



**HAL**  
open science

## **Sécurité vécue et perçue par les piétons aux intersections signalées : comparaison entre l'environnement bâti, routier et le phasage des feux à Montréal et Québec, Canada**

Hugo Quintin, Marie-Soleil Cloutier, Owen Waygood

### ► To cite this version:

Hugo Quintin, Marie-Soleil Cloutier, Owen Waygood. Sécurité vécue et perçue par les piétons aux intersections signalées : comparaison entre l'environnement bâti, routier et le phasage des feux à Montréal et Québec, Canada. RTS. Recherche, transports, sécurité, 2021, Enjeux de sécurité chez les piétons et les cyclistes, 2021, 13p. <10.25578/RTS\_ISSN1951-6614\_2021-11>. <hal-03363820>

**HAL Id: hal-03363820**

**<https://hal.science/hal-03363820v1>**

Submitted on 7 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

## DOSSIER / ISSUE

Enjeux de sécurité chez les piétons et les cyclistes

*Safety issues for pedestrians and cyclists*

## Sécurité vécue et perçue par les piétons aux intersections signalées : comparaison entre l'environnement bâti, routier et le phasage des feux à Montréal et Québec, Canada

**Pedestrian feeling of safety at signalized intersections: Comparison between the built environment, road design and traffic signal priority control in Montreal and Quebec, Canada**

**Hugo Quintin, Marie-Soleil Cloutier, Owen Waygood**

© Univ Gustave Eiffel 2021

**Résumé** De nombreuses études établissent une relation entre l'environnement bâti et la sécurité routière, mais peu s'intéressent au sentiment de sécurité des piétons. Cette recherche a pour but de comparer les systèmes de gestion des traversées piétonnes aux intersections avec feux de circulation à Montréal et à Québec (Canada). La priorité piétonne via des passages exclusifs est une pratique systématique à Québec contrairement à Montréal, d'où l'intérêt de ces deux terrains d'étude. L'objectif est d'explorer la relation entre les caractéristiques des intersections et le risque vécu et perçu des piétons y traversant. Les données proviennent d'observations et de questionnaires in situ et ont servi à effectuer des analyses bivariées (Khi-carré et ANOVA). Nos résultats montrent que ce sont surtout

les caractéristiques de l'environnement bâti et routier qui ont une influence sur la sécurité vécue et perçue. D'autres variables sont associées au risque vécu (ex. : vitesse, distance au centre-ville, densité de population) et perçu (ex. : volume de véhicule, nombre de voies). Ces résultats contribuent à une meilleure compréhension des dynamiques aux intersections avec feux et à leur phasage, ainsi qu'à une meilleure évaluation des enjeux liés à l'insécurité ressentie des piétons.

**Mots-clés** sentiment de sécurité, interaction, piétons, intersections, environnement bâti

**Summary** Many studies attempt to establish a relationship between the built environment and road safety, but few focuses on pedestrians' sense of safety, though they are the most vulnerable road users. The research presented here is part of a larger project aimed at comparing the pedestrian traffic light systems at intersections in Montreal and Quebec City, Canada. Quebec City has a relatively unique system as nearly all traffic lights have an exclusive pedestrian phase. Montreal uses mostly the lead pedestrian interval phase. The research objective of this article is to establish whether there is a relationship between the characteristics of intersections and the pedestrians' feeling of safety and vehicle-pedestrian interactions while crossing them. The data comes from observations and questionnaires taken on site and were used to perform bivariate analyses (chi-square and ANOVA). Our results show that above all, it is the characteristics of the built and road environment that have an influence on the experienced and perceived safety. The "protected" mode for pedestrians seems to provide a better

Hugo Quintin (✉)  
Centre Urbanisation Culture Société,  
Institut National de la Recherche Scientifique,  
385, Sherbrooke Est, Montréal,  
QC H2X 1E3, Canada.  
quintinhugo1@gmail.com

Marie-Soleil Cloutier (✉)  
Institut National de la Recherche Scientifique,  
Laboratoire piéton et espace urbain (LAPS)  
385, Sherbrooke Est, Montréal,  
H2X 1E3, Canada.  
marie-soleil.cloutier@inrs.ca

Owen Waygood (✉)  
Polytechnique Montréal  
2500, chemin de Polytechnique  
Montréal (Québec)  
H3T 1J4  
owen.waygood@polymtl.ca

sense of safety rather than the partially protected mode, where vehicles and pedestrians cross together. Other variables are associated with the experienced safety (e.g., speed, distance to the city centre, population density) and perceived safety (e.g., volume of vehicles, number of lanes). These results contribute to a better understanding of the dynamics at intersections with traffic lights and their phasing, as well as a better assessment of the issues relating to the pedestrians' feeling of safety.

**Keywords** feeling of safety, interactions, pedestrians, intersections, built environment

## 1. Introduction

Chaque jour, tous continents confondus, environ 3700 personnes perdent leur vie à cause d'un accident sur la route, le quart étant des piétons, usagers les plus touchés après les automobilistes et les motocyclistes [1, 2]. Au Canada, les piétons montent à la deuxième place du plus grand nombre de décès par usagers de la route, derrière les occupants de véhicules [3]. Environ trois quarts de ces piétons décédés le sont en milieu urbain [4] et près d'un tiers aux intersections [5]. Ainsi, les intersections en milieu urbain sont des zones à risque pour les piétons. Dans des villes où la trame urbaine est en majorité celle du quadrillage comme dans la province de Québec, au Canada, les intersections sont des passages obligés dans le cheminement piéton pour avancer dans la ville, ce qui a possiblement une influence sur la sécurité piétonne. Par exemple, à Montréal, près de 60% des piétons blessés le sont aux intersections [6]. Si on compare les chiffres de la sécurité routière de Montréal à la ville de Québec, qui se trouve dans la même province, on obtient des portraits différents. En 2018, 70% des décès de la route à Montréal étaient des piétons alors que ce pourcentage tombe à 25% à Québec. Lorsqu'on additionne ces décès avec les blessures légères et graves, la part des piétons est de 17% à Montréal et de 7% à Québec [7].

Même si la morphologie urbaine (plus dense à Montréal) et la part modale de la marche (plus faible à Québec) sont différentes entre les deux villes, on peut se questionner sur les raisons de ces écarts. Dans les écrits scientifiques, nombre d'études nous donnent des réponses quant aux facteurs de risque impliquant des piétons [8]. Majoritairement basées sur les données de collisions, ces études documentent les impacts de l'environnement bâti et routier et brossent un portrait des caractéristiques individuelles des accidentés. Cependant, peu d'entre elles s'intéressent au sentiment de sécurité des piétons. Les environnements à risque sont-ils les mêmes que ceux qui procurent un sentiment d'insécurité ? Les facteurs liés au risque de collision influent-ils également sur le sentiment de sécurité ? L'intérêt de connaître ces modalités repose sur le fait que les villes veulent améliorer non seulement le bilan routier, mais aussi l'expérience piétonne. Aussi, s'intéresser au sentiment de sécurité permet de le mettre

en relation avec la sécurité réelle, et donc de dégager des connaissances utiles et d'en comprendre les enjeux pour mieux adapter par la suite l'espace urbain. *Cho et al.* [9] considèrent d'ailleurs que le sentiment de sécurité et la sécurité sont liés et doivent être étudiés conjointement. Dans le but d'améliorer les travaux actuels sur les piétons, l'objectif de cet article est donc de déterminer quels sont les facteurs qui influencent leur sentiment de sécurité aux intersections des deux plus grandes villes du Québec.

