

Titre: Développement d'un outil d'aide multicritère à la décision (AMCD)
pour l'évaluation des aménagements d'intersections autour des écoles
Title:

Auteur: Sally Saliba
Author:

Date: 2025

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Saliba, S. (2025). Développement d'un outil d'aide multicritère à la décision
(AMCD) pour l'évaluation des aménagements d'intersections autour des écoles
Citation: [Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal]. PolyPublie.
<https://publications.polymtl.ca/71707/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie:
PolyPublie URL: <https://publications.polymtl.ca/71707/>

**Directeurs de
recherche:** Owen Waygood
Advisors:

Programme: Génie civil
Program:

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

**Développement d'un outil d'aide multicritère à la décision (AMCD) pour
l'évaluation des aménagements d'intersections autour des écoles**

SALLY SALIBA

Département des génies civil, géologique et des mines

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

Génie civil

Décembre 2025

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Ce mémoire intitulé :

Développement d'un outil d'aide multicritère à la décision (AMCD) pour l'évaluation des aménagements d'intersections autour des écoles

Présenté par **Sally SALIBA**

en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

Francesco CIARI, président

Owen WAYGOOD, membre et directeur de recherche

Irène ABI-ZEID, membre et codirectrice de recherche

Jérôme CERUTTI, membre externe

DÉDICACE

*À mon père, dont l'amour vit toujours dans mon cœur,
À ma mère, pour ses encouragements et son amour constant,
À ma sœur et mon frère, pour leur soutien à mes côtés.*

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire. J'adresse mes remerciements sincères à mon directeur de recherche, Owen Waygood, pour sa disponibilité, son support et ses conseils tout au long de mon parcours en recherche. Je remercie également ma co-directrice, Irène Abi-Zeid, pour son accompagnement et ses suggestions précieuses tout au long de ce projet. Travailler avec eux m'a permis non seulement de développer mon mémoire, mais aussi d'élargir mes perspectives et d'acquérir des qualités humaines et professionnelles essentielles pour ma future carrière.

Je remercie Polytechnique Montréal pour le soutien institutionnel et pour les cours offerts, qui m'ont permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine du transport.

Je remercie mon encadrant de stage, Jonathan, ainsi que la Ville de Westmount pour leur engagement dans le développement de mon mémoire et pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser un stage au sein de leur équipe. Cette expérience a enrichi ma réflexion académique et professionnelle.

Je remercie également ma collègue Shabnam pour son aide précieuse durant mon parcours.

Je souhaite remercier ma famille. Mon père, Jean, qui m'a appris la valeur du travail, de la responsabilité et du courage. Ma mère, Carla, qui a toujours été là pour moi. Ma sœur, Carel, pour son soutien et sa présence constante. Mon frère, Khalil, pour ses encouragements tout au long de mon parcours. Malgré la distance, votre écoute et votre soutien ont été une source de motivation pour moi.

Je remercie également la Fondation Samer Jarmak pour m'avoir attribué une bourse durant mon parcours.

Enfin, je remercie Mitacs et SSHRC pour le financement de ma recherche et pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser un stage avec la Ville de Westmount.

RÉSUMÉ

Les collisions routières constituent la principale cause de mortalité chez les enfants. En outre, ces derniers sont des usagers particulièrement vulnérables en raison de leur petite taille et de leurs capacités cognitives encore en développement. Par ailleurs, le danger lié à la circulation demeure un problème préoccupant. Il a contribué à la diminution de la proportion d'enfants utilisant le transport scolaire actif et à l'augmentation de la dépendance à l'automobile pour les déplacements scolaires. Cette situation a des effets négatifs sur la santé et le bien-être des enfants. En conséquence, les villes adoptent aujourd'hui des approches telles que Vision Zéro, ainsi que diverses initiatives visant à réduire les décès et les blessures liés à la circulation routière. Elles cherchent à créer des environnements sûrs et conviviaux pour l'ensemble de la population.

Dans ce contexte, la Ville de Westmount cherche à renforcer la sécurité des intersections, identifiées comme des lieux critiques. Toutefois, bien que la littérature propose diverses mesures de sécurité pour les aménagements d'intersections, celles-ci sont souvent évaluées selon un seul critère, généralement la sécurité. En pratique, les villes doivent néanmoins tenir compte de plusieurs critères, ainsi que des caractéristiques de chaque intersection, lorsqu'elles évaluent leurs aménagements d'intersections.

Pour répondre à ce besoin, cette recherche vise à développer un outil permettant d'évaluer l'état actuel des aménagements d'intersections ainsi que l'état projeté d'un aménagement proposé qui intègre différentes mesures de sécurité.

L'inclusion de divers acteurs constitue une étape essentielle afin de prendre en considération la diversité de leurs besoins et priorités. Les enfants constituent les principaux utilisateurs, tandis que les parents jouent le rôle d'utilisateurs secondaires, responsables de leur sécurité. Tous deux apportent des connaissances locales précieuses sur leur environnement, tandis que les experts contribuent par leur expertise technique, indispensable au développement de l'outil.

Ainsi, des groupes de discussion ont été organisés avec les parents et les enfants afin de mieux comprendre le problème ainsi que leurs préoccupations. Ces groupes ont permis d'identifier les intersections et rues dangereuses, ainsi que les facteurs et solutions influençant la perception de la sécurité chez les parents et les enfants. Les informations recueillies au sein de ces groupes ont été utilisées pour informer le développement de l'outil.

Par la suite, des experts issus de divers domaines ont participé au développement de l'outil d'aide multicritère à la décision (AMCD) pour l'évaluation des aménagements d'intersections autour des écoles. L'AMCD est un processus structuré qui permet aux décideurs d'évaluer des options lorsque plusieurs critères doivent être pris en compte. La méthode utilisée est MACBETH (Mesure de l'Attractivité par une Technique d'Évaluation Basée sur des Catégories) qui est une méthode d'AMCD. Elle consiste à donner un score agrégé à chaque aménagement en utilisant les critères, échelles et pondérations construits avec des professionnels. Des ateliers ont été menés avec ces derniers qui comprenaient : des représentants de différents départements (un urbaniste, un ingénieur d'eau, un conseiller en mobilité et circulation), une ingénieure indépendante en conception de la sécurité routière, un organisme à but non lucratif (coordinateur en mobilité active), des professionnels de la santé publique, et des chercheurs en sécurité routière et comportement de déplacement.

Ce processus a permis d'identifier onze critères, à savoir : la sécurité, l'expérience des enfants, l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite, l'accessibilité pour les personnes malvoyantes, l'acceptabilité publique, l'environnement, l'esthétique, l'accès des véhicules d'urgence, l'expérience des automobilistes, l'accès pour le déneigement et l'acceptabilité des automobilistes. Contrairement aux travaux antérieurs, qui se concentraient principalement sur la sécurité, cet outil intègre diverses considérations. Les échelles et les pondérations des critères ont été construites avec des experts, puis l'outil a été validé en comparant les catégories attribuées par les participants pour les 25 aménagements d'intersections autour des écoles de l'île de Montréal avec celles générées par l'outil, atteignant un taux de précision de 92 %.

Cet outil est pertinent car il permet de réaliser un diagnostic et de procéder à une planification : il évalue l'état actuel des aménagements d'intersections et offre la possibilité d'estimer l'impact de mesures potentielles. Il aidera donc la ville à sélectionner les aménagements les mieux adaptés, afin de maximiser la sécurité des enfants tout en tenant compte des autres besoins présents au niveau de l'intersection.

ABSTRACT

Road traffic injury remains the leading cause of death for children. Children are especially vulnerable to pedestrian injuries due to their small size and developing cognitive abilities. Moreover, traffic danger has contributed to the decline of children's engagement in active school transportation, while their reliance on automobiles for commuting to school has increased. This shift negatively impacts their health and well-being. Today, cities are implementing approaches such as Vision Zero and modifying the built environment to reduce traffic-related injuries.

The City of Westmount has been working on improving the safety at its intersections, which have been identified as critical locations. However, although the literature proposes various measures for implementation at an intersection, these measures are often evaluated using a single criterion, such as safety. In practice, however, cities must take multiple criteria into account, as well as the characteristics of each intersection, when assessing the intersection design.

To address these issues, this thesis aims to develop a tool that evaluates existing intersection designs and the projected state of a proposed intersection design incorporating various safety measures.

Including different stakeholders is an important step to account for their diverse needs and priorities. Children are the primary users, while parents are the secondary users who are responsible for them. Both parents and children provide valuable local knowledge about their environment, whereas experts contribute the technical expertise required for decision-making.

Focus groups were therefore conducted with parents and children to better understand the problem and their concerns. These discussions helped identify dangerous intersections and streets, as well as factors and solutions influencing parents' and children's perception of safety. The information gathered from these groups informed the development of the evaluation tool.

Experts subsequently contributed to the development of the Multi-Criteria Decision Aiding (MCDA) tool for evaluating intersection designs around schools. MCDA is a structured process that supports decision makers in evaluating alternatives when there are many criteria to consider. The method used in this project is MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) which is an MCDA method. It consists of giving an aggregated score for each design based on the criteria, scales and weightings that are constructed with the experts.

Workshops were conducted with different professionals including different departments (a water engineer, an urbanist, a mobility and traffic advisor), an independent traffic safety design engineer, public health professionals, researchers in traffic safety and travel behavior, and a non-governmental organization.

The process identified eleven criteria: safety, experience of children, accessibility for people with reduced mobility, accessibility for people with vision problems, public acceptability, the environment, the aesthetics, emergency vehicle access, experience of drivers, snow removal access, and the acceptability of drivers. As compared to previous work that primarily focused on only safety, diverse design considerations are included following the input of the participants. The scales and the weightings of the criteria were constructed with the experts. The tool was then validated by comparing the categories assigned by participants, who grouped the 25 different intersection designs around schools on the Island of Montreal into four categories, with those generated by the tool, achieving 92% accuracy.

This tool is relevant because it supports both diagnostic and planning functions: it enables the assessment of the current state of intersection designs and allows users to evaluate potential modifications. It thus supports the city in selecting the most suitable intersection design to maximize children's safety, while also taking into account the other needs at an intersection.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	XI
LISTE DES FIGURES.....	XII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XIV
GLOSSAIRE.....	XV
LISTE DES ANNEXES	XVI
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Problématique.....	2
1.2 Objectif de la recherche.....	3
1.3 Importance de la recherche	3
1.4 Plan du mémoire.....	3
CHAPITRE 2 REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	5
CHAPITRE 3 DÉRMARCHE DU TRAVAIL DE RECHERCHE	12
3.1 Introduction	12
3.2 Approche épistémologique.....	12
3.3 Identification des participants	13
3.4 Démarche selon les deux sous-objectifs.....	13
CHAPITRE 4 COLLABORATION AVEC PARENTS ET ENFANTS	15
4.1 Introduction	15
4.2 Déroulement des discussions	16

4.3	Résultats	19
4.4	Analyse et interprétation	23
4.5	Limitations	24
CHAPITRE 5 DÉVELOPPEMENT DU MODÈLE D'ÉVALUATION MULTICRITÈRE ...		25
5.1	Introduction	25
5.2	Méthodologie	26
5.3	Application	27
5.4	Résultats	44
5.4.1	Diagnostic.....	45
5.4.2	Planification	46
5.5	Limitations	46
CHAPITRE 6 DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS		48
RÉFÉRENCES.....		52
ANNEXES		56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1 Discussion avec les enfants : objectifs, méthodes et questions	16
Tableau 4.2 Modes de transport des enfants	17
Tableau 4.3 Discussion avec les parents : objectifs, méthodes et questions	17
Tableau 4.4 Modes de transport des enfants rapportés par les parents	19
Tableau 5.1 Liste des questions pour déterminer les critères.....	28
Tableau 5.2 Niveaux de référence inférieur et supérieur de tous les critères.....	37
Tableau B.1 Discussion avec les enfants : rues dangereuses	57
Tableau B.2 Discussion avec les enfants : intersections dangereuses.....	58
Tableau B.3 Discussion avec les enfants : rues sécuritaires	59
Tableau B.4 Discussion avec les enfants : intersections sécuritaires	61
Tableau B.5 Discussion avec les parents : rues dangereuses	67
Tableau B.6 Discussion avec les parents : intersections dangereuses.....	67
Tableau B.7 Discussion avec les parents : rues sécuritaires	69
Tableau B.8 Discussion avec les parents : intersections sécuritaires	69
Tableau B.9 Les solutions proposées par les parents	74

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 Cadre conceptuel du projet	11
Figure 5.1 Cadre méthodologique pour le développement de l’outil.....	26
Figure 5.2 Schéma conceptuel pour déterminer les critères.....	29
Figure 5.3 Niveaux de performance « sécurité »	30
Figure 5.4 Niveaux de performance « esthétique ».....	31
Figure 5.5 Niveaux de performance « expérience des automobilistes ».....	31
Figure 5.6 Définition des mesures de la fluidité	32
Figure 5.7 Niveaux de performance du critère « acceptabilité des automobilistes ».....	32
Figure 5.8 Niveaux de performance « accès des véhicules d'urgence »	32
Figure 5.9 Niveaux de performance du critère « accessibilité pour les personnes malvoyantes ».....	33
Figure 5.10 Niveaux de performance « accessibilité pour les personnes à mobilité réduite »	33
Figure 5.11 Définition des mesures de drainage	34
Figure 5.12 Niveaux de performance « intégration environnementale ».....	34
Figure 5.13 Niveaux de performance « accès pour le déneigement ».....	34
Figure 5.14 Niveaux de performance « acceptabilité publique ».....	35
Figure 5.15 Définition des mesures du confort des enfants	36
Figure 5.16 Niveaux de performance « expérience enfants et piétons ».....	36
Figure 5.17 L'échelle numérique sur MACBETH du critère « sécurité »	39
Figure 5.18 Paire d'options fictives	40
Figure 5.19 Pondérations des critères	41
Figure 5.20 Analyse de sensibilité	43
Figure 5.21 Classements des 25 aménagements	45
Figure B.1 Discussion avec les enfants : Perception du niveau de danger sur les intersections...	62

Figure B.2 Discussion avec les enfants : Comportement potentiel sur les intersections	62
Figure B.3 Discussion avec les enfants : Perception du niveau de danger sur les rues	64
Figure B.4 Discussion avec les enfants : Comportement potentiel sur les rues.....	64
Figure B.5 Idées de mesures issues des dessins des enfants	66
Figure B.6 Idées de mesures issues des dessins des enfants	66
Figure B.7 Discussion avec les parents : Perception du niveau de danger sur les intersections...	70
Figure B.8 Discussion avec les parents : Comportement potentiel sur les intersections	70
Figure B.9 Discussion avec les parents : Perception du niveau de danger sur les rues	72
Figure B.10 Discussion avec les parents : Comportement potentiel sur les rues.....	72
Figure C.1 Échelle « sécurité »	77
Figure C.2 Échelle « acceptabilité des automobilistes »	78
Figure C.3 Échelle « expérience des automobilistes ».....	78
Figure C.4 Échelle « accessibilité pour les personnes à mobilité réduite »	79
Figure C.5 Échelle « accessibilité pour les personnes malvoyantes »	79
Figure C.6 Échelle « accès pour le déneigement »	80
Figure C.7 Échelle « accès des véhicules d'urgence ».....	80
Figure C.8 Échelle « intégration environnementale ».....	81
Figure C.9 Échelle « acceptabilité publique ».....	82
Figure C.10 Échelle « expérience des enfants et piétons »	82
Figure C.11 Échelle « esthétique ».....	83
Figure C.12 Matrice pondérations des critères.....	83
Figure C.13 Suite de la matrice pondérations des critères	83

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AHP	Analytical Hierarchy Process
AMCD	Aide multicritère à la décision
GIS	Geographic Information System
iRAP	International Road Assessment Programme
MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique
MCDA	Multi-Criteria Decision Aiding
NACTO	National Association of City Transportation Officials
ND	Niveau de Danger
NGO	Non-Governmental Organization
OBNL	Organisme à but non lucratif
OSM	Open Street Map
STM	Société de Transport de Montréal
TSA	Transport Scolaire Actif

GLOSSAIRE

Catégories sémantiques : Sept catégories sémantiques proposées par le logiciel M-MACBETH pour exprimer la différence d'attractivité (c'est-à-dire l'intensité de la préférence) (qui peut être : nulle, très faible, faible, modérée, forte, très forte et extrême).

Critère : un attribut qualitatif ou quantitatif qui permet d'évaluer une option.

Échelle de valeur : échelle d'intervalle numérique proposée par le logiciel M-MACBETH en comparant qualitativement l'attractivité (la préférence) entre les différents niveaux de performance.

Échelle d'intervalle : c'est une échelle de mesure où la différence entre deux valeurs ou éléments possède une signification mais le zéro est arbitraire.

Jugements qualitatifs : Comparaisons entre deux options ou niveaux de performance en utilisant les catégories sémantiques proposées par le logiciel.

MACBETH : méthode d'AMCD qui utilise les jugements qualitatifs des participants et les traduit en un score numérique.

Matrice de jugement : Une matrice remplie par l'utilisateur dans laquelle il indique ses jugements qualitatifs.

M-MACBETH : le logiciel qui permet d'ajouter les critères, remplir les matrices, et avoir les scores.

Niveaux de performance : des niveaux qualitatifs ou quantitatifs de la performance d'une option sur un critère.

Niveaux de référence : niveaux inférieur et supérieur de la performance d'un critère et qui permettent d'obtenir de l'information sur l'attractivité intrinsèque de chacune des options. Ces références sont utiles pour définir l'unité des critères et dans la phase de pondération des critères.

Option : c'est l'alternative ou l'action que l'utilisateur évalue.

Vérification de la consistance : le logiciel vérifie que les jugements qualitatifs sont consistants ; sinon il offre des suggestions pour résoudre les inconsistances.

Score global : une valeur numérique (une moyenne pondérée) qui présente la performance d'une option compte tenu de chaque critère avec sa pondération.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A STAGE VILLE DE WESTMOUNT	56
ANNEXE B DÉTAILS DES GROUPE DE DISCUSSION	57
ANNEXE C DÉTAILS DE L'OUTIL	77

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Chaque année, environ 1,19 million de personnes décèdent dans le monde à la suite des collisions routières (WHO, 2023a). Ces collisions constituent la principale cause de mortalité chez les enfants et les jeunes âgés de 5 à 29 ans (WHO, 2023a). Au Canada, en 2021, 1298 enfants et adolescents âgés de 0 à 14 ans ont été blessés, tandis que 16 ont perdu la vie en tant que piétons ou cyclistes (Transport Canada, 2021). Par conséquent, la sécurité routière continue de représenter un enjeu essentiel pour les déplacements des enfants.

Le danger routier influence significativement la probabilité que les enfants adoptent des modes de déplacement actifs et autonomes. En raison de ce risque, la proportion d'enfants utilisant le transport scolaire actif (TSA) a diminué, tandis que le recours au transport motorisé pour se rendre à l'école a augmenté (Rothman et al., 2018; Smith et al., 2015). Par ailleurs, le transport actif peut avoir des répercussions sur les cinq domaines du bien-être des enfants : physique, psychologique, cognitif, social, et économique (Waygood et al., 2017). Il apparaît donc essentiel de réduire le danger lié à la circulation et d'améliorer l'environnement urbain afin que les enfants puissent se déplacer en toute sécurité et profiter des bienfaits de la marche.

Aujourd'hui, plusieurs villes telles que Montréal et Westmount, s'engagent à réduire le danger de la circulation. Le concept de « Vision Zéro » vise à éliminer les blessures graves et les décès (Kim et al., 2017). Dans ce cadre, la Ville de Montréal a adopté cette approche afin d'améliorer la sécurité routière, notamment par la réduction des limites de vitesses, l'implantation d'îlots refuges et l'aménagement de saillies (Ville de Montréal, 2024).

D'autres exemples de programmes visant à améliorer la sécurité routière des enfants existent, comme le programme : « Safe Routes to School ». Celui-ci a été initié aux États-Unis en 2005 (McDonald et al., 2011). Son objectif est d'assurer la sécurité des trajets scolaires des enfants afin de promouvoir le transport actif et de réduire le nombre de collisions impliquant des enfants (DiMaggio & Li, 2013). Dans le cadre de ce programme, le guide Safe Routes Partnership (2021) recommande diverses mesures de sécurité à appliquer aux aménagements d'intersections, telles que les saillies de trottoir, le rétrécissement des voies, l'interdiction de tourner à droite au feu rouge et l'installation de feux clignotants.

De plus, la plupart des conflits surviennent aux intersections, ce qui diminue le sentiment de sécurité tant chez les parents que chez les enfants (Amiour et al., 2022). Ces observations sont cohérentes avec des données indiquant un risque élevé de collisions à ces endroits (Abdel-Aty et al., 2007; Bennet & Yiannakoulis, 2015; von Stülpnagel et al., 2024). Par conséquent, les intersections constituent des sites prioritaires pour la réduction des risques auxquels les enfants sont exposés. Néanmoins, il demeure incertain, pour les villes, de savoir comment évaluer et améliorer leurs aménagements d'intersections en matière de sécurité des enfants.

En réalité, l'aménagement d'une intersection doit répondre aux besoins de différents usagers : automobilistes, cyclistes, piétons et véhicules d'urgence. Il doit également assurer l'accessibilité aux personnes vulnérables, notamment celles présentant des limitations de mobilité ou des déficiences visuelles. Par ailleurs, il doit satisfaire d'autres objectifs urbains, tels que la qualité de vie, la protection de l'environnement et les attentes des résidents. Or, bien que la littérature propose différentes mesures de sécurité pour les aménagements d'intersections (par exemple : saillies, brigadiers, intersection surélevée), celles-ci sont souvent évaluées selon un seul critère, généralement la sécurité. Dans la pratique, cependant, les villes doivent prendre en compte plusieurs critères ainsi que les caractéristiques de chaque intersection lorsqu'elles évaluent leurs aménagements.

Ainsi, le problème est à la fois multicritère et complexe, ce qui rend difficile pour les villes d'évaluer leurs aménagements d'intersections et de déterminer quelles mesures de sécurité seraient les plus appropriées à appliquer dans leur contexte.

Pour répondre à ce besoin, cette recherche vise à développer un outil permettant d'évaluer les aménagements d'intersections. Cet outil permettra à la Ville de diagnostiquer l'aménagement actuel d'une intersection, puis de comparer et d'évaluer l'état projeté d'un aménagement proposé intégrant différentes mesures de sécurité. Il tiendra compte des caractéristiques de chaque intersection ainsi que les autres besoins liés à son usage.

1.1 Problématique

La Ville de Westmount cherche à améliorer la sécurité routière autour des écoles, en particulier aux intersections, qui constituent des endroits critiques.

En revanche, la Ville ne dispose pas d'un moyen d'évaluer ses différents aménagements d'intersections et, surtout, de déterminer comment intégrer différentes mesures de sécurité à un aménagement tout en tenant compte des autres besoins, tels que la circulation des différents usagers, l'accessibilité et les objectifs urbains.

1.2 Objectif de la recherche

Le principal objectif de la recherche est de développer un outil qui permet d'évaluer les aménagements des intersections autour des écoles.

Pour atteindre l'objectif principal, le travail se divise en deux sous-objectifs spécifiques :

SO1 - Collaborer avec des enfants et des parents afin de mieux comprendre le problème et leurs préoccupations.

SO2 - Construire un modèle d'évaluation multicritère avec des professionnels.

1.3 Importance de la recherche

Ce projet de recherche adopte une approche transparente afin d'aider la Ville à évaluer leurs aménagements d'intersections. L'outil développé permettra d'évaluer les aménagements existants ou projetés dans le but d'améliorer la sécurité des enfants, tout en tenant compte des autres besoins présents au niveau d'une intersection. L'utilisation de l'AMCD favorise des décisions transparentes en considérant plusieurs critères et en impliquant différents participants dans le processus.

1.4 Plan du mémoire

Ce mémoire est divisé comme suit : le présent chapitre est une introduction qui contient une mise en contexte du sujet, présente la problématique de la recherche, l'objectif fixé et la structure du mémoire. Le deuxième chapitre présente une revue de la littérature portant sur les mesures de sécurité à appliquer aux aménagements d'intersections, les outils d'évaluation de l'environnement autour des écoles, ainsi que les modèles multicritères visant à améliorer la sécurité routière, et se conclut par un cadre conceptuel définissant le problème étudié, mettant en évidence les lacunes identifiées et précisant l'objectif du mémoire. Le troisième chapitre résume la méthodologie générale développée pour atteindre l'objectif de la recherche, notamment le groupe de discussion avec les parents et les enfants et l'approche multicritère utilisée pour construire le modèle, tout en

s'appuyant sur un cadre épistémologique adapté à la complexité du problème étudié. Ensuite, les deux chapitres suivants (4 et 5) présentent la méthodologie, les résultats et les limites de la collaboration avec les parents et les enfants, ainsi que le développement du modèle d'évaluation multicritère, afin de répondre à l'objectif principal de la recherche. Enfin, le sixième chapitre présente une discussion générale du travail avec les contributions ainsi que des propositions pour les recherches futures.

CHAPITRE 2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

Les enfants sont considérés comme des usagers vulnérables, exposés à un risque élevé de blessures graves et de décès en raison de leur petite taille et de leurs capacités cognitives en développement (Cloutier et al., 2021; Stevenson et al., 2015). Par ailleurs, une grande partie de leur exposition à la circulation survient lors des déplacements scolaires, faisant des écoles des lieux à haut risque de collision (Abdel-Aty et al., 2007; Rothman et al., 2017; Yu, 2015). De plus, les intersections représentent des zones particulièrement dangereuses, en raison des mouvements complexes et des interactions fréquentes, ce qui réduit également la perception de sécurité chez les parents et les enfants (Abdel-Aty et al., 2007; Amiour et al., 2022; Bennet & Yiannakoulis, 2015; von Stülpnagel et al., 2024). Ces constats soulignent ainsi l'importance d'améliorer la sécurité des enfants aux intersections situées autour des écoles.

Plusieurs études ont analysé l'impact des programmes d'éducation sur le comportement des enfants piétons, mais aucune preuve ne démontre qu'ils réduisent réellement le nombre de collisions impliquant des enfants (Cloutier et al., 2021). En outre, ce type d'intervention contribue à blâmer les enfants plutôt que l'environnement urbain dangereux (Cloutier et al., 2021). Par ailleurs, l'approche traditionnelle de la sécurité routière, centrée sur l'éducation, repose sur un effort individuel et ne protège pas la population ni ne réduit l'énergie cinétique en cas de collision (Ederer et al., 2023). Ces constats soulignent la nécessité d'améliorer l'environnement urbain afin de maximiser la sécurité des enfants. Plusieurs exemples de mesures de sécurité à mettre en œuvre dans les aménagements d'intersections sont présentés ci-dessous.

