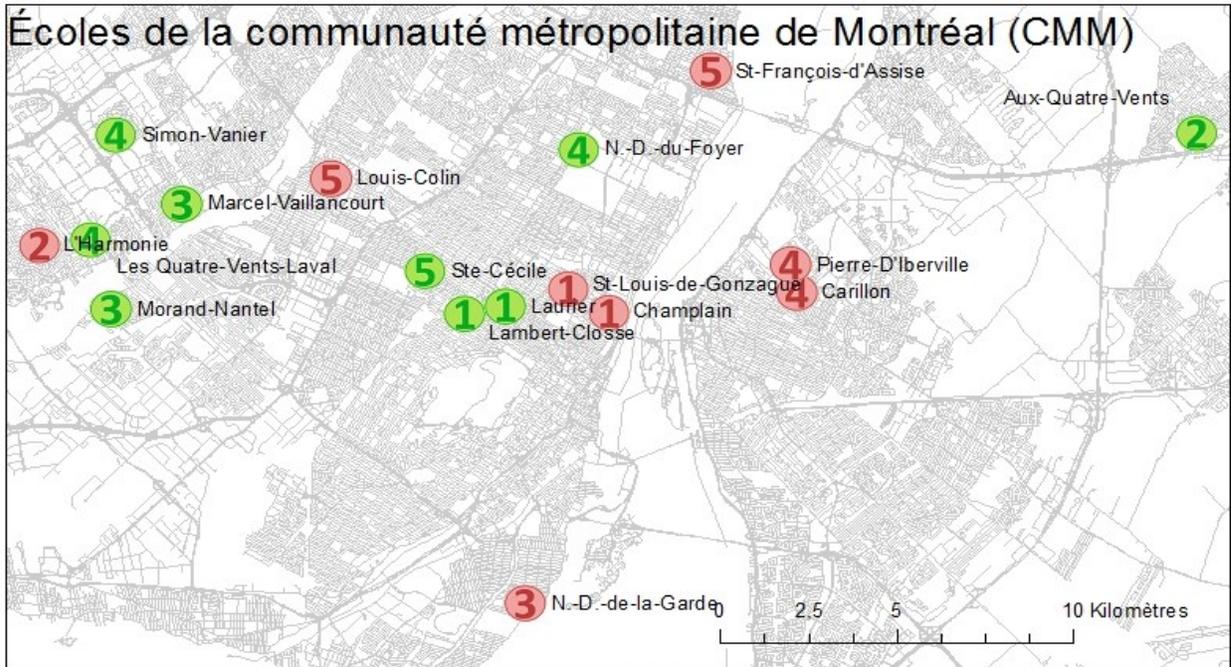
Puisque le budget prévu du projet ESSAIM, était pour 24 écoles, l'échantillon de 66 écoles a été diminué à ce nombre, de manière à obtenir à l'intérieur de chaque classe de CAH, des écoles avec des aménagements et d'autres sans (étape 6 du tableau 3.1). Puisque la plupart des municipalités ne tenaient pas de registre des emplacements de ces mesures, des entretiens téléphoniques ou par courriel avec les gens des services d'urbanisme, ainsi que des vérifications sur le terrain ou à l'aide de google StreetView ont permis d'identifier les écoles comportant les critères voulus. Le tableau 3.3 recense ces écoles, selon leur classe, la présence ou non d'apaisements de la circulation à proximité et la région dans laquelle elles se trouvent, alors que la figure 3.3 illustre ces informations en localisant les écoles.

Tableau 3.3 : Écoles sélectionnées selon la classe d'environnement déterminée par la CAH et selon la présence ou non d'aménagements sécuritaires

Classe	Description	Aménagement	Écoles et localisation	Nbr d'écoles	Total par classe
1	Écoles situées dans les vieux quartiers centraux (îlots de petite taille), avec beaucoup de routes majeures, de brigadiers, de feux de circulation et de parcs.	Présent	Laurier (Mtl), Saint-Fidèle (Qc), Lambert-Closse (Mtl)	3	6
		Absent	Saint-Louis-de-Gonzague (Mtl), Anne-Hébert (Qc), Champlain (Mtl)	3	
2	Écoles situées sur des artères en milieu résidentiel	Présent	Aux-Quatre-Vents (Ste-Julie),	1	3
		Absent	L'Harmonie (Laval), Du Val-Joli (Qc),	2	
3	Écoles situées en milieu résidentiel	Présent	Marcel-Vaillancourt (Laval), Morand-Nantel (Mtl),	2	4
		Absent	Notre-Dame-de-la-Garde (Mtl), Du Vignoble (Qc)	2	
4	Écoles situées en milieu mixte (résidentiel/commercial/vacant) avec de grands îlots et une forte présence de parc	Présent	Saint-Paul (Gat), Les Quatre-Vents (Laval), Des Deux Ruisseaux (Gat), Notre-Dame-du-Foyer (Mtl), Simon Vanier (Laval),	5	8
		Absent	Carillon (Longueuil), Pierre D'Iberville (Longueuil), Côte-du-Nord (Gat)	3	
5	Écoles situées en milieu résidentiel avec beaucoup de routes majeures, de feux de circulation et de brigadiers	Présent	Sainte-Cécile (Mtl)	1	3
		Absent	Saint-François d'Assise (Mtl), Louis-Colin (Mtl)	2	
				Total École	24

Note : Entre le moment où la sélection des écoles a été faite et le moment de parution de ce mémoire, certains aménagements ont été effectués dans les environs des écoles qui n'avaient pas d'aménagement.

Source: Auteurs



- 1** Numéro de la classe de CAH
- Sans aménagements
- Avec aménagements
- Réseau routier



Figure 3.3 : Localisation des écoles sélectionnées, selon leur classe de CAH et la présence ou non d'aménagement à proximité

Source : Auteure

3.1.3 Sélection des intersections et traverses

Au niveau local, la sélection des intersections s'est faite en deux étapes :

1. À partir des plans de déplacement des écoles MÉÀPÀV fournis par Vélo-Québec : de manière à cibler les intersections avec ou sans aménagement, selon le tableau 3.2.
2. À partir des observations sur le terrain : les observateurs, lors de leur repérage, choisissaient de rester sur l'intersection prédéterminée, ou encore de changer de lieu pour obtenir plus d'observations, selon l'achalandage.

Ainsi, 35 intersections ont été sélectionnées autour des écoles (étape 7 du tableau 3.1). La plupart des écoles possédaient une seule intersection à proximité, mais certaines écoles en possédaient deux (Côte-du-Nord, du Val-Joli, Lambert-Closse, Louis-Colin, Saint-François-d'Assise, Saint-Louis-de-Gonzague et Simon-Vanier). De plus deux écoles possédaient 3 intersections à proximité soient l'école Morand-Nantel-Beau-Séjour et l'école Notre-Dame-du-Foyer. D'autres intersections ont été sélectionnées autour des parcs et terrains de jeux dans le cadre du projet ESSAIM, mais ces données ne seront pas utilisées dans ce mémoire.

Suite à la sélection des intersections, certaines traverses de ces intersections ont été sélectionnées sur place, toujours selon l'achalandage. En tout, un total de 92 traverses a été observé à proximité d'une des 24 écoles (étape 8 du tableau 3.1). Pour chaque école entre 1 et 9 traverses ont été sélectionnées, pour une moyenne de 3 traverses par école.

3.2 Collecte de données

La collecte de données de ce mémoire a été effectuée en trois étapes distinctes, soit deux dans le cadre du projet ESSAIM et une dans le cadre propre à ce mémoire. Le tableau 3.4 permet de visualiser et de contextualiser les étapes, qui seront ici décrites chronologiquement suite à la description des outils de collecte de données.

Tableau 3.4 : Étapes, outil et moment de la collecte de données

Étapes	Contexte de provenance des données	Support de collecte	Outils	Informations recueillies	Moment de la collecte
Localisation et observation de comportement	Collecte propre au projet ESSAIM	Tablettes électroniques avec base de données centralisée / Formulaires papier	Formulaire environnement de traversée (ET)	Localisation, condition et éléments physiques de la traverse	En période scolaire (mai, juin, septembre et octobre 2013), durant les heures d'entrée et de sorties des classes (incluant 1 semaine de formation sur le terrain)
			Formulaire enfant	Âge, sexe et comportement de l'enfant, lors de la traversée	
			Formulaire véhicule	Comportement du conducteur et potentiel de conflit, lors de l'interaction	
Caractérisation des traverses	Collecte propre au Mémoire	Tablettes électroniques avec application QuickTapSurvey	Formulaires Tronçons (formulaires #1 à #6)	Éléments et dimensions relatives aux tronçons directement associés aux traverses ESSAIM	Août à novembre 2013
			Formulaire Traverse (formulaire #7)	Éléments et dimensions relatives à la traverse ESSAIM	
Comptage	Collecte propre au projet ESSAIM	Formulaire papier	Formulaire comptage piéton	Nombre de piétons qui ont traversé	Septembre à novembre 2014
			Formulaire comptage véhicules	Nombre de véhicules qui sont entrés en contact avec la traverse	

Sources : Auteure

3.2.1 Les outils de collecte

Nous décrivons ici sommairement les cinq formulaires ESSAIM, ainsi que les formulaires tronçon et traverse puisque vous pouvez les retrouver aux annexes 2 à 7.

Formulaires ESSAIM

Les formulaires ESSAIM ont été inspirés de formulaires utilisés dans les recherches de Bergeron et al. (2008) et de Tom et Granié (2011). Ils ont tous été premièrement développés sur papier, pour ensuite être intégrés par une firme informatique en une application utilisable sur des tablettes électroniques de marque iPad.

Les trois premiers formulaires comportaient un espace permettant d'identifier chaque observation à l'aide d'un numéro d'identifiant unique (ID). Ainsi, chaque environnement de traversée (ET) obtenait un identifiant de type ENVX0000-00¹⁰, chaque enfant piéton observé, obtenait un identifiant de type XENF0000-00⁶ et chaque véhicule, un identifiant de type VEH-xxxx¹¹.

Le formulaire « Enfant » comportait aussi un espace où l'ID Environnement était noté, afin de permettre ultérieurement la localisation de l'observation. Aussi, dans le but de pouvoir associer les véhicules en interaction avec les enfants, l'ID Enfants était noté aussi dans le formulaire « Véhicule ».

Le formulaire « Environnements de traversées » du projet ESSAIM permettait de relever l'emplacement des traverses sélectionnées, ainsi que des informations sur les conditions météorologiques et quelques détails concernant les éléments de l'environnement physique de la traverse, tels que la signalisation, le marquage de la traverse, la présence d'objet pouvant obstruer la visibilité, le phasage des feux de circulation, etc. (annexe 2).

¹⁰ Le X correspondant à la lettre de l'équipe d'observateur (A, B ou C); les 0000 correspondant à la date (Mois-Jour) (0509 correspondrait au 5 septembre); et les 00 correspondant à un numéro séquentiel.

¹¹ Les xxxx correspondants à un numéro séquentiel

Le second formulaire ESSAIM, soit le formulaire « Enfant », était dédié à l'observation de comportement d'enfant (regard, vitesse, activité effectuée en traversant) et permettait de prendre des informations sur ses caractéristiques (âge et sexe), ainsi que concernant certains éléments contextuels, tel que le nombre de piéton traversant, l'accompagnement, l'activité à l'approche, la vitesse de l'enfant à différents moments de la traversée, ses mouvements de tête et sa trajectoire de traversée (annexe 3).

Le troisième formulaire développé dans le cadre du projet ESSAIM, soit le formulaire « Véhicule », visait les observations concernant les conducteurs qui entraient en interaction avec les enfants. Le formulaire véhicule permettait d'inscrire des informations, telles que le type de véhicule, le comportement de vitesse (accélération, décélération, etc.), le mouvement du véhicule, la distance entre l'enfant et le véhicule lors de la croisée des trajectoires, les gestes et le potentiel de conflit (annexe 4).

Finalement, les deux derniers formulaires ESSAIM permettaient des relevés de comptage de piétons et de véhicules, selon leur provenance et ce sur une période de 45 minutes, divisée en 3 blocs de 15 minutes. De plus ces formulaires permettaient de distinguer le type de piétons (enfants ou adultes) et le type de véhicule (voitures, camions, vélos). Les nombres totaux ont été conservés pour les analyses. Les formulaires de comptages se trouvent aux annexes 5 et 6.

Formulaires tronçons et traverses

Les formulaires utilisés pour la caractérisation des traverses étaient relatifs aux traverses ESSAIM, mais aussi au tronçon associé directement à ces traverses, afin d'obtenir des informations complémentaires. Pour faciliter cette collecte de données, suite à des tests sur le terrain, 7 formulaires ont été développés et élaborés grâce à l'application QuickTap Survey, qui permettait la collecte à l'aide d'une tablette électronique.

Un tableau résumant les informations récoltées à l'aide de ces formulaires se trouve à l'annexe 7. Le choix des informations contenues dans ces formulaires est basé sur les facteurs liés à l'environnement bâti, présenté à la section 2.2.

Les formulaires 1 à 6 ont été développés dans le but de récolter les informations concernant le tronçon, soit la partie de la route précédant la traverse. Le formulaire 1, 2 et 6 permettait quant à

eux de recueillir des caractéristiques de conception des routes telles que la présence de mesures d'apaisement, le sens de circulations des véhicules, le nombre de voies de circulation et la présence de voies cyclables. Les formulaires 3, 4 et 5 étaient dédiés à la prise approximative de dimensions des éléments transversaux du tronçon, telles les largeurs des trottoirs, des banquettes, et des voies de circulation automobile. Une roue à mesurer (Lufkin MW18) a été utilisée pour la prise de mesures.

Finalement, le formulaire 7 permettait de relever les caractéristiques de la traverse. Puisque certains éléments des tronçons n'étaient souvent pas pareils aux traverses, telles que le nombre de voies et la largeur, certaines informations ont été reprises à l'aide de ce formulaire.

3.2.2 Déroulement des étapes de la collecte

Localisation et observation de comportement

La première étape de collecte du projet ESSAIM qui consistait en la Localisation et en l'observation de comportement des usagers, a été effectuée par 9 étudiants spécialement formés dans le cadre du projet ESSAIM. Ces observations ont été réalisées par trois groupes de trois observateurs. Chaque groupe se voyait attribuer des écoles, selon un horaire pré établi, ainsi que deux tablettes électroniques contenant les trois formulaires liées à une base de données centralisée. Dans la première semaine, les observateurs ont été formés et ont testé des formulaires papier¹².

Effectuées au printemps et à l'été 2013, les observations de comportements débutaient 15 minutes avant l'entrée des classes (selon l'horaire propre à chaque école) ou la sortie des classes (vers 15h) (tableau 3.3 section 3.1). Les périodes d'observations étaient d'une durée moyenne de 45 minutes le matin, alors que pour le soir elle se prolongeait jusqu'à 16h30 pour suivre les horaires variables des parents. Les observateurs allaient en moyenne une journée par écoles, mais pour certaines écoles de Montréal, ils sont retournés aux mêmes traverses deux journées différentes.

¹² Une application a été développée, dans le cadre du projet ESSAIM, par une firme externe et les formulaires papier ont été transféré en format électronique pour faciliter la collecte et la compilation des données. Dans le cas où les formulaires électroniques ont été utilisés, les observateurs devaient transférer les données dans la base de données centralisée, à chaque soir puisque les tablettes électroniques n'étaient pas connectées à internet sur le terrain.

Lors de cette étape de la collecte, les observateurs devaient remplir les trois premiers formulaires ESSAIM (tableau 3.3). Premièrement ils ciblaient et documentaient une ou plusieurs traverses de l'intersection sélectionnées, en utilisant le formulaire environnement de traversée (ET). Les informations concernant les comportements des usagers étaient relevées simultanément grâce aux formulaires Enfant et Véhicule. La figure 3.4 permet de comprendre la disposition de 2 des 3 étudiants à la traverse.

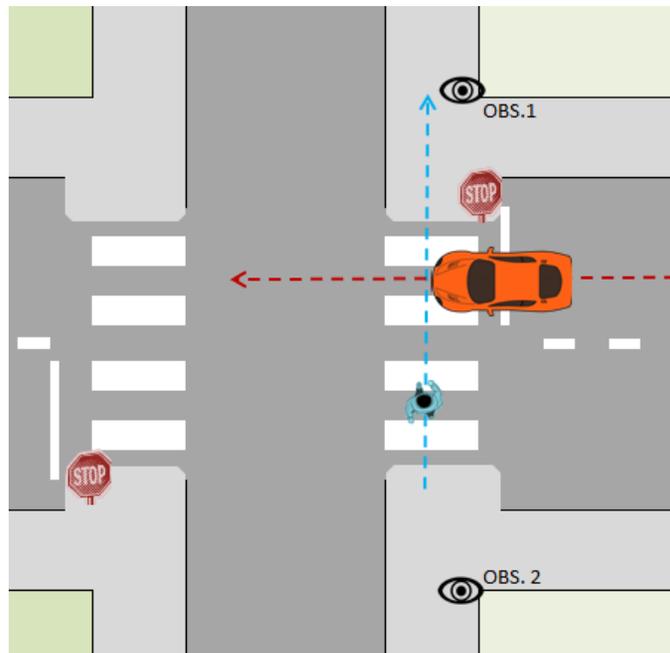


Figure 3.4 : Localisation des observateurs lors de l'observation d'interaction impliquant un enfant piéton et un véhicule

Source : Auteure

L'observateur 1 choisissait, un à la fois, des enfants empruntant la traverse ciblée et se dirigeant vers lui, puis il documentait leurs comportements grâce au formulaire Enfant. L'observateur 2 observait quant à lui le comportement des automobilistes entrant en contact avec la traverse lors du passage de ces enfants. Les véhicules considérés par les observateurs devaient entrer dans la zone de la traverse et dans la trajectoire de l'enfant (ligne bleue sur la figure 3.4), pendant que ce dernier était encore sur la chaussée (figure 3.4). Le troisième observateur aidait les deux autres en complétant les informations verbalement, puisque seulement deux tablettes électroniques étaient disponibles par équipe de trois.

Caractérisation des traverses

Suite aux visites de terrain des observateurs du projet ESSAIM, une caractérisation de l'environnement des traverses a été faite par l'auteure de ce mémoire, de manière à compléter les informations sur les environnements provenant du projet ESSAIM. Cette caractérisation a été effectuée entre août et novembre 2013, et pas nécessairement les mêmes journées que les observations ESSAIM, puisque plusieurs équipes étaient en même temps sur le terrain. Cependant, une contrevérification des éléments contenus dans le formulaire Environnement ESSAIM a été faite pour s'assurer qu'aucun changement majeur de l'environnement n'a été apporté à l'environnement de la traverse, entre les observations ESSAIM et la caractérisation de l'environnement. Des échanges par courriel ou direct avec les observateurs ESSAIM ont été faits au fur et à mesure de cette collecte, afin de confirmer la localisation des traverses.

Pour faciliter la collecte de données de la caractérisation des traverses, le protocole de déplacement illustré à la figure 3.5 a été suivi afin de remplir chronologiquement les 7 formulaires. Concernant le tronçon, seul les informations sur les premiers 500 mètres (approximativement) étaient considérées, dans les cas où les tronçons dépassaient cette longueur.