## 2. Revue de littérature

### 2.1. Perception du risque et sentiment de sécurité

Nous proposons ici deux indicateurs nous permettant de déterminer le sentiment de sécurité des piétons : le risque perçu et le risque vécu. Tout d'abord, le concept de perception du risque (ou risque perçu) est au cœur des écrits sur le sentiment de sécurité. Venant de la psychologie, ce concept a largement été étudié, notamment par *Slovic* [10], et est défini comme étant le jugement intuitif du risque qu'ont les citoyens. Deux types de risques sont alors mis en avant. Le premier, c'est le risque redouté — *dread risk*. Il correspond à la perception d'une perte de contrôle, d'une peur, d'un potentiel de catastrophe, de conséquences fatales ou d'une distribution inéquitable du risque par rapport aux bénéficiaires, comme une guerre nucléaire. L'autre type de risque, c'est celui de l'inconnu — *unknown risk*. Il correspond à la perception d'un aléa jugé inobservable, inconnu, nouveau ou retardé dans sa manifestation de nuire, comme le risque relié à l'utilisation des pesticides. Mais, ces deux types de risque sont également corrélés. En effet, un danger peut avoir une part de risque redouté ainsi que de risque inconnu. Alors, chaque évaluation du risque par un individu revient à trouver l'équilibre entre ces deux facteurs, auxquels il faut ajouter le nombre de personnes exposées à ce risque : plus il y a de gens exposés, plus le risque est redouté. Concernant notre sujet, la peur des véhicules motorisés concerne généralement la peur d'avoir des conséquences dramatiques plutôt que vers le risque inconnu [11], mais comment prédire ce risque pour les individus ? Et est-ce que ces perceptions du risque influencent leurs comportements ? C'est le travail de *Loewenstein* qui nous apporte une réponse intéressante à ces questions [12]. Selon lui, deux facteurs influencent les décisions individuelles. Il y a l'évaluation cognitive, qui dépend de réflexions objectives, comme les probabilités des conséquences ou l'évaluation de leur sévérité. L'autre facteur décisif d'influence selon *Loewenstein* est celui relié aux sentiments tels que la peur, la crainte, la terreur ou l'anxiété [12]. Ainsi, les réactions émotionnelles correspondent à l'intensité avec laquelle les conséquences sont imaginées, à l'exposition personnelle au risque, à l'expérience ou au passé des individus. Le risque perçu pour un piéton est donc la somme de son évaluation cognitive et de ses réactions émotionnelles. Ainsi, on évalue le risque, puis on prend

la décision ou non de l'affronter. Par exemple, on évalue notre perception du risque de traverser la rue et l'on prend la décision de le faire ou non.

D'autre part, le sentiment de sécurité est également influencé par l'expérience du risque [13]. Ce qu'on appelle le «risque vécu» est ce qui peut faire augmenter l'insécurité réelle et donc qui participe à diminuer le sentiment de sécurité. Au-delà des perceptions individuelles, ce risque vécu peut se traduire en un indicateur mesurable, à partir du concept *d'interaction* (*near misses* en anglais). Une interaction est un événement durant lequel deux usagers de la route (ici un piéton et un conducteur de véhicule) sont si proches qu'ils pourraient entrer en collision. Par exemple, l'étude de *Sanders* dans la région de San Francisco [13] met en évidence le potentiel des *interactions* pour mesurer le sentiment d'insécurité des cyclistes. Ses résultats montrent que, par exemple, pour les cyclistes au quotidien, les *interactions* sont liées à des craintes très précises comme le fait qu'un véhicule passe trop proche ou trop vite d'eux ou même qu'il leur coupe le chemin. Pour les cyclistes hebdomadaires, les *interactions* sont liées à des craintes concernant toutes sortes de mouvements possibles de la part des autres usagers. Elle en conclut donc que la perception du risque d'un cycliste ne découle pas seulement d'incidents causant des blessures, mais aussi d'incidents qui auraient pu en causer, mais qui ne l'ont pas fait. Tout comme les cyclistes, les piétons sont en contact permanent avec les véhicules sur la chaussée, en particulier lorsqu'ils doivent traverser une intersection. Une étude antérieure britannique a d'ailleurs démontré que le taux d'incident des cyclistes et des piétons ne différait pas significativement (un incident y était défini comme étant une interaction avec les autres usagers ayant causé une inquiétude, un mécontentement ou une action d'évitement; une mauvaise condition de la chaussée pouvait également être considérée). Ces chiffres montraient même que ces deux usagers non motorisés avaient une perception du risque sept fois plus importante que les usagers motorisés [14]. Les piétons étant autant confrontés à ce genre de situation que les cyclistes, le risque vécu mesuré par les interactions s'applique tout à fait à notre étude.

Il y a donc deux notions de risque dans notre article. Le premier est le risque perçu, qui fait appel à l'évaluation cognitive et aux réactions émotionnelles des individus face à un risque. Le calcul intellectuel et les réactions individuelles vont alors déterminer le risque face à une situation, ce qui influence par la suite le sentiment de sécurité. Le deuxième est le risque vécu, qui est l'exposition réelle face à un risque imminent par le biais d'une interaction avec un véhicule. Cette expérience affecte la notion de risque de l'individu et a donc un impact sur son sentiment de sécurité. Les deux sont évidemment complémentaires pour évaluer le sentiment de sécurité.

## 2.2. Environnement bâti et routier

L'influence de l'environnement bâti et routier sur la sécurité des piétons, mesurée par le nombre de collisions passées, et sur le sentiment de sécurité a été étudiée sous divers angles dans les dernières décennies.

Une des mesures constantes dans les écrits sur la sécurité des piétons est celle concernant l'exposition. En effet, nombre d'études ont trouvé une relation positive entre le nombre de collisions et le volume de trafic automobile [15-18] et piéton [17, 18]. La densité — de population ou d'emploi — est aussi reliée à un risque d'accident plus élevé [16, 18], mais de moindre gravité. En effet, elle semble induire plus de conflits, mais sans doute à une vitesse réduite notamment en milieu urbain, donc les blessures sont moins sévères [8]. D'ailleurs, les rues les plus à risque sont celles qui ont une vitesse élevée, comme les artères, les rues à plusieurs voies ou encore celles plus larges, et celles concentrées près des zones commerciales et industrielles [15-19], contrairement aux rues locales qui sont moins présentes dans les bilans routiers [18, 19].

Le type d'occupation du sol semble avoir un impact également : alors que la présence de grandes surfaces commerciales et la forte mixité d'occupations semblent augmenter le risque de collision impliquant un piéton, les rues avec des commerces de détail à l'échelle du piéton semblent le diminuer [9, 15, 16]. Dans les quartiers résidentiels, le risque d'accident s'avère également moindre [18, 19].

Concernant les intersections, les écrits sont plus nuancés. Certains auteurs ont trouvé que le risque d'accident aux intersections était plus important [15, 19], mais lorsqu'il s'agit d'une intersection à seulement trois rues — en T —, la relation est opposée [16, 19]. En revanche, pour les accidents plus sévères menant à un décès, une des études montre que les intersections sont au contraire plus sécuritaires [15]. En effet, les véhicules doivent réduire leur vitesse dans ces espaces, notamment pour effectuer un virage, ou encore s'arrêter pour respecter la signalisation : les accidents y sont moins mortels puisque la vitesse joue un rôle important dans la sévérité des accidents. D'ailleurs, l'OMS recommande fortement d'avoir une législation pour diminuer la vitesse maximale autorisée, notamment en deçà de 50 km/h en ville, puisqu'elle a une «incidence directe sur le risque d'accident et la gravité des traumatismes, ainsi que sur la probabilité de décès des suites de l'accident» [20].

Pour ce qui est de la signalisation à l'intersection, *Osama et Sayed* ont démontré dans une étude effectuée à Vancouver que la présence de feux piétons diminuait le risque de collisions [18]. De plus, la présence de différents types de programmation des feux de circulation et des feux piétons semble aussi faire une différence, quoique les études ne soient pas nombreuses. Le Tableau 1

présente les différentes phases possibles et le visuel des feux pour le territoire québécois comme indiqué dans les normes de Transports Québec [21]. Suivant ces phasages, les résultats d'une étude montréalaise ont démontré que le mode protégé réduit les accidents de 24 % alors que le mode partiellement protégé augmente de 28 % ce risque [5]. Une autre étude, cette fois-ci aux États-Unis, dans le Connecticut, a également montré que les phases exclusives étaient associées à moins d'accidents et à moins d'interactions que les autres phasages [22]. Également, des études ont été menées sur l'influence du mode temporairement protégé, appelé *Lead Pedestrian Interval* en anglais. *Saneinejad et Lo* nous présentent un résumé des études sur ce sujet et ils arrivent à la conclusion que le mode temporairement protégé a un impact positif sur la sécurité piétonne [23]. Par exemple, une étude américaine a démontré que l'implantation de ce phasage dans 10 sites au centre du State College, en Pennsylvanie, a résulté en une diminution d'environ 58 % des accidents entre véhicules et piétons [24]. Une autre étude, cette fois-ci en Floride, à Saint-Petersburg, a démontré que la probabilité d'un conflit pour un piéton avec un véhicule qui quitte le trottoir au début de sa période était réduite de 95 % lorsqu'un mode partiellement protégé était présent, comparé au mode d'origine non protégé [25].