Exemples des mesures de sécurité pour les aménagements d'intersections

Afin de mieux comprendre comment améliorer la sécurité routière des enfants aux intersections, il est nécessaire d'examiner les différentes mesures de sécurité existantes. Kang (2019) a constaté que les îlots refuges pour piétons entraînaient une réduction des collisions impliquant des piétons. De plus, ils offrent des espaces pour les personnes vulnérables. En revanche, les îlots refuges peuvent limiter l'accès des véhicules d'urgence.

Il existe des déviations latérales comme *les saillies* qui permettent de réduire la collision des piétons aux intersections ainsi que la vitesse et la distance à traverser (Bella & Silvestri, 2015; Kang, 2019). Cependant, les saillies peuvent entraîner un impact négatif sur le stationnement des véhicules ainsi que sur le confort des automobilistes.

Les mesures de modération de la circulation, telles que *les ronds-points*, *les dos d'âne allongés*, et *les passages piétons surélevés*, permettent de réduire la vitesse et le volume de circulation, ainsi que les blessures et collisions impliquant des enfants, tout en favorisant la marche chez ces derniers (Chen et al., 2013; Cloutier et al., 2021; Rothman et al., 2014; WHO, 2023b). Cependant, ces mesures peuvent être problématiques pour les véhicules d'urgence, les déneigeurs ainsi que les automobilistes.

Les intersections surélevées sont des zones rendant l'ensemble de l'intersection au même niveau que le trottoir, et en font un espace réservé aux piétons (Ewing, 1999; Global Designing Cities Initiative, 2019). Lawrence et al. (2021) ont montré que les surfaces surélevées peuvent réduire la vitesse ainsi que le risque de collisions. Cependant, elles peuvent également susciter certaines préoccupations, notamment en termes de bruit généré et d'impact sur le drainage.

Les panneaux de cédez-le-passage et *les panneaux d'arrêts* sont des mesures susceptibles d'inciter les automobilistes à réduire leur vitesse. Amiour et al. (2022) ont montré que les panneaux d'arrêts étaient associés à une amélioration de la sécurité routière pour les enfants. En revanche, l'installation des panneaux d'arrêts peut diminuer le confort des automobilistes et augmenter les délais de circulation.

L'ajout des *trottoirs* constitue une mesure importante, notamment parce qu'elle peut améliorer la sécurité en protégeant les usagers vulnérables. En outre, dans une revue systématique, ils ont montré que seul le trottoir était associé à la perception de la sécurité et à un risque réduit de collisions impliquant des enfants (Amiour et al., 2022). En revanche, les trottoirs peuvent réduire l'espace disponible pour le stationnement des véhicules.

L'ajout de *brigadiers* est une mesure souvent adoptée autour des écoles. La présence d'un brigadier scolaire augmente la perception de sécurité, mais elle est également associée à une augmentation des collisions impliquant des enfants (Amiour et al., 2022).

Une autre mesure est la réduction *des limites de vitesse*. Fridman et al. (2020) ont montré une diminution des collisions et des blessures graves chez les enfants à la suite de la réduction de la limite de vitesse de 40 km/h à 30 km/h. Toutefois, il arrive que les limites de vitesse ne soient pas respectées.

L'amélioration de *la visibilité aux intersections* est importante. Morency et al. (2015) ont examiné l'association entre les caractéristiques d'intersections et les blessures piétons en utilisant des

analyses descriptives et des modèles de régression. Ils indiquent que l'amélioration de la visibilité aux intersections est essentielle. Cette amélioration peut être obtenue par l'ajout des mesures telles que les saillies, la mise en place de signalisation et la restriction du stationnement dans un rayon de 5 mètres autour de l'intersection. En revanche, ces mesures peuvent entraîner des plaintes de la part des résidents et des automobilistes.

Il existe d'autres mesures qui visent à réduire l'exposition ainsi que les points de conflits des piétons avec les automobilistes. Par exemple, *la restriction des virages à gauche* permet de réduire les conflits aux intersections (Morency et al., 2015). Toutefois, cette mesure peut entraîner des ralentissements pour les automobilistes.

Comme le montrent les exemples précédents, il existe de nombreuses mesures pouvant être ajoutées aux aménagements d'intersections afin d'améliorer la sécurité des enfants, mais elles entrent souvent en conflit avec d'autres besoins.

Plusieurs critères importants dans le choix de mesures

La partie précédente montre que les études évaluent les mesures de sécurité en se basant sur un seul critère, à savoir la sécurité. En revanche, un aménagement ne peut pas se limiter uniquement à cet aspect : il est nécessaire de prendre en compte les autres besoins. Par exemple, il convient de s'assurer que les véhicules d'urgence puissent circuler librement. De plus, il faut garantir que l'aménagement soit confortable et sûr pour les usagers vulnérables ainsi que pour les automobilistes. Il est également important de considérer les besoins liés au drainage et à la qualité de vie.

En outre, une ville comporte de nombreuses priorités et est constituée de différents départements, ce qui rend nécessaire la prise en compte de multiples critères pour évaluer les aménagements. Il est également important de considérer les caractéristiques de chaque intersection dans cette évaluation.

Belton and Stewart (2012) indiquent que lorsqu'un problème est complexe, que plusieurs critères doivent être pris en compte dans la prise de décision et que l'intuition seule est insuffisante, il s'agit alors d'un problème multicritère.

Outils pour évaluer la sécurité de l'environnement autour des écoles

Il existe quelques outils qui évaluent l'environnement autour des écoles. Par exemple, l'outil « iRAP Star Ratings » donne un score de 1 (avec le risque le plus élevé) à 5 (avec le risque le plus faible) pour les rues autour des écoles, en considérant les attributs de la rue (par exemple : limite de vitesse, débit de circulation, nombre de voies, largeur des voies, qualité des intersections, présence de trottoirs (IRAP, 2017)). Cependant, les notations de cet outil sont discrètes, ce qui empêche d'obtenir une valeur comme 2,5, ou une valeur supérieure à 5. Il est néanmoins important de disposer d'un classement pour les aménagements et de connaître les différences entre eux. En outre, l'outil iRAP considère la présence ou non de certains types de mesures dans l'évaluation. Il n'est toutefois pas clair si l'évaluation prend en compte l'impact spécifique de chaque type de mesure, car, en réalité chaque mesure de sécurité exerce un effet distinct.

Il existe un autre outil « MAPS-SRTS » qui donne un score en évaluant l'environnement autour des écoles afin d'encourager les enfants à utiliser la marche pour les déplacements scolaires (Ganzar et al., 2024). Cet outil évalue le dernier segment critique du trajet vers l'école, c'est-à-dire la rue directement devant l'entrée de l'école, avec les tronçons de rues connectés à cette rue, et les intersections que les enfants traversent pour atteindre l'entrée (Ganzar et al., 2024). Pour les rues, il examine la présence et la largeur des trottoirs, la présence de pistes cyclables marquées ou séparées, les mesures de la rue (limites de vitesse affichées, dispositifs de modération de la circulation, éclairage), ainsi que l'état esthétique du quartier (la présence de graffiti). Pour les intersections, il considère les mesures favorables aux passages piétons (marquage des traverses, passages piétons surélevés, saillies de trottoir), les dispositifs de régulation (panneaux, feux de circulation) et la présence de rampes d'accessibilité. En revanche, l'outil ne prend pas en compte de pondérations pour les attributs : par exemple, la présence de saillies compte autant que celle de l'éclairage dans le score final. De plus, bien que les limites de vitesse contribuent positivement au score, la distinction entre différentes vitesses n'est pas précisée. En réalité une vitesse limite de 30 km/h a un impact différent sur la sécurité qu'une limite de vitesse de 40 ou 50 km/h. En outre, Ganzar et al. (2024) indiquent que les recherches futures devraient inclure la perception des enfants et des parents sur les caractéristiques de l'environnement du transport scolaire.

L'aide multicritère à la décision

L'AMCD est adoptée lorsqu'il existe plusieurs critères, qu'ils soient qualitatifs ou quantitatifs, et lorsque les préférences, valeurs et jugements des parties prenantes doivent être prises en compte (Roy, 2016).

Le processus de prise de décision pour les projets de transport est complexe. D'une part, il implique de nombreux effets importants, décrits tant en termes quantitatifs que qualitatifs (par exemple : les aspects sociaux et environnementaux); d'autre part, plusieurs solutions sont envisagées pour répondre aux problématiques (Cailhier et al., 2025; Donais et al., 2019; Macharis & Bernardini, 2015).

Dans le cadre de l'AMCD, le concept « d'optimum » n'existe pas : il n'y a pas de solution unique ou « correcte ». Le processus vise plutôt à clarifier les valeurs et jugements des parties prenantes et à construire un modèle multicritère en engageant différents participants, favorisant ainsi le dialogue, la transparence et l'acceptation du modèle (Belton & Stewart, 2012; Phillips & Bana e Costa, 2007).

Application d'AMCD dans le domaine du transport

Les méthodes d'AMCD sont utilisées dans divers domaines du transport afin de résoudre des problèmes de prise de décision. Par exemple, elles sont utilisées dans le domaine de la sécurité des transports publics, la sélection de scénarios de développement pour les systèmes de transport public, et les analyses de localisation des projets de transport (Broniewicz & Ogrodnik, 2020). Par ailleurs, elles sont également employées dans d'autres problèmes liés au transport routier, aérien, ferroviaire et maritime au sens large (Broniewicz & Ogrodnik, 2020).

En revanche, la participation des parties prenantes dans les projets de transport est souvent limitée, alors que leur implication tout au long du processus décisionnel constitue un facteur essentiel pour assurer l'acceptation de la solution (Abdollahi, 2024; Macharis & Bernardini, 2015).

Certaines études ont utilisé l'AMCD et ont pris en compte différents critères pour évaluer des mesures de sécurité. Joo et al. (2019) ont développé un modèle multicritère pour évaluer l'efficacité des chicanes et des dos d'ânes allongés sur les rues des zones scolaires. Dans cette étude, ils ont utilisé la méthode multicritère AHP et pris en compte différents critères dans l'évaluation (l'efficacité opérationnelle, la sécurité ainsi que les impacts environnementaux). Toutefois, ils

soulignent le manque de diversité parmi les experts et recommandent d'inclure un plus grand nombre d'experts issus de diverses disciplines dans de futures études.

De plus, ils ont utilisé AHP qui est une méthode d'AMCD consistant à produire des comparaisons par paires afin d'estimer les poids de critères et les échelles de priorité permettant d'attribuer un score à un élément évalué (Saaty, 1994). En revanche, cette méthode reste limitée à un nombre restreint de critères et d'options. Par ailleurs, plusieurs critiques ont été formulées à l'encontre de cette méthode au fil des années (Munier & Hontoria, 2021), notamment la variation possible du classement des options lorsqu'un critère ou une option est ajouté ou retiré (Çelikbilek & Tüysüz, 2020). En outre, dans AHP, il est nécessaire d'utiliser une échelle numérique de 1 à 9 pour déterminer quel critère est le plus important et de combien (Munier & Hontoria, 2021). En revanche, certains critères ne peuvent être ni quantifiés ni mesurés (Munier & Hontoria, 2021).

Ištoka Otković et al. (2021) ont évalué des aménagements de rues dans le cadre de la reconstruction d'infrastructures dans une ville en Croatie (des rues piétonnes avec des stationnements, des rues partagées avec des pistes cyclables, et des modérations de la circulation avec des stationnements). De même, ils ont utilisé AHP pour classer les options selon différents critères (sécurité, spatiaux-urbains, économique, et environnementale). En revanche, cette étude ne vise pas spécifiquement la sécurité des enfants. Les auteurs soulignent également qu'il convient de répondre aux besoins de tous les usagers, notamment des enfants, des personnes âgées et des personnes handicapées, lors de l'évaluation des aménagements de reconstruction.

En tenant compte de ces limites, il est pertinent de considérer une autre méthode d'AMCD. La méthode MACBETH se distingue par plusieurs avantages. Elle permet de combiner des critères qualitatifs et quantitatifs, et reste facile à comprendre et à utiliser pour les décideurs qui n'ont pas beaucoup d'expérience avec l'AMCD (Lavoie et al., 2015). En outre, elle repose sur des échelles sémantiques qualitatives pour la construction des échelles et des poids, ce qui facilite le travail des experts. Cette méthode permet d'établir les échelles d'évaluation à partir des préférences des participants, de déterminer les poids des critères et de calculer un score global pour chaque option (Bana e Costa & Beinat, 2005; Demesouka et al., 2016; Donais et al., 2019).

En résumé, plusieurs mesures existent pour renforcer la sécurité routière des enfants. Certaines études n'ont toutefois pas pris en compte l'ensemble des critères existants dans l'évaluation, tandis que d'autres ont développé des outils pour évaluer l'environnement autour des écoles, sans

considérer la pondération des attributs ni fournir un score final continu. D'autres travaux se sont concentrés sur des modèles multicritères, principalement en utilisant la méthode AHP, avec une faible inclusion d'experts de différents départements et une attention limitée aux enfants.

Ces limites montrent qu'aucune méthode actuelle ne permet d'évaluer les aménagements d'intersections pour la sécurité des enfants aux intersections, en intégrant la diversité des participants et des critères avec des pondérations. Ce constat justifie le développement d'un modèle multicritère fondé sur la méthode MACBETH, visant à aider la Ville à évaluer ses aménagements d'intersections.

Le cadre conceptuel, regroupant les principaux concepts identifiés dans la littérature, est présenté dans la figure 2.1.

1. Problèmes
Les enfants sont particulièrement vulnérables au trafic et exposés à un risque élevé de collisions aux intersections et autour des écoles. Les villes cherchent à améliorer la sécurité des intersections, mais manquent d'outils intégrant simultanément différents critères et les caractéristiques des intersections.
2. Lacunes
Les mesures existantes se concentrent souvent sur un seul critère (sécurité). Manque de prise en compte des pondérations et d'un score final continu. Concentration sur l'AHP, avec un manque d'inclusion d'experts issus de différents départements. Faible considération des enfants.
3. Objectif du projet
Développer un outil pour l'évaluation des aménagements d'intersections autour des écoles, en visant principalement à améliorer la sécurité des enfants, tout en prenant en compte l'ensemble des autres besoins liés à une intersection.

Figure 2.1 Cadre conceptuel du projet

CHAPITRE 3 DÉMARCHE DU TRAVAIL DE RECHERCHE

3.1 Introduction

Le but de ce chapitre est de présenter le processus méthodologique développé afin d'atteindre l'objectif principal de l'étude, qui est de développer un outil d'évaluation des aménagements d'intersections pour améliorer la sécurité des enfants.

Pour répondre à cet objectif, deux sous-objectifs ont été définis : le premier est de collaborer avec les parents et les enfants, et le second est de construire le modèle d'évaluation multicritère avec les professionnels.

La démarche méthodologique présentée dans ce chapitre est structurée de manière à répondre successivement à ces deux sous-objectifs, tout en s'appuyant sur un cadre épistémologique adapté à la complexité du problème étudié.

3.2 Approche épistémologique

Lorsqu'une ville identifie une intersection dangereuse située à proximité d'une école, elle vise à intervenir afin d'améliorer de réduire le danger routier. En revanche, la municipalité ne dispose pas d'un outil permettant d'évaluer ses différents aménagements d'intersections et, surtout, de comparer l'effet de diverses mesures de sécurité appliquées à un aménagement tout en tenant compte des autres besoins. Il s'agit donc d'un problème complexe et multicritère, assorti d'incertitudes. Ainsi les villes doivent faire face à l'incertitude épistémique, qui découle du manque de connaissances sur les paramètres caractérisant un phénomène (Montibeller & Franco, 2010). Dans une approche constructiviste, l'élaboration d'un modèle d'évaluation ne vise pas à établir une vérité absolue, mais à structurer la connaissance des conséquences associées aux différentes options, en fonction des points de vue et des principes des acteurs concernés (Roy & Vanderpooten, 1996).

Pour traiter ce problème, une approche constructiviste (AMCD) est adoptée. Cette approche permet de structurer l'évaluation des aménagements, de définir les critères pertinents, de construire les échelles et d'attribuer des pondérations en engageant différents participants dans le processus. Le but est de fournir à la Ville une évaluation des aménagements, montrant comment l'ajout de différentes mesures peut améliorer la sécurité tout en tenant compte des autres besoins.

3.3 Identification des participants

Afin de déterminer les participants à engager dans le processus, les quatre phases de la méthode d'identification et d'engagement des parties prenantes ont été mises en œuvre (Marais & Abi-Zeid, 2021). Pour ce projet, il a été identifié qu'il est nécessaire de collaborer avec les parents et les enfants, dont l'expertise locale permet de mieux comprendre le problème et leurs préoccupations. Ensuite, le modèle devrait être développé avec des professionnels, étant donné qu'ils possèdent une expertise technique (Marais & Abi-Zeid, 2021).

3.4 Démarche selon les deux sous-objectifs

La méthodologie a été organisée autour de ces deux sous-objectifs :

Le premier sous-objectif de ce projet est de collaborer avec les parents et les enfants afin de mieux comprendre le problème et leurs préoccupations. Ainsi, des groupes de discussion ont été menés avec eux. Ces derniers ont eu lieu à l'École Saint-Léon-de-Westmount. Des questions ont été posées aux deux groupes (enfants, parents). L'objectif de la recherche ainsi que le but du groupe de discussion ont été présentés aux participants. Ces derniers ont consigné par écrit leurs réponses aux questions sur des cartes et des feuilles. Par la suite, des discussions ont été organisées afin de confronter ces réponses. Enfin, les réponses ont été analysées pour répondre au sous-objectif de la recherche. La méthodologie, les résultats ainsi que les limitations de ce sous-objectif ont été présentés en détail au Chapitre 4 du mémoire.

Pour répondre au deuxième sous-objectif de cette recherche, plusieurs ateliers et sous-ateliers ont été menés. Les ateliers se sont déroulés à la Ville de Westmount et ont réuni divers participants : des représentants de différents départements (un urbaniste, un ingénieur d'eau, un conseiller en mobilité et circulation), une ingénieure indépendante en conception de la sécurité routière, un organisme à but non lucratif (coordinateur en mobilité active), des professionnels de la santé publique, et des chercheurs en sécurité routière et comportement de déplacement. Au cours des ateliers et sous-ateliers, le modèle d'évaluation multicritère a été développé grâce aux échanges entre les participants, dans le but de définir les critères avec leurs échelles et pondérations, et de valider l'outil. Le logiciel M-MACBETH a été utilisé pour transformer les jugements qualitatifs des experts en données quantitatives, ainsi que pour générer les scores des aménagements. La

méthodologie, les résultats ainsi que les limitations de ce sous-objectif ont été présentés en détail au Chapitre 5 du mémoire.

CHAPITRE 4 COLLABORATION AVEC PARENTS ET ENFANTS

4.1 Introduction

Ce chapitre présente la méthodologie, les résultats ainsi que les limitations des groupes de discussion organisés avec des enfants et des parents. Cette démarche vise à collaborer directement avec les parents et les enfants afin de mieux comprendre leurs préoccupations et besoins.

Parmi les différentes méthodes de collaboration avec les participants, telles que les entrevues individuelles, les questionnaires, les sondages ou les groupes de discussion, ce sont ces derniers qui ont été privilégiés pour ce projet. En effet, les groupes de discussion permettent de recueillir des informations sur les perceptions, les attitudes et les croyances des enfants et des parents, tout en tenant compte des idées originales des enfants, souvent négligées dans les recherches plus traditionnelles (Adler et al., 2019).

Des études antérieures ont déjà utilisé des groupes de discussion pour explorer des questions similaires liées à la sécurité routière des enfants. Par exemple, Torres et al. (2020) ont mené des groupes de discussion avec des enfants afin de comprendre leurs perceptions concernant les différentes mesures de modération de la circulation autour des écoles. Abdollahi et al. (2024) ont également conduit des groupes de discussion avec des parents et des enfants pour identifier les facteurs contribuant aux dangers de la circulation et développer un outil d'évaluation du niveau de danger (ND) (Abdollahi, 2024).

Dans le cadre de ce projet, deux groupes de discussion ont été organisés à l'École Saint-Léon-de-Westmount, une école primaire publique choisie pour sa taille et sa proximité d'une artère principale (Annexe A). Le recrutement a été effectué en collaboration avec le directeur, qui a sélectionné une classe de 21 élèves (année 5^{ème} et 6^{ème}), âge auquel les enfants commencent à se déplacer de manière autonome au Québec (Cervesato & Waygood, 2019). Par ailleurs, nous avons obtenu, avec autorisation, les données relatives aux codes postaux des élèves inscrits à l'école. Ces données ont révélé que 43,3 % des enfants vivent à moins de 1 km de l'école, ce qui correspond à une distance raisonnable de marche parcourue à pied par les enfants pour se rendre à l'école (Tavakoli et al., 2024). Les parents ont été contactés par le biais d'un sondage en ligne transmis par le directeur de l'école, et sept d'entre eux ont accepté de participer. Des formulaires de consentement ont été signés par l'ensemble des participants, et le projet a été approuvé par le comité d'éthique de la recherche de Polytechnique Montréal (CER-2223-63-D).

Pour faciliter les discussions et identifier les zones problématiques, des cartes représentant les rues et intersections autour de l'école ont été distribuées aux enfants. Ces cartes ont servi à la fois d'outil éducatif et ludique, permettant aux enfants de partager plus facilement leurs expériences (Global Designing Cities Initiative, 2019).

4.2 Déroulement des discussions

Groupe de discussion avec les enfants

Pour le premier groupe de discussion avec les enfants, des cartes avec des autocollants rouges et bleus ont été distribuées afin d'identifier les rues et intersections dangereuses, ainsi que ceux qui sont sécuritaires. La présentation a commencé par une introduction expliquant le but du projet, puis les participants ont été invités à répondre aux questions suivantes (Tableau 4.1).

Tableau 4.1 Discussion avec les enfants : objectifs, méthodes et questions

Objectifs	Méthodes	Questions posées
Identifier les rues et intersections dangereuses	Question ouverte, cartes et autocollants	Pouvez-vous penser à une rue ou une intersection près de l'école que vous évitez ? Laquelle ? (Marquez ces endroits sur la carte avec un autocollant rouge et numérotez-les)
Comprendre les facteurs de danger	Question ouverte, feuilles	Pourquoi sentez-vous que cette rue ou intersection est dangereuse ?
Identifier les rues et intersections sécuritaires ainsi que les facteurs qui contribuent à leur sécurité	Question ouverte, cartes et autocollants	Connaissez-vous des rues ou des intersections sécuritaires près de l'école ? (Marquez ces endroits sur la carte avec un autocollant bleu et numérotez-les)
Comparer les résultats avec l'outil de ND	Attribuer un niveau de danger aux photos de certaines intersections et rues sur les feuilles	Connaissez-vous cette intersection ? Comment vous sentez vous ?
Comparer les résultats avec l'outil de ND	Attribuer un niveau de danger aux photos de certaines intersections et rues sur les feuilles	Connaissez-vous cette rue ? Comment vous sentez vous ?
Inclure les mesures recommandées par les enfants	Question ouverte, feuilles	Avez-vous des idées sur les façons de modifier nos rues ou nos intersections afin que vous vous y sentiez mieux ?

Pour les questions relatives à l'attribution du niveau de danger, les enfants devaient choisir un niveau de danger (de A à E) ainsi qu'indiquer l'usage correspondant (de X à Z) :

Niveau de danger : A= Très sécuritaire; B= Sécuritaire; C= Moyennement sécuritaire; D= Dangereux; E= Très dangereux.

Usage : X= Aucun problème; Y= Je peux l'utiliser avec prudence; Z= J'évite l'endroit et/ou mes parents m'interdisent.

Le groupe de discussion, composé de 21 enfants, s'est tenu en français le 19 février 2025 à l'École Saint-Léon-de-Westmount. La séance a duré 60 minutes. Cette discussion a été animée par l'auteure de la thèse et encadrée par son directeur. Un assistant était également présent. Aucun enregistrement n'a été réalisé, car des cartes et des feuilles ont été distribuées aux enfants pour qu'ils y indiquent leurs réponses. Par ailleurs, une seconde rencontre a eu lieu le 21 mars 2025, avec la même classe (19 enfants, 2 absents) afin de présenter les résultats du groupe de discussion et de clarifier certaines réponses avec eux.

Les modes de déplacement utilisés par les enfants peuvent influencer leur perception de la sécurité routière. Dans ce cadre, lors de la deuxième rencontre, ils ont été interrogés sur les principaux moyens de transport qu'ils utilisent pour se rendre à l'école :

Tableau 4.2 Modes de transport des enfants

Enfants (n=19)	Réponses	%
Marche	13	68,42
Automobile	7	36,84
Bus (STM)	4	21,06
Vélo	2	10,53
Autobus scolaire	1	5,26

Groupe de discussion avec les parents

Pour le deuxième groupe de discussion avec les parents, une introduction présentant les objectifs du projet a été réalisée. Ensuite, les questions posées étaient les suivantes (Tableau 4.3) :

Tableau 4.3 Discussion avec les parents : objectifs, méthodes et questions

Objectifs	Méthodes	Questions posées
Identifier les rues et intersections dangereuses ainsi que les facteurs de danger	Question ouverte, feuilles	Pouvez-vous penser à des rues ou des intersections près de l'école qui vous semblent dangereux pour votre enfant ? Pouvez-vous nous expliquer pourquoi elles sont dangereuses ?
Identifier les rues et intersections sécuritaires ainsi que les facteurs de sécurité	Question ouverte, feuilles	Pouvez-vous penser à des rues ou des intersections près de l'école qui vous semblent sécuritaires pour votre enfant ? Pouvez-vous nous expliquer pourquoi elles sont sécuritaires ?

Tableau 4.3 Discussion avec les parents : objectifs, méthodes et questions (suite)

Comparer les résultats avec l'outil de ND	Attribuer un niveau de danger aux photos de certaines intersections et rues sur les feuilles	Connaissez-vous cette intersection ? Que pensez-vous de sa sécurité si votre enfant devait la traverser, quelle que soit la direction ?
Comparer les résultats avec l'outil de ND	Attribuer un niveau de danger aux photos de certaines intersections et rues sur les feuilles	Connaissez-vous cette rue ? Que pensez-vous de sa sécurité si votre enfant devait la traverser au milieu ?
Inclure les mesures recommandées par les parents	Question ouverte, feuilles	Quelle serait, selon vous, la situation idéale pour améliorer la sécurité routière des enfants ? Pourquoi pensez-vous qu'elle serait idéale ?
Inclure les mesures recommandées par les parents	Question ouverte, feuilles	Certains parents préfèrent, ou se sentent obligés, de conduire leurs enfants à l'école. Pouvez-vous proposer des solutions pour ces parents tout en garantissant la sécurité des enfants qui se déplacent à pied ?
Inclure les mesures recommandées par les parents	Question ouverte, feuilles	Si l'on regarde les rues et intersections autour de l'école, comme Clarke et Kitchener, quelle serait la situation idéale à ces endroits ?
Inclure les mesures recommandées par les parents	Question ouverte, feuilles	Nous savons que Sherbrooke est une artère près de l'école. Quelles améliorations suggèreriez-vous pour les intersections Sherbrooke/Clarke et Sherbrooke/Kitchener ?