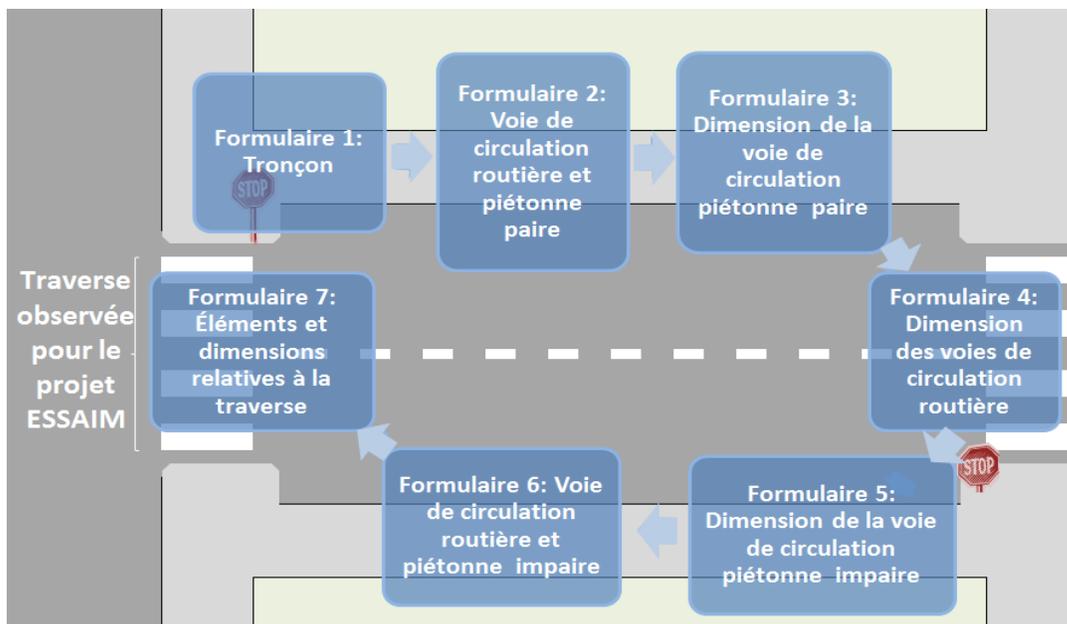


Figure 3.5 : Protocole de déplacement pour la collecte des données sur la traverse et les tronçons adjacents.

Source : Auteure

Comptage de véhicules et de piétons enfants

L'étape de comptage a eu lieu entre septembre et novembre 2014, soit environ un an après la majorité des observations de comportements, mais aux mêmes périodes de l'année. Notons que par manque de temps et de budget, 9 traverses n'ont pas fait l'objet de comptage.

Les observateurs de comptage devaient se présenter aux traverses ayant fait l'objet d'observations de comportements de piétons enfants, en groupe de deux à quatre selon l'achalandage de l'intersection. Un ou deux étudiants comptaient les piétons empruntant la traverse, à l'aide du formulaire piéton (bloc 1 et 2 à l'annexe 5) et les autres étudiants comptaient les véhicules de passage sur la traverse, à l'aide du formulaire véhicule (bloc 3 à 8 à l'annexe 6). La figure 3.6 permet de comprendre dans quels blocs, les usagers devaient être comptabilisés, selon leur provenance et leur direction.

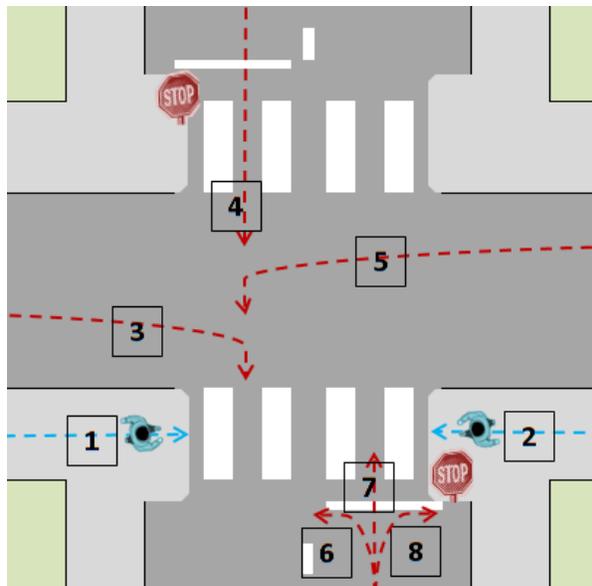


Figure 3.6 : Provenance des usagers et blocs de comptabilisation

Source : Auteure

3.3 Extraction des données et spatialisation

Suite au retrait de certaines observations comportant des erreurs (doublon, informations incomplètes, etc.), la base de données (BD) « Environnement » comportait 304 environnements

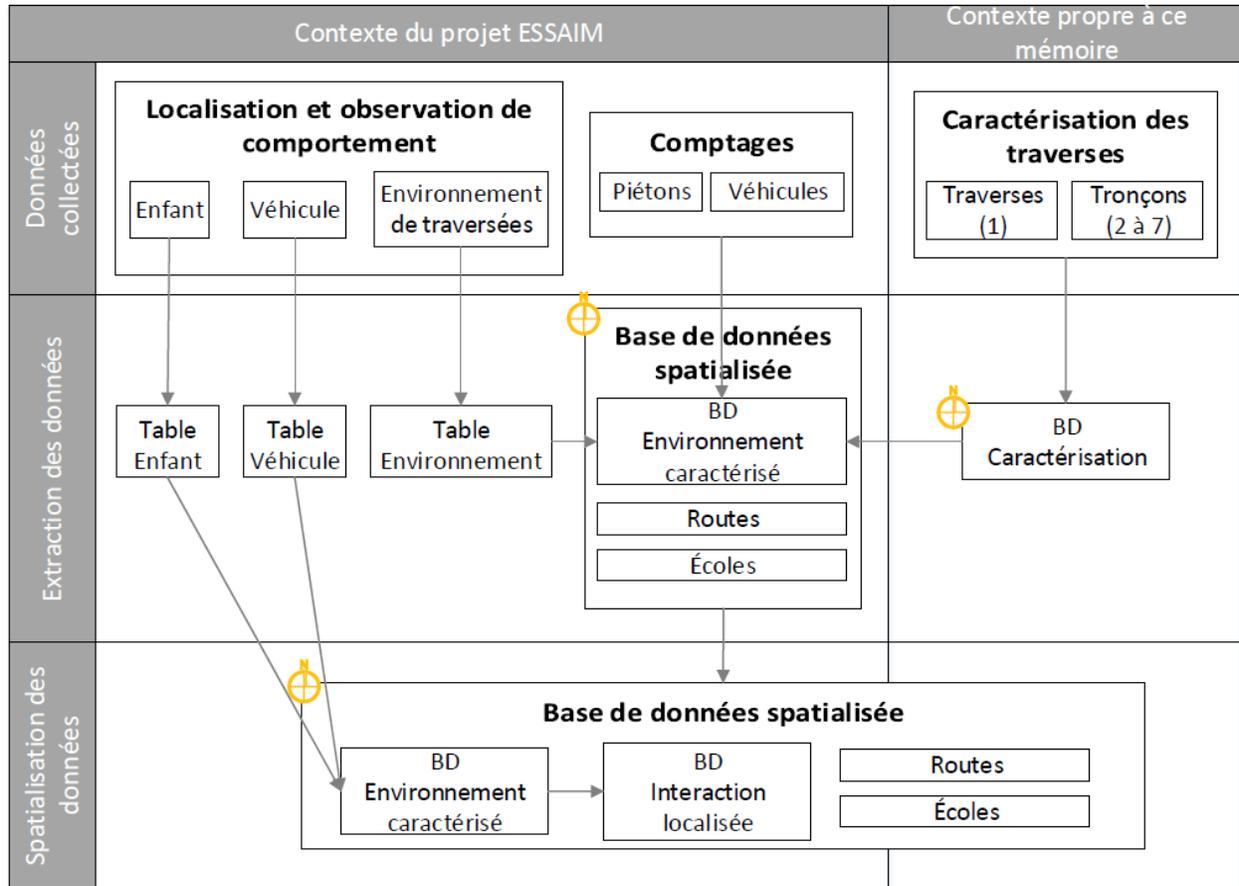
de traversés, la BD « Enfant », 2 192 observations de traversées d'enfants et la BD « Véhicule », 1 424 observations de comportement de conducteurs en interactions¹³. De ces trois tables, nous avons extrait seulement les informations à proximité des 24 écoles sélectionnées.

La figure 3.7 reprend une partie de la figure 3.1, pour faciliter la compréhension de l'étape d'extraction et de spatialisation des données. Les traverses ayant fait l'objet d'observations lors de l'étape « Localisation et observation de comportement » (table environnement), ont été cartographiées et les données de comptage y ont été intégrées. Par la suite, les données supplémentaires recueillies pour les traverses et les tronçons près des écoles (étape de caractérisation des traverses) ont aussi été intégrées à cette couche, nommées « Environnement caractérisé ».

La BD « Environnement caractérisé » et les tables « Enfant » et « Véhicule » ont été associées entre elles à l'aide du SIG grâce à des jointures de tables basées sur des champs clés. La figure 3.8 illustre sommairement ces trois entités, ainsi que la BD spatiale obtenue au finale, soit la BD « Interaction localisée ». De plus, cette figure permet de suivre la séquence de jointure effectuée et identifie les champs clés utilisés pour ces jointures.

Ainsi, à la première jointure de tables nous avons obtenu 1481 observations d'enfants localisés à 92 environnements de traversée, à proximité d'une des 24 écoles. La deuxième jointure nous a permis d'identifier 169 observations de véhicules motorisés en interaction avec au moins un enfant. Ainsi, puisque certains enfants observés étaient en contact avec plus d'un véhicule, nous avons obtenu 1511 observations de comportements d'enfants en interaction ou non, dont 1342 sans interactions et 169 observations d'interactions avec un véhicule motorisé (figure 3.9). Ces interactions, qui seront analysées dans la prochaine section, ont eu lieu à 39 traverses, près de 16 écoles.

¹³ Les BD ESSAIM contenaient des environnements à proximité de parcs et certains véhicules étaient en interactions avec des adultes. Ces observations ont été exclues de l'échantillon.



 Données géoréférencées

Figure 3.7 : Extraction des données collectées et spatialisation

Source : Auteure

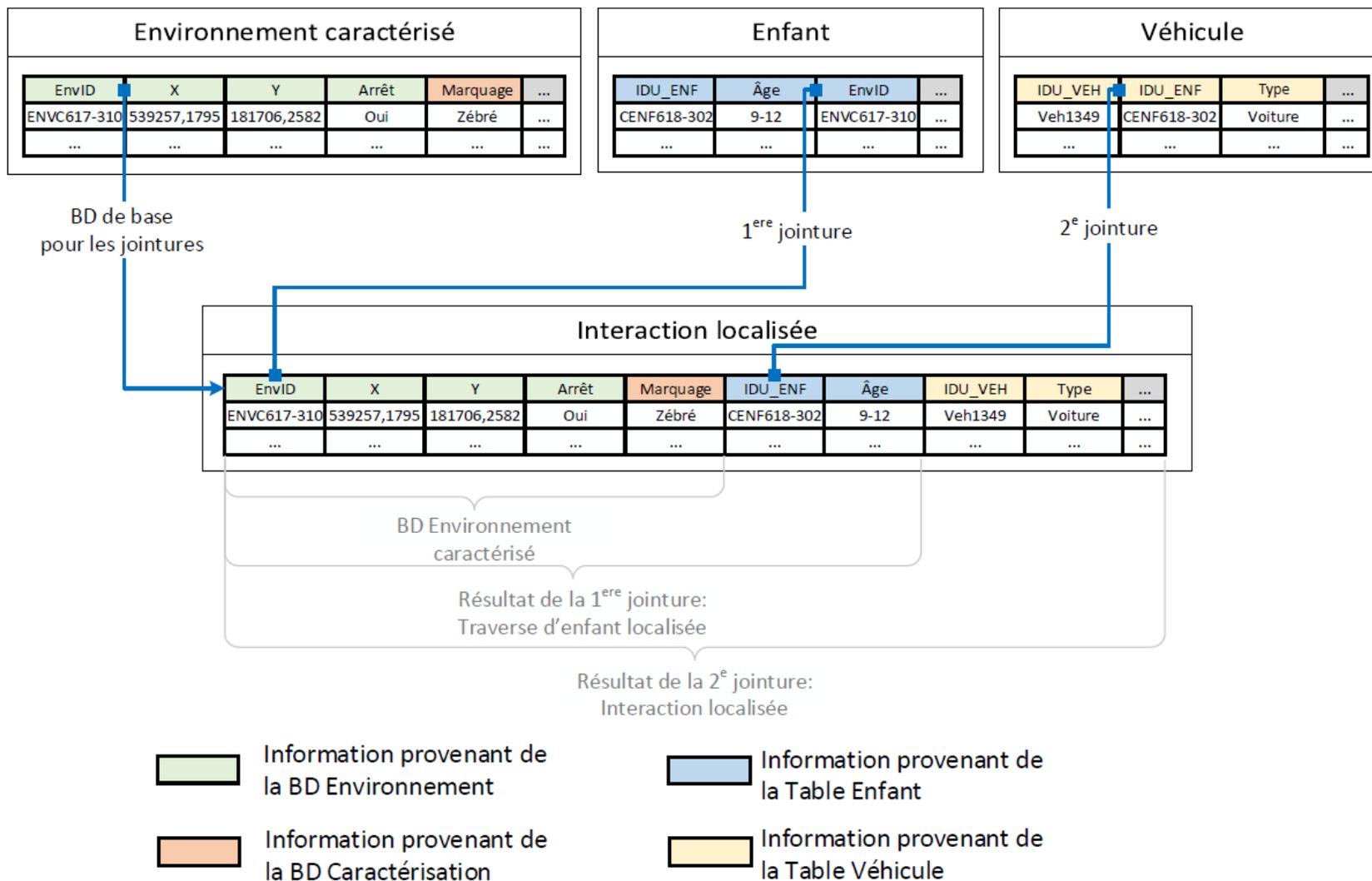


Figure 3.8 : Séquence de jointure effectuée lors de l'extraction et de la spatialisation des données

Source : Auteurs

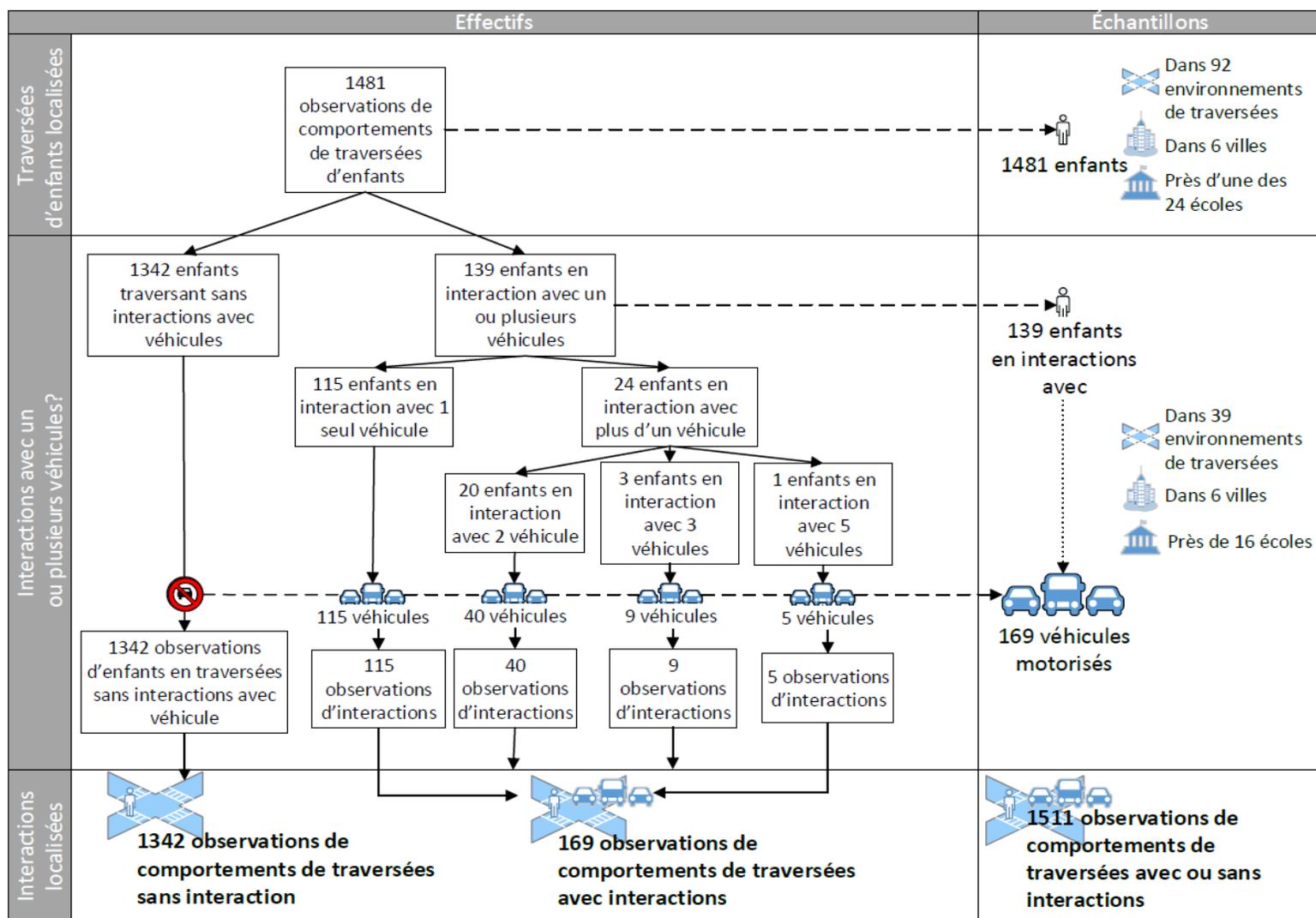


Figure 3.9 : Évolution des effectifs d'échantillons de traversées d'enfants et d'interactions

Source : Auteure

3.4 Analyses

Afin de répondre à l'objectif de ce mémoire, nos analyses visent à dégager deux types de liens entre les interactions enfant-véhicule et les caractéristiques de l'environnement routier autour de traverses piétonnes. Le premier lien concerne la survenue d'interactions, alors que le second cible certains comportements des conducteurs, puisque l'interaction de circulation se définit comme un événement de circulation où deux ou plusieurs usagers de la route doivent réagir les uns aux autres pour adapter leurs manœuvres (Langbroek et al. 2012). Fort heureusement, aucun conflit de trafic ni collision n'ont été observés lors de la collecte de données. Tout d'abord, cela confirme notre choix d'analyser toutes les formes d'interactions pour obtenir un réel portrait du risque routier près des écoles. Par ailleurs, notons que le fait d'être en interaction est en soi problématique selon notre définition qui implique que la trajectoire du véhicule croise celle de l'enfant au moment où ce dernier est encore sur la chaussée.

Deux types d'analyses ont été effectués sur deux échantillons différents. Dans les deux types d'analyses, les variables dépendantes sont relatives aux interactions, alors que les variables indépendantes sont relatives aux éléments de l'environnement, mais aussi aux caractéristiques et comportements individuels des enfants.

Nous présenterons premièrement les méthodes d'analyses, et ensuite puisque certaines variables ont été analysées avec les deux méthodes et afin de limiter la redondance, nous présenterons ensemble toutes les variables dépendantes, puis les variables indépendantes utilisées. Notons que certaines modalités des variables ont été choisies et combinées de manière à avoir suffisamment d'effectifs dans les échantillons. Cela explique que nos variables sont dichotomiques, mais aussi qu'elles n'ont pas toutes été utilisées dans les modèles de régression faite sur l'échantillon de 169 interactions, pour lequel certaines variables ne comportaient pas suffisamment d'effectifs.