Concernant les écrits scientifiques sur le sentiment de sécurité, ils sont moins nombreux et portent principalement sur l'influence de l'environnement bâti et routier sur le risque perçu. Certaines études ont trouvé que la vitesse, le volume du trafic et la présence de zones commerciales seraient des facteurs dans l'augmentation du sentiment d'insécurité [26, 27]. À l'inverse, la proximité du centre-ville aurait un effet positif sur le sentiment de sécurité, tout comme la densité de piétons [26]. Le mélange d'occupation du sol et la compacité d'un quartier seraient également des facteurs déterminants dans un risque perçu moindre [9]. Finalement, une étude montréalaise s'est intéressée aux interactions entre les piétons et les autres usagers de la route, donc au risque vécu [28], et ses résultats montrent que les rues à sens unique étaient associées à moins d'interactions alors que les rues de type artères ou collectrices et les intersections avec des feux de circulation et piétons étaient le lieu de plus d'interactions.

### 2.3. Caractéristiques individuelles

Certaines études se sont également intéressées aux effets des caractéristiques individuelles sur la sécurité des piétons. Concernant l'âge, les jeunes adultes de moins de 30 ans sont considérés comme étant les plus à risque, tout comme les personnes âgées [15, 16, 19, 29]. Au niveau du sexe, beaucoup d'auteurs n'ont pas trouvé d'association chez les adultes, sauf pour une étude qui rapporte que les hommes seraient plus à risque que les femmes [29]. Pour ce qui est de l'influence des caractéristiques individuelles sur le sentiment de sécurité, encore une fois, peu de travaux sont présents. *Rankavat et Tivari* [27] ont

démontré une association positive entre les endroits à fort risque réel — mesuré par le nombre de collisions, et un risque perçu élevé chez les jeunes (15-30 ans) et les personnes âgées (50 ans et plus). Il en va de même pour le sexe : les femmes ont une perception du risque plus élevée dans leur quartier de résidence, mais moindre lorsque le risque réel est important [27]. Une autre étude a démontré que, globalement, les hommes auraient un risque perçu plus faible que les femmes [9]. Une étude s'intéressant aux caractéristiques du statut de conducteur a démontré que les personnes qui ne possèdent pas de voitures seraient plus craintives d'être exposées à un risque en tant que piétons que les autres [30].

Devant le peu d'études qui s'intéressent principalement au sentiment de sécurité, à la fois dans sa dimension perçue et celle vécue, l'objectif de cet article est de déterminer quelles sont les variables qui influencent le sentiment de sécurité vécue et perçue à l'échelle de l'environnement bâti et routier (incluant la signalisation aux feux de circulation) et des caractéristiques individuelles.


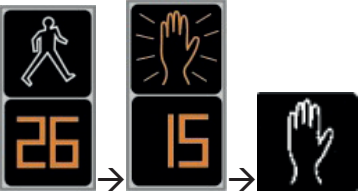
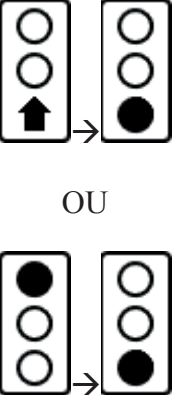
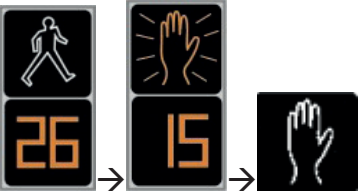

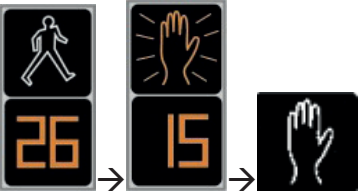
## 3. Méthodologie

Notre méthodologie implique quatre étapes, décrites ici : le choix des villes et des intersections à l'étude, la création des outils de collecte, la collecte de données sur le terrain et l'analyse des données.

### 3.1. Choix des villes et des intersections à l'étude

Comme mentionné précédemment, les villes de Québec et Montréal sont les plus peuplées de la province de Québec, mais leur bilan des collisions impliquant les piétons est différent à plusieurs égards, ce qui en fait des terrains d'étude intéressants. Par ailleurs, l'approche préconisée par les pouvoirs municipaux de ces deux villes en ce qui a trait aux feux de circulation et aux feux piétons est distincte. Alors que Montréal a majoritairement adopté le mode partiellement protégé, avec la présence d'une flèche verte tout droit pendant quelques secondes avant le feu vert à une grande majorité de ses intersections, Québec a préféré fonctionner avec le mode protégé (véhicules tout au rouge pendant que les feux piétons sont actifs), incluant presque systématiquement des boutons d'appel. Une autre différence entre les deux villes est celle du virage à droite au feu rouge, autorisé sauf indication contraire à Québec, et interdit en tout temps sur l'île de Montréal.

**Tableau 1.** Phasage et visuel des feux de circulation et des feux piétons au Québec

	Description du phasage	Visuel du feu véhicule	Visuel du feu piéton
<p><b>Mode protégé<sup>1</sup></b></p>	<p>Tous les mouvements de véhicules sont interdits durant toute la phase piétonne. Tous les piétons de l'intersection ont comme feu la silhouette blanche tandis que tous les véhicules ont un feu rouge. Toutefois, le virage à droite au feu rouge est autorisé partout dans la province sauf à Montréal et lorsqu'une indication contraire est signalée par un panneau. Il se peut donc que les véhicules puissent tourner à droite même lors du mode protégé.</p>		
<p><b>Mode temporairement protégé</b></p>	<p>Certains mouvements de véhicules sont interdits durant la première partie de la phase piétonne, puis permis par la suite. Par exemple, la flèche verte vers l'avant (mouvement tout droit) est utilisée durant l'engagement pour par la suite faire place au feu vert permettant de tourner dans toutes les directions. Pendant ce temps, seuls les piétons traversant dans le même sens que ces véhicules ont une silhouette blanche.</p>		
<p><b>Mode non protégé</b></p>	<p>Certains mouvements de véhicules sont permis durant la phase piétonne. Ainsi, une rue après l'autre, les véhicules ont le feu vert et les piétons la silhouette blanche.</p>		

Source : Auteurs, adapté de Transports Québec, 2020

Dans le but de collecter des données sur le terrain mesurant le sentiment de sécurité, nous avons sélectionné des intersections dans les deux villes choisies à partir d'une classification hiérarchique<sup>2</sup>. Elle a été produite avec l'outil *Analyse des regroupements* d'ArcGIS, pour générer quatre groupes, sans aucune fonction de contraintes spatiales. Plus précisément, il s'agit d'une analyse *K-means* classique qui cherche à minimiser les différences entre les sous-groupes tout en maximisant les ressemblances à l'intérieur de chacun des groupes. Cette classification repose sur cinq variables, préalablement calculées pour les 3408 intersections des deux villes (Montréal = 2282; Québec = 1126). Les variables représentent des facteurs de risque de collisions (la présence d'au moins une rue à 50 km/h dans

l'intersection; la présence d'au moins une rue à 40 km/h et moins dans l'intersection; le nombre de collisions passées entre 2011 et 2018 à une distance de 50 mètres de l'intersection) et des variables reliées à la présence piétonne (la présence d'arrêts d'autobus à l'intersection et la densité de population résidant dans un rayon de 500 mètres de l'intersection). Le tableau 2 présente la proportion des intersections pour chacun des groupes et chacune des variables.

Afin d'effectuer une analyse comparative entre les deux villes québécoises, il a été décidé de prendre douze intersections dans chaque ville. Le temps et la disponibilité pour la collecte et la préférence d'avoir beaucoup d'observations par intersections plutôt que

1. Les deux rues ont l'une à la suite de l'autre le feu vert véhicule, puis c'est au tour de la phase piétonne protégée. Ce système a comme conséquence de produire une attente piétonne plus longue et il privilégie l'écoulement des véhicules motorisés.