Pour les questions relatives à l'attribution du niveau de danger, les parents devaient choisir un niveau de danger (de A à E) ainsi qu'indiquer l'usage correspondant (de X à Z) pour la sécurité de leur enfant :

Niveau de danger : A= Très sécuritaire; B= Sécuritaire; C= Moyennement sécuritaire; D= Dangereux; E= Très dangereux.

Usage : X= Aucun problème; Y= Mon enfant peut l'utiliser avec prudence; Z= J'interdis mon enfant et/ou il doit éviter l'endroit.

Concernant le groupe de discussion avec les parents, celui-ci s'est déroulé en français le 24 février 2025 à l'École Saint-Léon-de-Westmount. La séance a réuni 7 parents des enfants et a eu une durée de 120 minutes. Par ailleurs, le groupe de discussion a été animé par l'auteure du mémoire, avec l'aide d'un locuteur natif francophone pour la prise des notes et une chercheuse postdoctorale pour le guidage. De plus, les parents ont été informés que le groupe de discussion serait enregistré, et des feuilles ont été distribuées afin qu'ils indiquent leurs réponses aux questions.

Les sept parents des enfants ont également été interrogés à l'aide d'un formulaire Google Forms envoyé avec le créneau horaire, sur le principal mode de transport de leur enfant :

Tableau 4.4 Modes de transport des enfants rapportés par les parents

Parents (n=7)	Réponses	%
Marche	6	85,71
Transport en commun	1	14,29

4.3 Résultats

Synthèse des facteurs positifs et négatifs de sécurité routière

Les enfants évoquent plusieurs facteurs influençant leur perception de sécurité de manière négative. Ils mentionnent notamment la présence d'autobus, les vitesses et débits élevés, ainsi que la mauvaise visibilité. Ils soulignent également l'absence de feux de circulation ou des panneaux de signalisation, le non-respect des règles par les cyclistes, le passage des enfants entre les voitures, ainsi que le temps insuffisant pour traverser. À l'inverse, plusieurs éléments contribuent à renforcer leur perception de sécurité. Il s'agit, par exemple, de voies bien indiquées, de débits et vitesses faibles, de la présence de brigadiers et de corridors scolaires, ainsi que de feux de circulation et d'arrêts, et des intersections dont la traversée est courte.

Pour les parents, plusieurs facteurs influencent négativement leur perception de sécurité. Ils évoquent notamment la mauvaise visibilité, des vélos ou véhicules qui ne s'arrêtent pas, des vitesses et débits élevés, ainsi que la présence des autobus. Par ailleurs, ils signalent d'autres facteurs dangereux comme les rues à double sens, le manque de priorité aux piétons, le non-respect des panneaux de signalisation, l'absence de feux ou d'arrêts, un temps de traversée insuffisant, le stationnement illégal, ainsi que les demi-tours. À l'inverse, plusieurs éléments contribuent à renforcer leur perception de sécurité. Ils soulignent la présence de policiers et brigadiers, les sens uniques, les vitesses et débits faibles, la bonne visibilité, ainsi que les rues étroites.

Il existe des facteurs non liés à la circulation qui influencent la perception des enfants de manière négative telle que la présence de sans-abri, de personnes inconnues, les actes de vol, ainsi que la présence de neige sur les rues et trottoirs. Aussi, d'autres facteurs non liés à la circulation influencent leur perception de manière positive. Ils mentionnent notamment le déneigement, la présence d'adultes et d'enfants, la proximité à l'école ou du lieu de résidence, ainsi que la présence de grands magasins, de boutiques et de postes de police. D'où la familiarité, le danger lié aux

inconnus (sécurité personnelle) et les conditions météorologiques (une tempête ayant précédé la rencontre) constituent des facteurs importants pour les enfants. En revanche, les dangers d'ordre social n'ont pas été pris en compte dans le cadre de ce projet.

Comparaison avec l'outil de Niveau de danger

Les groupes de discussion ont permis d'identifier plusieurs rues et intersections dangereuses, ainsi que celles qui sont sécuritaires. Les résultats sont comparés aux estimations de dangerosité fournies par un outil développé précédemment (Abdollahi, 2024) dans le cadre du projet plus large *Children's Independent Mobility Environments* (CHIME). Cet outil permet d'estimer le niveau de dangerosité (ND) créée par la circulation ainsi que la configuration des rues et des intersections.

La rue Sherbrooke et l'intersection Sherbrooke/Kitchener ont été perçues comme dangereuses par les parents et les enfants, et présentent un score de danger élevé. Sherbrooke (entre les rues Kitchener et Clarke) est une artère à plusieurs voies, avec une limite de vitesse de 40 km/h. En outre, l'outil de ND évalue cette section de Sherbrooke comme dangereuse (mauvaise visibilité, présence de véhicules lourds). Par ailleurs, Sherbrooke/Kitchener est une intersection avec un arrêt sur Kitchener. Cette dernière est une rue à une seule voie par direction, avec une limite de vitesse de 30 km/h. Sherbrooke, est une grande artère à plusieurs voies, avec une limite de vitesse de 40 km/h, et sans feux de circulation ni des panneaux d'arrêts pour le passage des piétons. En outre, Sherbrooke/Kitchener est dangereuse par l'outil de ND (une mauvaise visibilité, absence de modération de la circulation et de piste cyclable, les segments sont un peu dangereux, conception dangereuse). Cela permet de constater que les intersections aux artères sont des endroits critiques.

Sherbrooke/Clarke est une intersection avec des feux de circulation incluant des phases piétonnes. Clarke est une rue à une seule voie par direction, avec une limite de vitesse de 30 km/h. Sherbrooke est une artère à plusieurs voies, avec une limite de vitesse de 40 km/h. Cette intersection est très dangereuse par l'outil de ND (absence de piste cyclable et de modération de la circulation, segments très dangereux, mauvaise visibilité, conception dangereuse, feux avec phases piétonnes). Cependant, elle est jugée sécuritaire par les enfants car il y a la présence de feux de circulation et d'une brigadière. En revanche, les parents la perçoivent plutôt moyennement sécuritaire, car il y a de nombreuses voitures qui attendent dans cette intersection, mais il y a la présence de feux de circulation et d'une brigadière. Ainsi, la présence des feux de circulation et des brigadiers influence positivement la perception de sécurité chez les parents et les enfants.

Boulevard de Maisonneuve/Kitchener est une intersection avec des arrêts sur toutes les approches. De Maisonneuve est une rue à sens unique, à une seule voie, avec une limite de vitesse de 30 km/h et une piste cyclable. Kitchener est une rue à une seule voie par direction, avec une limite de vitesse de 30 km/h. Cette intersection est acceptable par l'outil de ND (présence de piste cyclable, segments acceptables, présence d'arrêts, conception sécuritaire, mais absence de modération de la circulation avec une mauvaise visibilité). Cependant elle est jugée la deuxième plus dangereuse par les parents, car les véhicules et les vélos ne s'arrêtent pas, mais la rue est à sens unique et les vitesses sont moins rapides. En revanche, les enfants indiquent que cette intersection est sécuritaire avec prudence. Ils mentionnent qu'il faut l'utiliser avec prudence car il y a un manque de feux de circulation et les vélos ne s'arrêtent pas. Cependant, ils indiquent que les vitesses et débits sont moins élevés à cette intersection que dans les autres. En revanche, il est important de mentionner que le danger dans l'outil de ND est évalué en fonction de l'énergie cinétique des véhicules, plutôt que le risque perçu et la fréquence des interactions. Cela montre toutefois que la perception de la sécurité peut différer du risque réel.

Sherbrooke/Metcalf est une intersection avec des feux incluant des phases piétonnes sur toutes les approches. Metcalf est une rue à une seule voie par direction, avec une limite de vitesse de 30 km/h. Sherbrooke est une grande artère à plusieurs voies, avec une limite de vitesse de 40 km/h. Cette intersection est dangereuse par l'outil de ND (absence de piste cyclable et de modération de la circulation, conception dangereuse, segments un peu dangereux, mauvaise visibilité, feux de circulation avec phases piétonnes). De même, elle est considérée dangereuse par les parents en raison des comportements dangereux sur Metcalf (des demi-tours et des doubles stationnements). Cependant, cette intersection est considérée comme la plus sécuritaire par les enfants parmi les cinq intersections étudiées. Ils signalent la présence de feux de circulation, un faible débit de circulation et la proximité d'une école.

Boulevard de Maisonneuve/Greene est une intersection avec des feux de circulation et une piste cyclable sur De Maisonneuve. Greene et De Maisonneuve sont des rues à sens unique, à une seule voie, avec des saillies, et une limite de vitesse de 40 km/h. Cette intersection est acceptable par l'outil de ND (un peu d'effet de la piste cyclable, présence de modération de la circulation, conception sécuritaire, feux de circulation avec phases piétonnes, mais mauvaise visibilité et les segments sont dangereux). Par ailleurs, elle est considérée plutôt moyennement sécuritaire par les parents et les enfants. Les parents signalent que les vélos ne s'arrêtent pas, mais les véhicules

circulent à vitesse réduite à cette intersection et que les rues sont à sens unique. En outre, les enfants soulignent la présence de feux de circulation et la courte longueur de l'intersection, mais indiquent que le temps de traversée reste insuffisant et que les vélos ne respectent pas les arrêts.

Clarke est une rue située en face de l'école (entre les rues De Maisonneuve et Sherbrooke). Cette section de la rue est un corridor scolaire à une seule voie par direction, avec une limite de vitesse de 30 km/h. Cette dernière est évaluée comme acceptable par l'outil de ND (bonne visibilité, absence de véhicules lourds, mais présence de quelques mesures de modération de la circulation). Kitchener est également une rue située en face de l'école (entre les rues De Maisonneuve et Sherbrooke). Cette section constitue un corridor scolaire à une seule voie par direction, avec une limite de vitesse 30 km/h et des dos d'ânes. Selon l'outil de ND, cette rue est sécuritaire (bonne visibilité, présence de modération de la circulation, pas de véhicules lourds). Cependant, les parents considèrent ces deux rues comme dangereuses car il y a un débit élevé et de comportements dangereux. Pour les enfants, les réponses ont été mitigées. Certains indiquent que les rues sont proches de l'école et que le débit est faible, tandis que d'autres mentionnent que le débit est élevé. Ces résultats sont cohérents car les parents et les enfants utilisent ces rues principalement aux heures d'arrivée et de départ de l'école.

La rue De Maisonneuve (entre les rues Kitchener et Clarke) est une rue à sens unique, à une seule voie, avec une piste cyclable et une limite de vitesse de 30 km/h. Cette section de la rue est évaluée acceptable par l'outil de ND (bonne visibilité, absence de véhicules lourds, mais présence de quelques mesures modération de la circulation). Elle est jugée sécuritaire par les enfants et moyennement sécuritaire par les parents. Ces derniers indiquent que les vélos circulent rapidement et qu'il n'y a pas de priorité pour les piétons. En revanche, ils soulignent que les voitures roulent moins vites dans cette rue que sur Sherbrooke.

Clarke (entre les rues De Maisonneuve et Sainte-Catherine) est une rue à trois voies, avec une limite de vitesse de 30 km/h. Cette rue est évaluée comme un peu dangereuse par l'outil de ND (absence de modération de la circulation mais bonne visibilité et absence de véhicules lourds). De plus, elle est considérée dangereuse par les parents (vitesses élevées, absence de priorité pour les piétons, double sens). Cependant, les enfants signalent que cette rue est la plus sécuritaire parmi les cinq étudiées. Toutefois, lorsqu'ils ont été interrogés sur les raisons, leurs réponses étaient plutôt mitigées (par exemple : pas trop de voitures et trop de voitures, absence de feux de circulation et

présence de feux). En effet, les enfants étaient influencés par la présence ou non de véhicules dans les images Google Street View montrées lors du groupe de discussion, ce qui constitue une limite de l'approche.

Solutions proposées par les parents et les enfants

Les parents et les enfants mentionnent plusieurs mesures pour améliorer la sécurité autour des écoles. En effet, ils se concentrent sur des mesures visant à faciliter la traversée des usagers (feux de circulation, des phases piétonnes, ainsi que des brigadiers). De plus, les enfants indiquent des solutions pour réduire la vitesse et le débit des véhicules (fermer les rues autour de l'école et réduire les vitesses). Par ailleurs, les parents indiquent des mesures pour limiter les comportements dangereux (ajouter la présence de policiers, installer des radars et caméras, convertir les rues en sens unique).

4.4 Analyse et interprétation

Les parents et les enfants ayant participé aux groupes de discussion sont en grande partie des usagers fréquents de la marche.

De plus, les parents perçoivent les intersections et rues comme plus dangereuses que les enfants, car aucun d'entre eux n'a indiqué « aucun problème » concernant l'usage des intersections et des rues par leurs enfants. Cette perception peut influencer la probabilité que les enfants s'engagent dans le transport actif.

Par ailleurs, ces groupes de discussion ont permis d'identifier que la présence de brigadiers et feux de circulation influence la perception des parents et des enfants de manière positive. En revanche, les vitesses et débits élevés, la mauvaise visibilité, le temps insuffisant pour traverser, le non-respect des règles par les cyclistes, ainsi que l'absence de feux de circulation et de panneaux d'arrêt influencent leur perception de manière négative.

De plus, les groupes de discussion ont montré que la perception subjective du danger peut différer du risque réel lié à l'énergie cinétique. En effet, dans l'outil de ND, le danger est évalué en fonction de l'énergie cinétique des véhicules, plutôt que du risque perçu ou de la fréquence des interactions. Par ailleurs, la vitesse utilisée par l'outil de ND correspond à la limite de vitesse, alors que la vitesse pratiquée peut être supérieure ou perçue comme excessive au regard du contexte. Enfin, la

perception de sécurité demeure essentielle, car elle peut influencer la probabilité que les enfants utilisent des modes de déplacement actifs pour se rendre à l'école.

Pour conclure, la collaboration avec les parents et les enfants a permis de mieux comprendre le problème et leurs préoccupations. Ces groupes ont notamment identifié les intersections situées sur les artères comme des lieux dangereux nécessitant une intervention. Cependant, la Ville a indiqué qu'elle n'a pas de contrôle direct sur les artères, et qu'il faut plutôt agir sur les intersections situées sur les rues collectrices et locales. De plus, ces groupes de discussion ont montré que la perception de la sécurité peut différer du risque réel, ce qui souligne la nécessité d'inclure un critère lié au confort des enfants dans le modèle multicritère d'évaluation. Il est également important de prendre en compte leurs préoccupations (vitesses, visibilité, exposition), d'autant plus qu'ils sont les principaux usagers concernés.

4.5 Limitations

Pour le groupe de discussion avec les enfants, certaines limites ont été observées dans l'approche utilisée. Les enfants se sont parfois basés sur les images issues de Google Street View et ont été influencés par la présence ou l'absence de véhicules sur ces images. Il aurait peut-être été préférable de montrer des vidéos des rues et des intersections durant les heures d'arrivée et de départ des enfants.

Lors des groupes de discussion, les enfants étaient des élèves d'une école primaire publique située dans un contexte urbain. Le revenu des ménages des participants n'est pas connu avec précision, mais la Ville de Westmount est généralement considérée comme une zone où les revenus sont relativement élevés. Il est donc important d'aborder ces problématiques dans différents contextes.

De plus, tous les élèves de la classe ont participé, ce qui réduit le biais pouvant résulter du fait qu'un enfant participe ou non en raison des préoccupations de ses parents concernant la sécurité routière. En revanche, pour le groupe de discussion avec les parents, il s'agissait de participants volontaires, tous préoccupés par la sécurité de leurs enfants. Enfin, le nombre de participants (7 parents et 21 enfants) reste relativement faible, et les résultats ne doivent pas être généralisés.

CHAPITRE 5 DÉVELOPPEMENT DU MODÈLE D'ÉVALUATION MULTICRITÈRE

5.1 Introduction

Le présent chapitre vise à répondre au deuxième sous-objectif du mémoire qui consiste à construire le modèle d'évaluation multicritère avec des professionnels.

Les groupes de discussion avec les parents et les enfants ont permis de mieux comprendre le problème et leurs préoccupations. Ces groupes ont notamment identifié les intersections sur les artères comme des lieux dangereux où il faut intervenir. Cependant, la Ville a indiqué qu'elle n'a pas de contrôle direct sur les artères, et qu'il faut plutôt agir sur les intersections situées sur les rues collectrices et locales. Ainsi, le contexte de l'outil a été clarifié aux participants. Il s'agit des intersections situées autour des écoles, sur des rues collectrices et locales, c'est-à-dire à moins de 1 km de l'école, correspondant à la distance qu'un enfant peut parcourir à pied pour s'y rendre (Tavakoli et al., 2024). De plus, les groupes de discussion ont montré que la perception de sécurité peut différer du risque réel, ce qui souligne la nécessité d'intégrer dans le modèle un critère lié au confort des enfants ainsi que les autres préoccupations.

Par la suite, le modèle multicritère d'évaluation a été développé lors de plusieurs ateliers avec des professionnels, en utilisant la méthode MACBETH, qui permet de construire les échelles, d'établir les pondérations et d'attribuer des scores agrégés aux aménagements d'intersections (Bana e Costa & Beinat, 2005; Donais et al., 2019).

À noter que le projet avait initialement pour objectif d'évaluer des interventions. Toutefois, il s'est avéré qu'il n'était pas possible d'évaluer une intervention sans prendre en compte les caractéristiques de l'intersection. Ainsi, l'objectif n'était plus d'évaluer une intervention isolée (comme l'ajout d'un brigadier ou la mise en place d'une intersection élevée), mais plutôt l'aménagement d'une intersection dans son ensemble, en tenant compte de ses caractéristiques (un aménagement pouvant inclure plusieurs mesures liées à la sécurité routière).

5.2 Méthodologie

Afin de construire le modèle d'évaluation multicritère, un cadre méthodologique a été développé (Figure 5.1). Le cadre dans cette étude s'inspire des étapes proposées dans une étude précédente (Donais et al., 2019).

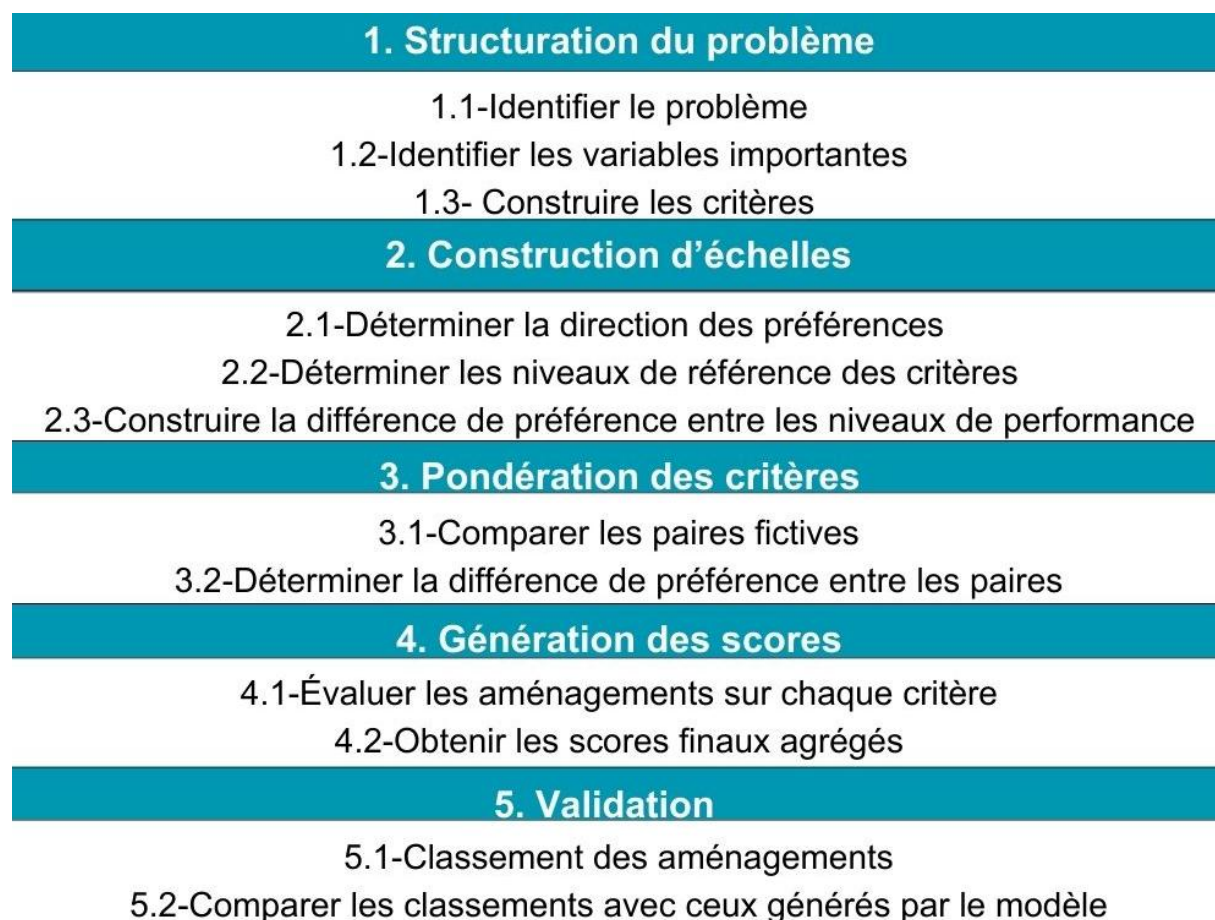


Figure 5.1 Cadre méthodologique pour le développement de l'outil

À la suite de la définition du problème, des critères ont été construits avec les participants. Ces derniers correspondent à des attributs permettant d'évaluer les aménagements d'intersections. Ensuite, MACBETH, une méthode de l'AMCD, a été utilisée pour générer des scores. Elle permet de transformer les jugements qualitatifs des experts en échelles numériques, afin d'attribuer un score aux aménagements (Bana e Costa & Beinat, 2005; Donais et al., 2019).

Par la suite, les participants ont procédé à des comparaisons par paires de niveaux de performance (par exemple : la différence de préférence entre le niveau « très positif » et le niveau « positif » sur

un critère i). Ils ont ensuite comparé des options fictives proposées par le logiciel (par exemple : une option A, qui possède un niveau « supérieur » sur le critère i et « inférieur » sur le critère j , à une option B, qui possède un niveau « inférieur » sur le critère i et « supérieur » sur le critère j). Les participants ont sélectionné l'option préférée et exprimé leurs préférences à l'aide d'une échelle sémantique prédéfinie (nulle, très faible, faible, modérée, forte, très forte, extrême). À partir de ces comparaisons, le logiciel a construit les échelles numériques associées aux critères ainsi que leurs pondérations, tout en vérifiant la consistance des jugements. Enfin, un score agrégé a été calculé pour chaque aménagement en multipliant les poids des critères par les scores obtenus par les aménagements sur ces critères. Plus le score est élevé, plus l'aménagement est jugé attractif (préférable) et donc performant pour maximiser la sécurité tout en considérant les autres besoins.

5.3 Application

Afin de parvenir à un consensus et de compléter les cinq phases du processus d'AMCD, des ateliers ont été organisés en présentiel à l'hôtel de ville de la Ville de Westmount, réunissant divers participants. Ces derniers comprenaient des professionnels issus de différents départements (un urbaniste, un ingénieur en gestion de l'eau, un conseiller en mobilité et circulation), une ingénieure indépendante spécialisée en conception de la sécurité routière, un représentant d'un OBNL (coordinateur en mobilité active), des professionnels de la santé publique ainsi que des chercheurs en sécurité routière et en comportement de déplacement.

Au total, six ateliers ont été réalisés, chacun d'une durée de deux heures et trente minutes, entre mai et octobre 2025, et animés en français. Par ailleurs, des réunions de sous-groupes ont été tenues lors de la validation des critères et de la construction des échelles.

1- Structuration du problème :

La première étape du processus de l'AMCD consiste à structurer le problème. Au cours de cette étape, il s'agit d'identifier, avec les participants, les variables importantes permettant de définir les critères servant à évaluer les aménagements d'intersections.

Lors du premier atelier, l'objectif du projet ainsi que la méthodologie ont été présentés aux participants. Ces derniers étaient : un urbaniste, un ingénieur en gestion de l'eau, un conseiller en mobilité et circulation, deux représentants d'OBNL (Vélo Québec et le Centre d'écologie urbaine de Montréal), deux professionnels de la santé publique, et un chercheur en comportement de déplacement.

Des questions ont ensuite été posées afin de déterminer ce qui leur semblait important dans le choix d'une intervention (Tableau 5.1). Il convient de souligner que le terme « intervention » a été utilisé à cette étape du processus, en lieu et place de « aménagement d'intersection ». La raison de ce choix terminologique a été expliquée dans l'introduction.