3.4.1 Associations entre les variables indépendantes et la présence ou non d'interactions

En guise de pré-test aux régressions logistiques, des Khi-deux ont été effectués sur les variables qualitatives et un test non-paramétrique sur les médianes (test de Mann-Whitney) a été réalisé sur les variables quantitatives, soit les comptages de véhicules et de piétons. Le but était de d'associer les variables deux par deux afin de vérifier les relations, sans égard à la dépendance. Le logiciel SAS a été utilisé à cette fin. Ces analyses ont été faites sur l'échantillon d'observation de comportement d'enfant (1511), dans le but de vérifier s'il existe ou non des associations significatives entre les variables indépendantes (environnementales et individuelles) et le fait d'observer ou non une interaction où les trajectoires de l'enfant et du véhicule se croisent sur la chaussée.

3.4.2 Modèles de régression logistique

Les modèles de régression logistique ont été effectués sur le logiciel SPSS à partir de l'échantillon des 169 interactions entre un enfant et un ou plusieurs véhicules. La régression logistique consiste à prédire une variable dépendante qualitative binaire (oui/non) en fonction de plusieurs variables indépendantes. Ce type d'analyse a été choisi, puisqu'elle permet de prédire la probabilité d'observer ou non certains comportements lors d'interaction enfant-véhicule, en fonction des différentes caractéristiques environnementales.

Préalablement aux modèles de régressions logistiques, nous nous sommes assurés de l'absence de forte corrélation entre les variables. La matrice de corrélation de Spearman est à l'annexe 8. Les plus forts coefficients de corrélations sont de -0,768, de 0,664 et de -0,607 (respectivement entre les variables « accompagnement / présence d'autre piéton » « présence de terre-plein/présence d'avancée de trottoir et « présence de voie cyclable/ localisée à Montréal). Cela sera pris en compte dans l'interprétation de nos résultats.

En tout, cinq modèles logistiques ont été effectués avec la méthode Descendante Wald. Dans cette méthode le modèle de départ contient toutes les variables dépendantes, d'où l'option descendante, puis à chaque étape SPSS retire une à une les variables qui ne contribuent pas significativement à l'amélioration de la prédiction, soit pour lesquelles la statistique de Wald est

inférieur à 0,1, d'où l'option Wald (Yergeau et Poirier 2013). Ainsi, dans chaque modèle, une des 5 variables dépendantes a été introduite en plus des 18 variables indépendantes.

3.4.3 Choix des variables dépendantes

Nous avons vu précédemment à la section 2.1.2 que les comportements de non-respect et l'exécution des étapes de la séquence comportementale sont utilisés afin de mesurer les interactions entre les piétons et les véhicules. Nous avons donc ciblé les données terrains relatives à ces éléments, mais aussi des données qui réfèrent à certaines mesures de conflit de trafic, comme variables dépendantes pour nos analyses. Le tableau 3.5 présente ces éléments.

Tableau 3.5 : Choix des variables dépendantes, selon les types d'indicateurs d'interactions de la littérature et les données de terrains disponibles

Types d'indicateurs	Données du terrain utilisées pour les analyses	Modalités*	Types d'analyses
Respect ou non des règles	Présence d'une interaction	1 : Oui 0 : Non	Khi-deux et test Mann-Whitney
	Priorité piétonne	1 : Le conducteur cède la priorité au piéton 0 : Le conducteur ne cède PAS la priorité au piéton	Modèle de régression logistique 1
	Diagnostic d'interaction ESSAIM	1 : Interaction avec non-respect du code de la sécurité routière provenant du conducteur 0 : Interaction sans non-respect provenant du conducteur	Modèle de régression logistique 2
Exécution des étapes de la séquence comportementale	Mouvement du véhicule	1 : Virage à gauche 0 : Tout droit ou virage à droite	Modèle de régression logistique 3
Extension des mesures de conflit de trafic	Distance véhicule-piéton lors du croisement des trajectoires	1 : Moins de deux mètres 0 : Plus de deux mètres	Modèle de régression logistique 4
	Comportement de vitesse du véhicule lorsque le piéton s'engage dans sa traversée	1 : Décélération 0 : Attente, vitesse constante, accélération	Modèle de régression logistique 5

* La modalité sélectionnée pour chacun des modèles correspond toujours à la modalité 1.

Source : Auteure

Pour les Khi-deux et le test Mann-Whitney, une seule variable dépendante a été utilisée, soit la présence ou non d'une interaction. Nous considérons que la présence d'une interaction représente un comportement de non-respect, puisque le conducteur s'est engagé dans la trajectoire de la traverse de l'enfant piéton pendant que ce dernier est sur la chaussée.

Les autres variables du tableau 3.5 ont chacune été utilisées dans un modèle de régression logistique comme variables dépendantes. Deux modèles de régression logistique utilisent comme variables dépendantes des données de terrain relatives au respect ou non des règles de la part des conducteurs. Le premier modèle fait référence à la priorité piétonne selon la situation dans laquelle le conducteur cède la priorité au piéton, ce qui correspond au respect des règles. Le second modèle utilise une variable relative au diagnostic d'interaction qui a été choisie selon la modalité « interaction et non-respect du conducteur ». Bien que le non-respect n'ait pas été précisé lors de la collecte sur le terrain, cette situation est non-souhaitable.

En lien avec l'exécution de la séquence comportementale, nous avons seulement retenu la variable du mouvement du véhicule selon la modalité « virage à gauche », qui comme nous l'avons mentionné précédemment, requiert davantage d'attention du conducteur.

Concernant les mesures référant aux conflits de trafic, nous avons retenu deux variables. La première correspond à la distance « 2 mètres et moins » entre le véhicule et le piéton lors du croisement des trajectoires sur la chaussée, une situation qui laisse une moins grande marge de manœuvre pour les usagers en interactions. La variable dépendante utilisée pour le modèle de régression logistique numéro 5 correspond au « comportement de vitesse » au moment où l'enfant s'engage sur la traverse, selon la modalité « décélération ». Cette situation correspond au comportement minimum souhaité.

3.4.4 Choix des variables indépendantes

Le choix des variables indépendantes environnementales est basé sur la littérature qui a été présentée précédemment. Concernant les variables de contrôle, nous avons ciblé les données de terrains relatives aux enfants concernant les comportements de non-respect, l'exécution des étapes de la séquence comportementale, une mesure de conflit ou certaines caractéristiques individuelles.

Le tableau 3.6 et le tableau 3.7 présente respectivement les variables environnementales et les variables de contrôle, en spécifiant la ou les modalité (s) choisie (s) et à quelle (s) méthode (s) d'analyse (s) elles ont été soumises. Notons ici que la variable présence de brigadier est traitée comme une variable individuelle de l'enfant piéton et non comme une variable environnementale, puisque cette information provient du formulaire enfant.

3.4.5 Hypothèses

Nos différentes hypothèses sont basées sur la revue de littérature du chapitre 2 et concernent le fait que les différents éléments de l'environnement, mais aussi les variables de contrôle individuelles influenceront la présence d'interactions (analyses bivariées) et certains comportements des conducteurs entre les véhicules et les enfants (modèles logistiques). Ces hypothèses sont présentées dans les tableaux 3.8 et 3.9. Le premier tableau concerne les variables environnementales et le second les variables de contrôle (individuelles). Les signes contenus dans le tableau signifient que nous estimons que le lien entre les variables dépendantes et indépendantes sera positif (+), négatifs (-), ou que nous ne pouvons rien supposer (?), lorsque la littérature est insuffisante sur le sujet.

Tableau 3.6 : Choix des variables environnementales, selon les types de caractéristique de l'environnement bâti et les données de terrains disponibles

Caractéristiques de l'environnement bâti	Données du terrain utilisées pour les analyses	Modalités*	Types d'analyses
Indicateur de volume de circulation	Décompte de voiture**	Variable continue, donc pas de modalité	Test Mann-Whitney et modèles de régression
	Décompte d'enfant**	Variable continue, donc pas de modalité	Test Mann-Whitney et modèles de régression
Forme urbaine	Ville de localisation	1 : Localisée à Montréal 0 : Localisée à Laval, Longueuil, Ste-Julie, Gatineau ou Québec	Khi-deux et modèles de régression
	Nombre de branches à l'intersection	1 : trois branches 0 : quatre branches	Khi-deux
	Sens de circulation sur le tronçon de la traverse	1 : Sens unique entrant ou sortant 0 : Double sens	Khi-deux et modèles de régression
	Hierarchies routières à l'intersection	1 : Présence d'une route majeure (artère ou collectrice municipale) à l'intersection 0 : Seulement des routes locales	Khi-deux et modèles de régression
	Hierarchie routière de la route sur laquelle est la traverse	1 : Route locale 0 : Artère, collectrice municipale	Khi-deux
Conception et caractéristiques des routes	Largeur de la rue, à la hauteur de la traverse	1 : Dix mètres et moins 0 : plus de dix mètres	Khi-deux et modèles de régression
	Présence d'avancée de trottoir	1 : Une ou deux avancées de trottoir 0 : Aucune	Khi-deux et modèles de régression
	Présence d'un terre-plein à la traverse	1 : Oui 0 : Non	Khi-deux et modèles de régression
	Possibilité de stationnement à 5 m de la traverse	1 : Aucune signalisation d'interdiction de stationnement 0 : Interdiction claire ou interdiction environnementale (borne fontaine et avancée de trottoir)	Khi-deux et modèles de régression
	Présence d'une voie cyclable	1 : Piste cyclable, bande cyclable unidirectionnelle et bidirectionnelle 0 : Absence de voie cyclable	Khi-deux et modèles de régression
	Présence d'un arrêt sur le tronçon de la traverse	1 : Arrêt présent *** 0 : Feu de circulation ou absence de contrôle	Khi-deux et modèles de régression
	Présence de feu de circulation	1 : Feu de circulation et piéton présent 0 : Arrêt ou absence de contrôle	Khi-deux
	Présence de marquage à la traverse	1 : Marquage zébré ou lignes parallèles 0 : Aucun marquage	Khi-deux et modèles de régression
	Présence d'une zone tampon en bordure	1 : Oui 0 : Non	Khi-deux

* La modalité sélectionnée pour chacun des modèles correspond toujours à la modalité 1.

** Les comptages ont été faits sur une période de la même durée que les observations, soit 45 minutes.

*** Dans le cas d'un sens unique entrant, la signalisation la plus fréquente sur les autres branches de l'intersection a été attribuée à la traverse.

Source : Auteure

Tableau 3.7 : Choix des variables de contrôle, selon les types d'indicateurs d'interactions de la littérature et les données de terrains disponibles

Types d'indicateurs	Données du terrain utilisées pour les analyses		Modalités*	Types d'analyses
Caractéristiques individuelles du piéton enfant	Âge		1 : 5 à 8 ans 0 : 9 à 12 ans	Khi-deux
	Sexe		1 : Garçon 0 : Fille	Khi-deux
	Accompagnement		1 : Oui 0 : Non	Khi-deux et modèles de régression
	Présence de brigadier		1 : Oui 0 : Non	Khi-deux et modèles de régression
	Nombre de piéton se présentant pour traverser en même temps (outre l'accompagnement)**		1 : 2 à 6 personnes, groupe (ET accompagné) 0 : Seul (ET sans accompagnateur)	Khi-deux et modèles de régression
Non-respect des règles	Zone d'attente non réglementaire		1 : Non-règlementaire (dans la rue) 0 : Règlementaire (sur le trottoir)	Khi-deux et modèles de régression
Exécution des étapes de la séquence comportementale	Activités à l'approche de la traversée		1 : Aucune 0 : Joue, discute, autres	Khi-deux
	Type de traversée (trajectoire)		1 : Diagonale, zigzague 0 : Ligne droite	Khi-deux
	Mouvement de la tête et regard	Avant la traversée	1 : vers les VÉHICULES en circulations 0 : vers le feu, les autres piétons, le sol, etc.	Khi-deux
		Avant ET au milieu de la traversée**	1 : au SOL sans regarder vers les véhicules 0 : tous les autres mouvements possibles (annexe 3)	Khi-deux et modèles de régression
Avant ET au milieu de la traversée**		1 : DROIT DEVANT sans regarder vers les véhicules 0 : tous les autres mouvements possibles (annexe 3)	Khi-deux et modèles de régression	
Extension des mesures de conflit de trafic	Tempo avant la traversée		1 : Régulier ou accélère 0 : s'arrête ou ralentie	Khi-deux

* La modalité sélectionnée pour chacun des modèles correspond toujours à la modalité 1.

** Ces variables combinent plusieurs modalités de deux différentes données de terrains. Voir l'annexe 3 pour les détails.

Source : Auteure

Tableau 3.8 : Hypothèses concernant le lien entre les variables dépendantes environnementales et les variables indépendantes

Type d'analyse	Variables dépendantes*	Hypothèse concernant les différentes variables indépendantes environnementales**															
		Décompte de voiture	Décompte d'enfant	Localisée à Montréal	Présence d'une route majeure à l'intersection	Traverse large de moins de 10 m	Présence d'avancée de trottoir	Présence d'un terre-plein à la traverse	Sens unique	Possibilité de stationnement à 5 m de la traverse	Présence d'une voie cyclable	Présence d'un arrêt à la traverse	Présence de marquage à la traverse	Route locale	Présence de feu de circulation	Intersection à 3 branches	Zone tampon
Bivariée	Présence d'une interaction	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Modèles de régressions logistiques	Priorité : le conducteur donne la priorité au piéton	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	NA			
	Interaction comportant un non-respect de la part du conducteur	+	-	+	+	-	-	-	-	?	?	-	-				
	Mouvement du véhicule: virage à gauche	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-				
	Distance véhicule-piéton lors du croisement: moins de 2 mètres	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-				
	Comportement du véhicule à l'approche: décélération	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+				

* Voir les formulaires à l'annexe 4 pour la provenance des données

** Voir les formulaires aux annexes 2, 5, 6 et 7 pour la provenance des données

NB : Le choix des variables est basé en fonction des modalités permettant d'avoir suffisamment d'effectifs dans l'échantillon d'interaction. Par exemple, les traverses se situent sur 4 types de hiérarchies de routes et seule la combinaison des types de routes à l'intersection permettait d'avoir une répartition d'effectif satisfaisante.

Source : Auteure

Tableau 3.9 : Hypothèses concernant le lien entre les variables dépendantes de contrôle (individuelles) et les variables indépendantes

Type d'analyse	Variables dépendantes*	Hypothèse concernant les différentes variables indépendantes individuelles (comportement de l'enfant ou contexte de la traversée)**											
		Présence de brigadier	Accompagnement	Présence d'autres piétons	Zone d'attente non réglementaire	Regard vers le sol avant la traversée	Regard devant avant la traversée	Regard vers le véhicule avant la traversée	Âge 5 à 8 ans	Sexe masculin	Aucune activité à l'approche	Tempo de marche régulier ou course avant la traversée	Trajectoire déviante
Bivariée	Présence d'une interaction	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+
Modèles de régressions logistiques	Priorité : le conducteur donne la priorité au piéton	+	+	+	+	+	+	NA					
	Interaction comportant un non-respect de la part du conducteur	-	-	-	-	-	-						
	Mouvement du véhicule: virage à gauche	-	-	-	-	-	-						
	Distance véhicule-piéton lors du croisement: moins de 2 mètres	-	-	-	-	-	-						
	Comportement du véhicule à l'approche: décélération	+	+	+	+	+	+						

* Voir les formulaires à l'annexe 4 pour la provenance des données

** Voir les formulaires à l'annexe 3 pour la provenance des données

NB : Le choix des variables est basé en fonction des modalités permettant d'avoir suffisamment d'effectifs dans l'échantillon d'interaction. Par exemple, les traverses se situent sur 4 types de hiérarchies de routes et seule la combinaison des types de routes à l'intersection permettait d'avoir une répartition d'effectif satisfaisante.

Source : Auteur

CHAPITRE 4 : RÉSULTATS

4.1 Portrait descriptif de l'échantillon

Nous décrivons ici les environnements de traversée et les comportements d'enfants de l'échantillon de 1511 observations de comportements avec ou sans-interaction et du sous-échantillon de 169 interactions. Par la suite nous décrivons les comportements des 169 conducteurs de véhicules en interactions. Le tableau 4.1 rappelle les effectifs de nos échantillons.

Tableau 4.1 : Compositions des échantillons selon les jeux de données

Jeux de données		Composition des échantillons						
		Comportements d'enfants	Comportements de véhicules	Interactions	Localisation			
					Traverses	Intersections	Écoles	Villes
Observations de comportements avec ou sans-interaction	Interaction avec un ou plusieurs véhicules	169	169	169	39 ⁽¹⁾	22 ⁽²⁾	16 ⁽³⁾	6
	Sans interactions avec véhicules	1342	0	0	53	13	8	
	Total	1511	169	169	92	35	24	

(1) 3 traverses (ENVC612-19, ENVC617-310, ENVC611-14) où tous les enfants observés ont été en interaction avec au moins 1 véhicule et 36 traverses comportant à la fois des enfants en interactions et d'autres sans interactions.

(2) 1 intersection où tous les enfants observés ont été en interaction avec au moins 1 véhicule et 21 intersections comportant à la fois des enfants en interactions et d'autres sans interactions.

(3) 16 écoles comportant à la fois des enfants en interactions et d'autres sans interactions.

Source : Auteure

4.1.1 Les environnements de traversées

Les 1511 comportements d'enfant se localisent à l'une des 92 traverses et seulement le deux cinquièmes de ces traverses (39) comportent une ou plusieurs des 169 interactions. Nous décrirons ici les éléments qui composent ces traverses et les distinctions entre les sous-groupes d'échantillons.

Décomptes de voiture et d'enfant

Les effectifs de comptage de voiture et de piétons enfants, sont ceux pour lesquelles il y a une plus grande distinction entre les sous-groupes d'échantillons. Nous présenterons donc seulement ces données. Rappelons que les comptages ont été effectués postérieurement aux observations de comportements et que 9 des 92 traverses n'ont pas fait l'objet de comptage dont une seule se retrouve aussi dans le sous-groupe de 39 traverses. Cela explique le fait que le minimum soit à 0 dans les deux échantillons (tableau 4.3). Mentionnons aussi que, puisqu'une traverse peut avoir plusieurs données d'interactions, certains effectifs de comptage sont susceptibles d'être surreprésentés dans l'échantillon. Par exemple, une des 39 traverses possède un effectif de comptage d'enfant s'élevant à 78 enfants/45 minutes et comptabilisent 21 observations (ENVC613-20, située à Montréal près de l'école Notre-Dame-de-La-Garde). À des fins descriptives, les effectifs de comptages ont été groupés et sont présentés dans le tableau 4.2. Le tableau 4.3 présente quant à lui les statistiques descriptives des échantillons.

La moyenne des comptages de véhicule aux 92 traverses est de 161 véhicules pour 45 minutes, alors que la médiane est de 84 véhicules. Un peu plus du deux cinquièmes des 92 traverses (43,5 %) possèdent un décompte de 48 à 162 véhicules et près du deux cinquièmes des 92 traverses (39,1 %) possèdent un décompte de 0 à 9 enfants piétons enfants pour une période de 45 minutes. La moyenne des comptages d'enfant aux 92 traverses est de 25 enfants/ 45 minutes, alors que la médiane est de 15 enfants pour la même période.