2. Le présent article s'insère dans un projet plus vaste d'analyse du risque aux intersections de Québec et Montréal (projet STRAPI), financé par divers partenaires (voir remerciements à la fin de l'article).

beaucoup d'intersections ont été des facteurs décisifs dans ce choix. À partir des groupes, une sélection aléatoire a été effectuée pour s'assurer d'avoir des intersections semblables entre les deux villes. Des vérifications sur le terrain ont par la suite été faites pour s'assurer d'une présence piétonne et de la configuration des sites, et ainsi créer les paires d'intersections (Tableau 3, fig. 1,

fig. 2). En plus des groupes présentés plus haut, la base de données des intersections inclut d'autres variables décrivant l'environnement bâti et routier à l'intersection et en périphérie. Le tableau 4 présente les variables catégorielles et continues, à l'échelle de l'intersection, qui sont incluses dans nos analyses.

**Tableau 2.** Résultats de la classification des intersections dans les deux villes à l'étude

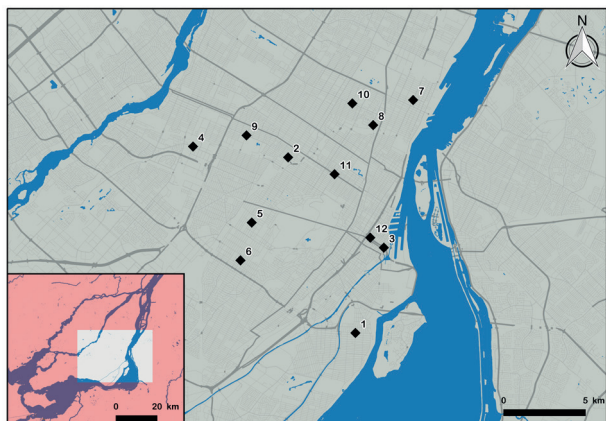
	<b>Groupe 1</b> <i>Intersections de type périurbaines</i>	<b>Groupe 2</b> <i>Intersections urbaines de moyenne taille</i>	<b>Groupe 3</b> <i>Intersections en secteur résidentiel dense</i>	<b>Groupe 4</b> <i>Intersections en secteur résidentiel dense, avec du transport en commun et un historique de collision élevé</i>
N (%)	1327 (39 %)	1215 (36 %)	551 (16 %)	315 (9 %)
Au moins une rue à 50 km/h dans l'intersection (%)	99,5 %	100 %	0,00 %	94,3 %
Au moins une rue à 40 km/h et moins dans l'intersection (%)	0,5 %	99,4 %	94,6 %	61,9 %
Moyenne du nombre de collisions passées entre 2011 et 2018 à une distance de 50 mètres de l'intersection	1,09	1,59	1,60	8,8
Moyenne de la densité de population résidant dans un rayon de 500 mètres de l'intersection	9065,9	14 219,3	15 763,6	18 488,3
Présence d'au moins un arrêt d'autobus à l'intersection (%)	49,6 %	70,4 %	57,3 %	88,9 %

**Tableau 3.** Intersections sélectionnées pour les deux villes

Ville	Montréal	Québec
Groupe 1	Verdun – De L'Église (1) Beaubien — Saint-Laurent (2) Nazareth — Wellington (3)	Myrand — Chemin Sainte-Foy (13) 3 <sup>ème</sup> avenue — 5 <sup>ème</sup> rue (14) Laurier – De L'Église (15)
Groupe 2	Acadie — Louvain (4) Hudson — Van-Horne (5) Côte-Sainte-Catherine — Lemieux (6)	Saint-Jean — Clairefontaine (16) L'Ormière — Blain (17) Père Lelièvre — Masson (18)
Groupe 3	Ontario — Létourneux (7) Rachel — Laurendeau (8)	Laurier — Père Vaultier* (19) D'Estimauville – Des Mômeurs (20)
Groupe 4	Jarry — Saint-Laurent (9) Masson — Saint-Michel (10) Mont-Royal — Saint-Denis (11) Robert-Bourassa — Saint-Antoine (12)	Dorchester — Charest (21) 1 <sup>ère</sup> avenue — 41 <sup>ème</sup> rue (22) René Lévesque — Hollande (23) Wilfrid-Hamel — Bourdages (24)

\*L'intersection Laurier — Père Vaultier a été retirée des analyses, car peu de piétons la traversaient, ce qui rendait les résultats inexploitable.

**Figure 1.** Localisation des intersections à Montréal



**Figure 2.** Localisation des intersections à Québec



Source : Statistiques Canada, 2016 ; Adresse Québec, 2016  
 Note : voir Tableau 3 pour les identifiants des intersections

**Tableau 4.** Variables de l’environnement bâti et routier retenues

Type de variable	Variable	Indicateur
<b>Variables catégorielles</b>	Virage à droite au feu rouge	Virage à droite au feu rouge à l’intersection autorisé (1) ou non (0)
	Type d’intersection	Intersection en forme de T (1) ou en croix (2)
	Protection du piéton	Piéton non protégé (1), partiellement protégé (2) ou totalement protégé (3) pendant le phasage du feu
	Sens de circulation	Présence (1) d’au moins une rue à sens unique ou seulement double voie (0)
<b>Variables continues</b>	Nombre de collisions	Collisions passées entre 2011 et 2018 à une distance de 50 mètres de l’intersection
	Nombre de voies	Addition du nombre de voies des rues dans l’intersection
	Note matérielle	Indice de défavorisation matérielle de l’INSPQ*
	Note sociale	Indice de défavorisation sociale de l’INSPQ*
	Densité de population	Densité de population dans un rayon de 500 mètres (selon le recensement canadien de 2016)
	Vitesse	Moyenne des vitesses maximales autorisées à l’intersection
	Périmètre	Addition des largeurs des voies de l’intersection (en mètres)
	Distance au centre-vill	Distance à vol d’oiseau vers le centre-ville (en km). Pour Montréal, point de départ à la Place Ville-Marie et pour Québec à l’Hôtel de Ville.
	Volume piéton	Nombre total de piétons selon les données de comptage des villes (heures disponibles de comptage : 7 h-10 h et 15 h-18 h)
	Volume véhicule	Nombre total de véhicules selon les données de comptage des villes (heures disponibles de comptage : 7 h-10 et 15 h-18 h).

\* Institut National de Santé Publique du Québec [31]

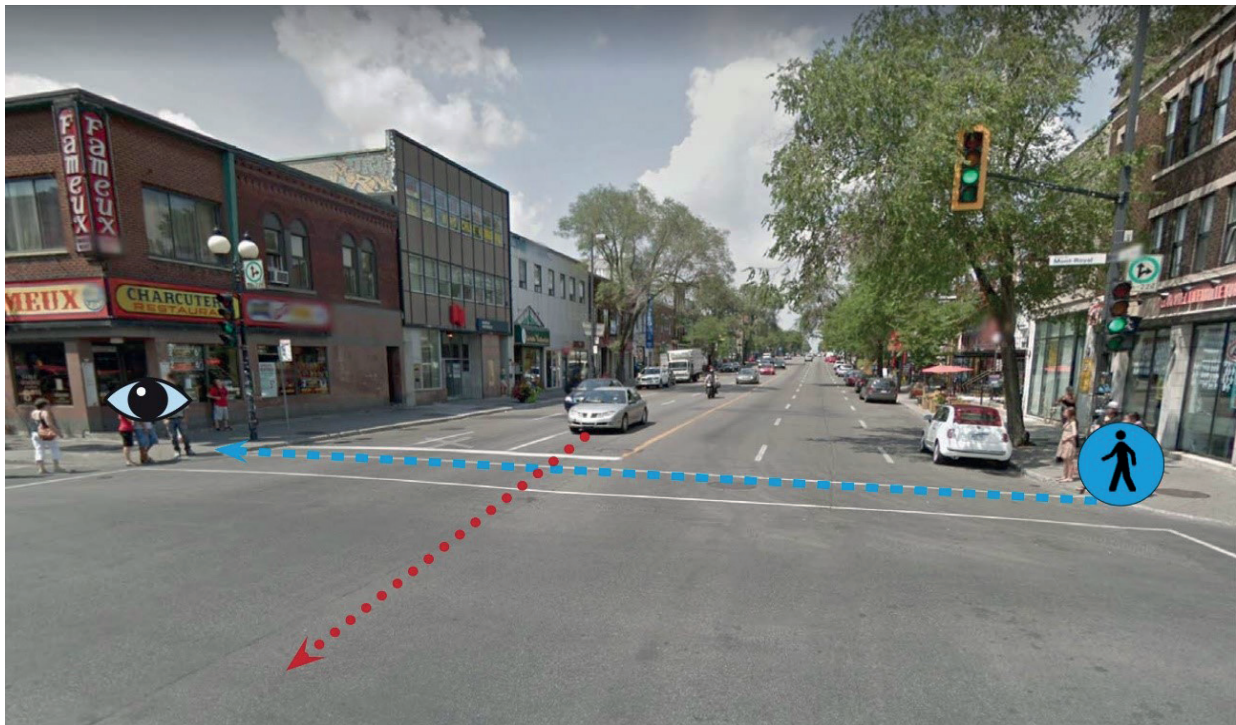
**3.2. Création des outils de collecte**