Tableau 5.1 Liste des questions pour déterminer les critères

Questions posées	Méthodes
Quelles sont vos principales exigences et préoccupations ? Quelles contraintes doivent être prises en compte lors du choix d'une intervention plutôt qu'une autre ?	Questions ouvertes, notes autocollantes
Quels aspects sont importants pour vous lors du choix d'une intervention plutôt qu'une autre ?	Questions ouvertes, notes autocollantes
Qu'est-ce qui pourrait préoccuper d'autres personnes à propos des interventions ?	Questions ouvertes, notes autocollantes
Quels défis ou préoccupations pourraient émerger à l'avenir concernant le choix d'intervention ? Enfin, y a-t-il d'autres personnes ou groupes qui devraient être inclus dans cette discussion, et pourquoi ?	Questions ouvertes, notes autocollantes
Si vous deviez envisager cette intervention (intersection surélevée, mini-ronds-points) comme une solution, y a-t-il des éléments à prendre en compte qui n'ont pas encore été mentionnés ?	Questions ouvertes, notes autocollantes
Y a-t-il d'autres facteurs qui, selon vous, devraient être pris en compte dans le choix de ces interventions ? (Intersection surélevée, mini-ronds-points)	Questions ouvertes, notes autocollantes
Si vous deviez choisir entre ces interventions (saillies, passage piéton surélevé), quelles seraient les informations les plus importantes que vous devriez connaître en premier ?	Questions ouvertes, notes autocollantes
Y a-t-il d'autres facteurs qui, selon vous, devraient être pris en compte dans le choix entre ces interventions ? (Saillies, passage piéton surélevé)	Questions ouvertes, notes autocollantes
Quelles conséquences négatives ou positives pourraient découler du choix de cette intervention ? (Intersection surélevée, mini-ronds-points)	Questions ouvertes, notes autocollantes
Qu'est-ce qu'une bonne intervention au niveau d'une intersection? Qu'est-ce qu'une mauvaise intervention ? Qu'est-ce qu'une intervention acceptable ? Pourquoi ?	Questions ouvertes, notes autocollantes

Détermination des critères et des niveaux de performance

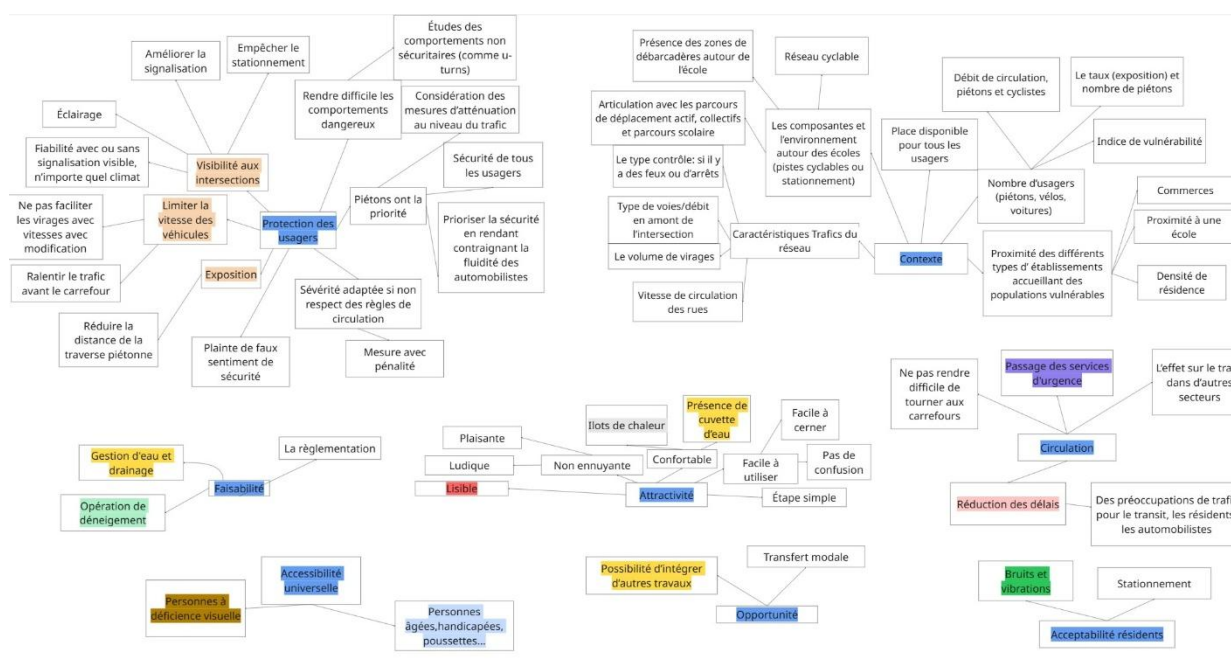


Figure 5.2 Schéma conceptuel pour déterminer les critères

Après le premier atelier, le schéma conceptuel (figure 5.2) a permis de définir 11 critères précis et mesurables pour évaluer les aménagements des intersections. Lors du deuxième atelier, ces critères, ainsi que leurs variables et niveaux de performance, ont été présentés et validés par les experts. La définition initiale des niveaux de performance a été confiée aux participants sous forme de travail préparatoire, et un consensus final a été atteint lors du troisième atelier.

Pour le deuxième atelier, les participants comprenaient un urbaniste, un ingénieur en gestion de l'eau, un conseiller en mobilité et circulation, des professionnels de la santé publique, une chercheuse en sécurité routière et un chercheur en comportement de déplacement.

Lors du troisième atelier, les participants étaient un urbaniste, un ingénieur en gestion de l'eau, un conseiller en mobilité et circulation, une ingénieure indépendante spécialisée en conception de la sécurité routière, deux professionnels de la santé publique, un chercheur en comportement de déplacement et une chercheuse en sécurité routière.

La définition des niveaux de performance a été établie en examinant les variables associées aux critères et en identifiant les différences significatives entre elles. Sans ces niveaux, il serait

impossible d'attribuer des scores aux aménagements ni de les comparer. Ils sont également essentiels pour établir l'échelle et la pondération des critères par la suite.

Présentation détaillée des critères et niveaux de performance

1. Sécurité

Les trois variables : visibilité, exposition et vitesse fonctionnelle (km/h) sont regroupées en un seul critère « sécurité » car les trois interagissent et ne peuvent pas être considérés indépendamment. Par exemple, la vitesse faible n'est pas toujours meilleure pour les experts : cela dépend de la visibilité et de l'exposition, ce qui constitue bien une interaction. De plus, la vitesse, l'exposition ainsi que la visibilité sont des facteurs importants pour les parents et les enfants : lors des groupes de discussion, ils ont mentionné les éléments influençant positivement leur perception, tels que la bonne visibilité, les faibles vitesses et les intersections courtes. Les niveaux de performance du critère sont présentés dans la figure 5.3.

Très négatif	Négatif	Neutre	Positif	Très Positif
Vitesse 40 ou plus km/h, quelle que soit la visibilité ou l'exposition	Vitesse entre 30 et 40 km/h, exposition modérée ou élevée avec visibilité haute	Vitesse entre 30 et 40 km/h, exposition faible, visibilité haute	Vitesse entre 20 et 30 km/h, exposition faible, visibilité haute	Vitesse entre 10 et 20 km/h, exposition faible, visibilité haute
Vitesse entre 30 et 40 km/h, exposition modérée ou élevée, visibilité moyenne ou basse	Vitesse entre 30 et 40 km/h, exposition faible, visibilité moyenne	Vitesse entre 20 et 30 km/h, exposition modérée, visibilité moyenne ou haute	Vitesse entre 10 et 20 km/h, exposition modérée, visibilité haute	Vitesse moins que 10 km/h, exposition modérée, visibilité haute
Vitesse entre 30 et 40 km/h, exposition faible, visibilité basse	Vitesse entre 20 et 30 km/h, exposition élevée, visibilité haute	Vitesse entre 20 et 30 km/h, exposition faible, visibilité moyenne	Vitesse entre 10 et 20 km/h, exposition faible, visibilité moyenne	Vitesse moins que 10 km/h, exposition faible, visibilité moyenne ou haute
Vitesse entre 20 et 30 km/h, exposition élevée, visibilité moyenne ou basse	Vitesse entre 20 et 30 km/h, exposition faible, visibilité basse	Vitesse moins que 10 km/h, exposition faible, visibilité basse	Vitesse moins que 10 km/h, exposition élevée, visibilité haute	
Vitesse entre 20 et 30 km/h, exposition modérée, visibilité basse	Vitesse entre 10 et 20 km/h, exposition modérée ou élevée, visibilité moyenne ou basse	Vitesse entre 10 et 20 km/h, exposition élevée, visibilité haute	Vitesse moins que 10 km/h, exposition modérée, visibilité moyenne	
	Vitesse entre 10 et 20 km/h, exposition faible, visibilité basse			
	Vitesse moins que 10 km/h, exposition élevée, visibilité moyenne ou basse			
	Vitesse moins que 10 km/h, exposition modérée, visibilité basse			

Figure 5.3 Niveaux de performance « sécurité »

2. Esthétique

Ce critère est mesuré par la présence de verdure, contribuant à lutter contre les îlots de chaleur et à améliorer le confort des piétons. Les niveaux de performance du critère sont présentés dans la figure 5.4.

Verdure :

Positif (ex. : beaucoup de verdure (qui n'influence pas la visibilité))

Neutre (ex. : quelques verdures)

Négatif (ex. : pas de verdure, ou presque pas)

Figure 5.4 Niveaux de performance « esthétique »

3. Expérience des automobilistes

Ce critère est évalué à travers le confort des automobilistes, notamment la lisibilité et l'ambiance pour les conducteurs. Les niveaux de performance du critère sont présentés dans la figure 5.5.

Très négatif (ex. : difficulté à lire l'intersection, visibilité limitée de l'ensemble de l'intersection, poteau électrique en bordure de rue, absence de trottoir sur toutes les approches, nombre de voies irrégulier)



Neutre (ex. : forme orthogonale classique, 1 voie par direction, feux tricolores, bonne visibilité)



Négatif (ex. : traversées colorées, extensions visuelles des trottoirs, arrêt sur toutes les approches, 2 voies sur deux approches, 1 voie sur les deux autres)



Positif (ex. : intersection dégagée, îlot séparateur large, séparation auto/cycles, feux protégés pour virage à gauche)



Figure 5.5 Niveaux de performance « expérience des automobilistes »

4. Acceptabilité des automobilistes

Comporte deux variables : fluidité (délais (secondes)) (figure 5.6) et volume de circulation (véhicules/jour). Les experts ont souligné que la fluidité ne peut être évaluée sans connaître le volume de circulation. Les niveaux de performance du critère sont présentés dans la figure 5.7.

LOS	Signalized intersection	unsignalized intersection
	(Seconds)	
A	≤ 10	≤ 10
B	$> 10 - 20$	$> 10 - 15$
C	$> 20 - 35$	$> 15 - 25$
D	$> 35 - 55$	$> 25 - 35$
E	$> 55 - 80$	$> 35 - 50$
F	> 80	> 50

Figure 5.6 Définition des mesures de la fluidité

Très négatif	Négatif	Neutre	Positif	Très positif
Fluidité E-F avec une circulation plus que 1500 v/j	Fluidité E-F avec une circulation comprise entre 0 et 1500 v/j	Fluidité C-D, quelle que soit la circulation	Fluidité A-B avec une circulation plus que 1500 v/j	Fluidité A-B avec une circulation comprise entre 0 et 1500 v/j

Figure 5.7 Niveaux de performance du critère « acceptabilité des automobilistes »

5. Accès des véhicules d'urgence

Évalue la facilité d'accès et de circulation des véhicules d'urgence, afin de garantir des interventions rapides et efficaces. Les niveaux de performance du critère sont présentés dans la figure 5.8.

Accès des véhicules d'urgence :

Positif (ex. : pas de problème, standard (signalisation, marquage au sol))

Neutre (ex. : adapté aux grands véhicules (saillies avec bollards souples))

Négatif (ex. : déflexion horizontale rigide (saillies serrées avec bollards fixes))

Très négatif (ex. : déflexion verticale avec virages serrés)

Figure 5.8 Niveaux de performance « accès des véhicules d'urgence »

6. Accessibilité pour les personnes malvoyantes

Évalue l'accessibilité des personnes ayant une déficience visuelle. Les niveaux de performance du critère sont présentés dans la figure 5.9.

Très négatif (ex. : voies très larges, pas de terre-plein refuge, difficile de rejoindre le trottoir en raison du manque de connexion entre les îlots de refuge)



Neutre (ex. : les passages piétons sont bien définis, largeur convenable, rampes d'accès et plaques podotactiles mais petites et ne couvrent pas toute la largeur)



Négatif (ex. : Traversée longue, trottoir étroit, pas de signalisation pour les passages piétons, véhicules stationnés le long du trottoir, passages piétons non entretenus donc peu de visibilité)



Positif (ex. : la traversée est courte, des plaques podotactiles sont présentes à chaque traversée, le stationnement est parallèle à la direction de la voie)



Figure 5.9 Niveaux de performance du critère « accessibilité pour les personnes malvoyantes »

7. Accessibilité pour les personnes à mobilité réduite

Évalue l'accessibilité pour les fauteuils roulants, les poussettes et les personnes âgées. Les niveaux de performance du critère sont présentés dans la figure 5.10.

Très négatif (ex. : voies très larges, pas de terre-plein refuge, difficile de rejoindre le trottoir en raison du manque de connexion entre les îlots de refuge)



Neutre (ex. : rampes d'accès présentes, trottoirs larges, traversées raisonnables en longueur)



Négatif (ex. : îlots refuge (possibilité d'attendre pour traverser), passages longs dans les quatre directions)



Positif (ex. : voies étroites se croisent perpendiculairement, tout est au même niveau, chaussée surélevée sur l'ensemble de l'intersection)



Figure 5.10 Niveaux de performance « accessibilité pour les personnes à mobilité réduite »

8. Intégration environnementale

Ce critère comprend deux variables : le drainage (figure 5.11) et l'opportunité de bio-rétention car ces deux éléments contribuent à l'environnement. Les niveaux de performance du critère sont présentés dans la figure 5.12.

Drainage :

Positif (ex. : écoulement amélioré (pavés perméables, noues végétalisées, ouverture de captation))

Neutre (ex. : écoulement maintenu mais ni amélioration ni surcharge)

Négatif (ex. : écoulement surcharge, pas de mesures pour le drainage)

Figure 5.11 Définition des mesures de drainage

Négatif

Drainage négatif, quelles que soient les opportunités de bio-rétention

Neutre

Drainage neutre ou positif, sans opportunité de bio-rétention

Positif

Drainage neutre ou positif, avec opportunité de bio-rétention

Figure 5.12 Niveaux de performance « intégration environnementale »

9. Accès pour le déneigement

Évalue la facilité d'accès et de circulation des équipements de déneigement, afin de garantir des interventions efficaces durant l'hiver. Les niveaux de performance du critère sont présentés dans la figure 5.13.

Accès pour le déneigement :

Positif (ex. : pas de problème (compatible avec le déneigement standard))

Neutre (ex. : déneigement fluide et mécanisé, mais avec quelques manœuvres (déflexion horizontale))

Négatif (ex. : déneigement mécanique possible, mais contraint (déflexion verticale))

Très négatif (ex. : travail manuel nécessaire (pelle, souffleuse))

Figure 5.13 Niveaux de performance « accès pour le déneigement »

10. Acceptabilité publique

Ce critère est mesuré par les nuisances (bruit, pollution). Deux variables supplémentaires, vitesse (km/h) et le débit (véhicules/jour), ont été ajoutées à ce critère à la suite des remarques des experts : les résidents se plaignaient des débits et vitesses élevés, ce qui est également important pour les parents et les enfants. Les niveaux de performance du critère sont présentés dans la figure 5.14.

Très négatif	Négatif	Neutre	Positif	Très Positif
Vitesse 40 ou plus km/h, quelles que soient la circulation ou les nuisances	Vitesse entre 30-40 km/h, circulation entre 4000-8000 v/j, moins de nuisances	Vitesse 30-40 km/h, circulation 0-500 v/j, moins de nuisances	Vitesse entre 20-30 km/h, circulation entre 0-500 v/j, nuisances moins ou identiques	Vitesse entre 10-20 km/h, circulation 500-1500 v/j, moins de nuisances
Vitesse entre 30 et 40 km/h, circulation 8000+, quelles que soient les nuisances	Vitesse entre 30 et 40 km/h, circulation 500-4000 v/j, quelles que soient les nuisances	Vitesse entre 20 et 30 km/h, circulation entre 1500-4000 v/j, quelles que soient les nuisances	Vitesse entre 20 et 30 km/h, circulation entre 500-1500 v/j, moins de nuisances	Vitesse entre 10-20 km/h, circulation 0-500 v/j, nuisances moins ou identiques
Vitesse entre 30-40 km/h, circulation entre 4000-8000 v/j, nuisances plus ou identiques	Vitesse entre 30 et 40 km/h, circulation 0-500 v/j, nuisances identiques ou plus	Vitesse entre 20 et 30 km/h, circulation entre 500-1500 v/j, nuisances plus ou identiques	Vitesse entre 10 et 20 km/h, circulation entre 4000 et 8000 v/j, moins de nuisances	Vitesse <10 km/h, circulation 1500-4000 v/j, moins de nuisances
	Vitesse entre 20 et 30 km/h, circulation plus que 4000 v/j, quelles que soient les nuisances	Vitesse entre 20-30 km/h, circulation entre 0-500 v/j, plus de nuisances	Vitesse entre 10-20 km/h, circulation 1500-4000 v/j, nuisances moins ou identiques	Vitesse <10 km/h, circulation 0-1500 v/j, nuisances moins ou identiques
		Vitesse entre 0 et 20 km/h, circulation 8000+ v/j, quelles que soient les nuisances	Vitesse entre 10-20 km/h, circulation 0-500 v/j, plus de nuisances	
		Vitesse entre 10 et 20 km/h, circulation entre 4000 et 8000 v/j, nuisances plus ou identiques	Vitesse entre 10-20 km/h, circulation 500-1500 v/j, nuisances identiques ou plus	
		Vitesse entre 10-20 km/h, circulation 1500-4000 v/j, plus de nuisances	Vitesse <10 km/h, circulation 4000-8000 v/j, nuisances moins ou identiques	
		Vitesse <10 km/h, circulation 4000-8000 v/j, plus de nuisances	Vitesse <10 km/h, circulation 1500-4000 v/j, nuisances plus ou identiques	
			Vitesse <10 km/h, circulation 0-1500 v/j, plus de nuisances	

Figure 5.14 Niveaux de performance « acceptabilité publique »

11. Expérience des enfants et des piétons

Identifié lors des groupes de discussion, ce critère souligne l'importance du confort des enfants (différent du critère « sécurité »). Ce critère comporte deux variables, car les experts ont également noté que le confort des enfants (figure 5.15) ainsi que le temps d'attente (en secondes) aux intersections influencent cette expérience. Les niveaux de performance du critère sont présentés dans la figure 5.16.



Figure 5.15 Définition des mesures du confort des enfants

Très négatif	Négatif	Neutre	Positif
Un confort négatif avec un temps plus que 30 secondes	Un confort négatif avec un temps entre 5 et 30 secondes	Un confort négatif avec un temps inférieur à 5 secondes	Un confort positif avec un temps inférieur à 30 secondes
Un confort neutre avec un temps plus que 45 secondes	Un confort neutre avec un temps de 30 à 45 secondes	Un confort neutre avec un temps entre 5 et 30 secondes	Un confort neutre avec un temps inférieur à 5 secondes
Un confort très négatif avec un temps plus que 5 secondes	Un confort positif avec un temps plus que 45 secondes Un confort très négatif avec un temps inférieur à 5 secondes	Un confort positif avec un temps de 30 à 45 secondes	

Figure 5.16 Niveaux de performance « expérience enfants et piétons »

2- Construction des échelles :

Afin de construire l'échelle des critères selon les expertises des participants, des réunions de sous-groupes ont été organisées. Les participants comprenaient un conseiller en mobilité et circulation, une ingénieure indépendante spécialisée en conception de la sécurité routière, un chercheur en comportement de déplacement, et une chercheuse en sécurité routière. Dans cette phase, il fallait :

Spécifier la direction du critère

Déterminer si une valeur plus petite ou plus grande sur le critère est préférable. Dans ce projet, une valeur plus élevée sur chaque critère est considérée comme préférable.

Définir les niveaux de référence « inférieur » et « supérieur »

MACBETH transforme les jugements qualitatifs des participants en données quantitatives. En outre, il est essentiel de définir des niveaux de référence dans le logiciel M-MACBETH. Ces

niveaux permettent de définir l'unité de l'échelle. Le niveau de référence « supérieur » a été assigné à une valeur de 100 dans le logiciel, et le niveau « inférieur » a été assigné à une valeur de 0. Dans ce projet, le niveau de performance « positif » a été considéré comme le niveau « supérieur », et le niveau « neutre » a été considéré comme le niveau « inférieur ». Une unité correspond à 1/100 de la différence entre la référence supérieure et la référence inférieure. De plus, ces niveaux permettent d'obtenir de l'information sur la préférence (priorité) intrinsèque d'un aménagement sur un critère. En outre, les échelles sont ouvertes : il est possible d'avoir des valeurs inférieures à 0 ou supérieures à 100.

Par ailleurs, ces références sont utiles aussi dans la phase de pondération des critères. Pour le niveau « inférieur », il s'agit du niveau pour lequel les participants sont prêts à mettre en œuvre un aménagement possédant ce niveau sur un critère. Ce dernier est considéré comme acceptable, il n'est ni positif, ni négatif. Pour le niveau « supérieur », il s'agit du niveau pour lequel les participants vont certainement mettre en œuvre un aménagement possédant ce niveau sur un critère. Le tableau suivant présente les niveaux de référence inférieur et supérieur de tous les critères.

Tableau 5.2 Niveaux de référence inférieur et supérieur de tous les critères

Critère	Niveau inférieur (dans ce projet, il correspond au neutre avec une valeur de 0)	Niveau supérieur (dans ce projet, il correspond au positif avec une valeur de 100)
Sécurité	Neutre (ex. : vitesse comprise entre 30 et 40 km/h, avec une exposition faible et une visibilité haute)	Positif (ex. : vitesse comprise entre 20 et 30 km/h, avec une exposition faible et une visibilité haute)
Acceptabilité des automobilistes	Neutre (ex. : fluidité C-D, quelle que soit la circulation)	Positif (ex. : fluidité A-B avec une circulation plus que 1500 véhicules/jour)
Expérience des automobilistes	Neutre (ex. : forme orthogonale classique, quelques voies de circulation, feu de circulation, stationnement possible)	Positif (ex. : conception lisible pour les véhicules avec des ilots et une séparation entre les cyclistes et les automobilistes)
Accessibilité pour les personnes à mobilité réduite	Neutre (ex. : rampes d'accès présentes, trottoirs larges, traversées de longueur raisonnable)	Positif (ex. : voies étroites qui se croisent perpendiculairement, tout est au même niveau, chaussée surélevée sur toute l'intersection)
Accessibilité pour les personnes malvoyantes	Neutre (ex. : passages piétons bien définis, voie de largeur convenable, rampes d'accès et plaques podotactiles présentes, mais petites et ne couvrant pas toute la largeur, présence d'une piste cyclable ce qui rend l'intersection plus lisible)	Positif (ex. : traversée courte grâce aux avancées de trottoirs, plaques podotactiles présentes à chaque traversée, stationnement parallèle à la direction de la voie)

Tableau 5.2 Niveaux de référence inférieur et supérieur de tous les critères (suite)

Accès pour le déneigement	Neutre (ex. : déneigement fluide et mécanisé, mais nécessitant quelques manœuvres (déflexion horizontale))	Positif (ex. : pas de problème (compatible avec le déneigement standard))
Accès des véhicules d'urgence	Neutre (ex. : aménagement adapté aux grands véhicules (saillies avec bollards souples))	Positif (ex. : pas de problème (signalisation, marquage au sol))
Intégration environnementale	Neutre (ex. : drainage neutre ou positif, sans opportunités de bio-rétention)	Positif (ex. : drainage neutre ou positif, avec opportunités de bio-rétention)
Acceptabilité publique	Neutre (ex. vitesse comprise 30-40 km/h, circulation comprise entre 0 et 500 véhicules/jour et avec peu de nuisance)	Positif (ex. : vitesse comprise entre 20-30 km/h, circulation comprise entre 0-500 véhicules/jour, et avec peu de nuisance)
Expérience des enfants et piétons	Neutre (ex. : un confort neutre (arrêts, deux voies bidirectionnelles, absence de contraintes physiques pour le stationnement, extension de trottoir uniquement près de l'école) avec un temps d'attente compris entre 5 et 30 secondes)	Positif (ex. : un confort positif (traversées à motifs, extensions visuelles de trottoir, réduction de l'intersection par des îlots) avec un temps d'attente inférieur à 30 secondes)
Esthétique	Neutre (ex. quelques verdure)	Positif (ex. beaucoup de verdure)

Exprimer la différence d'attractivité entre les différents niveaux de performance

Cette étape permet de construire une échelle d'intervalle pour chaque critère en utilisant l'échelle sémantique proposée par le logiciel M-MACBETH. Une échelle d'intervalle est une échelle où la différence entre les éléments est significative et le zéro est arbitraire. Afin de construire ces échelles, des matrices ont été remplies avec les participants. Ces derniers ont évalué la préférence entre chaque niveau de performance de chaque critère en se référant à l'échelle sémantique proposée par le logiciel M-MACBETH (nulle, très faible, faible, modérée, forte, très forte, extrême).

La figure 5.17 montre l'échelle numérique du critère « sécurité ». Ce critère combine la vitesse, la visibilité et l'exposition. La définition de chaque niveau de performance a été réalisée précédemment. Par exemple, un niveau « positif » pour le critère « sécurité » correspond à un aménagement présentant « une vitesse comprise entre 20 et 30 km/h, une exposition faible et une visibilité haute ».

Pour le critère « sécurité », l'échelle indique que la différence de préférence entre le niveau « négatif » et le niveau « très négatif » est plus importante que celle entre le niveau « positif » et le niveau « très positif ». Par exemple, la différence de préférence entre un aménagement présentant « une vitesse comprise entre 30 et 40 km/h, une exposition faible et une visibilité moyenne », et un aménagement avec « une vitesse de 40 km/h ou plus, quelle que soit la visibilité et l'exposition », est supérieure à celle entre un aménagement avec « une vitesse comprise entre 20 et 30 km/h, exposition faible et visibilité haute », et un aménagement avec « une vitesse comprise entre 10 et 20 km/h, exposition faible et visibilité haute ». Cela illustre comment le logiciel peut générer des échelles non linéaires reflétant les préférences réelles. Par ailleurs, les scores obtenus traduisent les différences d'attractivité (de préférence) entre les aménagements pour chaque critère.

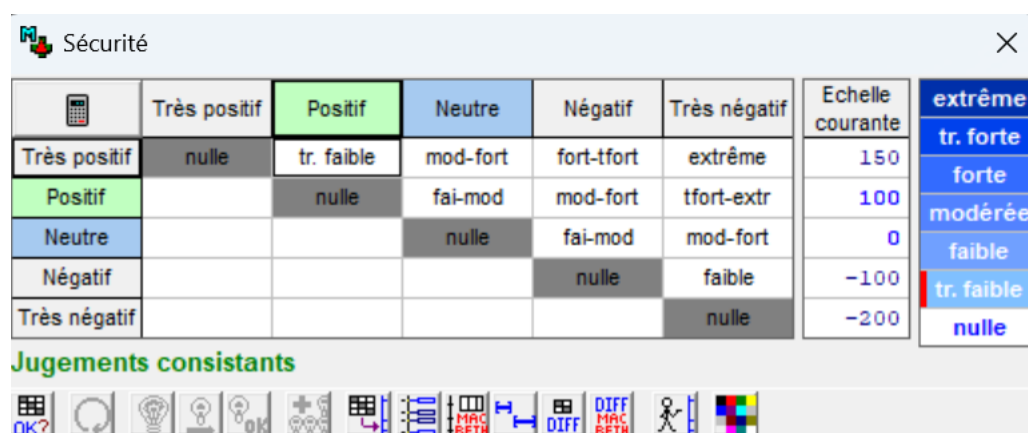


Figure 5.17 L'échelle numérique sur MACBETH du critère « sécurité »

La même étape a été répétée pour chaque critère afin de construire les échelles correspondantes. L'annexe C contient les échelles obtenues des critères.

3- Pondérations des critères :

La troisième phase du processus est la pondération des critères. Les pondérations ont été déterminées durant le quatrième et le cinquième atelier. Pour le quatrième atelier, les participants comprenaient un urbaniste, un ingénieur en gestion de l'eau, un conseiller en mobilité et circulation, un représentant d'un OBNL (Vélo Québec), deux professionnels de la santé publique et un chercheur en comportement de déplacement. Lors du cinquième atelier, les participants étaient un urbaniste, un ingénieur en gestion de l'eau, un conseiller en mobilité et circulation, un représentant d'un OBNL (Vélo Québec), deux professionnels de la santé publique et une chercheuse en sécurité routière.