Tableau 4.2 : Tranches de comptages de voiture et d'enfants (45 minutes le matin), selon les traverses avec et sans interactions

Variables	Modalités	Traverses avec interaction (s)		Traverses sans interaction (s)		Environnements d'observation de traversées	
		N=39		N=53		N=92	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Comptage voiture	0 à 47	7	17,9	15	28,3	22	23,9
	48 à 162	20	51,3	20	37,7	40	43,5
	163 à 334	6	15,4	11	20,7	17	18,5
	335 à 685	6	15,4	6	11,3	12	13,0
	686 et plus	0	0,0	1	1,9	1	1,1
Comptage enfants	0 à 9	11	28,2	25	47,2	36	39,1
	10 à 25	11	28,2	14	26,4	25	27,2
	26 à 56	11	28,2	7	13,2	18	19,6
	57 et plus	6	15,4	7	13,2	13	14,1

Source : Auteure

Tableau 4.3 : Statistiques descriptives des comptages de voiture et d'enfants (45 minutes le matin), selon les traverses avec et sans interactions

Variables	Statistique	Traverses avec interaction (s)	Traverses sans interaction (s)	Environnements d'observation de traversées
		N=39	N=53	N=92
Comptage voiture	Min	0	0	0
	Max	685	1272	1272
	Médiane	90	79	84
	Moyenne	150,77	167,74	160,54
Comptage enfants	Min	0	0	0
	Max	97	105	105
	Médiane	21	11	15
	Moyenne	28,85	21,39	24,55

Source : Auteure

Dans le sous-échantillon de 39 traverses, la moyenne de véhicule est de 150 véhicules/ 45 minutes, ce qui est inférieur aux statistiques de l'échantillon précédent. Par contre, la médiane est de 90 véhicules/ 45 minutes, ce qui est supérieur. La majorité des traverses possède un achalandage de 48 à 162 véhicules (51,3 %), ce qui est légèrement supérieur à l'autre échantillon. L'achalandage de piétons enfants est davantage réparti dans les différentes tranches de décomptes, mais avec une plus grande part d'effectifs que celles des 92 traverses

dans la tranche de 26 à 56 piétons (28,2 % contre 19,6 %). D'ailleurs la moyenne et la médiane sont plus élevées dans ce sous-échantillon (respectivement 28 et 21 enfants/ 45 minutes).

Forme urbaine, conception et caractéristiques des routes

Le tableau 4.4 présente les caractéristiques de l'environnement bâti de nos échantillons de traverses. Les 92 traverses sont en majorité localisées à Montréal (57,6 %) et le quart d'entre elles se situent à une intersection à 3 branches (27,2 %) ou sur un tronçon où la circulation est à sens unique (25 %). De plus, la moitié des 92 traverses se trouve à une intersection où une route majeure est présente (52,2 %), mais davantage se situent directement sur une rue locale (69,6 %).

Le tiers de l'échantillon de 92 traverses représente une traversée de 10 mètres et moins (33,7 %) et peu possèdent des mesures d'apaisement de la circulation, puisque seulement 13 % possèdent une ou des avancées (s) de trottoir et 2,2 % un terre-plein. D'ailleurs, seulement deux traverses possèdent un terre-plein et ces dernières possèdent également des avancées de trottoirs. Le stationnement à 5 mètres de la traverse est possible sur 28,3 % des 92 traverses et peu d'entre elles chevauchent une voie cyclable (16,3 %). La trois cinquièmes des traverses ayant fait l'objet d'observations sont contrôlées par un arrêt (58,7 %), le quart est contrôlé par un feu et près du trois quarts possède du marquage (72,8 %). Finalement, seulement 13 % possèdent une zone tampon en bordure de rue.

La majorité des variables occupent une part plus élevée dans le sous-groupe de 39 traverses. La présence d'un terre-plein est considérablement surreprésentée dans le sous-échantillon comparativement aux 92 traverses (5,1 % contre 2,2 %), ainsi que la présence d'une intersection à trois branches (43,6 % contre 27,6 %). Cependant, deux variables sont particulièrement sous-représentées dans l'échantillon de 39 traverses. Ainsi, il y a peu de feu de circulation à ces traverses (seulement 7,7 %) et relativement peu de voies cyclables (10,3 %).

Tableau 4.4 : Caractéristiques de l'environnement bâti des traverses avec et sans interactions

Caractéristiques de l'environnement bâti	Variables	Traverses avec interaction (s)		Traverses sans interaction (s)		Environnements d'observation de traversées	
		N=39		N=53		N=92	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Forme urbaine	Localisée à Montréal	27	69,2	26	49,1	53	57,6
	Intersection à 3 branches	17	43,6	8	15,1	25	27,2
	Sens unique	12	30,8	11	20,6	23	25,0
	Présence d'une route majeure à l'intersection	20	51,3	28	52,8	48	52,2
	Route locale	29	74,4	35	66,0	64	69,6
Conceptions et caractéristiques des routes	Traverse large de moins de 10 m	14	35,9	17	32,1	31	33,7
	Présence d'avancée de trottoir	5	12,8	7	13,2	12	13,0
	Présence d'un terre-plein à la traverse	2	5,1	0	0	2	2,2
	Possibilité de stationnement à 5 m de la traverse	13	33,3	13	24,5	26	28,3
	Présence d'une voie cyclable	4	10,3	11	20,8	15	16,3
	Présence d'un arrêt à la traverse	25	64,1	29	54,7	54	58,7
	Présence de feu de circulation	3	7,7	19	35,9	22	23,9
	Présence de marquage à la traverse	30	76,9	37	69,8	67	72,8
	Zone tampon	6	15,4	6	11,3	12	13,0

Note : Dans le sous-groupe de 39 traverses, le caractère gras signifie que les proportions sont plus élevées que dans le groupe de 92 traverses. L'italique indique une proportion moindre et le soulignement indique les plus grands écarts.
Source : Auteure

Chacune des 92 n'a pas un nombre égal d'observations, puisque plusieurs enfants pouvaient être observées à une même traverse. La même situation s'applique au sous-échantillon. Ainsi, de 1 à 83 enfants ont traversé à l'une des 92 traverses observées et de 1 à 22 enfants ont traversés à l'une des 39 traverses avec interaction.

4.1.2 Les comportements d'enfants

Les 1511 observations de comportements d'enfants comportent 169 interactions avec au moins un véhicule (tableau 4.5). Notons que 24 enfants représentent à eux seuls 54 des interactions, puisqu'ils étaient en interactions avec plus d'un véhicule.

L'échantillon de 1511 enfants traversant à proximité d'une école comporte un peu plus d'individus âgés de 5 à 8 ans (56,3 %) que de la tranche 9 à 12 ans (43,7 %). Pour ce qui est du sexe, la répartition est presque équivalente entre les garçons (48,7 %) et les filles (51,3 %) de l'échantillon de 1511 enfants.

Le deux tiers des 1511 enfants ont traversé en présence d'un brigadier (66 %) et la majorité des enfants observés était accompagnée (70,2 %) ou a traversé en même temps que d'autres piétons (79,5 %). Concernant leurs comportements, une minorité des enfants ont attendu dans la zone non réglementaire avant de traverser (7 %), soit sur la chaussée, et la moitié des enfants n'effectuaient aucune activité de distraction à l'approche de la traverse (52,1 %). De plus, une minorité d'enfants ont traversé en diagonale ou en zigzaguant (10,3 %).

Puisqu'avant et pendant la traversée, l'enfant pouvait regarder vers plusieurs éléments de son environnement (feu, véhicule, autres piétons, sol, appareil électronique, droit devant, partout en même temps), l'étape de la recherche de la séquence comportementale a été évaluée selon des variables dont les modalités n'étaient pas mutuellement exclusives. Ceci dit, avant et pendant la traversée, près du un cinquième des 1511 enfants ont regardé au sol ou devant sans regarder partout, ni en direction des véhicules (17,1 %) alors qu'un peu plus du tiers ont regardé vers les véhicules avant ou pendant la traversée (22,1 %). Près du deux cinquièmes des enfants ont approchés la traverse avec un rythme régulier ou en courant (37,9 %).

Le sous-groupe de 169 enfants en interaction se distingue de l'échantillon de 1511 enfants seulement en comportement de traversées par de plus faibles parts de brigadier (45 % contre 66 %), d'accompagnant (66,3 % contre 70,2 %) et d'autres piétons en attente à la traverse (76,9 % contre 79,5 %), bien que les proportions soient tout de même considérables. Cependant, dans ce sous-groupe de traverses, il y a davantage d'enfants qui ont attendu dans la zone non réglementaire avant de traverser (11,2 % contre 7 %) et davantage de mouvement de tête vers les véhicules avant de traverser (32 % contre 22,1 %). Finalement, la part d'enfant qui a approché la traverse avec un rythme régulier ou en courant est moindre dans le sous-échantillon (28,4 % contre 37,9 %).

Tableau 4.5 : Caractéristiques des enfants des différents échantillons

Variables	Enfants avec interaction		Enfants sans interaction		Enfants avec ou sans interaction	
	N=169		N=1342		N=1511	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Âge 5 à 8 ans	99	58,6	751	56	850	56,3
Sexe masculin	86	50,9	650	48,4	736	48,7
Présence de brigadier	76	<u>45,0</u>	922	68,7	998	66,0
Accompagnement	112	<u>66,3</u>	948	70,7	1060	70,2
Présence d'autres piétons	130	<u>76,9</u>	1071	79,8	1201	79,5
Zone d'attente non réglementaire	19	11,2	86	6,4	105	6,9
Aucune activité à l'approche	94	55,6	693	51,6	787	52,1
Trajectoire déviante	17	<i>10,1</i>	139	10,4	156	10,3
Regard vers le sol ou devant avant la traversée	28	16,6	231	17,2	259	17,1
Regard vers le véhicule avant ou pendant la traversée	54	32,0	280	20,9	334	22,1
Tempo/rythme de marche régulier ou course	48	<u>28,4</u>	524	39,0	572	37,9

Note : Dans le sous-groupe de 169 enfants, le caractère gras signifie que les proportions sont plus élevées que dans le groupe de 1511 enfants. L'italique indique une proportion moindre et le soulignement indique les plus grands écarts.

Source : Auteure

4.1.3 Les comportements des conducteurs en interactions

Un total de 169 véhicules en interactions ont été observés dont la majorité sont des voitures (92 %). Le tableau 4.6 résume les comportements des conducteurs.

Près des trois cinquièmes des conducteurs ont laissé la priorité au piéton (63,3 %) et dans près du tiers des cas, l'interaction comportait un non-respect du code de la sécurité routière de la part du conducteur (29,6 %). Seulement une minorité des véhicules a effectué un virage à gauche (19,5 %) et le deux cinquièmes ont croisé la trajectoire de l'enfant à moins de 2 mètres de celui-ci (42 %). Finalement, dans la majorité des cas d'interaction, le véhicule était à l'arrêt avant de croiser la trajectoire de l'enfant (71,6 %), mais près du cinquième ont décéléré (10,1 %) à l'approche de la traverse.

Tableau 4.6 : Comportements des conducteurs en interaction avec un enfant

Comportements	Nombre de véhicules	%
Priorité : le conducteur donne la priorité au piéton	107	63,3
Interaction comportant un non-respect de la part du conducteur	50	29,6
Mouvement du véhicule: virage à gauche	33	19,5
Distance véhicule-piéton lors du croisement: moins de 2 mètres	71	42,0
Comportement du véhicule à l'approche: décélération	17	10,1

Source : Auteure

4.2 Variables qui influencent le fait d'observer ou non une interaction enfant-véhicule

Des Khi-deux ont été effectués afin de déterminer si certains éléments de l'environnement et/ou du comportement des enfants avaient une incidence sur la présence ou non d'interaction. Seuls les résultats significatifs sont présentés dans le tableau 4.7. Cinq variables environnementales et deux variables individuelles ont des proportions significativement plus élevées d'interactions tandis que deux variables environnementales et deux variables individuelles sont significativement plus faibles. Concernant les variables de comptages d'enfants et de véhicules, les résultats du test Mann-Whitney sont présentés dans le tableau 4.8.

Tableau 4.7 : Résultats des Khi-deux concernant les variables influençant la présence d'interactions

Types de variables	Variables associées positivement à la présence d'interaction	Résultats des Khi-deux	Variables associées négativement à la présence d'interaction	Résultats des Khi-deux
Environnementales	Présence d'une route majeure à l'intersection	17,1 ****	Présence d'un brigadier adulte lors de la traversée de l'enfant	37,7 ****
	Présence d'un arrêt	7,5 **	Présence de feu de circulation	24,0 ****
	Intersection de 3 branches	12,4 ***		
	Présence d'une zone tampon	22,7 ****		
	Présence d'une voie cyclable	8,0 **		
Individuelles	Zone d'attente de l'enfant non réglementaire	5,4 *	Regard de l'enfant droit devant pendant la traversée	18,6 ****
	Regard de l'enfant vers les véhicules avant de traverser	10,7 **	L'enfant a un rythme de marche régulier ou accélère à l'approche de la traverse	7,2 **

**** p < .0001; ***p < .001; **p < .01; *p < .05

Source : Auteur

Tableau 4.8 : Résultats des tests Mann-Whitney sur la médiane des comptages d'enfants et de voiture

Variables	Traverses avec interaction (s)		Traverse sans interaction (s)		Environnements d'observation de traversées		Significativité du test Mann-Whitney sur médiane
	N=169		N=1342		N=1511		
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	
Comptage voiture	168	128	161	90	162	91	0,000
Comptage enfants	40	29	43	39	43	39	0,047

Source : Auteur

Selon les résultats des Khi-deux, il y a significativement plus d'interaction enfant-véhicule lorsqu'il y a une route majeure à l'intersection (14 %), que s'il n'y a pas ce type de route (10 %). Concernant le contrôle du trafic à l'intersection en présence d'un arrêt, il y a davantage d'interaction que dans les situations où cette signalisation était absente (12,8 % contre 8,1 %). À

l'inverse, il y a deux fois moins d'interaction lorsqu'un brigadier contrôle le trafic (7,6 % contre 18,1 % en l'absence de brigadier) et quatre fois moins lorsque la traverse est contrôlée par un feu de circulation (3,3 % contre 13,2 % s'il y a absence de feu). De plus, la présence d'une intersection à trois branches, d'une zone tampon et d'une voie cyclable est associée significativement à davantage d'interaction comparativement aux cas où ces éléments sont absents de l'environnement de traversées (respectivement 15 % contre 9 %, 19 % contre 9 % et 17 % contre 10 %).

Selon les tests Mann-Whitney, les médianes des échantillons des traverses avec interactions et sans interaction sont significativement différentes concernant les deux variables de comptages (à un seuil de 0,000 pour la variable « comptage voiture » et 0,047 pour la variable « comptage enfant »), mais les associations sont différentes (tableau 4.8). En termes de comptage de véhicule, la médiane est plus élevée aux traverses avec interaction (128 véhicules) qu'à celles sans interactions (90 véhicules). Concernant les comptages enfant, la médiane est moins élevée aux traverses avec interaction (29 enfants) qu'à celles sans interaction (39 enfants).

Concernant les variables individuelles, il y a significativement plus d'interactions enfant-véhicule lorsque l'enfant regarde vers le véhicule avant de traverser (16 % contre 10 % lorsqu'il ne regarde pas) et lorsque l'enfant attend dans la rue (18 %) comparativement à lorsqu'il attend sur le trottoir (11 %). Finalement, il y a significativement moins d'interactions lorsque l'enfant regarde devant lui en traversant (7 % contre 14 %) et lorsqu'il a un rythme régulier ou accélère à l'approche de la traverse (8 %) que s'il n'a pas ce comportement (13 %).

4.3 Variables qui influencent significativement le fait d'observer certains comportements chez les conducteurs en interaction

Les modèles de régression logistique présentés dans le tableau 4.9 sont tous significatifs. Concernant les résultats attribuables aux décomptes d'enfant et de véhicules, bien que ces

variables soient significatives dans certains modèles¹⁴, les Rapports de cote sont très faibles (entre 1 et 1.03). Nous ne traiterons donc pas de ces résultats ici.

Selon les résultats du premier modèle, la probabilité que la priorité soit laissée au piéton est augmentée en présence d'avancée de trottoir (RC=5,67), d'un arrêt (RC=7,98), de marquage à la traverse (RC=3,42), d'un brigadier (RC=2,12), lorsqu'il y a possibilité de stationnement à 5m de la traverse (RC=5,48) et en présence d'une voie cyclable (RC=4,57). La probabilité de laisser la priorité au piéton est moindre lorsque la traverse est de moins de 10 mètres (RC=0,11) ou qu'il y a un terre-plein (RC=0,03). La figure 4.1 permet de comprendre le respect de la priorité piétonne en situation d'interaction, alors qu'au temps 1, le piéton s'engage et le conducteur respecte la priorité piétonne, et qu'au temps 2, ce dernier passe sur la traverse, malgré que l'enfant soit encore sur la chaussée.

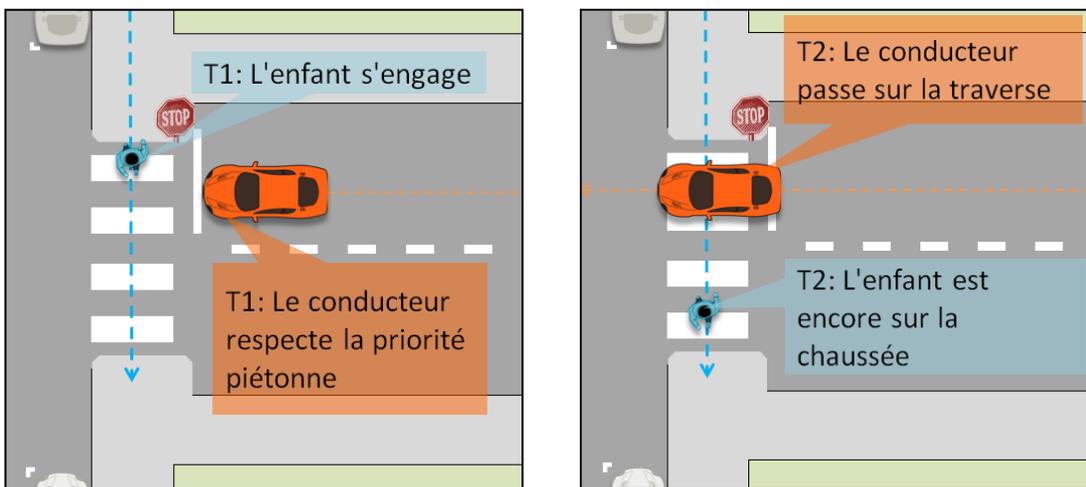


Figure 4.1: Respect de la priorité piétonne en situation d'interaction

Source : Auteurs

¹⁴ Moins de « Priorité piétonne » lors de grand volume de véhicule et moins de « décélération du véhicule » lors de grand volume de piéton. Davantage de « non-respect de la part du conducteur » et de « distance véhicule-piéton de moins de 2 mètres » lors de grands volumes de véhicules.