**3.2.1 Mesure du risque vécu : observation non participante des piétons lors de leur traversée**

Une grille d’observation a été créée pour mesurer le risque vécu en se basant sur des études antérieures mesurant les interactions entre les piétons et les autres usagers de la route [28, 32]. Cette grille inclut 3 parties portant à la fois sur les caractéristiques individuelles

du piéton, sur son comportement lors de la traversée, et sur la présence ou non d’une interaction lors de cette traversée. La présence d’une de ces interactions constitue notre mesure du risque vécu. La figure 3 illustre le travail de l’observateur (à gauche). Il observe le piéton lors de sa traversée et détermine s’il y a interaction lorsque la trajectoire d’un véhicule (vélo, voiture, camion, etc. : ligne rouge) se retrouve dans l’axe de traversée du piéton, à deux mètres de distance ou moins (ligne bleue), lorsque celui-ci est encore sur la chaussée (Figure 3) [28, 33, 34].

Figure 3. Schématisation d'une interaction



Source : Auteurs, Google Street View).

### 3.2.2 Mesure du risque perçu : questionnaire sur place aux piétons après leur traversée

Afin de mesurer la perception du risque chez les piétons traversant l'intersection, nous avons créé un court questionnaire qu'il était possible de faire remplir sur la rue, en interpellant les piétons après leur traversée. Le questionnaire comporte des sections portant sur les caractéristiques individuelles des piétons, la manière dont il a traversé, sa connaissance et sa perception du quartier et de l'intersection, son sentiment de sécurité et ses modes de transport les plus fréquents. La question « Décrivez-nous votre sentiment de sécurité à cette intersection » est la variable utilisée pour déterminer le risque perçu, selon les trois modalités suivantes : *je me sens en sécurité lors de ma traversée*; *je dois faire attention quand je traverse ici*; *je trouve cette intersection dangereuse*. Les répondants des deux dernières modalités sont ceux qui ont été recodés comme ayant un sentiment d'insécurité.

### 3.3. Collecte de données

La collecte de données a été effectuée pendant l'été 2019, dans les deux villes simultanément, à l'aide d'une équipe incluant deux observateurs par ville. Au total, chaque intersection a été visitée pendant trois périodes de trois heures, en semaine : à l'heure de pointe du matin (8 h à 11 h), à l'heure du lunch (11 h 30 à 14 h 30) et du soir (15 h à 18 h). Aussi, quelques observations (quatre périodes de trois heures) ont eu lieu les après-midis de fin de semaine afin de recueillir des résultats plus complets, couvrant les sept jours de la semaine. Seulement la

météo très inclémente (averses persistantes ou chaleur accablante) menait à un report de la période de collecte. Les deux observateurs alternaient les observations et les questionnaires, sauf pour des périodes d'une trentaine de minutes par intersection dédiées à des observations de fiabilité entre les observateurs. Pour les observations non participantes, l'observateur prenait place à l'intersection choisie, à un endroit plutôt discret d'où il pouvait voir entièrement ce qui s'y passait. Il choisissait au hasard un piéton montrant une intention de traverser l'intersection et en notait les caractéristiques à l'aide de l'application *Survey 123* pour iPad [35]. Pour les questionnaires, les piétons étaient systématiquement arrêtés après leur traversée et leur consentement à participer étant la première question posée. Le taux de réponse pour tous les sites et toutes les périodes était de 38 % : 35 % à Montréal et 48 % à Québec.

Afin de valider les compétences des différents observateurs, des périodes d'*interjuge* d'une dizaine d'observations communes par intersection ont été effectuées, intra et inter-villes, pour ensuite calculer des coefficients de *Kappa*. Concernant la présence d'interaction, le taux de concordance se trouvait à près de 90 % pour un coefficient de *Kappa* de 0,8 (accord substantiel). Pour la distance entre les véhicules et les piétons (moins d'un mètre, entre un et deux mètres et plus de deux mètres), le taux variait entre 63 % et 86 %, avec un coefficient de *Kappa* de 0,55 (accord modéré), ce pour quoi nous avons décidé de recoder les réponses en deux catégories : 2 mètres et moins ; et plus de 2 mètres). Les autres variables ont quant à elles atteint des taux de concordance oscillant entre 60 % et 80 % et des

coefficients de *Kappa* à plus de 0,7 (accord substantiel). Pour la base de données finale, seules les observations faites pendant ces périodes par les deux observateurs principaux dans chacune des villes ont été gardées pour éviter les doublons.

### 3.4. Analyse des données

La base de données finale pour les analyses contient 2 561 observations de piétons à 23 intersections (1 446 à Montréal et 1 115 à Québec) et 631 questionnaires remplis sur la rue avec des taux de réponse de respectivement 35 % et 48 % pour Montréal ( $n = 429$ ) et Québec ( $n = 202$ ).

L'objectif est de déterminer quelles variables de l'environnement routier et bâti ou des caractéristiques des participants est associé au risque vécu (interaction) et perçu (sentiment de d'insécurité). Ces deux variables sont catégorielles et dichotomiques dans notre jeu de données, ce qui implique d'effectuer des analyses de type ANOVA pour les variables explicatives continues et des analyses de Khi-carré pour celles catégorielles. Nous avons effectué trois analyses par risque — vécu et perçu — en utilisant d'abord toutes les observations, puis celles de Montréal et de Québec séparément.

## 4. Résultats

### 4.1. Portrait des répondants

Concernant les observations, la moitié des piétons observés (51,4 %) étaient des femmes et la majorité d'entre eux ont été classés dans le groupe d'âge des 25 à 65 ans (64,8 %), suivi des jeunes entre 12 et 25 ans (21,3 %), puis des seniors de plus de 65 ans (11,9 %). Ensuite, environ 2 % des piétons avaient une aide à la mobilité pour traverser, et ce, dans les deux villes. Enfin, alors que la moitié des piétons ont traversé sans la présence d'autres piétons à Montréal, ce ratio monte à 64 % à Québec, les autres étant accompagnés d'au moins une personne.

Pour ce qui est des répondants au questionnaire sur la rue, un peu plus de la moitié étaient des femmes (52,5 %), et les groupes d'âge suivent les mêmes proportions que pour les observations : 73 % avaient entre 25 et 65 ans, 16,5 % avaient entre 18 et 25 ans — il fallait être majeur pour répondre au questionnaire — et 10,5 % avaient plus de 65 ans. Ce dernier résultat démontre la cohérence entre l'estimation du groupe d'âge par les observateurs et l'âge réel des piétons aux intersections visitées, bien que les deux bases de données ne puissent pas être appariées. Une faible proportion des répondants avait une limite à la mobilité à Montréal (6 %) et à Québec (2 %). Enfin, pour les deux villes, 80 % des questionnés traversaient

l'intersection au moins une fois par mois, donc la connaissaient, et un peu plus que la moitié — 58 % à Montréal, 51 % à Québec — étaient résidents du quartier.