Les participants ont comparé chaque paire d'options fictives en choisissant en premier l'option préférée, puis en évaluant la différence de préférence entre les deux options à l'aide de l'échelle sémantique (nulle, très faible, faible, modérée, forte, très forte, extrême). Ces comparaisons sont importantes pour refléter l'intensité des préférences des participants et obtenir des échelles numériques cohérentes.

Sélectionnez l'option la plus attractive

A

Sécurité Sécurité	Acc. automobilistes Acceptabilité des automobilistes	référence inférieure
Positif	Neutre	

B

Sécurité Sécurité	Acc. automobilistes Acceptabilité des automobilistes	référence inférieure
Neutre	Positif	

A et B également attractives

OK
Annuler

Différence

- ☐ extrême
- ☒ tr. forte
- ☒ forte
- ☐ modérée
- ☐ faible
- ☐ tr. faible

Figure 5.18 Paire d'options fictives

Par exemple, dans la figure 5.18, les participants ont indiqué que : l'option A, qui possède un niveau « positif » sur le critère « sécurité » (par exemple : une vitesse comprise entre 20 et 30 km/h, avec une exposition faible et une visibilité haute) avec un niveau « neutre » sur le critère « acceptabilité des automobilistes » (par exemple : fluidité C-D, quelle que soit la circulation), est préférable à l'option B, qui possède un niveau « neutre » sur le critère « sécurité » (par exemple : une vitesse comprise entre 30 et 40 km/h, avec une exposition faible et une visibilité haute) avec un niveau « positif » sur le critère « acceptabilité des automobilistes » (par exemple : une fluidité A-B avec une circulation plus que 1500 véhicules/jour). En outre, tous les autres critères possèdent un niveau « inférieur » et n'influence pas sur l'évaluation. Ensuite, les participants ont indiqué que la différence de préférence est « très forte-forte ».

Par la suite, il a fallu remplir la matrice dans le logiciel. En effet, 55 comparaisons d'options fictives ont été effectuées. De plus, il était nécessaire de vérifier la consistance des jugements. Lorsque ceux-ci ne l'étaient pas, des discussions ont été engagées avec les participants afin de modifier certains jugements, dans le but de parvenir à un consensus et de garantir la consistance. Ensuite le

logiciel a généré les poids numériques des critères. Par ailleurs, les valeurs numériques des poids ont été présentées aux participants pendant le cinquième atelier (Figure 5.19).

La figure suivante montre les poids attribués à chaque critère, dont la somme est égale à 100. Le critère « sécurité » apparaît comme le plus important. En outre, la valeur 21 indique que la différence d'attractivité du passage du niveau neutre au niveau positif pour ce critère est 1,35 fois plus importante que la différence d'attractivité du passage du neutre au positif pour le critère « accessibilité des personnes à mobilité réduite » ($21 \div 15,5$) (Figure 5.19). L'annexe C contient la matrice complète des pondérations des critères.

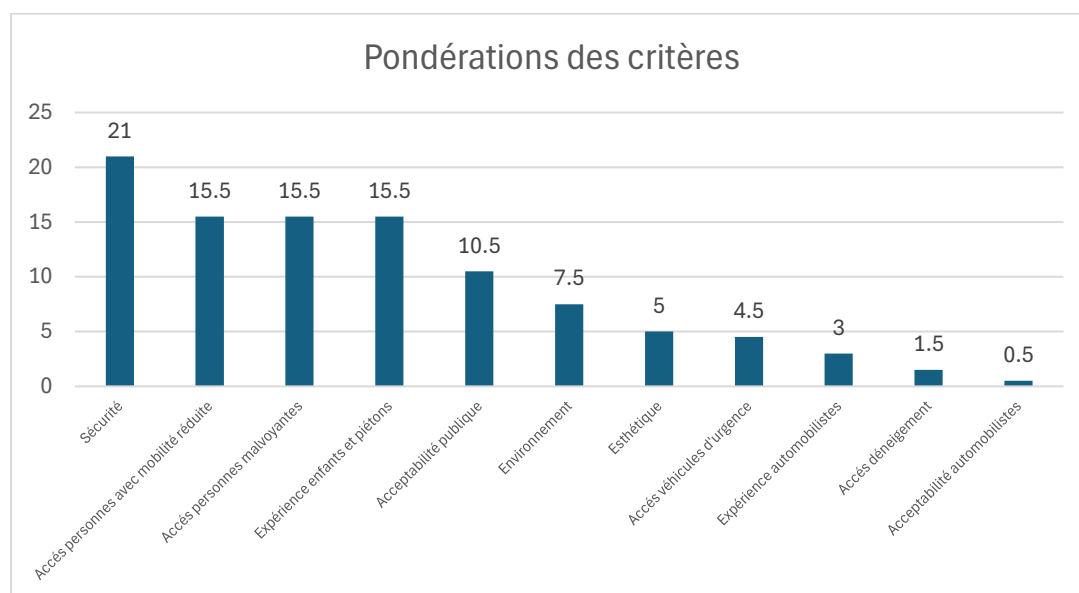


Figure 5.19 Pondérations des critères

4- Génération des scores :

Dans cette étape du processus, l'objectif était d'évaluer différents aménagements d'intersections afin de tester l'outil. Ainsi, une évaluation portant sur 25 aménagements d'intersections réelles situées autour des écoles, sur des rues collectrices et locales de Montréal, a été réalisée. Le choix des intersections à Montréal a été élaboré afin de tester et valider l'outil sur des intersections qui présentaient diverses configurations (par exemple : diverses mesures de sécurité, nombre de voies, types de contrôle). L'évaluation de ces aménagements a été réalisée par l'équipe de recherche en attribuant un niveau de performance à chacun des critères.

Pour évaluer chaque aménagement, il fallait examiner le type de contrôle, la limite de vitesse, le nombre de voies, la longueur de la traversée, ainsi que les mesures de sécurité présentes. Ensuite, il fallait se référer aux définitions des niveaux de performance des critères afin de déterminer correctement le niveau correspondant à chaque critère.

Comme mentionné auparavant, le critère « expérience des enfants » (lié à la perception de sécurité) est différent du critère « sécurité » (lié au risque réel). De plus, l'acceptabilité des automobilistes est liée à la fluidité et à la circulation, tandis que l'expérience des automobilistes est liée au confort des conducteurs.

Ensuite, ces 25 aménagements ont été classés selon quatre catégories : Très positive, Positive, Acceptable ou Négative. Pour pouvoir proposer ces catégories, il fallait examiner les scores des aménagements et les différences entre eux. Par exemple, il a été remarqué que les aménagements ayant des scores supérieurs à 100 étaient considérés comme de bons aménagements (présence de mesures de sécurité, verdure, bio-rétention), avec des scores élevés surtout sur les critères dominants tels que la sécurité, l'accessibilité et l'expérience des enfants. Les aménagements dont les scores se situaient entre 50 et 100 étaient également jugés bons, mais certains critères faisaient défaut, comme l'accès pour les véhicules d'urgence ou pour les automobilistes. Ceux ayant des scores compris entre 0 et 50 étaient considérés comme acceptables : ils n'étaient ni positifs ni négatifs pour les usagers vulnérables, mais ne présentaient pas non plus d'améliorations pour la sécurité. Enfin, les aménagements avec des scores inférieurs à 0 ne comportaient pas de mesures de sécurité et obtenaient des scores faibles, surtout sur les critères dominants ; seuls quelques critères liés aux automobilistes et véhicules d'urgence obtenaient de bons scores.

5- Validation de l'outil :

L'outil a été validé durant le sixième atelier avec les participants. Ces derniers comprenaient un urbaniste, un conseiller en mobilité et circulation, deux professionnels de la santé publique, une ingénieure indépendante spécialisée en conception de la sécurité routière et un chercheur en comportement de déplacement.

Les 25 aménagements ont été présentés avec leurs caractéristiques dans un ordre aléatoire. Ensuite, il fallait attribuer chaque aménagement dans l'une des quatre catégories (Très positive, Positive, Acceptable ou Négative) de manière individuelle, sans discussion préalable, c'est-à-dire procéder à leur propre évaluation en premier. En cas de désaccord entre les évaluations, des discussions ont

été engagées afin de parvenir à un consensus sur la catégorie appropriée pour chaque aménagement. Ainsi, 23 des 25 aménagements ont été validés en comparant les catégories attribuées par les participants à celles générées par le modèle, ce qui correspond à un taux de validation de 92 %.

Après la validation de l'outil, un fichier Excel le contenant a été envoyé aux participants afin qu'ils évaluent les deux aménagements non validés, dans le but de déterminer s'il était nécessaire de raffiner le modèle. Les participants ont été invités à évaluer chaque aménagement selon chacun des critères en s'appuyant sur les niveaux de performance définis. Cette démarche les a amenés à réfléchir de manière explicite à chaque critère ainsi qu'aux niveaux de performance correspondants. Ils ont ainsi obtenu des scores inférieurs à 0, c'est-à-dire des scores proches de ceux des aménagements précédemment jugés négatifs lors du dernier atelier.

Une analyse de sensibilité a été ensuite réalisée afin de déterminer s'il était nécessaire de supprimer les critères présentant des faibles pondérations, dans le but de fournir un modèle comportant un nombre réduit de critères. Il convenait ainsi, dans le logiciel, de vérifier si l'élimination des critères entraînait un changement de catégorie.

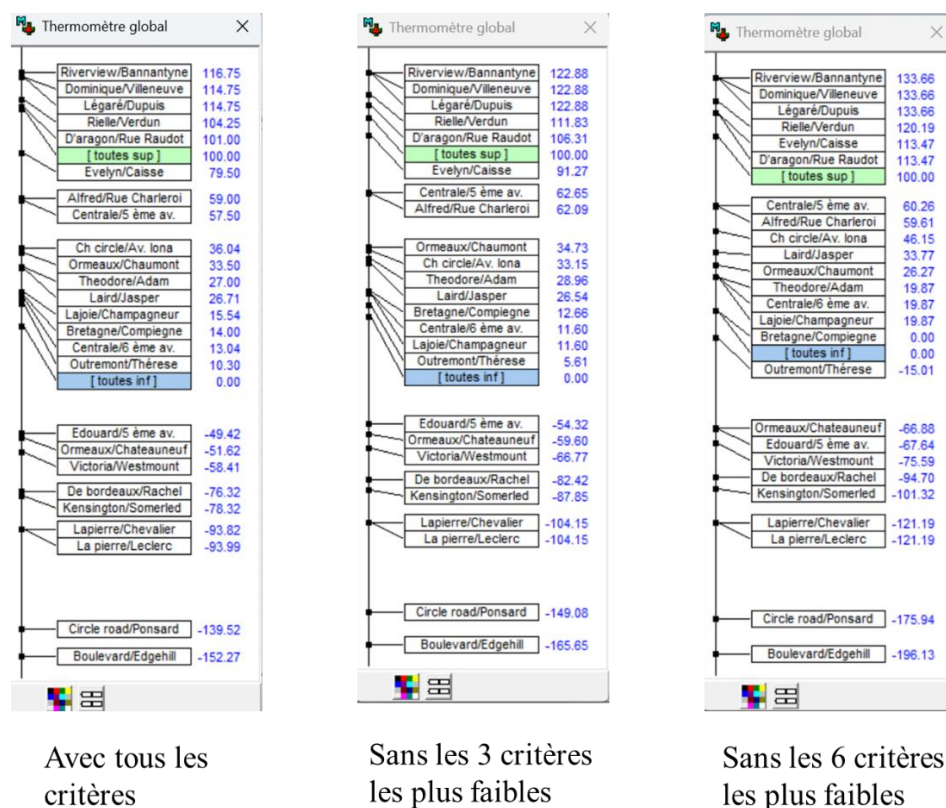


Figure 5.20 Analyse de sensibilité

La figure 5.20 montre que, en supprimant les trois critères présentant les pondérations les plus faibles, aucun changement de catégorie n'a été observé. Ensuite, en éliminant les six critères aux pondérations les plus faibles, un léger changement du score a été constaté. Cela indique donc qu'il est possible de disposer d'un modèle comportant un nombre réduit de critères.

Cependant, lors de la validation de l'outil, les participants ont décidé de ne pas supprimer des critères afin de refléter la réalité de la municipalité. Par exemple, ils ont choisi de conserver le critère « acceptabilité des automobilistes », qui présente la pondération la plus faible, car il est important, selon eux, de prendre en compte tous les types d'utilisateurs. En revanche, un modèle avec moins de critères permettrait de réduire le temps et l'effort nécessaires pour les décideurs, ainsi que la quantité de données à collecter.

5.4 Résultats

Pour les résultats, cette recherche a permis de développer un outil d'évaluation en intégrant différents critères tels que la sécurité, l'expérience des enfants et des piétons, ainsi que l'accessibilité pour les personnes malvoyantes et à mobilité réduite. D'autres critères ont également été pris en compte dans le modèle, notamment l'acceptabilité publique, l'environnement, l'esthétique, l'accès des véhicules d'urgence, l'expérience des automobilistes, l'accès pour le déneigement, et l'acceptabilité des automobilistes. Des échelles et des pondérations pour ces critères ont été construits avec des experts. Par la suite, le modèle a été validé en comparant les catégories attribuées par les participants à celles générées par le modèle, avec un taux de validation de 92 %.

En regardant les scores (Figure 5.7) et les classements des participants, cinq catégories ont été proposées : Très positive (score supérieur à 100), Positive (score entre 50 et 100), Acceptable (score entre 0 et 50), Négative (score entre 0 et -100), Très négative (score inférieur à -100).

Le modèle a été validé selon les quatre catégories : Très positive, Positive, Acceptable et Négative. Cependant, la catégorie « Très négative » a été proposée afin de distinguer les aménagements se trouvant dans la catégorie « Négative », avec un score compris entre 0 et -100, des aménagements se trouvant dans la catégorie « Très négative », dont le score est inférieur à -100. La validation de cette modification avec les participants reste toutefois nécessaire.

5.4.1 Diagnostic

L'outil construit permet d'évaluer l'état actuel d'un aménagement d'intersection. Il suffit de choisir un niveau de performance pour chaque critère en tenant compte des caractéristiques de l'intersection. Ensuite, un score agrégé est obtenu en multipliant les scores individuels par les poids correspondants, construits avec les professionnels.

Les participants ont reçu un fichier Excel dans lequel ils pouvaient ajouter les aménagements d'intersections qu'ils souhaitaient évaluer. Les utilisateurs doivent uniquement choisir un niveau de performance pour chaque critère des aménagements (en collectant des données). Par la suite, ils reçoivent une moyenne pondérée ainsi que la catégorie dans laquelle se situe l'aménagement. D'où cet outil permet de réaliser un diagnostic en évaluant des aménagements existants.

Pour ce projet, le modèle a été validé en évaluant 25 aménagements d'intersections qui se trouvent sur des rues collectrices et locales à Montréal. L'évaluation et le classement des 25 aménagements d'intersections obtenus grâce à l'outil sont présentés dans la figure 5.21.

Options	Sécurité	Acceptabilité des automobilistes	Expérience des automobilistes	Accès des personnes à mobilité réduite	Accès des personnes avec problèmes de vision	Déneigement	Véhicules d'urgence	Intégration environnementale	Acceptabilité publique	Expérience enfants et piétons	Esthétique	Score Final	Catégories
Avenue Riverview/Rue Bannantyne	Très positif	Neutre	Neutre	Positif	Positif	Neutre	Neutre	Positif	Très positif	Positif	Positif	116.75	Très positive (>100)
Rue légaré/Avenue Dupuis	Très positif	Neutre	Négatif	Positif	Positif	Neutre	Neutre	Positif	Très positif	Positif	Positif	114.7499	
Saint dominique/Rue Villeneuve	Très positif	Neutre	Négatif	Positif	Positif	Neutre	Neutre	Positif	Très positif	Positif	Positif	114.7499	
Rue Riel/Rue Verdun	Positif	Neutre	Négatif	Positif	Positif	Neutre	Neutre	Positif	Très positif	Positif	Positif	104.2499	
Rue d'aragon/Rue Raudot	Très positif	Neutre	Neutre	Positif	Positif	Neutre	Neutre	Positif	Très positif	Positif	Positif	101	
Rue Evelyn/Rue Caisse	Très positif	Neutre	Très négatif	Positif	Positif	Négatif	Négatif	Neutre	Positif	Positif	Positif	79.4999	Positive (entre 50 et 100)
Avenue Alfred/Rue de Charlevoix	Neutre	Neutre	Neutre	Positif	Positif	Neutre	Neutre	Positif	Neutre	Positif	Positif	59	
Rue Centrale/5 ^{ème} Avenue	Positif	Neutre	Négatif	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre	Positif	Positif	Positif	Positif	57.4999	
Chemin circle/Avenue Iona	Neutre	Neutre	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif	Négatif	Négatif	Positif	Négatif	36.0415	
Avenue des ormeaux/Avenue de Chaumont	Négatif	Positif	Neutre	Positif	Positif	Neutre	Neutre	Positif	Positif	Neutre	Positif	33.5	
Rue Theodore/Rue Adam	Neutre	Neutre	Négatif	Positif	Neutre	Positif	Positif	Positif	Neutre	Neutre	Neutre	26.9999	Acceptable (entre 0 et 50)
Boulevard laird/Jasper	Positif	Neutre	Neutre	Neutre	Négatif	Positif	Positif	Négatif	Positif	Positif	Neutre	26.7088	
Avenue lajoie/Avenue Champagneur	Neutre	Neutre	Positif	Neutre	Neutre	Positif	Positif	Négatif	Neutre	Positif	Négatif	15.5415	
Rue de bretagne/Rue de compiegne	Neutre	Positif	Neutre	Neutre	Neutre	Positif	Positif	Positif	Neutre	Neutre	Neutre	14	
Rue centrale/ 6 ^{ème} Avenue	Neutre	Positif	Neutre	Neutre	Neutre	Positif	Positif	Négatif	Neutre	Positif	Négatif	13.0415	
Avenue Outremont/Avenue Thérèse-la-voix-roux	Négatif	Positif	Positif	Positif	Neutre	Positif	Positif	Positif	Neutre	Négatif	Positif	10.3	
Rue Édouard/5 ^{ème} Avenue	Très négatif	Très positif	Neutre	Neutre	Positif	Positif	Positif	Neutre	Très négatif	Neutre	Négatif	-49.41685	
Avenue des ormeaux/Boulevard de châteauneuf	Négatif	Positif	Positif	Neutre	Négatif	Positif	Positif	Négatif	Négatif	Neutre	Négatif	-51.62465	
Avenue Victoria/Avenue Westmount	Très négatif	Positif	Positif	Neutre	Positif	Positif	Positif	Négatif	Très négatif	Négatif	Négatif	-58.4085	
Rue de bordeaux/Rue Rachel	Négatif	Positif	Neutre	Neutre	Très négatif	Positif	Positif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	-76.32465	
Kensington/Somerled	Négatif	Très positif	Positif	Négatif	Négatif	Positif	Positif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	-78.32415	Négative (entre 0 et -100)
Rue lapierre/ Rue chevalier	Négatif	Très positif	Positif	Négatif	Très négatif	Positif	Positif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	-93.82415	
Rue lapierre/Rue leclerc	Négatif	Positif	Positif	Négatif	Très négatif	Positif	Positif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	-93.9908	
Circle road/Avenue Ponsard	Très négatif	Très positif	Neutre	Très négatif	Très négatif	Positif	Positif	Négatif	Négatif	Très négatif	Négatif	-139.52415	Très négative (<-100)
Le boulevard/Edgehill	Très négatif	Très positif	Positif	Très négatif	Très négatif	Positif	Positif	Négatif	Très négatif	Très négatif	Négatif	-152.27415	

Figure 5.21 Classements des 25 aménagements

Ce qui est intéressant avec l'outil, c'est que disposer d'un aménagement standard ou typique (par exemple, une intersection avec une limite de vitesse de 30 km/h, un marquage des traversées pour

piétons et des feux de circulation) ne signifie pas nécessairement qu'il s'agit d'un aménagement efficace pour améliorer la sécurité.

La catégorie « Très positive » est une catégorie où les aménagements possèdent des saillies ou des intersections surélevées, des arrêts sur toutes les approches, ainsi que des passages pour piétons de courte longueur. De plus, ces aménagements possèdent des plaques podotactiles et des rampes d'accès pour les personnes à mobilité réduite et malvoyantes, avec des traverses courtes adaptées à leurs besoins. En outre, ces aménagements contiennent de la verdure et de la bio-rétention, qui sont particulièrement importants aujourd'hui pour lutter contre les changements climatiques. Par ailleurs, l'outil prend en considération, dans son évaluation, les résidents, la fluidité et la circulation des automobilistes ainsi que leur confort. Les accès pour le déneigement et pour les véhicules d'urgence sont également pris en compte, ce qui est important dans la prise de décision.

5.4.2 Planification

Cet outil contribue également à la planification. Il permet de comparer et d'évaluer l'état projeté d'un aménagement proposé intégrant différentes mesures de sécurité, ou d'un changement plus large dans le design de l'intersection, en tenant compte des caractéristiques de l'intersection.

Par exemple, supposons que la Ville ait déjà évalué l'aménagement d'une intersection existante et que deux changements aient été proposés : l'ajout de saillies ou la création d'intersections surélevées. L'outil développé fournit un score pour chaque aménagement, facilitant ainsi la prise de décision. De plus, en disposant de ces scores, la Ville peut comparer chaque nouvel aménagement au score de l'aménagement existant afin de déterminer s'il est meilleur et s'il présente une différence significative. Enfin, l'outil fournit le score pour chaque critère, ce qui permet de comprendre pourquoi un aménagement est jugé supérieur et sur quels critères il obtient un bon ou un mauvais score. Par la suite, la Ville peut déterminer si le coût de l'amélioration est justifié.

5.5 Limitations

Pour les limites, le temps et les conflits d'horaires n'ont pas permis d'inclure d'autres experts clés comme les pompiers et les policiers. Leur participation aurait été intéressante dans le processus surtout qu'ils ont des préférences et des préoccupations différentes.

Pour le critère « acceptabilité publique » de l'outil, celui-ci a été conçu en prenant en compte la circulation, la vitesse et les nuisances. En revanche, il a été proposé que les résidents soient plus sensibles aux changements de vitesse et de circulation qu'à la situation résultante de l'aménagement.

L'évaluation des 25 aménagements d'intersections a été faite par l'équipe de recherche en examinant la situation actuelle à partir des images sur Google Earth et des données de OSM (vitesse limite, type de contrôle, longueur de la traverse). Lors de l'évaluation du critère « expérience des enfants », le temps d'attente à l'intersection n'a pas été pris en compte, alors qu'il s'agit d'une donnée essentielle pour évaluer ce critère, ce qui a rendu son évaluation difficile. En outre, il est nécessaire de réaliser l'évaluation des aménagements en impliquant les usagers concernés (par exemple : les enfants doivent participer à l'évaluation des aménagements selon le critère « expérience des enfants et piétons »). De plus, il serait préférable d'utiliser des données réelles (par exemple : le débit, la vitesse fonctionnelle, le temps d'attente à l'intersection, ainsi que la fluidité). Par ailleurs, durant l'évaluation, des aménagements fictifs auraient pu être inclus, comme ceux proposés par NACTO pour les « bonnes pratiques », ou des intersections mieux notées par l'iRAP (IRAP, 2017) mais qui ne sont pas forcément idéales.

Parmi les autres limites, tous les critères ont été pris en compte, y compris ceux dont la pondération était faible et qui exerçaient peu d'influence sur le score final.

CHAPITRE 6 DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

Ce chapitre présente une discussion générale du travail réalisé. Il expose ensuite la manière dont ce projet a répondu aux lacunes identifiées grâce aux différentes contributions. Enfin, il propose des orientations pour les recherches futures.

Il convient de noter que le projet avait initialement pour objectif d'évaluer des interventions. Cependant, au cours de son déroulement, il est apparu qu'il n'était pas possible d'évaluer une intervention sans prendre en considération les caractéristiques de l'intersection. L'objectif est donc devenu le développement d'un outil permettant d'évaluer les aménagements des intersections situées à proximité des écoles, notamment là où se rencontrent des rues collectrices et/ou locales. Ces intersections se trouvent à moins de 1 km de l'école, distance qu'un enfant peut parcourir à pied (Tavakoli et al., 2024). Ce processus a permis d'obtenir un outil d'évaluation des aménagements d'intersections, validé par des experts issus de divers départements et domaines d'expertise. En outre, cet outil permet de diagnostiquer l'état actuel d'un aménagement d'intersection, puis de comparer et d'évaluer l'état projeté d'un aménagement proposé intégrant différentes mesures de sécurité, tout en tenant compte des caractéristiques de l'intersection.

La Ville a pour objectif d'évaluer ces aménagements d'intersections afin d'améliorer la sécurité des enfants. Plusieurs mesures existent pour renforcer la sécurité routière des enfants. Cependant, certaines études n'ont pas pris en compte les différents critères existants. D'autres ont développé des outils pour évaluer l'environnement autour des écoles, mais sans considérer la pondération des attributs ni fournir un score final continu. D'autres encore ont examiné des aménagements en développant des modèles multicritères. Cependant, ces travaux se concentrent principalement sur la méthode AHP, avec un manque d'inclusion d'experts issus de différents départements et une faible prise en compte des enfants. Ainsi, cette recherche permet de répondre aux lacunes, parce que l'outil d'évaluation d'aménagements considère différents critères et elle répond aux besoins des usagers vulnérables tels que les enfants, les personnes à mobilité réduite et les personnes malvoyantes. En outre, l'outil a été construit avec des professionnels de différents domaines d'expertise, en tenant compte d'échelles et de pondérations pour les critères. Ensuite un score agrégé est attribué à chaque aménagement. Par ailleurs, cet outil aide les décideurs à prendre de meilleures décisions pour améliorer la sécurité routière des enfants. Par exemple, après avoir utilisé l'outil de ND, la Ville peut identifier les intersections dangereuses situées à proximité des écoles,

dans le but d'améliorer la sécurité. À cet effet, l'outil développé dans ce projet permet d'évaluer l'état actuel des aménagements des intersections (diagnostic) et offre ensuite la possibilité d'observer l'évolution du score de l'aménagement en fonction de différentes mesures envisagées (planification).

Afin d'utiliser cet outil, un fichier Excel a été conçu : il suffit d'évaluer les aménagements sur chaque critère (en collectant les données nécessaires), après quoi le fichier calcule automatiquement le score de l'aménagement ainsi que la catégorie correspondante.

Des contributions importantes ont été obtenues grâce aux groupes de discussion avec les enfants et les parents. Ces participants ont aidé à mieux comprendre le problème. Les intersections sur les artères ont été identifiées comme des endroits critiques. En revanche, leurs modifications peuvent affecter de nombreuses personnes et nécessitent une coordination avec les communautés locales et les autorités. Par la suite, le contexte de l'outil a été défini. De plus, les groupes de discussion ont permis de comprendre les préoccupations des parents et enfants. Par ailleurs, en comparant avec l'outil de ND, les groupes de discussion ont montré que la perception de sécurité peut être différente du risque réel lié à l'énergie cinétique. En revanche, cette perception est importante surtout qu'elle peut influencer sur la probabilité que les enfants marchent. Dans cette perspective, l'outil intègre dans le modèle le critère « expérience des enfants et des piétons », un critère directement lié à leur confort.