Tableau 4.9 : Résultats des modèles de régressions logistiques concernant les variables influençant la présence de certains comportements des conducteurs

Modèles	Variables dépendantes	pseudo R carré	Variables qui augmentent la présence du comportement	RC	Variables qui diminuent la présence du comportement	RC
1	Priorité : le véhicule donne la priorité au piéton	,226	Présence d'avancée de trottoir	5,67*	Traverse large de moins de 10 m Présence d'un terre-plein à la traverse	0,11** 0,03**
			Présence d'un arrêt à la traverse	7,98**		
			Présence de marquage à la traverse	3,42*		
			Présence de brigadier	2,12		
			Possibilité de stationnement à 5 m de la traverse	5,48**		
Présence d'une voie cyclable	4,57*					
2	Interaction comportant un non-respect de la part du conducteur	,166	Traverse large de moins de 10 m	2,34*	Présence d'une route majeure à l'intersection	0,38*
					Présence de marquage à la traverse	0,29**
3	Mouvement du véhicule: virage à gauche	,247	Traverse large de moins de 10 m	3,31*	Présence d'une voie cyclable	0,28*
			Présence d'un terre-plein à la traverse	84,37***	Présence de brigadier	0,24**
4	Distance véhicule-piéton lors du croisement: moins de 2 mètres	,181	Traverse large de moins de 10 m	2,88**	Présence d'une voie cyclable	0,14***
					Présence de brigadier	0,53
5	Comportement du véhicule à l'approche: décélération	,419	Zone d'attente non réglementaire	5,19**	Présence d'une route majeure à l'intersection	0,03***
					Présence d'avancée de trottoir	0,08**
					Présence d'un arrêt à la traverse	0,05*

**** p < . 0001; ***p < . 001; **p < .01; *p < .05; sans étoile : p < .1

Source :Auteur

Le deuxième modèle révèle que les interactions qualifiées de non-respect du véhicule ont été plus fréquentes sur les traverses de moins de 10 mètres (RC=2,34). Cependant, la présence d'une route majeure à l'intersection (RC=0,38), ainsi que de marquage (RC=0,29) est associée significativement à moins d'interaction comportant un non-respect de la part du conducteur.

Les résultats du troisième modèle dévoilent le fait que les traverses de moins de 10 mètres (RC=3,31) et celles possédant un terre-plein (RC=84,37) sont associées à une probabilité accrue de virage à gauche, alors que la présence d'une voie cyclable (RC=0,28) ou d'un brigadier (RC=0,24) diminue la probabilité de ce type de virage. Mentionnons néanmoins, que le mouvement de virage à gauche peut être inexécutable à certaines traverses puisqu'il est parfois interdit sur les routes majeures et qu'il est simplement impossible à l'une des branches d'une intersection en T ou encore en présence d'un sens unique sortant à une intersection à 4 banches. De plus le virage à gauche peut être exécuté par une voiture entrant ou sortant du tronçon de la traverse, dans le cas de circulation à double sens. Par exemple, à Montréal, la traverse sur la rue Saint-Hubert, au nord de l'avenue Laurier, ne possède que des interactions impliquant des véhicules en mouvement de virage à gauche, puisque l'intersection se compose de deux sens uniques sortants (la circulation sort du tronçon ouest et sud), d'un sens unique entrant (la circulation entre sur le tronçon est) et une branche à double sens (tronçon nord) (figure 4.2). D'ailleurs cette traverse possède un terre-plein et la seule autre traverse avec terre-plein est située à une autre intersection en T restreignant les possibilités de virage à gauche. Cela explique le RC de 84,37 associé à la présence d'un terre-plein.

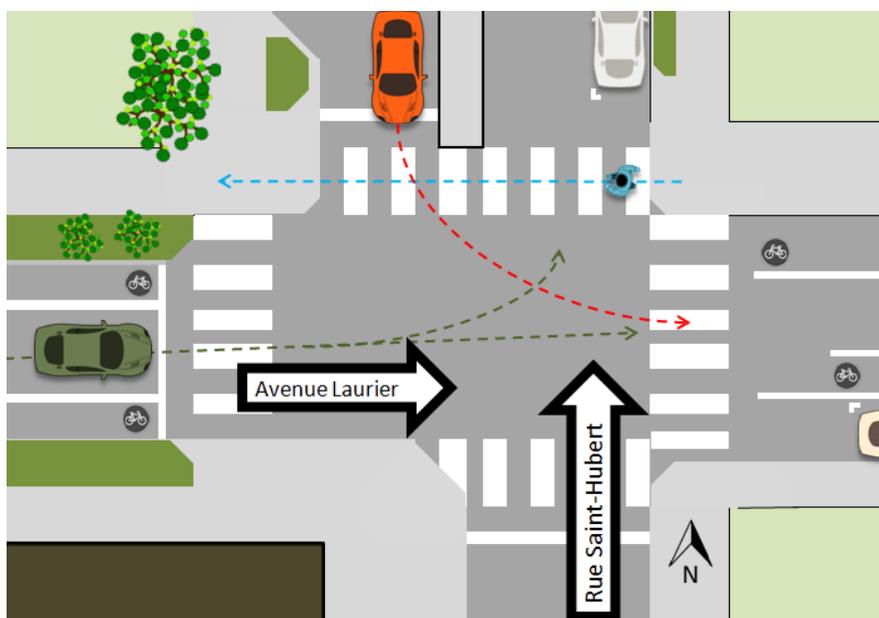


Figure 4.2 : Traversée de la rue Laurier située à une intersection obligeant beaucoup de virages à gauche

Source : Auteure

Le modèle qui concerne la distance de deux mètres et moins lors du croisement entre l'enfant et le véhicule permet quant à lui de dégager quatre liens. Premièrement, le fait que la traverse soit de moins de 10 mètres ($RC=2,88$), augmente la probabilité que la distance soit plus courte (moins de deux mètres) lors de l'interaction. Inversement, la présence d'une voie cyclable ($RC=0,14$) ou d'un brigadier ($RC=0,53$) diminue cette probabilité. Le premier lien est logique puisque les traverses moins longues donneront nécessairement moins d'espace entre les usagers lors des interactions.

Selon les résultats du dernier modèle, la probabilité qu'un véhicule décélère à l'approche de la traverse est significativement plus élevée selon le volume d'enfant (décompte d'enfant) ($RC=1,03$) et si l'enfant attend dans la rue avant de traverser (zone non réglementaire) ($RC=5,19$). De plus, la probabilité de décélération du véhicule lorsque l'enfant s'engage sur la traverse est moins élevée en présence d'une route majeure à l'intersection ($RC= 0.03$), d'un arrêt (RC de 0.08) et d'avancées de trottoir à la traverse ($RC= 0.05$).

Les deux derniers résultats sont contre-intuitifs, mais rappelons que le comportement de vitesse relevé sur le terrain correspond au moment où l'enfant s'engage dans la rue et ne nous informe aucunement de la vitesse du véhicule à l'approche de la traverse ou lors du croisement de la

trajectoire de l'enfant. Il est primordial de rappeler ici, que les comportements compris dans la modalité de « non-décélération » incluent l'attente du véhicule, le comportement qui est d'ailleurs le plus fréquent aux traverses de notre échantillon comportant un arrêt (75 % des comportements sont l'attente en présence d'un arrêt) ou une avancée de trottoir (72 % des comportements sont l'attente en présence d'avancée de trottoir).

CHAPITRE 5 : DISCUSSION

5.1 Comparer des comportements d'usager entre eux; une chose complexe!

Les analyses ayant attiré aux variables individuelles comparent le comportement du conducteur et celui de l'enfant, ce qui donne des résultats difficilement comparables aux études existantes. Ainsi, bien que les recherches portant sur les tâches de traversées chez les enfants concluent que plusieurs d'entre eux n'effectuent pas de recherche visuelle avant de traverser (Tolmie et Great 1998 ; Tom et Granié 2011 ; Zeedyk, Wallace et Spry 2002), nos analyses quant à elles démontrent que plusieurs enfants ont regardé vers les véhicules avant de traverser, mais que ces circonstances sont associées à significativement plus de situations où le conducteur a croisé la trajectoire de l'enfant sur la chaussée. Ainsi, cela suggère qu'un comportement souhaitable de l'enfant peut tout de même donner lieu à un comportement non souhaitable de la part du conducteur.

Cependant, selon nos résultats, il y a eu significativement moins de conducteurs croisant la trajectoire du piéton sur la chaussée, lorsque l'enfant regardait devant lui en traversant et lorsqu'il avait un rythme régulier ou accéléré à l'approche de la traverse (tableau 4.7). Le fait que l'enfant piéton n'exécute pas de recherche visuelle ou ne ralentit pas ou n'arrête pas avant de traverser constitue un risque routier (Tolmie et Great 1998 ; Tom et Granié 2011 ; Zeedyk, Wallace et Spry 2002 ; Snyder et Knoblauch 1971 ; Burigusa 2011 ; Langbroek et al. 2012). Selon nos résultats, ces comportements non souhaitables de la part du piéton sont donc associés à moins de comportements non-souhaitables de la part du conducteur. Cela peut s'expliquer par plusieurs raisons, comme l'une des trois situations suivantes :

- (1) Il est possible qu'en absence de véhicule, ce qui se traduit d'ailleurs par une impossibilité d'interaction, l'enfant ait regardé vers l'avant pendant sa traversée, ou ait gardé un tempo de marche régulier ou accéléré, voyant non nécessaire les comportements contraires (regard vers le véhicule, ralentissement ou arrêt). Notons d'ailleurs que la majorité des enfants observés (N=1511) étaient soit accompagnés (70.2%), soit en présence d'autres piétons (79.5%) ou d'un brigadier (66%) (tableau 4.5). Rappelons que selon l'étude de Rosenbloom, Ben-Eliyahu et Nemrodov (2008), les enfants

accompagnés avaient davantage de comportements non sécuritaires, tels que ne pas arrêter et/ou ne pas regarder des deux côtés avant de traverser.

- (2) Puisque nous sommes en contexte d'interaction, où les usagers de la route doivent réagir les uns aux autres pour adapter leurs manœuvres (Langbroek et al. 2012), il est possible que les conducteurs aient ajusté leur comportement, en attendant la fin de la traversée de l'enfant avant de s'engager, n'ayant pas eu de contact visuel avec l'enfant. Malheureusement, à notre connaissance aucune recherche n'a encore comparé les comportements de respect des conducteurs et le contact visuel effectué entre conducteur et piéton.
- (3) Les comportements des usagers peuvent être dictés par des éléments de l'environnement qui ne sont pas contrôlés dans les analyses bivariées telles que les Khi-deux, qui testent les variables deux à deux. Par exemple, la présence de brigadier ou de feu de circulation pourrait rendre l'enfant plus confiant envers son environnement et faire qu'il ne regardera pas vers les véhicules en circulation en traversant, et à la fois rendre le conducteur plus respectueux (p. ex. en présence de brigadier) ou simplement dans l'impossibilité de croiser la trajectoire de l'enfant pendant que ce dernier est sur la chaussée (p. ex. en présence de feu de circulation). D'ailleurs, comme il sera discuté plus loin, selon nos résultats, la présence de l'un ou l'autre de ces éléments de contrôle à l'intersection est aussi significativement associé à moins de conducteurs croisant la trajectoire du piéton sur la chaussée (tableau 4.7).

De plus, selon nos résultats, le fait que l'enfant ait attendu sur la chaussée est associé à plus de croisement sur la chaussée de la part du conducteur, ce qui correspond à deux comportements non souhaitables. Cette situation peut potentiellement être explicable par la raison 3, mentionnée précédemment. Effectivement, dans le cas où un obstacle visuelle est présent à l'intersection, il est possible que l'enfant, ne voyant pas bien la circulation, se soit avancé sur la chaussée, et que le conducteur, aussi gêné par l'obstacle, ait dû s'avancer. Malheureusement, encore ici nous ne pouvons que faire des suppositions, puisqu'il n'existe pas à notre connaissance de recherche ayant étudié cette question précise.

Finalement, plus spécifiquement aux analyses de régressions logistiques, les variables relatives aux enfants piétons introduites dans les modèles ne contribuent à aucun de nos 5 modèles, sauf

pour la variable « zone d'attente non réglementaire », qui augmentent les probabilités de décélération du véhicule. Ainsi, mis en relation avec plusieurs autres variables, les caractéristiques d'enfants ne semblent pas avoir énormément d'influence sur le comportement des conducteurs et sur les conditions de l'interaction. Les recherches qui étudient les comportements des piétons en situation d'interaction comparent rarement les comportements de ces deux usagers entre eux et étudient le comportement d'un usager à la fois, qu'ils comparent habituellement à des caractéristiques individuelles telles que l'âge et le genre, de ce même usager (Dommes et al. 2015 ; Dumbaugh et Frank 2007 ; Zegeer et al. 2002B). Il est possible que les comportements d'interaction soient plus facilement explicables par des caractéristiques individuelles.

5.2 Des liens entre les comportements et l'environnement plus faciles à expliquer

Outre les variables « localisée à Montréal », « sens unique » et « route locale » toutes les variables environnementales sont significativement liées à au moins une variable dépendante. Cependant, les résultats les plus probants de notre recherche ont attiré au contrôle à l'intersection (arrêt, feu de circulation, présence de brigadier). De plus, le modèle évaluant la probabilité que la priorité soit laissée au piéton fournis le plus de résultats significatif allant dans le sens de nos hypothèses. Nous discuterons donc ici plus particulièrement de ces résultats, mais nous aborderons aussi quelques limites et défis attribuables à notre recherche, comme certains résultats difficiles à expliquer tels que ceux relatifs aux variables « virage à gauche », « distance véhicule-piéton de moins de 2 mètres » et « décélération du véhicule ».

5.2.1 Le contrôle du trafic à la traverse, facteur protecteur?

Les recherches qui étudient les interactions piéton-véhicule ciblent généralement un type de contrôle des traverses (Langbroek et al. 2012 ; Schroeder et Rouphail 2011 ; Dommes et al. 2015) ou comparent entre elles des intersections avec et sans contrôle (Tom et Granié 2011), puisque selon le type de contrôle, l'exposition du piéton à la traverse sera plus ou moins élevée. Selon nos résultats, le contrôle de la circulation semble particulièrement protecteur lorsqu'il est question d'interactions véhicule-piéton aux traverses situées à une intersection, mais à différents degrés.

Premièrement nos résultats confirment ce que plusieurs recherches mentionnent déjà concernant la présence de feu de circulation et de brigadier qui diminuent l'exposition de l'enfant piéton (Burigusa 2011 ; Cloutier 2008 ; Ewing et Dumbaugh 2009 ; Zegeer et al. 2002A). Effectivement, selon les résultats des Khi-deux, il y a significativement moins d'interactions lorsque les traverses sont contrôlées par un feu de circulation ou par un brigadier. Bien que certaines recherches notent une augmentation du risque de collision en présence d'un brigadier (Cloutier et Apparicio 2008 ; Rothman et al. 2014 ; Rothman et al. 2015), il est ici question d'exposition au trafic automobile, lors d'une interaction de trafic. Dans notre cas, il est possible que la présence de brigadier incite à plus de respect de la part du conducteur en termes d'interactions. D'ailleurs, selon les résultats de nos régressions logistiques, la probabilité de laisser la priorité piétonne est plus élevée en présence d'un brigadier. Concernant la présence d'un arrêt nos résultats divergent quelque peu des études, dans le sens où en présence de ce type de contrôle, il y a eu davantage d'interactions, donc plus d'exposition de l'enfant, puisque ce dernier se retrouvait sur la chaussée en même temps qu'une voiture croisait sa trajectoire.

Ainsi, comme le souligne Langbroek (2012), le feu de circulation donne beaucoup moins de possibilités d'interaction, puisqu'en excluant le comportement de non-respect des feux de circulation, seuls les véhicules effectuant un virage peuvent croiser la trajectoire de l'enfant qui traverse, comme l'illustre la figure 5.1. À notre connaissance, il n'existe pas d'étude portant sur la présence de brigadier et son impact sur les interactions, mais il serait intéressant d'étudier ce lien plus en profondeur. Nous traitons ici cette variable comme une variable environnementale, bien que l'information soit liée à la grille d'observation « enfant » et non à celle des « environnements de traversée ».

L'arrêt a possiblement moins d'effet persuasif sur le conducteur que les autres éléments de contrôle, quant au fait d'attendre que l'enfant ait complété sa traversée avant de passer sur la traverse. D'ailleurs, le comportement d'arrêt incomplet à une intersection signalisée par un arrêt est assez fréquent selon Woldeamanuel (2012) qui rapporte que la majorité (65 %) des comportements d'arrêt dans leur étude ne constituaient pas un arrêt complet. Selon leurs résultats, il y a davantage de comportements d'arrêts complets chez les plus jeunes conducteurs, en présence d'agent de la paix, en présence de passagers dans la voiture et la nuit. Dans notre cas, si l'automobiliste n'effectuait pas un arrêt complet, il y avait de fortes

chances que sa trajectoire croise celle du piéton encore sur la chaussée, à des distances variables.

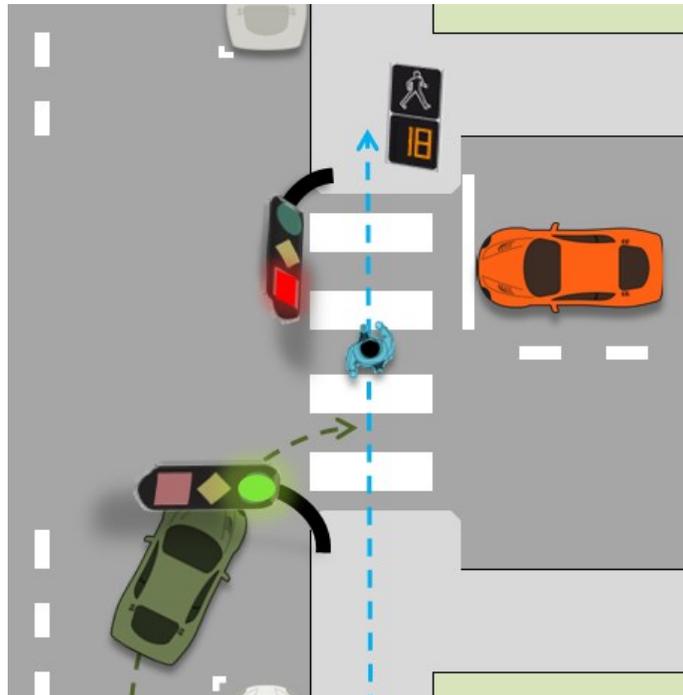


Figure 5.1 : Contrôle par le feu de circulation restreignant les mouvements possibles des véhicules lors de la traversée

Source : Auteure

5.2.2 Les facteurs environnementaux et le respect de la priorité piétonne : des liens pas toujours cohérents!

Selon nos résultats, la priorité piétonne a plus de probabilités d'être respectée en présence d'une voie cyclable, d'une avancée de trottoir et lorsque le stationnement est permis à proximité de la traverse (moins de 5 mètres). Nous avons précédemment vu que toutes ces caractéristiques peuvent réduire la largeur de la chaussée. Ainsi, dans la logique selon laquelle moins il y a de voie de circulation, plus il y a de respect de la priorité piétonne, ces derniers résultats sont cohérents avec nos hypothèses et la recherche de Fitzpatrick (2006), qui conclue que sur les routes avec moins de voies de circulations, donc moins larges, il y a davantage de respect de la priorité piétonne. Rappelons cependant que les voies cyclables de notre

échantillon peuvent être en site propre ou une bande sur la chaussée, ce qui dans le premier cas ne rétrécira pas nécessairement la chaussée.