### 4.2. Risque vécu : interactions entre piétons et véhicules<sup>3</sup>

Sur les 2 561 observations, 422 piétons, dont 302 à Montréal et 120 à Québec, ont été sujets à au moins une interaction à moins de 2 mètres d'un véhicule, soit environ 16,5 % des observations. Ces chiffres correspondent à 21 % des observations à Montréal contre seulement 11 % à Québec. Il y a donc significativement plus d'interactions à moins de deux mètres à Montréal qu'à Québec (Khi-carré = 46,87,  $p < 0,001$ ). La majorité des véhicules lors de ces interactions étaient en mouvement alors que seulement 8 % d'entre eux attendaient au feu. La présence d'une ligne d'arrêt étant de mise à chaque intersection, la normalité voudrait que chaque usager ait son espace distinct sur la chaussée. Avoir une interaction avec un véhicule à l'arrêt implique que le véhicule se retrouve sur la ligne de traversée du piéton lors de la traversée, donc qu'il a dépassé sa ligne d'arrêt.

Lorsqu'on s'intéresse tout d'abord aux caractéristiques individuelles des piétons qui peuvent influencer la présence d'interactions, peu de variables sont significatives. Qu'il s'agisse du sexe, de l'âge ou si le piéton était seul lors de la traversée, aucune de ces variables catégorielles n'est significativement associée aux interactions. Le fait d'avoir une aide à la mobilité est également non significatif, mis à part pour le modèle montréalais, mais seulement au seuil de 0,1. Ainsi, à Montréal, lorsque le piéton a une aide à la mobilité (canne, déambulateur, etc.), il se retrouve en surreprésentation dans les interactions (Khi-carré = 2,8,  $p < 0,1$ ).

Ce sont les variables de l'environnement bâti et routier qui peuvent nous apporter plus de réponses. Premièrement, si l'on prend toutes les observations, lorsque le piéton est temporairement protégé, il y a surreprésentation d'interaction par rapport aux piétons complètement protégés et ceux non protégés, qui sont en sous-représentation (Khi-carré = 35,  $p < 0,001$ ). Cependant, les intersections où le piéton est temporairement protégé ne se trouvent qu'à Montréal alors que celles avec le piéton protégé sont seulement à Québec. On a donc ici un élément de réponse pour expliquer les différences entre les deux villes. Le mode non protégé semble avoir une influence mineure puisque pour chaque ville, où il est comparé avec le mode dominant, soit le partiellement ou le complètement protégé, les résultats ne sont pas significatifs. Il est également important de noter qu'à Québec, lorsque le virage à droite au feu rouge est autorisé, on retrouve une surreprésentation d'interactions (Khi-carré = 6,14,  $p < 0,05$ ).

3. Vous retrouvez les tableaux du détail de ces résultats en annexe.

Le type géométrique de l'intersection (en T ou non) n'est pas significatif, mais la présence d'un sens unique est en surreprésentation dans les interactions, mais avec un seuil de signification à 0,1, pour toutes les observations (Khi-carré = 3,7) et celles uniquement de Montréal (Khi-carré = 3,3).

Lorsqu'on regarde les résultats par rapport au groupe d'intersections, on remarque que les intersections de type secteur résidentiel dense (groupe 3) sont les seules en surreprésentation dans les interactions à Québec (Khi-carré = 62,  $p < 0,001$ ) alors que c'est l'inverse à Montréal (Khi-carré = 11,  $p < 0,05$ ). En effet, les interactions à Montréal sont en surreprésentation aux intersections de types périurbains (groupe 1) et celles avec du résidentiel dense, une bonne offre de transport en commun et un nombre de collisions important (groupe 4). Finalement, l'occupation du sol est associée avec les interactions uniquement à Montréal. Les intersections avec des commerces de détails et/ou de services sont surreprésentées dans les interactions alors que celles où il y a une mixité entre le commercial et le résidentiel se retrouvent en sous-représentation (Khi-carré = 15,89,  $p < 0,001$ ).

Si l'on prend maintenant les tests de moyennes des variables continues (Tableau 6), plusieurs résultats sont significatifs. Tout d'abord, la moyenne des collisions aux intersections est plus élevée pour les observations sans interactions, incluant celles de Montréal au seuil de 0,1. Concernant l'indice de défavorisation matérielle, la moyenne la plus élevée correspond à la présence d'interaction, et cela à Montréal ( $p < 0,05$ ) comme à Québec ( $p < 0,001$ ). Ce sont les mêmes conclusions pour la défavorisation sociale : la moyenne la plus élevée se trouve lorsqu'il y a eu une interaction, à Montréal ( $p < 0,5$ ), à Québec ( $p < 0,01$ ), mais également dans le modèle des deux villes ( $p < 0,05$ ).

La taille de l'intersection semble également avoir une influence sur la présence ou non d'une interaction lors de la traversée : la moyenne du périmètre des intersections est significativement plus élevée lorsqu'il y a interaction ( $p < 0,05$ ). Le nombre de voies, quant à lui, est significatif seulement à Québec, mais les résultats sont inversés : plus il y a de voies, moins il y a d'interactions ( $p < 0,05$ ). Pour les données des deux villes agrégées, la vitesse autorisée moyenne, lorsqu'il y a une interaction, est de 42,8 km/h alors que lorsqu'il n'y en a pas, la moyenne est de 43,6 km/h ( $p < 0,05$ ). Seulement, à Montréal, le sens est inversé : la moyenne est plus élevée lorsqu'il y a présence d'interaction ( $p < 0,001$ ). À Québec, la différence n'est pas significative.

Les piétons ayant eu une interaction étaient en moyenne plus proche du centre-ville que ceux n'ayant pas eu d'interaction, et ce, pour les trois sous-groupes de

données. Dans le même sens, la moyenne des densités de population pour toutes les observations est plus grande lorsqu'il y a une interaction (16 204 hab./km<sup>2</sup> contre 15 045 hab./km<sup>2</sup>,  $p < 0,001$ ).

À propos du volume de piétons, on remarque que la moyenne la plus élevée correspond aux traversées avec interaction, et cela dans l'ANOVA des villes confondues ( $p < 0,001$ ) comme dans celle de Québec ( $p < 0,001$ ). À Montréal, la différence de moyenne n'est pas significative. Le volume moyen de passages de véhicules à l'heure de pointe aux intersections, quant à lui, n'est significatif qu'à Québec, où la moyenne lorsqu'il n'y a pas eu d'interaction est de 9 024 véhicules alors que lorsqu'il y en a eu, la moyenne est de 6 188 véhicules ( $p < 0,05$ ).

La dernière variable significative est également seulement à Québec, où le sentiment d'insécurité aux intersections, mesurée par le questionnaire, est de 51 % lorsque les traversées s'étaient déroulées sans interaction alors que celles avec interaction ont une moyenne de 46 %. La différence entre les deux est significative ( $p < 0,5$ ). Il y a donc un lien inverse entre présence d'interaction et sentiment d'insécurité.

#### 4.3. Risque perçu : sentiment d'insécurité rapporté<sup>4</sup>

Sur les 631 questionnaires, 345 piétons, dont 242 à Montréal et 103 à Québec, ont répondu avoir un sentiment d'insécurité, soit 54,5 % des piétons questionnés. Cela correspond à 56,5 % de l'échantillon à Montréal contre 51 % à Québec, mais cette différence n'est pas statistiquement significative.

Concernant les caractéristiques individuelles, le sexe, l'âge et la résidence ou non du piéton dans le quartier n'ont pas de relations statistiquement significatives avec l'insécurité ressentie. En revanche, la fréquence de traversée est significative dans le modèle des villes confondues (Khi-carré = 4,8,  $p < 0,05$ ) et au seuil de 0,1 à Québec (Khi-carré = 3,5). Ainsi, traverser l'intersection au moins une fois par mois, donc la connaître, est en surreprésentation dans l'insécurité ressentie. La limite à la mobilité est seulement significative au seuil de 0,1 dans le modèle de Montréal, avec une surreprésentation d'insécurité lorsque le piéton a une limite à sa mobilité (Khi-carré = 2,7,  $p < 0,1$ ). Les piétons qui utilisent surtout le vélo ou les transports en commun comme moyen de transport principal sont en surreprésentation dans l'insécurité à Québec (Khi-carré = 14,5,  $p < 0,01$ ). Les automobilistes, à l'inverse, y ressentent moins d'insécurité. Par contre, ces résultats sont contraires dans le modèle des deux villes confondues ; les automobilistes sont en surreprésentation dans l'insécurité (Khi-carré = 6,6,  $p < 0,1$ ).