Par la suite, l'inclusion des professionnels de différents départements a permis d'élaborer une évaluation plus holistique. Ce processus a permis d'identifier onze critères, à savoir : la sécurité, l'expérience des enfants, l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite, l'accessibilité pour les personnes malvoyantes, l'acceptabilité publique, l'environnement, l'esthétique, l'accès des véhicules d'urgence, l'expérience des automobilistes, l'accès pour le déneigement et l'acceptabilité des automobilistes. Cela met en évidence la manière dont un aménagement ne peut pas être évaluée en considérant un seul critère. En outre, les échelles et les pondérations des critères ont été construites avec les experts. Finalement, l'outil a été validé en comparant les catégories attribuées par les participants avec celles produites par l'outil.

Les enfants, les parents et les experts ont mentionné l'importance de la visibilité (éclairage, signalisation, absence d'obstacles). De plus, les trois groupes ont souligné l'importance de la réduction des vitesses ainsi que de l'exposition aux dangers (intersections courtes et rues à sens

unique). En revanche, les experts ont également pris en considération l'accès et le confort des autres usagers de la rue, ainsi que l'environnement. Par exemple, ils ont indiqué que les délais, le stationnement et la facilité des manœuvres aux intersections sont des facteurs importants dans un aménagement. Cependant, les parents ayant participé au groupe de discussion ont mentionné la possibilité de supprimer le stationnement, de limiter les virages et de convertir certaines rues en sens unique. En outre, les enfants ont proposé de fermer les rues situées en face de l'école.

Il convient également de noter que la pondération accordée aux automobilistes était faible. D'un point de vue politique, cela peut sembler peu pertinent, mais le contexte considéré par l'outil était celui des écoles, où la priorité des experts participants était la sécurité des enfants. Par ailleurs, pour le groupe de discussion, il est important de préciser que le contexte concernait une école située dans la Ville de Westmount. Ainsi, si le contexte venait à changer, il est probable que les préoccupations et les pondérations diffèrent.

Pour les recherches futures, il serait nécessaire d'élaborer des orientations plus précises sur l'évaluation de chaque critère. En effet, l'implication des usagers concernés dans l'évaluation des aménagements (par exemple : enfants, personnes malvoyantes, pompiers) permettrait de mieux refléter leurs besoins spécifiques.

Le modèle d'évaluation multicritère a été validé selon quatre catégories : Très positive, Positive, Acceptable et Négative. Une catégorie supplémentaire, « Très négative », a été proposée afin de distinguer les aménagements ayant un score compris entre 0 et -100 des aménagements présentant un score inférieur à -100. Cette distinction permet d'identifier plus clairement les aménagements présentant des défauts importants. Cependant, la validation de cette nouvelle catégorie auprès des participants est nécessaire.

Pour le critère « sécurité », la variable « exposition » nécessite la définition de seuils précis pour la longueur des traverses. Les experts ont souligné que la visibilité dépend de plusieurs facteurs : éclairage, signalisation, absence de stationnement et obstacles à proximité de l'intersection. L'exposition, elle, dépend à la fois de la longueur de la traverse et des interactions comme les restrictions de virages ou les sens uniques. Lors du dernier atelier, certains participants ont indiqué qu'une traverse est considérée comme longue lorsqu'elle dépasse 14 à 15 mètres, soit environ quatre voies de 3,5 à 3,75 mètres chacune. Pour les recherches futures, il serait donc utile de mieux définir ces seuils afin d'affiner l'évaluation de l'exposition.

Le débit de circulation est également un facteur clé, particulièrement pour les parents et les enfants. Aujourd'hui, l'augmentation du débit rend pertinent l'ajout d'un critère spécifique sur la variation du débit, afin de refléter les impacts sur la sécurité et le confort des enfants et parents.

Certains critères ayant des pondérations faibles et peu d'influence sur les résultats pourraient être supprimés ou combinés. Par exemple, les critères « véhicules d'urgence » et « déneigement » ont été séparés. Cette séparation permet toutefois de traiter des situations spécifiques : il peut arriver qu'un véhicule d'urgence passe facilement, alors que le déneigement est limité par la présence d'une piste cyclable. Une solution pourrait être de regrouper ces deux variables en un seul critère : « Accès pour véhicules d'urgence et déneigement », si les participants souhaitent conserver tous les critères.

De même, l'expérience des automobilistes (confort) et leur acceptabilité (circulation et fluidité) ont été séparées. Il serait envisageable de combiner ces trois variables en un critère unique « Accès pour les automobilistes », qui intégrerait fluidité, circulation et confort, permettant d'avoir un modèle avec moins de critères.

Il serait également pertinent de développer un outil d'évaluation applicable à la fois aux artères et aux rues, surtout que les artères sont des lieux problématiques. L'intégration du coût et de la complexité des aménagements permettrait d'identifier les solutions les plus réalistes et efficaces. Enfin, la mise à disposition d'une interface avancée capable de générer des scores pour l'ensemble des intersections de Montréal faciliterait la comparaison entre différents aménagements et améliorerait la lisibilité des résultats pour les utilisateurs.

RÉFÉRENCES

- Abdel-Aty, M., Chundi, S. S., & Lee, C. (2007). Geo-spatial and log-linear analysis of pedestrian and bicyclist crashes involving school-aged children. *Journal of safety research*, 38(5), 571-579.
- Abdollahi, S. (2024). *Developing A Comprehensive Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) Tool for Assessing Traffic Danger with A Focus on Children* Polytechnique Montréal].
- Abdollahi, S., Tavakoli, Z., Waygood, O., Cloutier, M.-S., & Abi-Zeid, I. (2024). Understanding the Factors Affecting Traffic Danger for Children: Insights From Focus Group Discussions. *Urban Planning*, 9.
- Adler, K., Salanterä, S., & Zumstein-Shaha, M. (2019). Focus group interviews in child, youth, and parent research: An integrative literature review. *International Journal of Qualitative Methods*, 18, 1609406919887274.
- Alemdar, K. D., Kaya, Ö., & Çodur, M. Y. (2020). A GIS and microsimulation-based MCDA approach for evaluation of pedestrian crossings. *Accident Analysis & Prevention*, 148, 105771.
- Amiour, Y., Waygood, E., & van den Berg, P. E. (2022). Objective and perceived traffic safety for children: a systematic literature review of traffic and built environment characteristics related to safe travel. *International journal of environmental research and public health*, 19(5), 2641.
- Bana e Costa, C. A., & Beinart, E. (2005). *Model-structuring in public decision-aiding*. Operational Research Group, Department of Management, London School of
- Bella, F., & Silvestri, M. (2015). Effects of safety measures on driver's speed behavior at pedestrian crossings. *Accident Analysis & Prevention*, 83, 111-124.
- Belton, V., & Stewart, T. (2012). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media.
- Bennet, S. A., & Yiannakoulis, N. (2015). Motor-vehicle collisions involving child pedestrians at intersection and mid-block locations. *Accident Analysis & Prevention*, 78, 94-103.
- Broniewicz, E., & Ogrodnik, K. (2020). Multi-criteria analysis of transport infrastructure projects. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 83, 102351.
- Cailhier, A., Abi-Zeid, I., Lavoie, R., Marleau-Donais, F., & Cerutti, J. (2025). Where to plan shared streets: Development and application of a multicriteria spatial decision support tool. *European Journal of Operational Research*, 322(2), 665-678.
- Çelikkilek, Y., & Tüysüz, F. (2020). An in-depth review of theory of the TOPSIS method: An experimental analysis. *Journal of Management Analytics*, 7(2), 281-300.
- Cervesato, A., & Waygood, E. O. D. (2019). Children's independent trips on weekdays and weekends: case study of Québec City. *Transportation research record*, 2673(4), 907-916.
- Chen, L., Chen, C., Ewing, R., McKnight, C. E., Srinivasan, R., & Roe, M. (2013). Safety countermeasures and crash reduction in New York City—Experience and lessons learned. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 312-322.

- Cloutier, M.-S., Beaulieu, E., Fridman, L., Macpherson, A. K., Hagel, B. E., Howard, A. W., Churchill, T., Fuselli, P., Macarthur, C., & Rothman, L. (2021). State-of-the-art review: preventing child and youth pedestrian motor vehicle collisions: critical issues and future directions. *Injury prevention*, 27(1), 77-84.
- Demesouka, O., Vavatsikos, A., & Anagnostopoulos, K. (2016). Using MACBETH multicriteria technique for GIS-based landfill suitability analysis. *Journal of Environmental Engineering*, 142(10), 04016042.
- DiMaggio, C., & Li, G. (2013). Effectiveness of a safe routes to school program in preventing school-aged pedestrian injury. *Pediatrics*, 131(2), 290-296.
- Donais, F. M., Abi-Zeid, I., Waygood, E. O. D., & Lavoie, R. (2019). Assessing and ranking the potential of a street to be redesigned as a Complete Street: A multi-criteria decision aiding approach. *Transportation research part A: policy and practice*, 124, 1-19.
- Ederer, D. J., Panik, R. T., Botchwey, N., & Watkins, K. (2023). The Safe Systems Pyramid: A new framework for traffic safety. *Transportation research interdisciplinary perspectives*, 21, 100905.
- Ewing, R. (1999). *Traffic Calming: State of the Practice*, ITE/FHWA, August 1999.
- Fridman, L., Ling, R., Rothman, L., Cloutier, M. S., Macarthur, C., Hagel, B., & Howard, A. (2020). Effect of reducing the posted speed limit to 30 km per hour on pedestrian motor vehicle collisions in Toronto, Canada-a quasi experimental, pre-post study. *BMC public health*, 20(1), 56.
- Ganzar, L. A., Burford, K., Salvo, D., Spoon, C., Sallis, J. F., & Hoelscher, D. M. (2024). Development, scoring, and reliability for the Microscale Audit of Pedestrian Streetscapes for Safe Routes to School (MAPS-SRTS) instrument. *BMC public health*, 24(1), 722.
- Global Designing Cities Initiative, N. A. o. C. T. O. (2019). *Designing streets for kids*. Island Press.
- IRAP, I. R. A. P. (2017). *iRAP star rating for schools*. <https://starratingforschools.org/how-to/>
- Ištoka Otković, I., Karleuša, B., Deluka-Tibljaš, A., Šurdonja, S., & Marušić, M. (2021). Combining traffic microsimulation modeling and multi-criteria analysis for sustainable spatial-traffic planning. *Land*, 10(7), 666.
- Joo, S., Lee, G., & Oh, C. (2019). A multi-criteria analysis framework including environmental and health impacts for evaluating traffic calming measures at the road network level. *International journal of sustainable transportation*, 13(1), 15-23.
- Kang, B. (2019). Identifying street design elements associated with vehicle-to-pedestrian collision reduction at intersections in New York City. *Accident Analysis & Prevention*, 122, 308-317.
- Kim, E., Muennig, P., & Rosen, Z. (2017). Vision zero: a toolkit for road safety in the modern era. *Injury epidemiology*, 4(1), 1.
- Lavoie, R., Joerin, F., Vansnick, J.-C., & Rodriguez, M. J. (2015). Integrating groundwater into land planning: A risk assessment methodology. *Journal of environmental management*, 154, 358-371.

- Lawrence, B., Fildes, B., Cairney, P., Davy, S., & Sobhani, A. (2021). Evaluation of raised safety platforms (RSP) on-road safety performance. *Sustainability*, 14(1), 138.
- Macharis, C., & Bernardini, A. (2015). Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach. *Transport policy*, 37, 177-186.
- Madi, E. N., Garibaldi, J. M., & Wagner, C. (2016). An exploration of issues and limitations in current methods of TOPSIS and fuzzy TOPSIS. 2016 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE).
- Marais, A., & Abi-Zeid, I. (2021). A method to identify, characterize and engage relevant stakeholders in decision processes. *Faculté des sciences de l'administration. Université Laval Québec, Canada*.
- McDonald, N. C., Brown, A. L., Marchetti, L. M., & Pedroso, M. S. (2011). US school travel, 2009: an assessment of trends. *American journal of preventive medicine*, 41(2), 146-151.
- Montibeller, G., & Franco, A. (2010). Multi-criteria decision analysis for strategic decision making. In *Handbook of multicriteria analysis* (pp. 25-48). Springer.
- Morency, P., Archambault, J., Cloutier, M.-S., Tremblay, M., & Plante, C. (2015). Major urban road characteristics and injured pedestrians: A representative survey of intersections in Montréal, Quebec. *Canadian journal of public health*, 106, e388-e394.
- Munier, N., & Hontoria, E. (2021). Shortcomings of the AHP Method. In *Uses and limitations of the AHP method: A non-mathematical and rational analysis* (pp. 41-90). Springer.
- Phillips, L. D., & Bana e Costa, C. A. (2007). Transparent prioritisation, budgeting and resource allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing. *Annals of Operations Research*, 154(1), 51-68.
- Rothman, L., Buliung, R., Howard, A., Macarthur, C., & Macpherson, A. (2017). The school environment and student car drop-off at elementary schools. *Travel Behaviour and Society*, 9, 50-57.
- Rothman, L., Buliung, R., Macarthur, C., To, T., & Howard, A. (2014). Walking and child pedestrian injury: a systematic review of built environment correlates of safe walking. *Injury prevention*, 20(1), 41-49.
- Rothman, L., Macpherson, A. K., Ross, T., & Buliung, R. N. (2018). The decline in active school transportation (AST): A systematic review of the factors related to AST and changes in school transport over time in North America. *Preventive medicine*, 111, 314-322.
- Roy, B. (2016). Paradigms and challenges. In *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys* (pp. 19-39). Springer.
- Roy, B., & Vanderpooten, D. (1996). The European school of MCDA: Emergence, basic features and current works. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 5(1), 22-38.
- Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24(6), 19-43.
- Safe Routes Partnership. (2021). *Safe Routes to School Engineering Solutions Guide*. <https://www.saferoutespartnership.org/resources/toolkit/engineering-solutions-guide>

- Smith, L., Norgate, S. H., Cherrett, T., Davies, N., Winstanley, C., & Harding, M. (2015). Walking school buses as a form of active transportation for children—a review of the evidence. *Journal of school health*, 85(3), 197-210.
- Stevenson, M., Sleet, D., & Ferguson, R. (2015). Preventing child pedestrian injury: a guide for practitioners. *American journal of lifestyle medicine*, 9(6), 442-450.
- Tavakoli, Z., Abdollahi, S., Waygood, E. O. D., Páez, A., & Boisjoly, G. (2024). Traffic danger's potential impact on children's accessibility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 135, 104370.
- Torres, J., Cloutier, M.-S., Bergeron, J., & St-Denis, A. (2020). 'They installed a speed bump': children's perceptions of traffic-calming measures around elementary schools. *Children's geographies*, 18(4), 477-489.
- Transport Canada. (2021). *Canadian motor vehicle traffic collision statistics*. <https://tc.canada.ca/en/road-transportation/statistics-data/2025/motor-vehicle-casualties-dashboard>
- Ville de Montréal. (2024). *Plan et stratégie*. Ville de Montréal. <https://montreal.ca/articles/vision-zero-se-deplacer-en-securite-pied-en-velo-et-en-auto-14584>
- von Stülpnagel, R., Riach, N., Hologa, R., Kees, J., & Gössling, S. (2024). School route safety perceptions of primary school children and their parents: Effects of transportation mode and infrastructure. *International Journal of Sustainable Transportation*, 18(6), 465-477.
- Waygood, E. O. D., Friman, M., Olsson, L. E., & Taniguchi, A. (2017). Transport and child well-being: An integrative review. *Travel Behaviour and Society*, 9, 32-49.
- WHO. (2023a). *Global status report on road safety 2023*. World Health Organization.
- WHO. (2023b). *Pedestrian safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners*. World Health Organization.
- Yu, C.-Y. (2015). How differences in roadways affect school travel safety. *Journal of the American Planning Association*, 81(3), 203-220.

ANNEXE A STAGE VILLE DE WESTMOUNT

Dans le cadre de la maîtrise, un stage a été effectué pour une durée de 6 mois (Septembre 2024-Février 2025). L'objectif de ce stage était de collaborer avec la Ville de Westmount en vue d'améliorer la sécurité routière aux abords des écoles.

Durant ce stage, une proposition de mise en place d'une rue école a été formulée autour de l'école « The Study » avec un sondage de pré-implantation pour comprendre les perceptions des parents et employés. De plus, une analyse des données du sondage sur la sécurité aux abords des écoles (2023) a été réalisée. Finalement, une contribution au projet « City Hall Mandate » a été effectuée. Ce dernier consiste à proposer des aménagements de rues et intersections pour améliorer les conditions autour des écoles.

Pour le lien avec le projet de recherche, la Ville a réalisé en 2023 un sondage portant sur la sécurité aux abords des écoles. Les résultats ont révélé que l'École Saint-Léon-de-Westmount présente la proportion de déplacements à pied la plus élevée et la proportion de déplacements en voiture la plus faible. Par ailleurs, les répondants de cette école ont exprimé une faible perception de sécurité ainsi qu'une insatisfaction quant aux infrastructures autour de l'école. Il convient également de noter qu'il s'agit de la plus grande école primaire de Westmount.

En outre, la contribution au projet « City Hall Mandate » a permis de mettre en évidence la volonté de la Ville à intervenir sur les rues et intersections. Cependant, elle rencontre des difficultés à sélectionner l'aménagement le plus approprié. Dans ce contexte, le développement d'un outil d'évaluation des aménagements s'est avéré particulièrement pertinent. L'objectif est d'aider la Ville à choisir les aménagements les plus adaptés pour ses intersections afin d'améliorer la sécurité des enfants.

ANNEXE B DÉTAILS DES GROUPES DE DISCUSSION

Groupe de discussion avec les enfants

Tableau B.1 Discussion avec les enfants : *rues dangereuses*

Rues dangereuses	Nombre de fois	Nombre de fois lié au trafic routier	Causes liées au trafic routier	Causes non liées au trafic routier
Rue Atwater (3 voies par direction, vitesse maximale de 40 km/h, très dangereuse (outil de ND))	9	3	Présence fréquente d'autobus (1 mention), débit élevé (2 mentions), voitures rapides et qui ne respectent pas les vitesses (1 mention)	Personnes sans-abri (4 mentions) consommant tabac et alcool (3 mentions)
Clarke (rue adjacente à l'école, 2 voies, 30 km/h, acceptable (outil de ND))	3	3	Vitesses excessives (1 mention), débit élevé (2 mentions), blocages obligeant à marcher entre les voitures (1 mention)	
Rue Sainte-Catherine (4 voies, 30 km/h, dangereuse (outil de ND))	3	1	Débit élevé (1 mention)	Grand nombre de personnes (2 mentions)
Kitchener (rue l'adjacente à l'école, 2 voies, 30 km/h, sécuritaire (outil de ND))	2	2	Débit élevé (2 mentions), visibilité réduite pour les parents vis-à-vis des piétons (1 mention)	
Greene (1 voie, sens unique, 40 km/h, dangereuse (outil de ND))	1	1	Vitesses excessives (1 mention)	Personnes étrangères (1 mention)
Grove (2 voies, 30 km/h, sécuritaire (outil de ND))	1	1		

Tableau B.2 Discussion avec les enfants : *intersections dangereuses*

Intersections dangereuses	Nombre de fois	Nombre de fois lié au trafic routier	Causes liées au trafic routier	Causes non liées au trafic routier
Sherbrooke/Elm (Elm (2 voies, arrêts) ; Sherbrooke (4 voies, vitesses 40 km/h) ; très dangereuse (outil de ND))	5	5	Visibilité réduite par la construction (5 mentions)	
Metcalfe/De Maisonneuve (De Maisonneuve (sens unique, 1 voie, 30 km/h, piste cyclable) ; Metcalfe (1 voie par direction, 30 km/h) ; acceptable (outil de ND))	4	4	Absence de feux pour les piétons (3 mentions) et panneaux pour traverser (1 mention)	
Clarke/Sainte-Catherine (Les deux rues possèdent une vitesse de 30 km/h, Sainte-Catherine (4 voies) ; Clarke (2 voies, des feux de circulation avec phases piétonnes) ; Dorchester Boulevard qui se relie à Clarke (5 voies, vitesse 40 km/h) ; dangereuse (outil de ND))	2	2	Débit élevé avec autobus (1 mention), rues longues et grandes (1 mention)	
Sherbrooke/Argyle (Argyle (2 voies, vitesse 30 km/h avec 1 arrêt) ; Sherbrooke (4 voies, et une vitesse de 40 km/h) ; très dangereuse (outil de ND))	2	2	Absence de feux de circulation (2 mentions) et vitesses excessives (1 mention)	
Sherbrooke/Roslyn (Sherbrooke (4 voies, vitesse 40 km/h) ; Roslyn (2 voies, vitesse 40 km/h et des arrêts) ; très dangereuse (outil de ND))	1			Présence de neiges (1 mention)

Tableau B.2 Discussion avec les enfants : *intersections* dangereuses (suite)

Prince Albert/Sherbrooke (Feux de circulation avec phases piétonnes ; Sherbrooke (4 voies, 40 km/h) ; Prince Albert (2 voies, 40 km/h); dangereuse (outil de ND))	1			Acte de vol (1 mention)
Lansdowne/Sherbrooke (Lansdowne (sens unique, 1 voie et piste cyclable au nord, 1 voie par direction au sud, 30 km/h) ; Sherbrooke (5 voies, 40 km/h, feux de circulation avec phases piétonnes) ; très dangereuse (outil de ND))	1	1	Les véhicules conduisent mal (1 mention)	Les véhicules glissent en hiver (1 mention)

Tableau B.3 Discussion avec les enfants : *rues* sécuritaires

Rues sécuritaires	Nombre de fois	Nombre de fois lié au trafic routier	Causes liées au trafic routier	Causes non liées au trafic routier
Clarke (rue adjacente à l'école, 2 voies, 30 km/h, acceptable (outil de ND))	8	6	Zone et corridor scolaire (3 mentions), 30 km/h maximum (1 mention), débit faible (2 mentions), brigadiers (1 mention)	Proche de l'école (2 mentions) et présence d'enfants (1 mention)
Melville (2 voies, 30 km/h, sécuritaire (outil de ND))	4	1	Présence des arrêts (1 mention)	Proche d'une école (2 mentions) et présence des adultes (1 mention)
Côte-Saint-Antoine (1 voie, sens unique, 30 km/h, acceptable (outil de ND))	2	2	2 voies bien indiquées (2 mentions)	2 voies bien déneigées (2 mentions)
Atwater (rue avec 3 voies par direction et une vitesse de 40 km/h, très dangereuse (outil de ND))	2	1	Feux de circulation (1 mention)	Grand magasins (1 mention)

Tableau B.3 Discussion avec les enfants : *rues sécuritaires* (suite)

Boulevard de Maisonneuve (une voie, 30 km/h, sens unique avec piste cyclable, acceptable (outil de ND))	2			Personnes gentilles (2 mentions)
Rue Sainte-Catherine (4 voies, 30 km/h, dangereuse (outil de ND))	1	1	Débit faible (1 mention)	
Grosvenor (1 voie, sens unique, 40 km/h, sécuritaire (outil de ND))	1		Débit faible (1 mention)	Personnes gentilles (1 mention)
Sherbrooke (entre 5 et 4 voies, 40 km /h, dangereuse (outil de ND))	1			Beaucoup de personnes marchent ici (1 mention)
Greene (1 voie, sens unique, 40 km/h, dangereuse (outil de ND))	1			Beaucoup de boutiques et places locales (1 mention)
Stanton (2 voies, 30 km/h, sécuritaire (outil de ND))	1			Station de police (1 mention)

Tableau B.4 Discussion avec les enfants : *intersections sécuritaires*

Intersections sécuritaires	Nombre de fois	Nombre de fois lié au trafic routier	Causes liées au trafic routier	Causes non liées au trafic routier
Clarke/Sherbrooke (feux de circulation avec phases piétonnes; Clarke (une voie par direction avec une limite de vitesse de 30 km/h) ; Sherbrooke (une artère entre 4 et 5 voies avec une limite de vitesse de 40 km/h) ; très dangereuse (outil de ND))	4	2	Brigadiers (2 mentions), présence des arrêts (1 mention)	Lieu de résidence (1 mention)
Clarke/Maisonnette (des feux de circulation avec phases piétonnes, De Maisonnette (une rue à sens unique avec une voie, une limite de vitesse de 30 km/h et une piste cyclable) ; Clarke (1 voie par direction et une limite de vitesse de 30 km/h) ; un peu dangereuse (outil de ND))	1	1	Corridors scolaires (1 mention)	

Perception de niveau de danger et leur comportement potentiel :

La question posée consistait à déterminer le niveau de danger ainsi que l'usage de cinq intersections et cinq rues situées à proximité de l'école. Des images de Google Street View ont été montrées afin d'inclure la perception des parents et enfants et comprendre comment leurs perceptions étaient liées au score de l'outil de ND.