Concernant le résultat traitant du respect de la priorité piétonne, les traverses de moins de 10 mètres, qui sont donc sur des voies assez étroites, ont une plus faible probabilité que le conducteur cède la priorité aux piétons, ce qui va à l'encontre des résultats de Fitzpatrick (2006) et de nos hypothèses. Autre résultat surprenant de notre recherche, la présence de marquage augmente le respect de la priorité piétonne, alors que selon ce que rapportait Dumbaugh et Frank (2007) de l'étude de (Zegeer et al. 2002B), le marquage n'influencerait pas l'action de laisser passer le piéton. Rappelons cependant que cette dernière étude concernait des piétons de tous âges et incluait seulement des traverses exemptes de feu de circulation ou d'arrêt, distinction que nous ne faisons pas dans nos analyses.

En se tournant vers d'autres recherches portant sur les facteurs influençant la priorité piétonne, on s'aperçoit d'ailleurs que ce comportement est aussi influencé par bien d'autres facteurs d'ordre individuels. Par exemple, les conducteurs de sexe masculin céderont plus tôt aux piétons que les femmes, alors que les conducteurs plus vieux, comparativement aux plus jeunes, auront davantage un comportement de respect de la priorité piétonne (Langbroek et al. 2012). De plus, les piétons tenant une canne, ceux habillés de vêtements colorés, entrant brusquement sur la traverse ou les caucasiens se verront plus souvent céder le passage par les automobilistes (Schneider et Sanders 2014). Une étude souligne même que les conducteurs de voitures de luxe respecteront moins la priorité piétonne (Piff et al. 2012).

5.2.3 Quelques limites de la recherche

Plusieurs limites sont attribuables aux différentes étapes de la méthodologie de notre recherche. Premièrement, concernant la collecte de données, même si les 9 observateurs ont été entraînés, il existe toujours un biais, particulièrement avec ce grand nombre d'observateurs. Bien que nous ayons tenté de faire des grilles de terrain simples, certaines variables se sont avérées plus difficiles à récolter que d'autres, telles que les comptages de véhicule qui sont particulièrement complexes aux traverses à fort volume. D'ailleurs concernant nos variables de comptage, le fait que la collecte se soit faite à un an d'intervalle avec les observations de

comportement constitue une autre limite. Il est aussi généralement conseillé d'utiliser des données de comptage récolté sur plusieurs jours afin d'avoir des données plus représentatives.

De plus, notre échantillon compte peu d'interaction (169), et ce à un petit nombre de traverses (39). Pour cette raison, il a fallu manipuler les modalités des variables, ce qui entraîne une perte de certaines informations, comme nous l'avons vu dans le cas de la variable « décélération du véhicule ». D'ailleurs selon Yergeau et Poirier (2013), le fait de transformer des variables à plusieurs modalités en variable dichotomiques n'est pas recommandé lors d'analyse de régression logistique, puisque cela entraîne la perte de certaines informations qui sont parfois primordiales.

Troisièmement, la grande quantité d'information à laquelle nous avons accès ne constitue pas en soi une limite, mais un défi en termes de choix des variables et des liens à dégager entre elles, bien que ces données constituent aussi une opportunité pour de futures recherches. Ainsi, les variables liées à l'exécution de la séquence comportementale (virage à gauche) et à l'extension des mesures de conflit de trafic (« distance véhicule-piéton de moins de 2 mètres » et « décélération du véhicule ») proposent des liens avec l'environnement qui sont difficiles à interpréter.

D'une part, les variables inspirées des mesures de conflit de trafic correspondent à des caractéristiques de l'interaction à certains moments de la traversée de l'enfant, soit; le comportement de vitesse du véhicule, lorsque l'enfant s'engage; et la distance véhicule-piétons, lorsque le piéton est en traversée. Il n'est pas facile d'expliquer le lien entre ces caractéristiques d'interactions et les caractéristiques des environnements. Par exemple, le résultat qui révèle que la présence de voie cyclable diminue la probabilité de courte distance véhicule-piéton n'est pas intuitif. Il manque des informations pour l'expliquer.

D'autre part, concernant la variable qui a trait à la séquence comportementale, soit le « virage à gauche », comme mentionnée précédemment, elle traduit une condition de l'interaction qui est en soi grandement régie par les composantes de l'environnement (intersection en T, sens unique), ce qui implique que certaines traverses auront implicitement une sous-représentation de ce comportement. Ainsi, les véhicules en interactions dans notre échantillon n'ont pas les mêmes « opportunités » de virage à gauche. Il faut donc interpréter les résultats de ce modèle avec prudence.

CONCLUSION

Dans l'optique d'évaluer le risque routier autour de certaines écoles du Québec, et puisque les collisions sont plutôt rares chez les enfants (Gutierrez et al. 2008), nous avons utilisé des données d'observations d'interactions de trafic, puisqu'aucun conflit de trafic n'a été observé sur les 1481 observations de traversée d'enfant. Cela concorde avec ce que soulevait Hydén (1987) dans la pyramide de sécurité; les conflits sont beaucoup moins fréquents que les interactions de trafic.

Le but de cette recherche était de répondre à la question suivante : « Dans quelle mesure les caractéristiques de l'environnement routier autour de traverses piétonnes permettent-elles d'expliquer les interactions entre un enfant piéton et un véhicule? ». Or, en nous inspirant des recherches qui ont évalué la sévérité des conflits de trafic, nous avons utilisé les informations collectées lors du projet ESSAIM comme des indicateurs de sévérité d'interaction. Ainsi, nous avons tenté d'analyser d'une part l'association entre la présence d'interaction enfant-véhicule et les caractéristiques des traverses, ainsi que certaines caractéristiques des enfants, et d'autre part la probabilité d'observer certains comportements de conducteur selon ces mêmes caractéristiques environnementales et individuelles. Les comportements des conducteurs avaient attiré au respect ou non des règles (priorité piétonne, diagnostic d'interaction); au mouvement de virage à gauche pouvant compromettre l'exécution des étapes de la séquence comportementale et à certains indicateurs de conflit de trafic (distance piéton-véhicule et comportement de vitesse du conducteur).

Les résultats les plus probants dans notre cas sont en lien avec le contrôle à l'intersection et la présence d'une interaction. Le feu de circulation et la présence de brigadier ont un effet protecteur pour les enfants qui traversent à un passage piéton. Bien que nous ayons obtenu plusieurs autres résultats significatifs, force est de constater qu'il n'est pas simple de prédire des comportements tels que le respect de la priorité piétonne. De plus, nous avons constaté le défi de comparer des comportements d'usagers entre eux, qui nécessite une grande quantité d'information difficile à collecter sur le terrain. Ainsi, en réponse à notre question, nous pouvons conclure que certaines caractéristiques des traverses peuvent influencer les comportements des conducteurs en interactions avec un enfant piéton, lors de sa traversée, mais l'interaction est en soi régie par de multiples facteurs (humains, environnement, voiture).

De futures recherches pourraient tenter des modèles multiniveaux, afin de mieux saisir l'influence de variables comportementales et individuelles. De plus, puisque certains environnements de traversées ont connu des modifications de leurs aménagements, il serait pertinent de faire de nouvelles collectes de données, afin d'effectuer des analyses « avant-après », qui permettraient d'évaluer les comportements selon les changements de l'environnement. Aussi, il serait intéressant dans d'éventuelles recherches de tenter de mieux comprendre le lien qui existe entre les comportements de respect ou non des conducteurs et ceux de l'enfant, telle que la recherche visuelle. Les études en situation réelle de conduite pourraient possiblement aider à ce genre d'étude, puisqu'elles permettent d'étudier certaines subtilités contextuelles (comportementales) qui ne pouvaient pas être décelé par notre méthode d'observation.

ANNEXE 1 : RÉSULTATS DE LA CAH POUR LE CLASSEMENT DES ENVIRONNEMENT D'ÉCOLE

Classe	N		Nombre de parcs	% aire ZP parcs	% aire ZP résidentiel	% aire ZP commercial	% aire ZP industriel	% aire ZP vacant	Longueur route majeure (m)	Périmètre moyen des îlots	Feux de circulation (n)	Brigadiers (n)	Type de route école (1=majeure)
1	27	Moyenne	13,89	9,07	36,65	7,65	3,51	2,59	16705,56	579,44	61,41	12,15	0,48
		Médiane	13,00	9,59	34,85	6,40	3,55	2,35	16718,00	573,00	63,00	12,00	0,00
2	17	Moyenne	7,94	6,53	44,38	4,06	0,46	4,25	10651,59	976,71	12,94	4,00	1,00
		Médiane	7,00	5,96	44,66	4,43	0,08	2,24	10995,00	894,00	11,00	5,00	1,00
3	25	Moyenne	6,76	5,44	41,31	3,86	1,30	2,94	7826,68	923,12	11,28	3,16	0,00
		Médiane	6,00	4,72	41,06	3,79	0,18	2,13	7834,00	874,00	10,00	3,00	0,00
4	29	Moyenne	9,07	10,32	38,60	10,34	3,28	5,87	10804,72	1098,59	12,69	3,45	0,07
		Médiane	8,00	6,90	35,88	10,95	1,34	4,72	10535,00	1034,00	11,00	3,00	0,00
5	21	Moyenne	7,71	6,51	43,31	5,30	1,66	1,17	14820,05	701,52	39,10	10,71	0,00
		Médiane	7,00	5,05	42,81	4,81	1,34	1,04	14316,00	702,00	42,00	10,00	0,00
6	5	Moyenne	5,80	5,38	26,07	8,30	25,65	2,23	6034,80	898,40	13,20	5,40	0,20
		Médiane	6,00	5,50	23,80	7,67	26,03	1,72	3993,00	899,00	16,00	5,00	0,00
Total	124	Moyenne	9,14	7,70	39,81	6,65	3,17	3,40	11955,85	858,15	27,54	6,67	0,27
		Médiane	8,00	6,13	39,79	5,74	0,95	2,11	11402,50	758,00	18,50	5,50	0,00

ZP : Zone du périmètre d'un kilomètre

ANNEXE 2 : FORMULAIRE ESSAIM : ENVIRONNEMENT DE TRAVERSÉES

Grille observation environnement des traversées

Heure	Date	Météo	Site observation	Rue traversée	Direction rue traversée	Nom enquêteur

Signalisation

<i>sens unique</i>	oui	non			
	Entrant	Sortant			
<i>arrêt</i>	oui	non			
<i>feu signalisation</i>	oui	non			
<i>feu piéton</i>	oui	non			
<i>Décompte numérique</i>	oui	non			
<i>Bouton d'appel</i>	oui	non			
<i>Aucune signalisation</i>	oui	Non			
<i>Vitesse affichée (km/h)</i>	30	40	50	70	N.A.

Aménagements

<i>Terre-plein</i>	oui	non
<i>Apaisement de circulation</i>	oui	non

Marquage de la traversée

<i>Deux lignes parallèles</i>	oui	non
<i>Zébré blanc</i>	oui	non
<i>Zébré jaune</i>	oui	non
<i>Pavé ou autre revêtement différent du bitume</i>	oui	non
<i>Aucun marquage au sol</i>	oui	non

Piste cyclable

<i>Piste en site propre</i>	oui	non
<i>Piste sur rue (marquage et délimitateur)</i>	oui	non
<i>Bande cyclable</i>	oui	non

Dégagement des coins (visibilité à 5 mètres)

<i>Objets sur le trottoir : bacs à fleur, boîte postale, etc.</i>	1 côté	2 côtés	aucun
<i>Objets dans la rue : station bixi, stationnement vélo, etc.</i>	1 côté	2 côtés	aucun
<i>Objets sur le lot : building rapproché, haie, clôture, etc.</i>	1 côté	2 côtés	aucun
<i>Stationnement (non-interdit)</i>	1 côté	2 côtés	aucun
<i>Voiture stationnée lors de l'observation?</i>	1 côté	2 côtés	aucun
<i>Présence de saillie de trottoir dans le 5 mètre</i>	1 côté	2 côtés	aucun

Phasage des feux (si applicable) en secondes

	Priorité bus et taxi (ligne blanche)	Flèche verte tout droit	Verte « pleine »	Verte clignotante	Orange	Rouge
(dans quel ordre d'apparition?)						
	Bonhomme ou décompte		Main clignotante		Main rouge	
(dans quel ordre d'apparition?)						

ANNEXE 3 : FORMULAIRE ESSAIM : ENFANT

Grille observation enfant

# observation	Heure	Météo	Date	Site observation	Rue traversée	Direction rue traversée	Nom enquêteur

Piéton choisi

Âge
5-8
9-12
Sexe (H-F)
Garçon
Fille

Accompagnants	
Adulte	Enfant
Combien?	
Sexe des accompagnateurs	
H	F

Activités à l'approche de la traversée	
Joue	
Discute	
Aucune	
Autres	

Objet tenu dans la main de l'enfant	
Vélo	
Trottinette	
Planche à roulette	
Roller, etc.	
Poussette	
Autres	

Vitesse de marche

Rapide (et course)	
Normale	
Lente	
Très lente	

Avant la traversée

Zone d'attente du piéton	Réglementaire (sur le trottoir)	
	Non-réglementaire (sur la chaussée)	
	Sur le terre-plein	
	N/A	
FAUX DÉPART	oui	

Nombre de piétons se présentant pour traverser (en même temps que l'enfant choisi)	Seul	
	2 personnes	
	3 – 5 personnes	
	6 personnes et plus	
	Groupe sous supervision (scolaire, camp jour)	

Tempo du sujet avant la traversée (à l'approche)	S'arrête	
	Ralentit	
	Accélère	
	Rythme de marche régulier	

Mouvement(s) de tête et regard avant la traversée	Vers le feu	
	Vers les véhicules en circulation	
	Vers les autres piétons (enfants ou adultes)	
	Vers le sol	
	Vers un appareil électronique ou autres (téléphone, livre, lecteur de musique, etc.)	
	Regard droit devant	
	Regarde partout en même temps	

Hésitation avant la traversée?	Oui
	Non

Nombre de véhicules qui passent avant la traversée	
Aucun	NOMBRE:

Grille observation enfant

Au début de la traversée

<i>Site de traversée</i>	Passage piéton (pp)		<i>État du feu au début de la traversée du piéton</i>	Flèche verte « tout droit »	
	Moins de 5 mètres du pp			Flèche verte clignotante	
	Moins de 5 mètres du pp entre véhicules stationnés			Feu vert	
	Plus de 5 mètres du pp			Feu jaune	
	Plus de 5 mètres du pp entre véhicules stationnés			Feu rouge	
	AUTRE : (ex : entre véhicules en mouvement)			Bonhomme blanc	
		Main rouge clignotante			
		Main rouge			
		Chandelle blanche (priorité bus)			
		Non-applicable			

Au milieu de la traversée

<i>Mouvement(s) de tête et regard pendant la traversée</i>	Vers le feu		<i>Tempo du piéton au milieu de la chaussée</i>	S'arrête	
	Vers les véhicules en circulation			Ralentit	
	Vers les autres piétons (enfants ou adultes)			Accélère	
	Vers le sol			Rythme de marche régulier	
	Vers un appareil électronique ou autres (téléphone, livre, lecteur de musique, etc.)				
	Regard droit devant				
	Regarde partout en même temps				

À la fin de la traversée

<i>État du feu à la fin de la traversée du piéton</i>	Flèche verte « tout droit »	Bonhomme blanc
	Flèche verte clignotante	Main rouge clignotante
	Feu vert	Main rouge
	Feu jaune	Chandelle blanche (priorité bus)
	Feu rouge	Non-applicable

Diagnostic de fin de traversée

<i>Type de traversée</i>	Ligne droite		<i>Rythme de marche</i>	Rythme de marche régulier	
	Droit + diagonale (fin en dehors du pp)			Rythme de marche irrégulier	
	Diagonale (pas du tout dans le pp)				
	AUTRE : (ex : en zigzag entre les voitures)				

Interaction avec adulte

<i>Brigadier scolaire adulte?</i>	Oui		<i>Supervision</i>	Pas de supervision	
	non			Enfant derrière adulte	
<i>Échange de regard</i>	Pas d'échange			Supervision verbale, enfant hors de portée	
	Enfant regarde adulte			Supervision rapprochée, enfant à portée de main	
	Adulte regarde enfant			Contact physique (main, manteau)	
	Regard mutuel			Supervision visuelle uniquement	
<i>Initiative de la traversée</i>	autre		<i>Tenue de la main lors de la traversée</i>	Pas du tout	
	Enfant initiateur			Par intermittence	
	Parent initiateur			De façon continue	
<i>Intervention de sécurité routière</i>	Non applicable				
	Oui				
	Non				
	Non applicable				

Projet ESSAIM et PARI : Collecte sur le terrain été 2013

ANNEXE 4 : FORMULAIRE ESSAIM : VÉHICULE

Grille observation Véhicule en interaction dans le corridor de la traversée

# observation	Heure	Date	Site observation	Rue traversée	Direction rue traversée	Nom enquêteur

Interactions entre usagers (n'importe quel usager qui CROISE la ligne de traversée PENDANT que le piéton y est)

	Véhicule 1	Véhicule 2	Véhicule 3	Véhicule 4
Type	auto vélo moto et 2 roues quadri-porteur camions taxi skate-roller-trottinette Autobus (tous)			
Dépassé la ligne d'arrêt (minimum : capot)	oui non N/A (pas de ligne)			
Comportement du véhicule à l'approche	Vitesse constante Accélère Décélère En attente	Vitesse constante Accélère Décélère En attente	Vitesse constante Accélère Décélère En attente	Vitesse constante Accélère Décélère En attente
Mouvement du véhicule	Tout droit virage à gauche virage à droite			
Distance véhicule-piéton lors du « croisement »	0 à 1 mètre 1,1 à 2 mètres Plus de 2 mètres	0 à 1 mètre 1,1 à 2 mètres Plus de 2 mètres	0 à 1 mètre 1,1 à 2 mètres Plus de 2 mètres	0 à 1 mètre 1,1 à 2 mètres Plus de 2 mètres
Geste ou parole du PIÉTON (voir liste)				
Geste ou parole de l'AUTRE USAGER (voir liste)				
Type d'interaction	Simple Multiple	Simple Multiple	Simple Multiple	Simple Multiple
Priorité	Piéton => Véhicule Véhicule=>Piéton N.A.	Piéton => Véhicule Véhicule=> Piéton N.A.	Piéton => Véhicule Véhicule=> Piéton N.A.	Piéton => Véhicule Véhicule=> Piéton N.A.
Diagnostic de conflit (voir exemples)				

LISTE DES COMPORTEMENTS À NOTER POUR LES PIÉTONS et les AUTRES USAGERS

- 0 : Contact visuel (visible par l'observateur)
- 1 : Hoche la tête en signe de remerciement OU en réponse au piéton
- 2 : Geste de la main en signe de remerciement OU "Il n'y a pas de quoi"
- 3 : Pointe la signalisation du doigt, d'un air mécontent
- 4 : Fait signe de ralentir ou de patienter
- 5 : Gestes de la main en signe de mécontentement
- 6 : Gestes vulgaires de la main
- 7 : Fait un signe de la main pour dire qu'il laisse passer le véhicule/le piéton
- 8 : Avance la main pour signifier qu'il veut traverser (piéton)
- 9 : Fait des bruits de moteur qui accélère (automobiliste)
- 10 : Klaxonne (automobiliste)
- 11 : Autres: (préciser dans la section Commentaires)

Diagnostic de conflit de trafic

<i>Sans interaction avec un véhicule (ex : piéton traverse seul)</i>	<i>Interaction mais impossibilité de conflit (ex : mouvements qui ne se croisent pas : les deux protagonistes vont dans la même direction)</i>	<i>Interaction avec conflit possible et respect des règles (ex : croisement des mouvements : un piéton qui va tout droit et un véhicule qui tourne à droite)</i>	<i>Interaction avec conflit possible et non-respect des règles (ex : un piéton qui va tout droit et un véhicule qui tourne à droite et qui ne laisse pas passer le piéton en premier)</i>	<i>Interaction avec conflit et manœuvre d'évitement ou collision (ex : un véhicule qui freine pour éviter un piéton)</i>
1	2	3	4A : si c'est le piéton qui ne respecte pas la règle 4B : si c'est le conducteur du véhicule qui ne respecte pas la règle 4C : Si c'est les deux	5

NB : Dans ce mémoire, seuls les diagnostics de type 3 et 4 ont été utilisés comme étant des interactions. Aucun conflit n'a été observé durant les observations ESSAIM.