4. Vous retrouvez les tableaux du détail de ces résultats en annexe.

Également ici, ce sont les variables de l'environnement bâti et routier qui peuvent nous apporter davantage de réponses. Ainsi, si l'on prend toutes les observations, lorsque le piéton est temporairement protégé ou complètement protégé, il y a surreprésentation d'insécurité, par rapport aux piétons non protégés, qui sont en sous-représentation ( $Khi\text{-carré} = 5,3, p < 0,1$ ). Si l'on prend les données par ville, à Montréal, et lorsque le piéton est temporairement protégé, il y a une surreprésentation d'insécurité ( $Khi\text{-carré} = 3,8, p < 0,1$ ). Le virage à droite au feu rouge, le sens de circulation et le type de géométrie à l'intersection, ne se sont pas avérées être des variables significatives pour le risque perçu.

Si l'on s'intéresse maintenant à l'occupation du sol, seul le test de Montréal est significatif. Les résultats montrent une surreprésentation du sentiment de sécurité seulement lorsque les traversées se trouvent en zone résidentielle ( $Khi\text{-carré} = 12,4, p < 0,01$ ). Si l'on prend les groupes d'intersections déterminés dans ce projet, ce sont les groupes d'intersections périurbaines (1) et celles avec du secteur résidentiel dense, une bonne offre de transport en commun et un nombre de collisions (4) important qui procurent le plus d'insécurité, à Québec ( $Khi\text{-carré} = 9,9, p < 0,05$ ) et dans le modèle des deux villes ( $Khi\text{-carré} = 8,9, p < 0,05$ ). À Montréal, le test n'est pas significatif.

L'autre partie de l'analyse bivariée, celle des tests de moyenne, donne également des résultats significatifs. Dans les données des deux villes ( $p < 0,05$ ) et dans celui de Québec ( $p < 0,001$ ), plus la moyenne des collisions est élevée, plus il y a de l'insécurité. À Montréal, cette relation n'est pas significative. Ce qui ne l'est pas également, et cela pour tous les modèles, ce sont les variables concernant les indices de défavorisation sociale et matérielle, la distance au centre-ville et la vitesse maximale autorisée. En revanche, plus la moyenne de densité de population est élevée, plus les piétons observés à Montréal se sentent en sécurité ( $< 0,05$ ).

Encore une fois, comme le risque vécu, la taille de l'intersection est statistiquement significative, au seuil de 0,1 dans chacune des villes et au seuil de 0,01 pour toutes les observations. En effet, les moyennes du nombre de voies et du périmètre sont plus élevées lorsqu'une insécurité était rapportée.

À propos du volume de véhicules, on remarque que la moyenne la plus élevée correspond aux piétons se sentant en insécurité, et cela dans tous les sous-groupes de données ( $< 0,05$ ). Le volume moyen de piétons, quant à lui, n'est significatif qu'à Québec, mais au seuil de 0,1, avec une moyenne plus élevée lorsqu'il y a un sentiment de sécurité. La dernière variable significative est celle du pourcentage d'interaction que l'on a mesuré aux intersections. À Québec, il existe une association entre insécurité et faible moyenne d'interactions ( $p < 0,05$ ). Il y a donc une relation contraire entre risque perçu et

risque vécu, à Québec seulement, les autres sous-groupes n'étant pas statistiquement significatifs.

## 5. Discussion

Ces analyses bivariées permettent de mettre de l'avant plusieurs relations qui sont autant d'hypothèses à tester avec des analyses multivariées. En effet, elles sont nécessaires pour confirmer ces postulats, il faut donc prendre cet enjeu en considération dans la portée des résultats. Toutefois, on peut remarquer une tendance intéressante. En effet, qu'il s'agisse du risque perçu ou du risque vécu, c'est majoritairement l'environnement bâti, et non les caractéristiques des piétons, qui semble avoir un impact sur le sentiment de sécurité.

Bien que dans certains travaux, les variables individuelles telles que le sexe [9, 27, 30] ou l'âge [27] se sont avérées être des variables explicatives, dans notre étude elles n'ont pas été significatives. Il n'y a donc pas de lien établi entre ces caractéristiques et un sentiment d'insécurité.

Le phasage des feux s'avère une caractéristique importante dans le sentiment de sécurité des piétons. Nos résultats démontrent que la phase temporairement protégée est associée à un risque vécu et perçu accru, notamment par rapport à la phase complètement protégée. Notons par ailleurs que les observations sans interaction à Québec sont plus fréquentes à des intersections plus complexes à traverser : le nombre de véhicules et de voies y est plus élevé, et le virage à droite au feu rouge y est interdit plus souvent. Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'en présence d'une telle intersection, les piétons respecteront les feux piétons et s'éviteront des interactions en raison du phasage protégé. Cela explique également le lien entre risque perçu et risque vécu, qui n'est significatif qu'à Québec. L'insécurité perçue dans cette ville dépend plus des caractéristiques expliquant les non-interactions citées ci-dessus, ce qui rend sa relation avec le nombre d'interactions statistiquement négative. Ce résultat renforce la pertinence de mesurer les deux indicateurs, car ils nous dressent un portrait plus complet du sentiment d'insécurité. Concernant ces interactions justement, nos résultats sont concordants avec ceux d'une autre étude qui portait sur les interactions et qui a démontré que les phases exclusives (mode complètement protégé) étaient associées à moins d'interactions que les autres phasages [22]. À notre connaissance, aucune autre étude n'a regardé l'association entre les interactions et le phasage des feux.

L'originalité de notre étude repose aussi sur la relation entre le sentiment de sécurité et la sécurité «réelle», évaluée à travers l'historique de collisions. Pour le risque perçu, il est plus important quand il y a plus de collisions historiques. C'est le contraire pour le risque vécu, où quand il y a moins de collisions historiques, les interactions sont plus nombreuses. Une explication

possible pour cette contradiction est celle que *Dumbaugh et Rae* [15] mettent de l'avant. Bien qu'ils considèrent que le risque d'accident est plus important aux intersections, leur gravité est bien souvent moindre du fait notamment de la vitesse plus basse des véhicules. Alors, il se peut que ce soit la même chose ici : plus les intersections ont des interactions, moins le risque de collision est important, car les déplacements se font soit à plus basse vitesse soit de manière plus synchronisée [36]. Cependant, d'autres travaux sont nécessaires pour approfondir et valider cette hypothèse, car elle va à l'encontre d'une autre étude qui associe positivement les interactions avec les collisions [36].

Il reste que la perception du risque est plus importante lorsqu'il y a des collisions, ce qui suit une logique de relation positive entre sécurité «réelle» et sentiment de sécurité [9]. La présente étude étant exploratoire, il serait intéressant de pousser plus loin les analyses en s'intéressant au comportement des piétons, à savoir s'ils respectent la signalisation ou encore si les temps d'attente — plus longs lors de phases exclusives — ne les poussent pas à contrevenir aux règles, ce qui engendrerait d'autres enjeux de sécurité à évaluer. Aussi, ce projet examine la perception de la sécurité et la mesure de celle-ci. Dans le but d'encourager et d'améliorer l'expérience de la marche, c'est essentiel de ne pas seulement améliorer la sécurité réelle, mais aussi de réduire la perception du risque, d'où l'intérêt de cette étude. Si les individus ne perçoivent pas la traversée d'intersections à pied comme étant sécuritaire, ils vont être moins enclins à choisir la marche comme mode de déplacement. En revanche, ce à quoi il faut faire attention, c'est l'effet contre-productif de créer des situations qui sont perçues comme sécuritaires, mais qui ne le sont pas. Il faudrait alors mettre en place des mécanismes permettant d'atténuer cette conséquence, ce qui pourrait faire l'objet d'une autre étude.