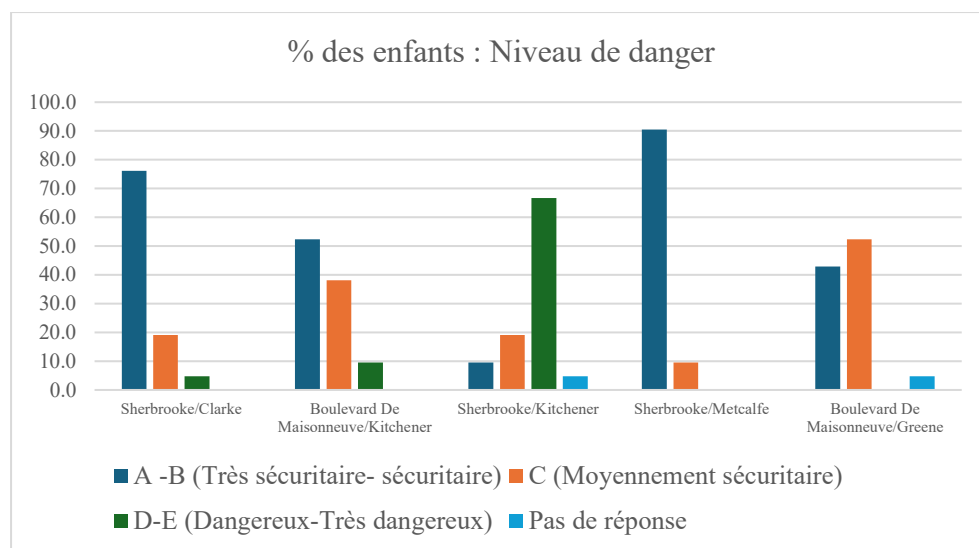


Figure B.1 Discussion avec les enfants : Perception du niveau de danger sur les *intersections*

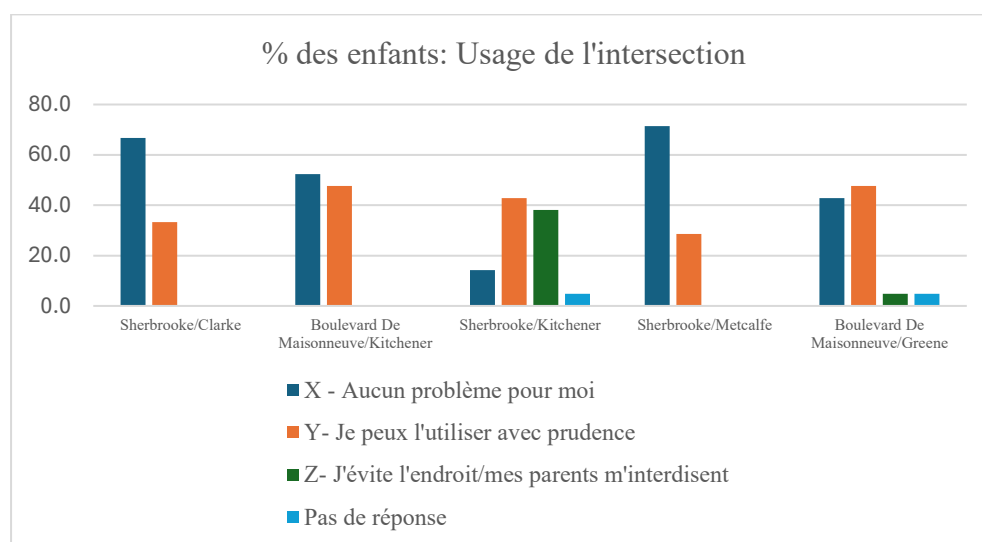


Figure B.2 Discussion avec les enfants : Comportement potentiel sur les *intersections*

L'intersection Sherbrooke/Metcalfé est considérée comme la plus sécuritaire parmi les cinq intersections étudiées, car 90,5 % des enfants ont choisi le niveau A ou B, 0 % ont choisi le niveau D ou E, et 71,4 % n'ont aucun problème à l'utiliser. En effet, lors de la deuxième rencontre, les enfants ont mentionné les raisons suivantes : présence de feux de circulation (11 mentions), faible débit de circulation (7 mentions), intersection courte (2 mentions), présence de trottoirs (1 mention), et usage de cette intersection pour se rendre à la bibliothèque (1 mention).

L'intersection Sherbrooke/Kitchener est considérée comme la plus dangereuse parmi les cinq étudiées, puisque 66,7 % des enfants ont choisi un niveau de danger D ou E et que 38,1 % ont indiqué qu'ils évitent cet endroit. Lors de la deuxième rencontre, les enfants ayant indiqué qu'ils utilisent cette intersection avec prudence (7 mentions) ont expliqué leurs raisons : la présence d'un arrêt de bus, l'importance de cette intersection pour se rendre à l'école, et la nécessité d'attendre un moment avec peu de circulation afin d'éviter de marcher 50 m supplémentaires pour traverser. D'autres élèves ont précisé qu'ils évitent cette intersection (5 mentions) en raison de leur incertitude quant à la manière de la traverser, du manque de signalisation et de la vitesse des véhicules. Certains ont indiqué qu'ils l'évitent, mais qu'ils l'utilisent avec prudence lorsqu'il y a peu de voitures ou qu'ils doivent se rendre à l'école (2 mentions). Enfin, l'intersection est jugée dangereuse en raison du volume élevé de circulation et de l'absence d'arrêts ou de feux permettant une traversée sécurisée (3 mentions).

Les enfants indiquent que l'intersection Boulevard de Maisonneuve/Greene est considérée plutôt moyennement sécuritaire. 52,4 % des enfants ont choisi le niveau C et 47,6 % l'utilisent avec prudence. Pour les raisons: les vélos ne s'arrêtent pas et ils circulent rapidement (5 mentions), le temps pour traverser n'est pas assez long (3 mentions), débit élevé (2 mentions), présence de sans-abri (2 mentions), des voitures vites (1 mentions). En revanche il y a : des sens unique (1 mention), des feux de circulation (10 mentions), intersection courte (5 mentions) et pas trop de voitures (1 mention).

L'intersection Boulevard de Maisonneuve/Kitchener est sécuritaire, mais avec prudence, car 52,4 % des enfants ont choisi A ou B et 52,4 % n'ont aucun problème à l'utiliser. En revanche, 47,6 % l'utilise avec prudence. Pour les raisons qu'il faut l'utiliser avec prudence, les enfants mentionnent : un manque de feux de circulation (7 mentions), beaucoup de voitures qui déposent leurs enfants et il faut marcher entre ces voitures (4 mentions), des vélos qui ne s'arrêtent pas (3 mentions). Pour les personnes qui ont indiqué que cette intersection est plus sécuritaire que les autres, elles ont précisé qu'il n'y a pas beaucoup de voitures (2 mentions) et que les voitures roulent plus vite sur les autres intersections (1 mention).

L'intersection Sherbrooke/Clarke est considérée sécuritaire, car 76,2 % des enfants ont choisi le niveau A ou B et 66,7 % n'ont aucun problème avec l'usage de cette intersection. Les enfants

indiquent des raisons telles que : proximité du lieu de résidence (1 mention), présence des brigadiers (2 mentions) ainsi que présence de feux de circulation (1 mention).

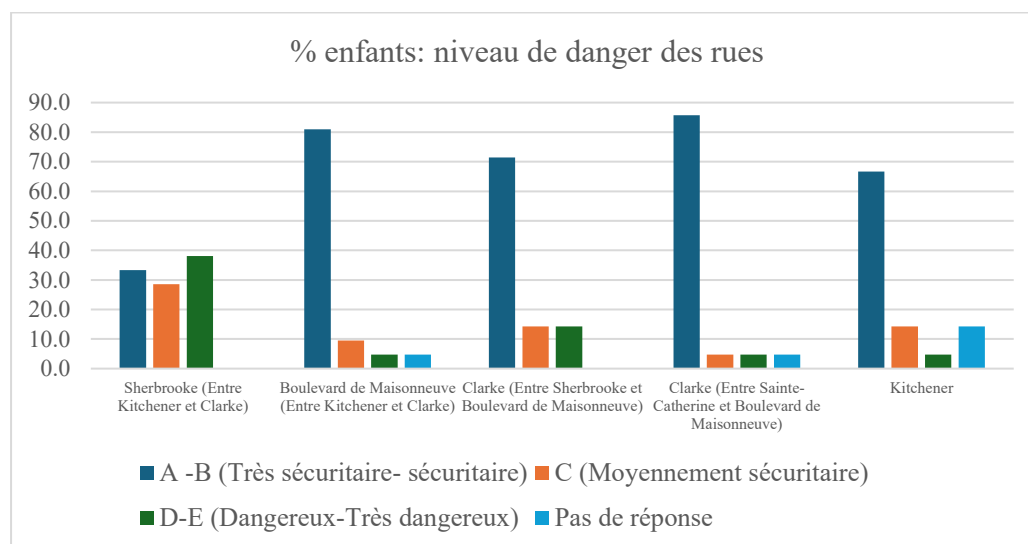


Figure B.3 Discussion avec les enfants : Perception du niveau de danger sur les *rues*

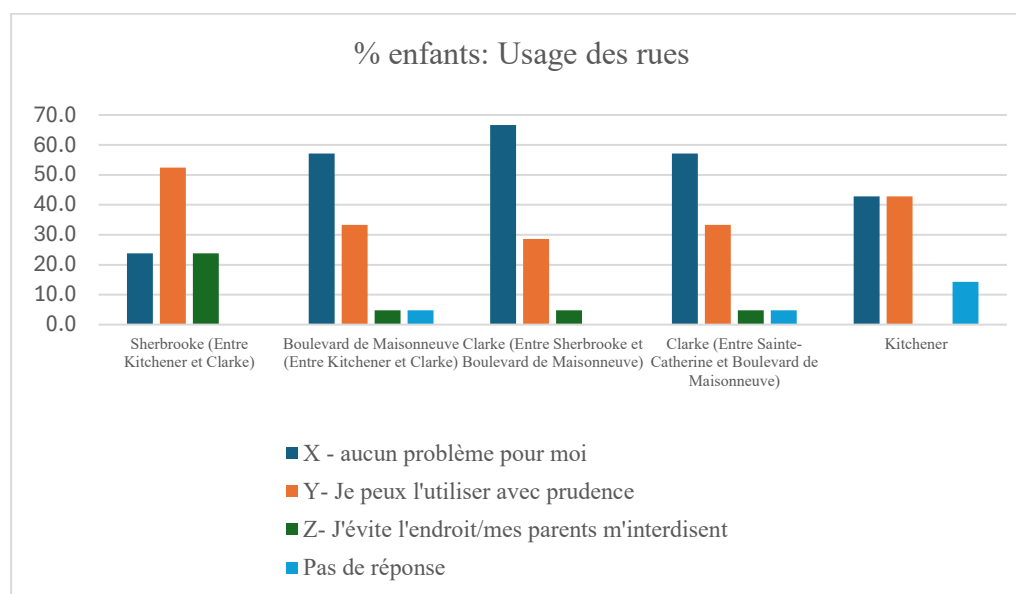


Figure B.4 Discussion avec les enfants : Comportement potentiel sur les *rues*

La rue Sherbrooke (entre les rues Kitchener et Clarke) est considérée comme la plus dangereuse parmi les cinq rues étudiées. En effet, 38,1 % des enfants ont choisi le niveau de danger D ou E, et 52,4 % l'utilisent avec prudence.

La rue Clarke (entre les rues Sainte-Catherine et De Maisonneuve) est considérée comme la plus sécuritaire parmi les cinq rues étudiées : 85,7 % des enfants ont choisi le niveau A ou B, et 57,1 % n'ont aucun problème avec l'usage de cette rue. Cependant, durant la deuxième rencontre, les réponses étaient mitigées. Certaines personnes ont mentionné un débit faible (5 mentions), la présence de feux de circulation (2 mentions), de brigadiers (1 mention), des voitures lentes (1 mention) et une courte distance à traverser (1 mention). En revanche, d'autres ont signalé qu'il y avait trop de voitures (7 mentions), pas de feux de circulation (2 mentions), pas de brigadiers (1 mention), des vitesses élevées (1 mention) et une longue distance à traverser (1 mention).

Pour la rue Clarke (entre les rues Sherbrooke et De Maisonneuve) : 71,4 % des enfants ont choisi le niveau A ou B, et 66,7 % n'ont aucun problème avec l'usage de cette rue. Les enfants indiquent que c'est sécuritaire car c'est proche de l'école (3 mentions), présence de feux de circulation (2 mentions), de brigadiers (1 mention), des voies bien indiquées (1 mention), courte à traverser (1 mention). Cependant, d'autres ont indiqué qu'il y a un débit élevé (6 mentions), absence de feux de circulation (2 mentions), pas de brigadiers (1 mention), des voitures rapides (1 mention), les parents ne voient pas les personnes qui traversent (2 mentions).

Pour le Boulevard de Maisonneuve (entre les rues Kitchener et Clarke) : 81 % des enfants ont choisi A ou B, et 57,1 % n'ont aucun problème avec l'usage de cette rue.

La rue Kitchener est moins sécuritaire que la rue Clarke (entre les rues Sainte-Catherine et Boulevard de Maisonneuve), De Maisonneuve (entre les rues Kitchener et Clarke) et la rue Clarke (entre les rues Sherbrooke et De Maisonneuve). En effet, 66,7 % des enfants ont choisi le niveau A ou B, et 42,9 % l'utilisent avec prudence. En revanche, les raisons ont été mitigées : certains enfants ont indiqué qu'il y a beaucoup de voitures (4 mentions), pas de panneaux d'arrêt (2 mentions), pas de marquage des deux voies (1 mention), ainsi que des personnes effectuant des demi-tours (1 mention). Cependant, d'autres ont indiqué : pas beaucoup de voitures (6 mentions), courte distance à traverser (2 mentions), ils l'utilisent pour aller chez leurs amis (1 mention), présence de personnes (1 mention), présence de panneaux d'arrêt (1 mention), ainsi que la proximité de l'école (1 mention).

Solutions des enfants :

Les enfants mentionnent des mesures pour arrêter les véhicules afin que les enfants et piétons puissent traverser (feux de circulation (5 mentions), des arrêts (3 mentions), feux pour les vélos (2

mentions), des panneaux de signalisation (1 mention), arrêt au milieu de Clarke (1 mention), traverse piétonne au milieu (1 mention), feux d'alarme (1 mention), des policiers à vélo (1 mention), polices (1 mention), brigadiers (1 mention)). Aussi ils ont indiqué des mesures pour réduire les vitesses et débits (réduire la limite de vitesse (1 mention), réduire la vitesse des voitures (3 mentions), fermer les rues autour de l'école (3 mentions)). D'autres mesures ont été mentionnées, telles que faciliter l'embarquement (1 mention), enlever la neige (1 mention) et ajouter de l'éclairage (2 mentions).

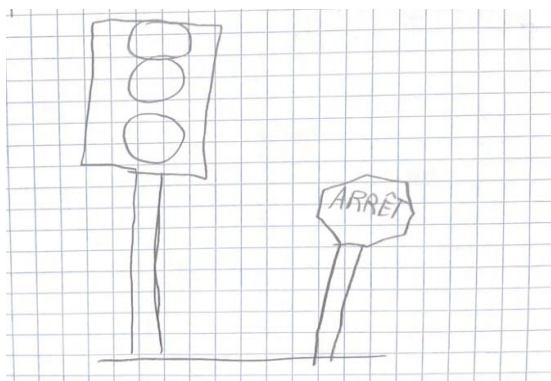


Figure B.5 Idées de mesures issues des dessins des enfants

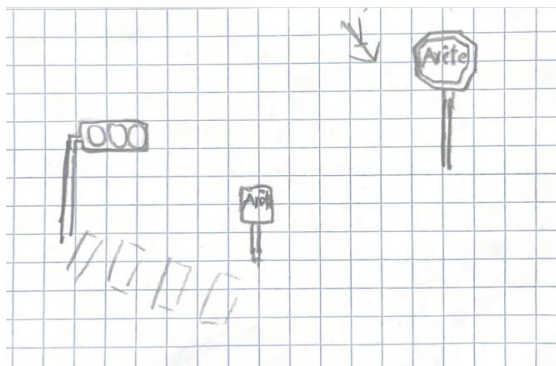


Figure B.6 Idées de mesures issues des dessins des enfants

Groupe de discussion parents :

Tableau B.5 Discussion avec les parents : *rues* dangereuses

Rues dangereuses	Nombre de fois	Nombre de fois lié au trafic routier	Causes liées au trafic routier
Sherbrooke (entre 5 et 4 voies, 40 km /h, dangereuse (outil de ND))	1	1	Grande artère (1 mention), vitesses excessives (1 mention), passage piéton loin (1 mention)
Kitchener (rue l'adjacente à l'école, 2 voies, 30 km/h, sécuritaire (outil de ND))	1	1	Double sens, des autobus, des personnes qui marchent, collisions (1 mention)
Clarke (rue adjacente à l'école, 2 voies, 30 km/h, acceptable (outil de ND))	1	1	Les parents déposent les enfants au nord et les enfants traversent au milieu de le rue (1 mention)

Tableau B.6 Discussion avec les parents : *intersections* dangereuses

Intersections dangereuses	Nombre de fois	Nombre de fois lié au trafic routier	Causes liées au trafic routier
Kitchener/De Maisonneuve (Des arrêts sont présents sur toutes les approches ; De Maisonneuve (sens unique, 1 voie, une limite de vitesse de 30 km/h et une piste cyclable); Kitchener (1 voie par direction, une limite de vitesse de 30 km/h) ; acceptable (outil de ND))	3	3	Les vélos et les cyclistes ne s'arrêtent pas (2 mentions), mauvaise visibilité (2 mentions), accélération des vélos et des voitures (1 mention)

Tableau B.6 Discussion avec les parents : *intersections dangereuses* (suite)

Sherbrooke/Kitchener (Un arrêt uniquement sur Kitchener ; Kitchener (1 voie par direction et une limite de vitesse de 30 km/h) ; Sherbrooke (grande artère avec plusieurs voies (entre 4 et 5), une limite de vitesse de 40 km/h et aucun feux ou arrêts pour les piétons) ; dangereuse (outil de ND))	2	2	Nombreux piétons et voitures (2 mentions), absence de feux et d'arrêts et pas de priorité aux piétons qui traversent (1 mention), présence d'un arrêt de bus (2 mentions)
Sherbrooke/Redfern (Sherbrooke (artère avec plusieurs voies et une limite de vitesse de 40 km/h) ; Redfern (1 voie par direction, et une limite de vitesse de 40 km/h) ; très dangereuse (outil de ND))	2	2	Absence de feux pour les piétons (2 mentions), temps insuffisant pour traverser (2 mentions) et absence de priorité de passage (1 mention)
Clarke/Sherbrooke (feux de circulation avec phases piétonnes ; Clarke (1 voie par direction, une limite de vitesse de 30 km/h) ; Sherbrooke (plusieurs voies, une artère entre 4 et 5 voies avec une limite de vitesse de 40 km/h) ; très dangereuse (outil de ND))	1	1	Feux rouges non respectés (1 mention)
Côte-Saint-Antoine/Metcalf (les deux rues possèdent des arrêts et des vitesses de 30 km/h ; Côte-Saint-Antoine (rue unique) ; Metcalf (1 voie par direction) ; acceptable (outil de ND))	1	1	Vitesses excessives (1 mention), voitures sur trottoirs (1 mention), non-respect aux panneaux (1 mention), stationnement illégal (1 mention)

Tableau B.7 Discussion avec les parents : *rues sécuritaires*

Rues sécuritaires	Nombre de fois	Nombre de fois lié au trafic routier	Causes liées au trafic routier
Côte-Saint-Antoine (1 voie, sens unique, 30 km/h, acceptable (outil de ND))	2	2	Rue à sens unique (1 mention) et présence de brigadiers (2 mentions)

Tableau B.8 Discussion avec les parents : *intersections sécuritaires*

Intersections sécuritaires	Nombre de fois	Nombre de fois lié au trafic routier	Causes liées au trafic routier
De Maisonneuve/Clarke (des feux de circulation avec phases piétonnes sur toutes les approches ; De Maisonneuve (rue à sens unique avec une voie, une limite de vitesse de 30 km/h et une piste cyclable) ; Clarke (1 voie par direction et une limite de vitesse de 30 km/h) ; un peu dangereuse (outil de ND))	2	2	Voitures moins vites (1 mention), présence d'une brigadière (1 mention), piétons traversent en même temps (1 mention)
Metcalf/De Maisonneuve (De Maisonneuve (sens unique avec 1 voie, une vitesse de 30 km/h et une piste cyclable) ; Metcalf (1 voie par direction et une limite de vitesse de 30 km/h) ; acceptable (outil de ND))	2	2	Voitures respectent les arrêts et les vitesses (1 mention), présence de policiers (1 mention), moins de voitures (1 mention)
Westmount Avenue/Murray Hill (Murray Hill (2 voies, 1 arrêt sur avec vitesse de 40 km/h) ; Avenue Westmount (2 voies, feux de circulation avec vitesse 30 km/h et une piste cyclable) ; acceptable (outil de ND))	1	1	Traverse piétonne à la demande (1 mention)
Clarke/Sherbrooke (feux de circulation avec phases piétonnes ; Clarke (1 voie par direction avec une limite de vitesse de 30 km/h) ; Sherbrooke (plusieurs voies, une artère, avec une limite de vitesse de 40 km/h) ; très dangereuse (outil de ND))	1	1	Brigadiers (1 mention)

Tableau B.8 Discussion avec les parents : *intersections sécuritaires* (suite)

Roslyn/Westmount (Rolsyn (2 voies, vitesse de 30 km/h, des arrêts) ; Avenue Westmount (2 voies, vitesse de 30 km/h, piste cyclable) ; un peu dangereuse (outil de ND))	1	1	Policiers (1 mention)
--	---	---	-----------------------

Perception de niveau de danger et leur comportement potentiel :

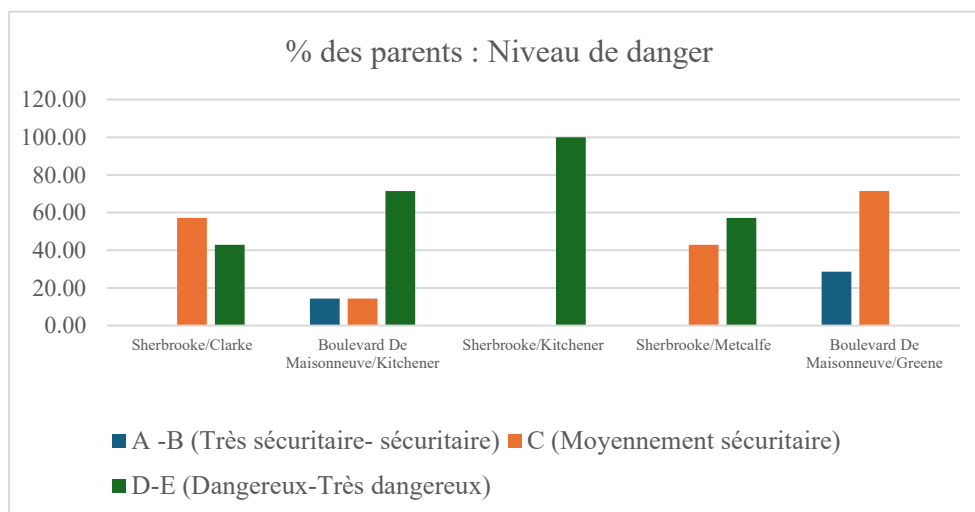


Figure B.7 Discussion avec les parents : Perception du niveau de danger sur les intersections

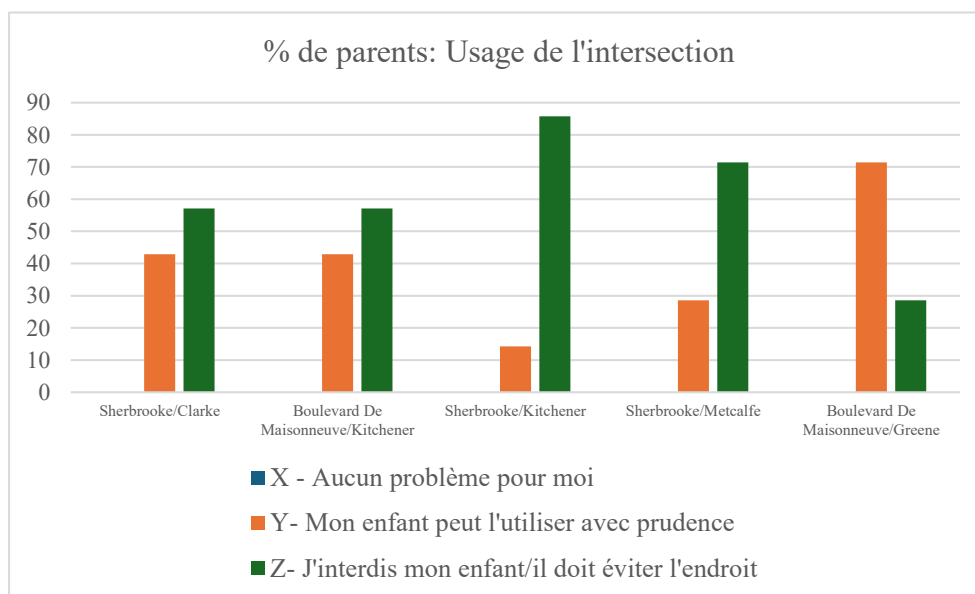


Figure B.8 Discussion avec les parents : Comportement potentiel sur les intersections

Pour l'intersection Sherbrooke/Clarke : 57,14 % des parents ont choisi C, et 42,86 % permettent à leur enfant de l'utiliser avec prudence. Cette dernière est donc plutôt moyennement sécuritaire pour

les raisons suivantes : présence d'une brigadière (1 mention), présence de feux avec phases piétonnes (1 mention), mais des véhicules qui attendent dans l'intersection pour tourner de Sherbrooke à Clarke (1 mention).

Pour l'intersection Boulevard de Maisonneuve/Kitchener : 71,43 % des parents ont choisi le niveau D ou E, et 57,14 % n'autorisent pas leur enfant à utiliser cette intersection. Cette dernière est donc dangereuse pour les raisons suivantes : les voitures ne donnent pas de la priorité aux piétons (1 mention), les cyclistes et les véhicules ne s'arrêtent pas (1 mention), des personnes qui essaient de tourner à Kitchener et ne laissent pas passer les piétons (1 mention). En revanche, ils mentionnent que la piste cyclable et le sens unique aide (1 mention), ainsi que les véhicules sont moins rapides (1 mention).

Pour l'intersection Sherbrooke/Kitchener, 100 % des parents ont choisi le niveau D ou E, et 85,7 % des parents n'autorisent pas leur enfant à utiliser cette intersection. Cette dernière est considérée comme la plus dangereuse parmi les cinq étudiées, pour les raisons suivantes : certains conducteurs ne s'arrêtent pas (1 mention), les voitures ne respectent pas les panneaux de restriction (1 mention), forte présence de voitures et de piétons (1 mention), difficulté pour une voiture venant de Kitchener de tourner à gauche sur Sherbrooke (1 mention), voitures et piétons essayant de quitter en même temps (1 mention), règles de circulation non constantes (1 mention), et voitures tournant à gauche restant bloquées dans l'intersection (1 mention).

Pour l'intersection Sherbrooke/Metcalf, 57,14 % des parents ont choisi le niveau D ou E, et 71,43 % des parents n'autorisent pas leur enfant à utiliser cette intersection. Ils mentionnent les raisons suivantes : des demi-tours sur Metcalfe (1 mention), des voitures stationnées en double (1 mention), des vélos et des voitures qui ne s'arrêtent pas (1 mention), le non-respect des panneaux par les voitures (1 mention), des parents essayant de tourner à gauche sur Metcalfe (1 mention), le transit sur Metcalfe (1 mention), Sherbrooke jugée dangereuse pour les petits enfants (1 mention), mais la présence d'un feu de circulation (1 mention).

Pour l'intersection Boulevard de Maisonneuve/Greene, 71,43 % des parents ont choisi le niveau C, et 71,43 % des parents autorisent leur enfant à utiliser cette intersection avec prudence. Cette intersection est la plus sécuritaire parmi les cinq étudiées, bien qu'elle soit considérée comme moyennement sécuritaire. Les parents indiquent que les vélos et les étudiants ne respectent pas les

arrêts (3 mentions). En revanche, les véhicules roulent moins vite ici (1 mention) et il y a un sens unique (1 mention).