ANNEXE 5 : FORMULAIRE ESSAIM : COMPTAGE DES PIÉTONS

1 Piétons	30 min avant	15 min avant	15 min après
Enfants			
Adultes			

TRAVERSÉE PIÉTONNE

2 Piétons	30 min avant	15 min avant	15 min après
Enfants			
Adultes			

ANNEXE 6 : FORMULAIRE ESSAIM : COMPTAGE DES VÉHICULES

3 ↙	30 min avant	15 min avant	15 min après
Véhicules			
Camions			
Vélos			

4 ↓	30 min avant	15 min avant	15 min après
Véhicules			
Camions			
Vélos			

5 ↘	30 min avant	15 min avant	15 min après
Véhicules			
Camions			
Vélos			

TRAVERSÉE PIÉTONNE

6 ↖	30 min avant	15 min avant	15 min après
Véhicules			
Camions			
Vélos			

7 ↑	30 min avant	15 min avant	15 min après
Véhicules			
Camions			
Vélos			

8 ↗	30 min avant	15 min avant	15 min après
Véhicules			
Camions			
Vélos			

ANNEXE 7 : RÉSUMÉ DU CONTENU DES FORMULAIRES TRONÇON ET TRAVERSE

Formulaires		Observations
1	Tronçons	Présence de courbe horizontale
		Présence de courbe verticale
		Présence de corridor scolaire
		Présence de mesure physique temporaire et permanentes TRONÇON
2 & 6	Voie de circulation routière/piétonne paire et impaire	Séparation des voies
		Nombre de voie de circulation
		Présence de voie partagée ou réservée
		Type de stationnement sur rue
		Présence de voie cyclable et type de séparation de la voie cyclable
		Présence d'arrêt de transport en commun
		Condition de stationnement
		Présence de panneau
		Présence de marquage
		Signalisation du bollard centrale
		Présence de trottoir
3 & 5	Dimension des voies de circulation piétonne paire et impaire	Présence de banquette (entre le trottoir et la chaussée)
		Largeur Moyenne de la zone de marquage (faux terre-plein)
		Largeur moyenne de la zone de stationnement avec marquage
		Largeur moyenne de la voie cyclable et de la séparation de la voie cyclable
		Largeur moyenne de la banquette (entre le trottoir et la chaussée)
4	Dimension des voies de circulation routière	Largeur moyenne du trottoir
		Largeur moyenne de l'ensemble des voies de circulation des véhicules (incluant stationnement sans marquage)
		Largeur moyen du terre-plein central
7	Traverse	Largeur moyenne de la zone de marquage CENTRALE
		Marquage de la traversée
		Présence de ligne d'arrêt
		Présence et positionnement de signalisation pour automobiliste à la traversée
		Présence de signalisation pour piéton à la traversée
		Présence de mesure physique permanente ou temporaire
		Séparation des voies à la traverse
		Nombre de voie de circulation à la traverse
		Condition de stationnement 5 mètres
		Largeur des trottoirs
		Largeur moyenne de la banquette (entre le trottoir et la chaussée)
		Largeur des voies cyclables
		Largeur moyenne de la voie cyclable et de la séparation de la voie cyclable
		Largeur des zones de stationnement avec marquage
		Largeur des zones de marquage (faux terre-plein)
Largeur de l'ensemble des voies de la chaussée		
Largeur du terre-plein central		

NB : Les observations utilisées pour les analyses sont surlignées en gris

ANNEXE 8 : MATRICE DE CORRÉLATION DE SPEARMAN ENTRE LES VARIABLES DES MODÈLES DE RÉGRESSION LOGISTIQUE

	Décélération du véhicule	Virage à gauche	Distance de croisement de moins de 2m	Priorité laissé au piéton	Conflit possible et non-respect du conducteur	Enfant accompagné	Autre (s) piéton (s) présent à la traverse	Zone d'attente non réglementaire	Regard vers le sol avant et pendant la traversée	Regard droit devant, avant et pendant la traversée
Décélération	1,000	-, 034	.169*	-, 096	, 072	-, 029	-, 040	.227**	, 085	-, 021
Virage à gauche	-, 034	1,000	, 004	-, 059	, 073	, 004	, 057	-, 034	, 062	-, 080
Distance de croisement de moins de 2m	.169*	, 004	1,000	-, 073	.184*	, 100	, 096	, 077	-, 057	-, 016
Priorité laissé au piéton	-, 096	-, 059	-, 073	1,000	-.260**	, 054	, 049	-, 079	, 141	, 136
Conflit possible et non-respect du conducteur	, 072	, 073	.184*	-.260**	1,000	, 024	, 047	, 098	-, 115	, 002
Enfant accompagné	-, 029	, 004	, 100	, 054	, 024	1,000	.768**	-, 103	, 049	-, 076
Autre (s) piéton (s) présent à la traverse	-, 040	, 057	, 096	, 049	, 047	.768**	1,000	-.205**	-, 020	, 018
Zone d'attente non réglementaire	.227**	-, 034	, 077	-, 079	, 098	-, 103	-.205**	1,000	-, 058	-, 053
Regard vers le sol avant et pendant la traversée	, 085	, 062	-, 057	, 141	-, 115	, 049	-, 020	-, 058	1,000	, 110
Regard droit devant, avant et pendant la traversée	-, 021	-, 080	-, 016	, 136	, 002	-, 076	, 018	-, 053	, 110	1,000
Traverse de 10m et moins	-, 017	, 009	, 017	, 021	, 100	, 075	-, 029	-, 012	, 138	, 140
Sens Unique	-, 100	-, 079	, 061	, 012	, 028	.273**	.187*	, 025	, 118	-, 103
Présence d'une route majeure à l'intersection	-.404**	-, 008	-.228**	-, 057	-.158*	-.228**	-.171*	-, 113	-, 030	-, 090
Présence d'un brigadier	-, 078	-.235**	-, 143	, 120	, 066	-, 110	, 015	-.171*	-, 083	.154*
Traverse contrôlée par un arrêt	-, 098	-, 069	-, 078	.314**	, 064	-, 141	-, 146	, 114	-, 045	.166*
Présence de marquage à la traverse	-, 017	, 003	-, 003	.186*	-.155*	-, 027	, 078	-, 004	-, 031	-, 012
Présence d'un terre-plein	-.160*	.265**	-, 022	-.215**	, 112	-, 078	, 007	-, 001	-, 102	-, 044
Présence d'avancée de trottoir	-, 128	, 145	, 113	-, 114	.169*	, 096	, 113	-, 002	-, 076	, 109
Présence de voies cyclables	-, 144	-, 022	-.210**	, 009	, 045	-.174*	-.300**	-, 062	.171*	, 050
Possibilité de stationnement à 5m de la traverse	, 106	-, 099	, 062	, 106	, 005	, 073	, 041	, 022	.276**	, 042
Comptage de voiture	-, 110	-, 009	, 041	-, 124	, 060	-.262**	-.245**	, 091	-, 038	-, 116
Comptage d'enfant	-, 014	-, 028	-, 049	, 085	-, 080	-, 145	, 022	, 015	-, 139	, 037
Localisée à Montréal	, 087	, 002	.224**	-, 110	-, 045	, 145	.153*	, 117	-, 034	-.180*

* Significatif à 0,05, ** Significatif à 0,01

	Traverse de 10m et moins	Sens Unique	Présence d'une route majeure à l'intersection	Présence d'un brigadier	Traverse contrôlée par un arrêt	Présence de marquage à la traverse	Présence d'un terre-plein	Présence d'avancée de trottoir	Présence de voies cyclables	Possibilité de stationnement à 5m de la traverse	Comptage de voiture	Comptage d'enfant	Localisée à Montréal
Décélération du véhicule	-, 017	-, 100	-.404**	-, 078	-, 098	-, 017	-.160*	-, 128	-, 144	, 106	-, 110	-, 014	, 087
Virage à gauche	, 009	-, 079	-, 008	-.235**	-, 069	, 003	.265**	, 145	-, 022	-, 099	-, 009	-, 028	, 002
Distance de croisement de moins de 2m	, 017	, 061	-.228**	-, 143	-, 078	-, 003	-, 022	, 113	-.210**	, 062	, 041	-, 049	.224**
Priorité laissé au piéton	, 021	, 012	-, 057	, 120	.314**	.186*	-.215**	-, 114	, 009	, 106	-, 124	, 085	-, 110
Conflit possible et non-respect du conducteur	, 100	, 028	-.158*	, 066	, 064	-.155*	, 112	.169*	, 045	, 005	, 060	-, 080	-, 045
Enfant accompagné	, 075	.273**	-.228**	-, 110	-, 141	-, 027	-, 078	, 096	-.174*	, 073	-.262**	-, 145	, 145
Autre (s) piéton (s) présent à la traverse	-, 029	.187*	-.171*	, 015	-, 146	, 078	, 007	, 113	-.300**	, 041	-.245**	, 022	.153*
Zone d'attente non réglementaire	-, 012	, 025	-, 113	-.171*	, 114	-, 004	-, 001	-, 002	-, 062	, 022	, 091	, 015	, 117
Regard vers le sol avant et pendant la traversée	, 138	, 118	-, 030	-, 083	-, 045	-, 031	-, 102	-, 076	.171*	.276**	-, 038	-, 139	-, 034
Regard droit devant, avant et pendant la traversée	, 140	-, 103	-, 090	.154*	.166*	-, 012	-, 044	, 109	, 050	, 042	-, 116	, 037	-.180*
Traverse de 10m et moins	1,000	, 065	-.230**	-.201**	.419**	, 034	-.273**	, 123	.375**	-, 011	-.284**	-, 127	-.180*
Sens Unique	, 065	1,000	-, 062	-, 060	-, 088	, 033	-.164*	, 089	-.260**	.348**	-.211**	-, 044	.408**
Présence d'une route majeure à l'intersection	-.230**	-, 062	1,000	, 146	-, 069	-, 051	.240**	-.194*	.380**	, 090	.369**	, 113	-, 113
Présence d'un brigadier	-.201**	-, 060	, 146	1,000	, 012	-.175*	, 073	, 024	-, 015	, 028	, 064	.267**	-, 063
Traverse contrôlée par un arrêt	.419**	-, 088	-, 069	, 012	1,000	.294**	-.163*	, 025	.277**	-.302**	-, 037	.230**	-.376**
Présence de marquage à la traverse	, 034	, 033	-, 051	-.175*	.294**	1,000	, 147	.222**	0,000	-.226**	, 133	.371**	-, 102
Présence d'un terre-plein	-.273**	-.164*	.240**	, 073	-.163*	, 147	1,000	.664**	.266**	-.192*	.469**	, 110	-, 090
Présence d'avancée de trottoir	, 123	, 089	-.194*	, 024	, 025	.222**	.664**	1,000	, 058	-.290**	.309**	.281**	.156*
Présence de voies cyclables	.375**	-.260**	.380**	-, 015	.277**	0,000	.266**	, 058	1,000	-, 107	.268**	-.182*	-.607**
Possibilité de stationnement à 5m de la traverse	-, 011	.348**	, 090	, 028	-.302**	-.226**	-.192*	-.290**	-, 107	1,000	-, 098	-.350**	.198**
Comptage de voiture	-.284**	-.211**	.369**	, 064	-, 037	.133	.469**	.309**	.268**	-, 098	1,000	.242**	, 113
Comptage d'enfant	-, 127	-, 044	, 113	.267**	.230**	.371**	, 110	.281**	-.182*	-.350**	.242**	1,000	, 110
Localisée à Montréal	-.180**	.408**	-, 113	-, 063	-.376**	-, 102	-, 090	-.156*	-.607**	.198**	, 113	, 110	1,000

* Significatif à 0,05, ** Significatif à 0,01

BIBLIOGRAPHIE

Adresse-Québec. 2012. AQ Réseau. <http://adressesquebec.gouv.qc.ca/agreseau.asp#>.

Ampofo-Boateng, Kwame et James A Thomson. 1991. « Children's perception of safety and danger on the road. » *British Journal of Psychology* 82 (4): 487-505.

Armstrong, Neil. 1993. « Independent mobility and children's physical development. » *RESEARCH REPORT-POLICY STUDIES INSTITUTE* : 35-35.

Banville, Marie-Sophie et Juan Torres. 2014. « La sécurité routière chez les enfants: facteurs environnementaux - Recension des écrits. » *Non publié*.

Bellefleur, Olivier et François Gagnon. 2012. Apaisement de la circulation urbaine et santé une revue de littérature. Montréal, Qué.: Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et le santé. <http://site.ebrary.com/id/10534618>.

Bergeron, Jacques, Brigitte Cambon de Lavalette, Charles Tijus, Sébastien Poitrenaud, Christine Leproux, Jean-Pierre Thouez et André Rannou. 2008. « Effets des caractéristiques de l'environnement sur le comportement des piétons à des intersections urbaines. » *Le piéton et son environnement : quelles interactions?, quelles adaptations? actes du premier colloque francophone international de la Plate-forme Intégratrice "Comportement du Piéton dans son Environnement" (COPIE), École Normale Supérieure, Paris, 8 novembre 2007.*

Bergerons, Jacques. 2012. Devis de recherche: Projet Environnement Scolaire Sécuritaire et Analyse des Interventions Municipales (ESSAIM). : Université de Montréal.

Bhatia, Rajiv et Megan Wier. 2011. « "Safety in Numbers" re-examined: Can we make valid or practical inferences from available evidence? » *Accident Analysis & Prevention* 43 (1): 235-240. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.08.015>.

Briem, Valdimar et Hans Bengtsson. 2000. « Cognition and character traits as determinants of young children's behaviour in traffic situations. » *International Journal of Behavioral Development* 24 (4): 492–505.

Burigusa, Guillaume. 2011. *Sécurité des élèves du primaire lors des déplacements à pied et à vélo entre la maison et l'école au Québec avis scientifique*. Montréal: Direction du développement des individus et des communautés, Institut national de santé publique du Québec. http://www.inspq.gc.ca/pdf/publications/1243_SecuriteElevesDeplacementsMaisonEcole.pdf.

- Chin, Hoong-Chor et Ser-Tong Quek. 1997. « Measurement of traffic conflicts. » *Safety Science* 26 (3): 169-185. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535\(97\)00041-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00041-6).
- Clifton, Kelly J. et Kandice Kreamer-Fults. 2007. « An examination of the environmental attributes associated with pedestrian–vehicular crashes near public schools. » *Accident Analysis & Prevention* 39 (4): 708-715. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2006.11.003>.
- Cloutier, Marie-Soleil. 2008. « Les accidents de la route impliquant des enfants piétons : analyse spatiale des risques potentiels et des risques perçus pour une meilleure prévention. » Département de Géographie, Faculté des Arts et des Sciences Université de Montréal.
- Cloutier, Marie-Soleil et Philippe Apparicio. 2008. « 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. » *Territoire en mouvement [En ligne]* (1): 25-38. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77957151657&partnerID=40&md5=10b020804c14ea55031d7fde80378aec>.
- Cloutier, Marie-Soleil, Mathieu Tremblay, Patrick Morency et Philippe Apparicio. 2014. « Carrefours en milieu urbain : quels risques pour les piétons ? Exemple empirique des quartiers centraux de Montréal, Canada. » *Recherche Transports Sécurité* 2014 (01): 3-20. 10.4074/S0761898014001010.
- Colwell, John et Angus Culverwell. 2002. « An examination of the relationship between cycle training, cycle accidents, attitudes and cycling behaviour among children. » *Ergonomics* 45 (9): 640-648.
- Connelly, Marie L., Helen M. Conaglen, Barry S. Parsonson et Robert B. Isler. 1998. « Child pedestrians' crossing gap thresholds1. » *Accident Analysis & Prevention* 30 (4): 443-453. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(97\)00109-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(97)00109-7).
- Cooper, Ashley R., Angie S. Page, Lucy J. Foster et Dina Qahwaji. 2003. « Commuting to school: are children who walk more physically active? » *American Journal of Preventive Medicine* 25 (4): 273-276.
- Davies, John, Alastair Ross, Brendan Wallace et Linda Wright. 2003. *Safety Management: A Qualitative Systemes Approach*. : Taylor & Francis. <http://www.myilibrary.com?ID=9484>
<http://lib.myilibrary.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/Open.aspx?id=9484>.
- Davison, Kirsten K, Jessica L Werder et Catherine T Lawson. 2008. « Children's active commuting to school: current knowledge and future directions. » *Prev Chronic Dis* 5 (3): A100.

- Demetre, James D et Susan Gaffin. 1994. « The salience of occluding vehicles to child pedestrians. » *British Journal of Educational Psychology* 64 (2): 243-251.
- DiMaggio, Charles et Guohua Li. 2012. « Roadway characteristics and pediatric pedestrian injury. » *Epidemiologic Reviews* 34 (1): 46-56. doi: 10.1093/epirev/mxr021.
- Dommes, Aurélie, Marie-Axelle Granié, Marie-Soleil Cloutier, Cécile Coquelet et Florence Huguenin-Richard. 2015. « Red light violations by adult pedestrians and other safety-related behaviors at signalized crosswalks. » *Accid Anal Prev* 80: 67-75. doi: 10.1016/j.aap.2015.04.002.
- Dumbaugh, Eric et Lawrence Frank. 2007. « Traffic safety and safe routes to schools : synthesizing the empirical evidence. » *Transportation research record* (2009): 89-97.
- Duranceau, Alexandra et Paul Lewis. 2010. *Le transport actif et le système scolaire à Montréal et à Trois-Rivières une synthèse de l'analyse du système d'acteurs concernés par le transport actif des élèves des écoles primaires au Québec : résumé*. Institut national de santé publique du Québec. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/1972881>.
- Ewing, Reid et Eric Dumbaugh. 2009. « The built environment and traffic safety: A review of empirical evidence. » *Journal of Planning Literature* 23 (4): 347-367. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-66649089505&partnerID=40&md5=f6e7497e6df7ce3e3431ed8e40a87651>.
- Fitzpatrick, Kay. 2006. *Improving pedestrian safety at unsignalized crossings*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Gouvernement du Canada. 2000. *Cadre applicable aux avis en matière de sciences et de technologie : principes et lignes directrices pour une utilisation efficace des avis relatifs aux sciences et à la technologie dans le processus décisionnel du gouvernement*. [Ottawa]: Gouvernement du Canada.
- Granié, Marie-Axelle. 2004. *L'éducation routière chez l'enfant, évaluation d'actions éducatives: apports de la recherche en psychologie du développement à la compréhension de l'enfant en sécurité routière*. INRETS.
- GRVM (Groupe de recherche Ville et mobilité). 2008. *Le transport actif et le système scolaire à Montréal et à Trois-Rivières analyse du système d'acteurs concernés par le transport actif des élèves des écoles primaires au Québec : rapport synthèse*. Montréal: Groupe de recherche Ville et mobilité. <http://mapageweb.umontreal.ca/lewisp/GVM%20Transport%20actif%20et%20syst%C3%A8me%20scolaire.pdf>.