Bien qu'uniques à plusieurs égards, nos travaux ont tout de même certaines limites. Tout d'abord, malgré le fait que nous ayons un grand nombre d'observations, elles ont été effectuées seulement à 23 intersections différentes, ce qui réduit considérablement leur variabilité, mais qui permet d'avoir plus d'homogénéité dans les observations. De plus, ces intersections se situent dans deux villes différentes. Ce sont donc deux réalités urbaines différentes, ce qui peut faire en sorte d'avoir des comportements de piétons et de véhicules différents, tout comme une culture de la sécurité routière distincte. Une autre limite de notre étude est celle concernant les heures et la saison de la collecte de données. Les données représentent seulement des événements d'été, avec une météo clémente, en pleine journée. Elles sont donc partiellement représentatives de toutes les périodes possibles de traversée, notamment celles effectuées de nuit et en hiver. Ainsi, nos résultats ne peuvent être généralisés à tous les moments de l'année. La dernière limite est celle du mode de collecte de données, directement sur le terrain. Notre étude s'intéresse à la perception des utilisateurs à des

croisements spécifiques afin de déterminer s'il y a des différences selon la configuration de l'environnement à l'intersection. Les observations et les questionnaires sur rue sont donc pertinents pour cet objectif, mais ils ne permettent pas de rejoindre les personnes qui trouvent ces systèmes inadéquats, au point de ne plus marcher à ces endroits. Ils ne sont donc pas capturés, comme ils auraient pu l'être lors de groupe de discussion, par exemple.

## 6. Conclusion

L'objectif de cet article était d'évaluer le sentiment de sécurité des piétons à travers le risque vécu, mesuré par la présence d'interactions lors de la traversée, et le risque perçu, en demandant directement aux piétons leur sentiment de sécurité sur la rue. Nos résultats démontrent des différences et des similitudes entre les deux villes qui ont des approches différentes du phasage des feux et des priorités accordées aux piétons. La phase complètement protégée obtient de meilleurs résultats que la phase temporairement protégée, en particulier avec le risque vécu. D'autres caractéristiques de l'environnement bâti et routier ont également été significatives et donc pertinentes pour expliquer l'insécurité ressentie. Ces caractéristiques sont parfois les mêmes que celles influençant le risque de collision, notamment le volume de véhicules, la taille de l'intersection ou encore la vitesse maximale autorisée. Les caractéristiques individuelles ne semblent donc pas avoir un grand rôle dans l'explication de la variation de l'insécurité. Toutefois, ce constat est fait à partir d'analyses bivariées seulement. Si l'on considérait toutes les variables explicatives dans un seul modèle statistique, en l'occurrence multiniveau pour tenir compte des observations faites à un petit nombre d'intersections, il se peut que les résultats soient différents. Les résultats de cette étude contribuent à une meilleure compréhension des dynamiques aux intersections avec feux et à leur phasage, ainsi qu'à une meilleure évaluation des enjeux liés à l'insécurité ressentie des piétons.

## Remerciements

Nous aimerions remercier les étudiants impliqués dans la collecte de données : Pierre-Philippe Vézina, Simon Turcotte, Camille Ballick, Lilia Bouhadiba, Camille Beaudoin, Jade Talbot et Mohsen Miladi et Cindy Rojas et Simon Turcotte pour les figures.

## Financement

Ce projet a été financé par le programme *MITACS accélération* et notre partenaire Accès Transports Viables et par l'Institut National de la Recherche Scientifique via son programme de stages d'été.

## Références

1. Todt, J. (2020). Open letter from the UN secretary-general's special envoy for road safety
2. OMS. (2018). Global status report on road safety 2018
3. Transports Canada. (2019). Statistiques sur les collisions de la route au Canada: 2019. <https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/statistiques-donnees/statistiques-collisions-route-canada-2019>
4. Consulting, R.S.C. (2011). Road safety in Canada
5. Stipanovic, J., et al. (2020). Pedestrian safety at signalized intersections: Modelling spatial effects of exposure, geometry and signalization on a large urban network. *Accident Analysis and Prevention*. 134
6. Fernandes, D. (2014). Vehicle-pedestrian Accidents at Signalized Intersections in Montréal
7. SAAQ. (2019). Bilan 2018 : dossier statistique
8. Merlin, L.A., E. Guerra, and E. Dumbaugh. (2019). Crash risk, crash exposure, and the built environment: A conceptual review. *Accident Analysis & Prevention*. 105244
9. Cho, G., D.A. Rodríguez, and A. J. Khattak. (2009). The role of the built environment in explaining relationships between perceived and actual pedestrian and bicyclist safety. *Accident Analysis and Prevention*. 41:692-702
10. Slovic, P. (1987). Perception of Risk. *Science*. 236:280
11. Fischhoff, B., et al. (1978). How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. *Integrating Knowledge and Practice to Advance Human Dignity*. 9:127-152
12. Loewenstein, G.F., et al. (2001). Risk as Feelings. *Psychological Bulletin*. 127:267-286
13. Sanders, R.L. (2015). Perceived traffic risk for cyclists: The impact of near miss and collision experiences. *Accident Analysis and Prevention*. 75:26-34
14. Joshi, M.S., V. Senior, and G.P. Smith. (2001). A diary study of the risk perceptions of road users. *Health, Risk & Society*. 3:261-279
15. Dumbaugh, E. and R. Rae. (2009). Safe Urban Form: Revisiting the Relationship Between Community Design and Traffic Safety. *Journal of the American Planning Association*. 75:309-329
16. Dumbaugh, E., L. Wenhao, and J. Kenneth. (2013). The built environment and the incidence of pedestrian and cyclist crashes. *URBAN DESIGN International*. 18:217
17. Miranda-Moreno, L. F., P. Morency, and A.M. El-Geneidy. (2011). The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian-vehicle collision occurrence at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention*. 43:1624-1634
18. Osama, A. and T. Sayed. (2017). Macro-spatial approach for evaluating the impact of socio-economics, land use, built environment, and road facility on pedestrian safety. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 44:1036-1044
19. Ukkusuri, S., et al. (2012). The role of built environment on pedestrian crash frequency. *Safety Science*. 50:1141-1151
20. OMS. (2018). Rapport de situation sur la sécurité routière dans le monde 2018 : résumé
21. Québec, T. *Feux pour piétons 2020*; Available from: <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/securite-signalisation/signalisation/signaux-lumineux/Pages/feux-pietons.asp>
22. Zhang, Y., et al. (2015). Safety effects of exclusive and concurrent signal phasing for pedestrian crossing. *Accident analysis and prevention*. 83:26-36
23. Saneinejad, S. and J. Lo. (2015). Leading Pedestrian Interval: Assessment and Implementation Guidelines. *Transportation Research Record*. 2519:85-94
24. Fayish, A.C. and F. Gross. (2010). Safety effectiveness of leading pedestrian intervals evaluated by a before-after study with comparison groups. *Transportation Research Record*. 15-22
25. Van Houten, R., et al. (2000). Field Evaluation of a Leading Pedestrian Interval Signal Phase at Three Urban Intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 1734:86-92
26. Granié, M.-A., et al. (2014). Influence of built environment on pedestrian's crossing decision. *Accident Analysis and Prevention*. 67:75-85
27. Rankavat, S. and G. Tiwari. (2016). Pedestrians risk perception of traffic crash and built environment features—Delhi, India. *Safety Science*. 87:1-7
28. Cloutier, M.-S., et al. (2017). "Outta my way!" Individual and environmental correlates of interactions between pedestrians and vehicles during street crossings. *Accident Analysis and Prevention*. 104:36-45
29. Dai, D. (2012). Identifying clusters and risk factors of injuries in pedestrian-vehicle crashes in a GIS environment. *Journal of Transport Geography*. 24:206-214
30. Kummeneje, A.-M. and T. Rundmo. (2019). Risk perception, worry, and pedestrian behaviour in the Norwegian population. *Accident Analysis and Prevention*. 133
31. Gamache, P., D. Hamel, and C. Blaser. (2019). L'indice de défavorisation matérielle et sociale : en bref
32. Tom, A. and M.-A. Granié. (2011). Gender differences in pedestrian rule compliance and visual search at signalized and unsignalized crossroads. *Accident Analysis and Prevention*. 43:1794-1801
33. Kaparias, I., et al. (2015). Behavioural analysis of interactions between pedestrians and vehicles in street designs with elements of shared space. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*. 30:115-127
34. Hosford, K., M.-S. Cloutier, and M. Winters. (2020). Observational Study of Pedestrian and Cyclist Interactions at Intersections in Vancouver, BC and Montréal, QC. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2674:410-419
35. (ESRI), E.S.R.I. (2019). ArcGIS Survey123, version 3.1
36. Cloutier, M.-S., U. Lachapelle, and A. Howard. (2019). Are More Interactions at Intersections Related to More Collisions for Pedestrians? An Empirical Example in Quebec, Canada. *Transport Findings*