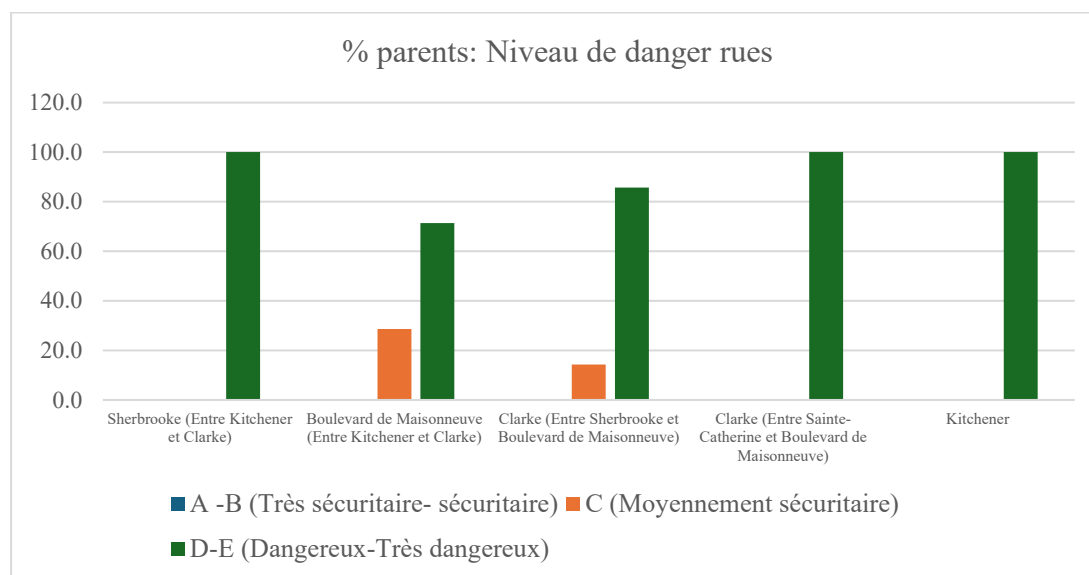


Figure B.9 Discussion avec les parents : Perception du niveau de danger sur les rues

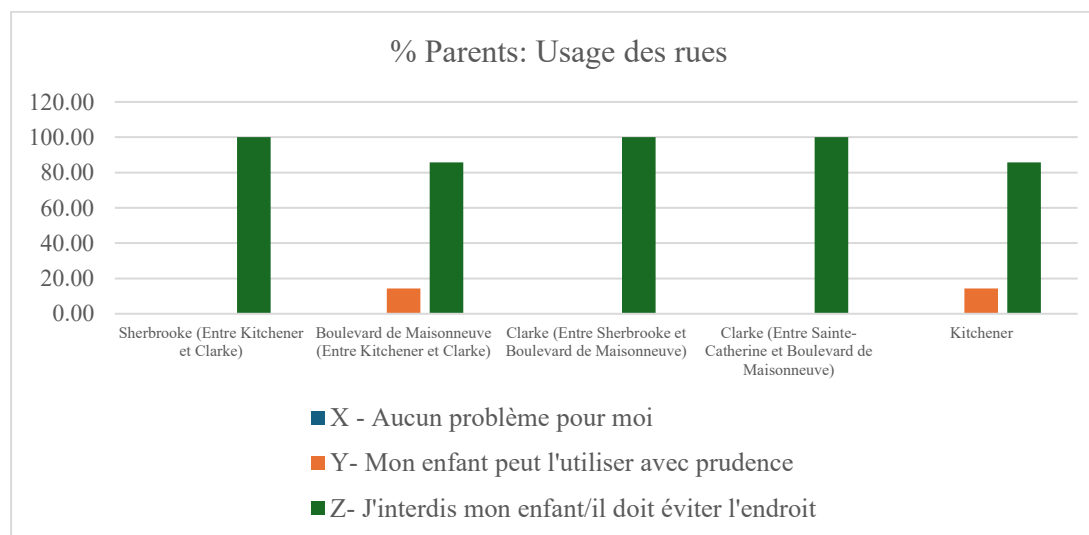


Figure B.10 Discussion avec les parents : Comportement potentiel sur les rues

La rue Sherbrooke (entre les rues Kitchener et Clarke) est la plus dangereuse parmi les cinq rues étudiées. En effet, 100 % des parents ont choisi le niveau D ou E, et 100 % n'autorisent pas leur enfant à utiliser cette rue.

La rue De Maisonneuve (entre les rues Kitchener et Clarke) est la moins dangereuse parmi les cinq rues étudiées. En effet, 71,4 % des parents ont choisi le niveau D ou E et 85,7 % n'autorisent pas leur enfant à utiliser cette rue. Les parents mentionnent les raisons suivantes : vitesses excessives (1 mention), et les vélos augmentent le risque de danger (2 mentions). En revanche, ils indiquent que le débit est plus faible que celui de Sherbrooke, les vitesses sont moins rapides (1 mention), la visibilité est bonne (1 mention), et c'est une rue à sens unique (1 mention).

La rue Clarke (entre les rues De Maisonneuve et Sherbrooke) est dangereuse (mais pas la plus dangereuse) car 85,7 % des parents ont choisi le niveau D ou E et 100 % n'autorisent pas leur enfant à utiliser cette rue. Les parents indiquent qu'il y a des familles qui traversent tous les jours (1 mention), les voitures sont moins vites, la visibilité est bonne (1 mention), et la rue est étroite (1 mention). En revanche ils soulignent que c'est une rue à double sens (1 mention), il y a du soleil dans les yeux des conducteurs (1 mention), les voitures sont rapides (1 mention), qu'il y a des voitures stationnées (1 mention), et que la visibilité des enfants est mauvaise (1 mention).

Pour la rue Clarke (entre les rues Sainte-Catherine et De Maisonneuve) : 100 % des parents ont choisi le niveau D ou E, et 100 % n'autorisent pas leur enfant à utiliser cette rue. Cette dernière est dangereuse car les voitures sont rapides (2 mentions), et les voitures de Dorchester à Sainte-Catherine ne respectent pas la priorité de passage des piétons (1 mention).

Pour la rue Kitchener : 100 % des parents ont choisi le niveau D ou E, et 85,7 % n'autorisent pas leur enfant à utiliser cette rue. Elle est jugée dangereuse pour les raisons suivantes : demi-tours pour stationner (1 mention), présence d'autobus scolaires (2 mentions), recommandation de transformer la rue en sens unique avec une piste cyclable et sans stationnement (1 mention), voitures circulant sur les trottoirs (1 mention), circulation plus sûre le matin mais dangereuse l'après-midi (1 mention), double sens (1 mention), rue étroite et circulation plus lente (1 mention).

Solutions proposées par les parents

Tableau B.9 Les solutions proposées par les parents

Catégories	Mesures
Mesures pour faciliter la traverse des usagers	Feux de circulation (2 mentions), traverses piétonnes à la demande (2 mentions), priorité de passage aux voitures tournant à gauche à Sherbrooke/Clarke (1 mention), feux piétons sur Redfern/Sherbrooke (2 mentions), améliorer la signalisation pour les cyclistes (1 mention), installer des feux de circulation sur Sherbrooke/Kitchener (1 mention), installer un arrêt à gauche sur boulevard de Maisonneuve/Kitchener (1 mention), ajouter des feux de circulation (2 mentions), des traverses piétonnes sur Sherbrooke et De Maisonneuve (1 mention), traverses piétonnes avec arrêt sur Kitchener ou Clarke (1 mention), marquage des traverses (1 mention), arrêts (1 mention), synchroniser les feux (1 mention), tunnel sous Sherbrooke (1 mention), brigadiers (7 mentions) brigadiers à Kitchener (1 mention), brigadiers sur Sherbrooke/Kitchener (1 mention).
Mesures pour limiter les comportements dangereux	Caméras et radars (4 mentions), présence des policiers (7 mentions), respecter les règles et arrêter les demi-tours (1 mention), ne pas autoriser le virage à Kitchener (1 mention), ne pas autoriser le stationnement à côté des arrêts (1 mention), convertir Kitchener sens unique (8 mentions), convertir les rues en sens unique (3 mentions)
Mesures pour réduire les vitesses et débits	Dos d'ânes (2 mentions), feu clignotant de ralentissement (1 mention), réguler la circulation des voitures sur Kitchener (1 mention), réduire les vitesses (1 mention), réduire le nombre de voies de circulation (1 mention)
Mesures pour améliorer l'environnement urbain	Pistes cyclables sur Kitchener (2 mentions), voie séparée pour les bus (1 mention), éclairage sur Sherbrooke/Kitchener et Sherbrooke/Clarke (1 mention), déplacer l'arrêt de bus sur Sherbrooke/Kitchener (3 mentions), déplacer les arrêts (1 mention), ilots pour séparer les cyclistes (3 mentions), arbres et plantes (1 mention), pistes cyclables (1 mention)
Mesures pour faciliter le dépôt des enfants	Stationner près de l'école (2 mentions), aménager une zone officielle de dépôt sur Clarke (2 mentions), prévoir une surface pour le stationnement des voitures (1 mention), HopHop pour tous (1 mention).
Mesures pour augmenter l'utilisation des modes actifs	Journée sans voiture (1 mention), encourager la marche (1 mention), sensibiliser les personnes (1 mention), service de transport scolaire (1 mention), collaborer avec la STM (1 mention).

Rues et intersections dangereuses et sécuritaires

Les groupes de discussion ont permis d'identifier plusieurs rues et intersections dangereuses, ainsi que celles qui sont sécuritaires. Les résultats sont comparés aux estimations de dangerosité fournies par un outil développé précédemment (Abdollahi, 2024) dans le cadre du projet plus large *Children's Independent Mobility Environments* (CHIME). Cet outil permet d'estimer le niveau de dangerosité (ND) crée par la circulation ainsi que la configuration des rues et des intersections.

La rue Atwater est perçue comme dangereuse par les enfants (vitesses et débits élevés, présence d'autobus). En outre, cette section de la rue a été évaluée comme très dangereuse par l'outil de ND (absence de modération de la circulation, mauvaise visibilité, et présence de véhicules lourds). En effet, cette rue est large, à trois voies par direction, avec une limite de vitesse de 40 km/h.

Pour les intersections dangereuses, les enfants perçoivent Sherbrooke/Elm comme dangereuses (problème de visibilité). En outre, elle est très dangereuse selon l'outil de ND (segments très dangereux, absence de piste cyclable et de modération de la circulation, mauvaise visibilité, ainsi qu'une conception dangereuse). Sherbrooke est une artère à deux voies par direction, avec une limite de vitesse de 40 km/h, et sans arrêt ni feux de circulation. De plus, il n'y a que des arrêts sur Elm, qui est une rue à deux voies, avec une limite de vitesse de 40 km/h.

Metcalf/De Maisonneuve est une intersection perçue comme dangereuse par les enfants (pas de feux pour les piétons et de signes pour traverser) mais sécuritaire par les parents (voitures qui respectent les arrêts et les vitesses, présence de policiers, et moins de voitures). De Maisonneuve est une rue à sens unique, à une seule voie, avec une limite de vitesse de 30 km/h et une piste cyclable. Metcalf est une rue à une seule voie par direction, avec une limite de vitesse de 30 km/h. Cette intersection est évaluée comme acceptable par l'outil de ND (piste cyclable, conception sécuritaire, segments avec un ND acceptable, feux de circulation avec phases piétonnes, mais absence de modération de la circulation).

L'intersection Sherbrooke/Redfern est considérée dangereuse par les parents (pas de feux avec phases piétonnes, temps insuffisant pour traverser). Sherbrooke est une artère à plusieurs voies, avec une limite de vitesse de 40 km/h. Redfern est une rue à une seule voie par direction, avec une limite de vitesse de 40 km/h. Cette dernière est également évaluée comme très dangereuse par l'outil de ND (segments dangereux, absence de modération de la circulation, feux de circulation, mauvaise visibilité, conception dangereuse).

L'intersection De Maisonneuve/Clarke est équipée de feux de circulation incluant des phases piétonnes sur toutes les approches. De Maisonneuve est une rue à sens unique, à une seule voie, avec une limite de vitesse de 30 km/h et une piste cyclable. Clarke comporte une voie par direction, avec une limite de vitesse de 30 km/h. Cette intersection est considérée comme sécuritaire par les parents (vitesses faibles, présence de brigadiers, piétons traversant en même temps). Cependant, elle est un peu dangereuse selon l'outil de ND (absence de modération de la circulation, mauvaise visibilité, feux de circulation avec phases piétonnes, segments un peu dangereux, mais présence d'une piste cyclable et conception sécuritaire).

Les parents considèrent la rue Côte-Saint-Antoine (une rue située en face de l'école Selwyn House) sécuritaire. Cette section de la rue est à sens unique, à une seule voie, avec une limite de vitesse de 30 km/h (rue à sens unique et présence de brigadiers). Cette section est considérée comme acceptable selon l'outil de ND (segments acceptables, bonne visibilité mais il n'y a pas de modération de la circulation et des véhicules lourds sont présents).

ANNEXE C DÉTAILS DE L'OUTIL

C.1 Détails des critères et échelles

Sécurité :

Ce critère combine trois variables :

La vitesse fonctionnelle (km/h) (la vitesse fonctionnelle à l'approche d'une intersection est différente de la vitesse limite, surtout s'il y a des arrêts ou des feux de circulation) :

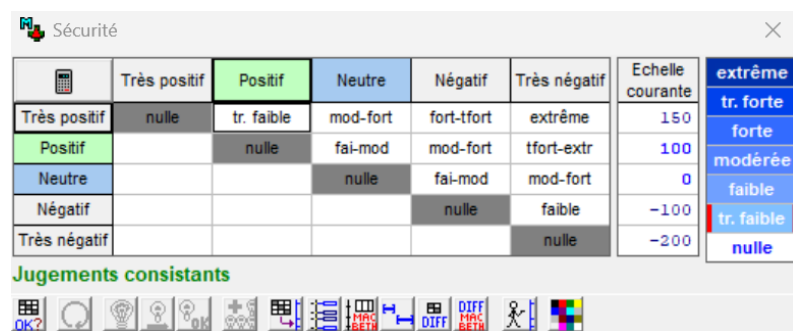
- <10
- 10-<20
- 20-<30
- 30-<40
- 40 ou plus

L'exposition résultante :

- Exposition faible
- Exposition modérée
- Exposition élevée

La visibilité résultante :

- Haute
- Moyenne
- Basse



	Très positif	Positif	Neutre	Négatif	Très négatif	Echelle courante	
Très positif	nulle	tr. faible	mod-fort	fort-tfort	extrême	150	extrême
Positif		nulle	fai-mod	mod-fort	tfort-extr	100	tr. forte
Neutre			nulle	fai-mod	mod-fort	0	forte
Négatif				nulle	faible	-100	modérée
Très négatif					nulle	-200	faible
							tr. faible
							nulle

Jugements consistants

OK? [Icons]

Figure C.1 Échelle « sécurité »

Acceptabilité des automobilistes :

Ce critère combine deux variables (inclure les automobilistes dans l'évaluation) :

Fluidité :

- A-B
- C-D
- E-F

Circulation (véhicules/jour) :

- 0-500
- 500-1500
- 1500-4000
- 4000-8000
- 8000+

	Très positif	Positif	Neutre	Négatif	Très négatif	Echelle courante	
Très positif	nulle	tr. faible	forte	tr. forte	extrême	133.33	extrême
Positif		nulle	mod-fort	forte	tr. forte	100.00	tr. forte
Neutre			nulle	modérée	mod-fort	0.00	forte
Négatif				nulle	faible	-100.00	modérée
Très négatif					nulle	-166.67	faible
							tr. faible
							nulle

Jugements consistants

Figure C.2 Échelle « acceptabilité des automobilistes »

Expérience des automobilistes :

Confort (lisibilité et ambiance) des automobilistes (inclure les automobilistes dans l'évaluation) :

- Positif
- Neutre
- Négatif
- Très négatif

	Positif	Neutre	Négatif	Très négatif	Echelle courante	
Positif	nulle	modérée	forte	tr. forte	100.00	extrême
Neutre		nulle	faible	forte	0.00	tr. forte
Négatif			nulle	modérée	-66.67	forte
Très négatif				nulle	-166.67	modérée
						faible
						tr. faible
						nulle

Jugements consistants

Figure C.3 Échelle « expérience des automobilistes »

Accessibilité pour les personnes à mobilité réduite :

Accès des personnes à mobilité réduite (Fauteuil roulant/Poussette/Personnes âgées) (inclure les personnes à mobilité réduite dans l'évaluation) :

- Positif
- Neutre
- Négatif
- Très négatif

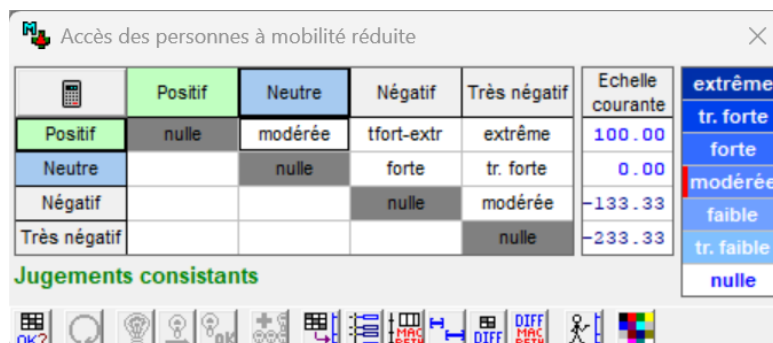


Figure C.4 Échelle « accessibilité pour les personnes à mobilité réduite »

Accessibilité pour les personnes malvoyantes :

Accès des personnes avec problèmes de vision (inclure les personnes malvoyantes dans l'évaluation) :

- Positif
- Neutre
- Négatif
- Très négatif

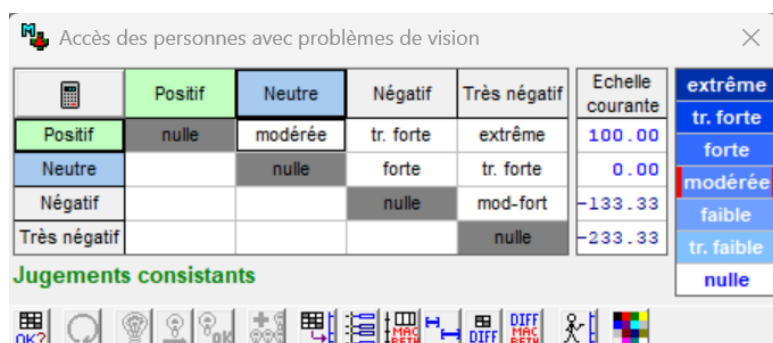


Figure C.5 Échelle « accessibilité pour les personnes malvoyantes »

Accès pour le déneigement :

Accès pour le déneigement (inclure les déneigeurs dans l'évaluation) :

- Positif
- Neutre
- Négatif
- Très négatif

	Positif	Neutre	Négatif	Très négatif	Echelle courante	
Positif	nulle	faible	mod-fort	extrême	100	extrême
Neutre		nulle	modérée	tr. forte	0	tr. forte
Négatif			nulle	forte	-150	forte
Très négatif				nulle	-350	modérée
						faible
						tr. faible
						nulle

Jugements consistants

OK? [Icons: lightbulb, plus, minus, MAC BETH, DIFF, MAC BETH, stick figure, color bar]

Figure C.6 Échelle « accès pour le déneigement »

Accès des véhicules d'urgence :

Accès véhicules d'urgence (inclure les pompiers dans l'évaluation) :

- Positif
- Neutre
- Négatif
- Très négatif

	Positif	Neutre	Négatif	Très négatif	Echelle courante	
Positif	nulle	fai-mod	forte	tfort-extr	100	extrême
Neutre		nulle	mod-fort	fort-tfort	0	tr. forte
Négatif			nulle	mod-fort	-150	forte
Très négatif				nulle	-300	modérée
						faible
						tr. faible
						nulle

Jugements consistants

OK? [Icons: lightbulb, plus, minus, MAC BETH, DIFF, MAC BETH, stick figure, color bar]

Figure C.7 Échelle « accès des véhicules d'urgence »

Intégration environnementale :

Ce critère combine deux variables (inclure les ingénieurs d'eau dans l'évaluation) :

Drainage :

- Positif
- Neutre
- Négatif

Améliorations supplémentaires (opportunité de bio-rétention) :

- Quelques-unes
- Aucune

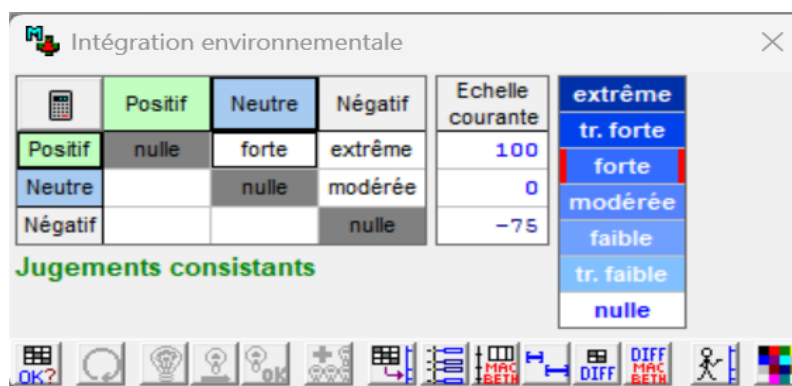


Figure C.8 Échelle « intégration environnementale »

Acceptabilité publique :

Ce critère combine trois variables (inclure les résidents dans l'évaluation) :

Nuisances (bruit, pollution) :

- Moins
- Identique
- Plus

Vitesse fonctionnelle (km/h) :

- <10
- 10-<20
- 20-<30
- 30-<40
- 40 ou plus

Circulation (véhicules/jour) :

- 0-500
- 500-1500
- 1500-4000
- 4000-8000

- 8000+

	Très positif	Positif	Neutre	Négatif	Très négatif	Echelle courante
Très positif	nulle	modérée	forte	tr. forte	extrême	250
Positif		nulle	fai-mod	forte	tr. forte	100
Neutre			nulle	faible	forte	0
Négatif				nulle	modérée	-100
Très négatif					nulle	-250

Jugements consistants

extrême
tr. forte
forte
modérée
faible
tr. faible
nulle

Figure C.9 Échelle « acceptabilité publique »

Expérience des enfants et piétons :

Ce critère combine deux variables (inclure les enfants dans l'évaluation) :

Confort des enfants (lisibilité et ambiance) :

- Positif
- Neutre
- Négatif
- Très négatif

Temps d'attente (secondes) :

- Moins que 5
- Entre 5 et 30
- 30 à 45
- Plus que 45

	Positif	Neutre	Négatif	Très négatif	Echelle courante
Positif	nulle	forte	tr. forte	tfort-extr	100
Neutre		nulle	fai-mod	modérée	0
Négatif			nulle	faible	-40
Très négatif				nulle	-80

Jugements consistants

extrême
tr. forte
forte
modérée
faible
tr. faible
nulle

Figure C.10 Échelle « expérience des enfants et piétons »

Esthétique :

Verdure (inclure un paysagiste dans l'évaluation) :

- Positif
- Neutre
- Négatif

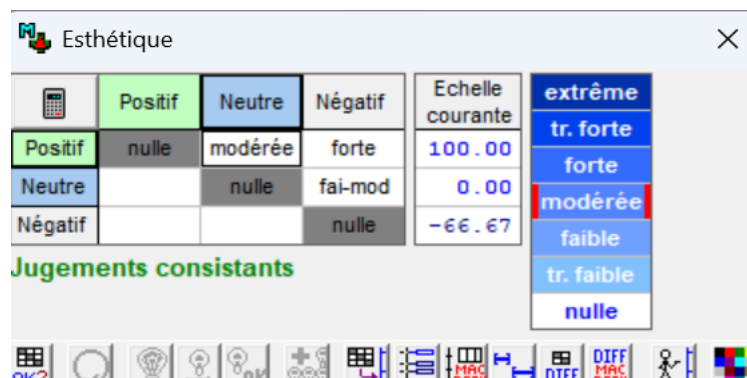


Figure C.11 Échelle « esthétique »

C.2 Matrice complète des pondérations

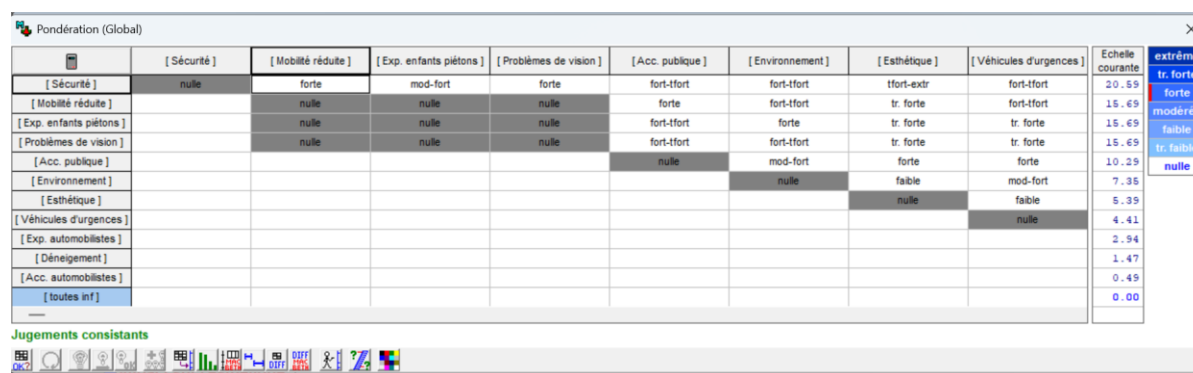


Figure C.12 Matrice pondérations des critères

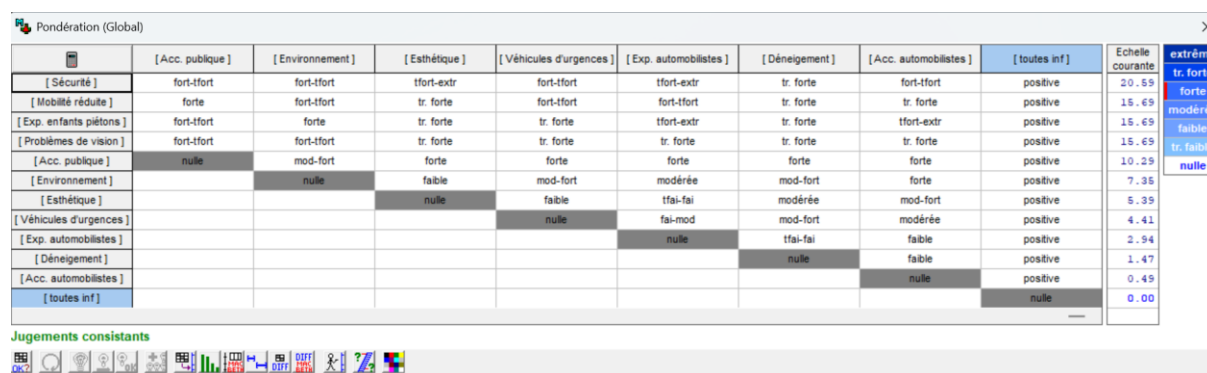


Figure C.13 Suite de la matrice pondérations des critères