- Gutierrez, Nicolas, Marla Orenstein, Jill Cooper, Thomas Rice et David R Ragland. 2008. « Pedestrian and Bicyclist Safety Effects of the California Safe Routes to School Program. ». <http://www.escholarship.org/uc/item/38v7z45z>.
- Huang, Herman F. et Michael J. Cynecki. 2000. « Effects of traffic calming measures on pedestrian and motorist behavior. » *Transportation Research Record* (1705): 26-31. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0034431893&partnerID=40&md5=164b0cb067f75ffb3ac8ab6c5675c7e7>.
- Hydén, Christer. 1987. *The development of a method for traffic safety evaluation : the Swedish traffic conflicts technique*. Lund: Trafikteknik, Tekniska Högskolan i Lund.
- Jacobsen, Peter Lyndon. 2003. « Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. » *Injury prevention* 9 (3): 205-209. doi: 10.1136/ip.9.3.205.
- Kaparias, Ioannis, Michael GH Bell, John Greensted, Saffier Cheng, Ashkan Miri, Christopher Taylor et Bill Mount. 2010. « Development and implementation of a vehicle-pedestrian conflict analysis method. » *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2198 (1): 75-82.
- Lam, Lawrence. 2001. « 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.
- Langbroek, Joram. 2012. « Interactions between pedestrians and motor vehicles at signalized intersections - Traffic behaviour and traffic conflict studies. » School for Transportation Sciences, Hasselt University. Consulté le 27 mars 2015. <https://uhdspace.uhasselt.be/dspace/handle/1942/14181>.
- Langbroek, Joram, Tim DeCeunynck, Stijn Daniels, Ase Svensson, Aliaksei Lareshyn, Tom Brijs et Geert Wets. 2012. « Analyzing interactions between pedestrians and motor vehicles at two-phase signalized intersections-an explorative study combining traffic behaviour and traffic conflict observations in a cross-national context. » Road safety in a globalised and more sustainable world - current issues and future challenges, Hasselt, Belgique, 8-9 Novembre. Consulté le 10 mars 2015. <https://doclib.uhasselt.be/dspace/bitstream/1942/14573/1/deceunroa.pdf>.
- Larsen, Kristian, Jason Gilliland, Paul Hess, Patricia Tucker, Jennifer Irwin et Meizi He. 2009. « The influence of the physical environment and sociodemographic characteristics on children's mode of travel to and from school. » *American Journal of Public Health* 99 (3): 520-526. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-61549136658&partnerID=40&md5=b26d6fded855e3c0e2bcfaf82e056b04>.
- LaScala, Elizabeth A., Paul J. Gruenewald et Fred W. Johnson. 2004. « An ecological study of the locations of schools and child pedestrian injury collisions. » *Accident Analysis and*

Prevention 36 (4): 569-576. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-1942537172&partnerID=40&md5=afa05e3b2c693a11e6168e8fd2784e9f>.

Laureshyn, Aliaksei, Åse Svensson et Christer Hydén. 2010. « Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation. » *Accident Analysis & Prevention* 42 (6): 1637-1646. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.03.021>.

Leclerc, Isabelle. 2009. *Redécouvrir le chemin de l'école : [guide d'implantation de trajets scolaires favorisant les déplacements actifs et sécuritaires vers l'école primaire]*. Québec: Transports Québec.

Lewis, Paul et Juan Torres. 2010. « Les parents et les déplacements entre la maison et l'école primaire : quelle place pour l'enfant dans la ville? » *Enfances, Familles, Générations* Numéro 12: p. 44-64. doi: 10.7202/044392ar.

MacGregor, Carolyn, Alison Smiley et Wendy Dunk. 1999. « Identifying Gaps in Child Pedestrian Safety: Comparing What Children Do with What Parents Teach. » *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1674 (-1): 32-40. doi: 10.3141/1674-05.

Mackett, Roger L., Lindsey Lucas, James Paskins et Jills Turbin. 2005. « The therapeutic value of children's everyday travel. » *Transportation research Part A, Policy and practice* 39 (2-3): 205-219.

Maurice, Pierre, Michel Lavoie, Renée Levaque Charron, Antoine Chapdelaine, Hélène Bélanger Bonneau, Leif Svanström, Lucie Laflamme, Ragnar Andersson et Claude Romer. 1998. *Sécurité et promotion de la sécurité aspects conceptuels et opérationnels*. Québec: Centre collaborateur OMS du Québec et du Karolinska Institutet de Suède pour la promotion de la sécurité et la prévention des traumatismes. l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Mayr, Johannes M, Christian Eder, Andrea Berghold, Johannes Wernig, Souhail Khayati et Andrea Ruppert-Kohlmayr. 2003. « Causes and consequences of pedestrian injuries in children. » *European Journal of Pediatrics* 162 (3): 184-190. doi: 10.1007/s00431-002-1099-1.

McDonald, Noreen C. 2007. « Active Transportation to School: Trends Among U.S. Schoolchildren, 1969–2001. » *American Journal of Preventive Medicine* 32 (6): 509-516. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amepre.2007.02.022>.

McMillan, Tracy. 2005. « Urban Form and a Child's Trip to School: The Current Literature and a Framework for Future Research. » *Journal of Planning Literature* 19 (4): 440-456.

- . 2007. « The relative influence of urban form on a child's travel mode to school. » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 41 (1): 69-79.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. 2013. Localisation des établissements d'enseignement du réseau scolaire au Québec. http://www.donnees.gouv.qc.ca/?node=/donnees-details&id=mels_parc193#meta_telechargement.
- Miranda-Moreno, Luis F., Patrick Morency et Ahmed M. El-Geneidy. 2011. « The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian-vehicle collision occurrence at signalized intersections. » *Accident Analysis & Prevention* 43 (5): 1624-1634. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2011.02.005>.
- Morency, Patrick, Judith Archambault, Marie-Soleil Cloutier, Mathieu Tremblay, Céline Plante et Anne-Sophie Dubé. 2013. *Securite des pietons en milieu urbain : enquete sur les aménagements routiers aux intersections*: Montreal : Agence de la sante et des services sociaux de Montreal. http://publications.santemontreal.qc.ca/uploads/tx_asssmpublications/isbn978-2-89673-259-3.pdf.
- Morency, Patrick, Lise Gauvin, François Tessier, Luis Miranda-Moreno, Marie-Soleil Cloutier et Catherine Morency. 2011. « Analyse désagrégée des facteurs environnementaux associés au nombre d'enfants blessés par un véhicule à moteur en milieu urbain. » *Cahiers de géographie du Québec* 55 (156): 449-468. <https://www.erudit.org/revue/cgq/2011/v55/n156/1008888ar.pdf>.
- Mueller, Beth A., Frederick P. Rivara, Shyh-Mine Lii et Noel S. Weiss. 1990. « Environmental factors and the risk for childhood pedestrian-motor vehicle collision occurrence. » *American journal of epidemiology* 132 (3): 550-560.
- Muhlrad, Nicole. 1988. *Technique des Conflits de Trafic: manuel de l'utilisateur*. : INRETS (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité). <http://books.google.ca/books?id=3y2ytgAACAAJ>.
- . 1996. « TRAFFIC CONFLICT TECHNIQUES AND OTHER FORMS OF BEHAVIOURAL ANALYSIS: APPLICATION TO SAFETY DIAGNOSES »6th ICTCT workshop Salzburg.
- National Highway Traffic Safety Administration of United States. 2007. A compendium of NHTSA's pedestrian and bicyclist traffic safety research projects, 1969-2007. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration. <http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS102193>.

- OMS (Organisation mondiale de la santé). 2002. *A physically active life through everyday transport : with a special focus on children and older people and examples and approaches from Europe*. Copenhagen: World Health Organization.
- . 2014. *Thèmes de santé: Accidents de la route*. Consulté le 19 août. http://www.who.int/topics/injuries_traffic/fr/.
- Orenstein, Marla R., Nicolas Gutierrez, Thomas M. Rice, Jill F. Cooper et David R. Ragland. 2007. *Safe Routes to School Safety and Mobility Analysis*. <http://www.escholarship.org/uc/item/5455454c>.
- Paquin, Sophie et Anne-Sophie Dubé. 2011. « La carte conceptuelle du transport actif urbain. » *Cahiers de géographie du Québec* 55 (156): 399-428. doi: 10.7202/1008840ar.
- Paskins, James. 2005 « "Investigating the effects of car culture on a child's spatial skills." » Walk21-VI "Everyday Walking Culture", Zurich, Switzerland, September 22-23 2005. Consulté le 11 Avril 2014. http://www.walk21.com/paper_search/results_detail.asp?Paper=189.
- Piff, Paul K., Daniel M. Stancato, Stéphane Côté, Rodolfo Mendoza-Denton et Dacher Keltner. 2012. « Higher social class predicts increased unethical behavior. » *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109 (11): 4086-4091. doi: 10.1073/pnas.1118373109.
- Plumert, Jodie M, Joseph K Kearney et James F Cremer. 2004. « Children's Perception of Gap Affordances: Bicycling Across Traffic-Filled Intersections in an Immersive Virtual Environment. » *Child development* 75 (4): 1243-1253.
- Pont, Karina, Jenny Ziviani, David Wadley et Rebecca Abbott. 2011. *The Model of Children's Active Travel (M-CAT): A conceptual framework for examining factors influencing children's active travel*. Blackwell Science. <http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:209713>.
- Retting, Richard A., Susan A. Ferguson et Anne 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. doi: 10.2105/AJPH.93.9.1456.
- Roberts, Ian, Robyn Norton, Rod Jackson, Roger Dunn et Ian Hassall. 1995. « Effect Of Environmental Factors On Risk Of Injury Of Child Pedestrians By Motor Vehicles: A Case-Control Study. » *BMJ: British Medical Journal* 310 (6972): 91-94. doi: 10.2307/29726012.

- Robinson, Dorothy L. 2005. « Safety in numbers in Australia: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. » *Health Promot J Austr* 16 (1): 47-51.
- Rosenbloom, Tova, Adar Ben-Eliyahu et Dan Nemrodov. 2008. « Children's crossing behavior with an accompanying adult. » *Safety Science* 46 (8): 1248-1254. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2007.07.004>.
- Rothman, Linda, Ron Buliung, Colin Macarthur, Teresa To et Andrew Howard. 2014. « Walking and child pedestrian injury: A systematic review of built environment correlates of safe walking. » *Injury prevention* 20 (1): 41-49. doi: 10.1136/injuryprev-2012-040701.
- Rothman, Linda, Daniel Perry, Ron Buliung, Colin Macarthur, Teresa To, Alison Macpherson, Kristian Larsen et Andrew Howard. 2015. « Do school crossing guards make crossing roads safer? A quasi-experimental study of pedestrian-motor vehicle collisions in Toronto, Canada. » *BMC Public Health* 15: 732. doi: 10.1186/s12889-015-2065-y.
- Routledge, D. A., R. Repetto-Wright et C. I. Howarth. 1996. « The exposure of young children to accident risk as pedestrians. » *Injury Prevention* 2 (2): 150-161.
- Royer, Ann , Luiza Maria Manceau, Guy Gilbert et Rémy Barbonne. 2011. *Évaluation de la mise en oeuvre du programme Mon école à pied, à vélo! dans 40 écoles primaires des régions de la Capitale-Nationale et de Montréal*. Québec: Équipe habitudes de vie/maladies chroniques, Direction régionale de santé publique, Agence de la santé et des services sociaux de la Capitale-Nationale (ASSS-Capitale-Nationale). <http://www.dspq.qc.ca/publications/RAPMEPV201102.pdf>.
- Salmon, Jo, Anna Timpero, Verity Cleland et Alison Venn. 2005. « Trends in children's physical activity and weight status in high and low socio-economic status areas of Melbourne, Victoria, 1985-2001. » *Australian and New Zealand Journal of Public Health* 29 (4): 337-342. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-27944473985&partnerID=40&md5=07760085548c6b2d3b71e395881f2fce>.
- Saunier, Nicolas. 2013. « Introduction to Surrogate Analysis in Non-Motorized Safety. » A Canada-Germany summer workshop: "Hands on sustainable urban mobility", Montréal, du 17 au 21 juin 2013. Consulté le 06 mars 2015. <http://grimes.mcgill.ca/content/documents/workshop/Lectures/Nicolas%20Saunier%20-%20lecture.pdf>.
- Schlossberg, Marc, Jessica Greene, Page Paulsen Phillips, Bethany Johnson et Bob Parker. 2006. « School trips: Effects of urban form and distance on travel mode. » *Journal of the American Planning Association* 72 (3): 337-346. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33749428994&partnerID=40&md5=83a7172b3b51c3020fcba76ccc70177a>.

- Schneider, Robert et Rebecca Sanders. 2014. « Pedestrian Safety Practitioners' Perspectives of Driver Yielding behavior across North America. » 2015 TRB 94th Annual Meeting, Washington, 11-15 janvier 2015. Consulté le 19 décembre 2015.
- Schroeder, Bastian J. et Nagui M. Roupail. 2011. « Event-Based Modeling of Driver Yielding Behavior at Unsignalized Crosswalks. » *Journal of transportation engineering / American Society of Civil Engineers* 137 (7): 455-465. doi: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000225.
- Schwebel, David C., Aaron L. Davis et Elizabeth E. O'Neal. 2012. « Child Pedestrian Injury: A Review of Behavioral Risks and Preventive Strategies. » *American Journal of Lifestyle Medicine* 6 (4): 292-302. doi: 10.1177/0885066611404876.
- Smith, Lee, Shannon Sahlqvist, David Ogilvie, Andy Jones, Kirsten Corder, Simon Griffin et Esther van Sluijs. 2012. « Is a change in mode of travel to school associated with a change in overall physical activity levels in children? Longitudinal results from the SPEEDY study. » *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 9 (1): 134.
- Snyder, Monroe B. et Richard L. Knoblauch. 1971. *Pedestrian safety : the identification of precipitating factors and possible countermeasures*. Silver Springs, Md.; Springfield, Va.: Operations Research, Inc. ; For sale by the National Technical Information Service.
- Statistique Canada. 2011. Limites des aires de diffusion.
- Stevenson, Mark. 1997. « Childhood pedestrian injuries: what can changes to the road environment achieve? » *Australian and New Zealand Journal of Public Health* 21 (1): 33-37. doi: 10.1111/j.1467-842X.1997.tb01650.x.
- Stewart, Orion. 2011. « Findings from research on active transportation to school and implications for safe routes to school programs. » *Journal of Planning Literature* 26 (2): 127-150. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79960307675&partnerID=40&md5=130d751b96b72071ae569e377602ef9f>.
- Sturm, Roland. 2005. « Childhood obesity -- what we can learn from existing data on societal trends, part 2. » *Preventing chronic disease [electronic resource]* 2 (2). <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33645601538&partnerID=40&md5=26a482be5749a1a2fd086fd04e8cd2a0>.
- Svensson, Åse. 1998. « A method for analysing the traffic process in a safety perspective. », Lund University.

- Svensson, Åse et Christer Hydén. 2006. « Estimating the severity of safety related behaviour. » *Accident Analysis & Prevention* 38 (2): 379-385. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2005.10.009>.
- Timperio, Anna, David Crawford, Amanda Telford et Jo Salmon. 2004. « Perceptions about the local neighborhood and walking and cycling among children. » *Preventive Medicine* 38 (1): 39-47. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2003.09.026>.
- Tolmie, Andrew K. et Britain Great. 1998. Problems of attention and visual search in the context of child pedestrian behaviour. sous la dir. de Transport & the Regions Department of the Environment. London: HMSO.
- Tom, Ariane et Marie-Axelle Granié. 2011. « Gender differences in pedestrian rule compliance and visual search at signalized and unsignalized crossroads. » *Accident Analysis & Prevention* 43 (5): 1794-1801. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.012>.
- Tudor-Locke, Catrine, Barbara E. Ainsworth et Barry M. Popkin. 2001. « Active Commuting to School: An Overlooked Source of Childrens' Physical Activity? » *SPORTS MEDICINE* 31 (5): 309-313.
- US Federal Highway Administration. 2001. *Pedestrian crosswalk case studies Sacramento, California ; Richmond, Virginia ; Buffalo, New York ; Stillwater, Minnesota*. McLean, Va.: Federal Highway Administration.
- Vélo Québec. 2012. *Vélo Québec*. Consulté le 02 mars http://www.velo.qc.ca/transport-actif/a-pied-a-velo-ville-active#ta_urbain.
- . 2013. À pied, à vélo, ville active- Un programme conçu pour les municipalités et les écoles. In « *De la zone scolaire à la ville active : mieux intervenir pour sécuriser les déplacements actifs* ». Montréal. http://www.aqtr.qc.ca/images/stories/Activites/2013/zone_scolaire/myriam_lalancette.pdf.
- Warsh, Joel, Linda Rothman, Morgan Slater, Craig Steverango et Andrew Howard. 2009. « Are school zones effective? An examination of motor vehicle versus child pedestrian crashes near schools. » *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention* 15 (4): 226-229.
- Woldeamanuel, Mintesnot. 2012. « Stopping Behavior of Drivers at Stop-Controlled Intersections: Compositional and Contextual Analysis. » *JOURNAL- TRANSPORTATION RESEARCH FORUM* 51 (3): 109-124.
- Yergeau, Eric et Martine Poirier. 2013. *SPSS à l'UdeS: Régression logistique*. Consulté le 10 novembre. <http://spss.espaceweb.usherbrooke.ca/pages/stat-inferentielles/regression-logistique.php>.

- Zeedyk, Suzanne et Laura Kelly. 2003. « Behavioural observations of adult-child pairs at pedestrian crossings. » *Accident Analysis & Prevention* 35 (5): 771-776. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00086-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00086-6).
- Zeedyk, Suzanne, Linda Wallace et Linsay Spry. 2002. « Stop, look, listen, and think?: What young children really do when crossing the road. » *Accident Analysis & Prevention* 34 (1): 43-50. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(00\)00101-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(00)00101-9).
- Zegeer, Charles, Daniel Carter, William Hunter, J. Stewart, Herman Huang, Ann Do et Laura Sandt. 2006. « Index for Assessing Pedestrian Safety at Intersections. » *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1982 (-1): 76-83. doi: 10.3141/1982-11.
- Zegeer, Charles, Cara Seiderman, Peter Lagerwey, Mike Cynecki, Michael Ronkin et Robert Schneider. 2002A. *Pedestrian facilities users guide providing safety and mobility*. U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Administration, Research and Development, Turner-Fairbank Highway Research Center. http://katana.hsrc.unc.edu/cms/downloads/PedFacility_UserGuide2002.pdf.
- Zegeer, Charles, Richard Stewart, Herman Huang et Peter A Lagerwey. 2002B. *Safety effects of marked vs. unmarked crosswalks at uncontrolled locations: Executive summary and recommended guidelines*.
- Zheng, Lai, Karim Ismail et Xianghai Meng. 2014. « Traffic conflict techniques for road safety analysis: open questions and some insights. » *Canadian Journal of Civil Engineering* 41 (7): 633-641. doi: doi:10.1139/cjce-2013-0558.