

Revue sommaire des écrits

Les collisions piétonnes sur les rues majeures en milieu urbain

Par Marie-Soleil Cloutier et Karine Lachapelle

Travail effectué dans le cadre du projet *À pied en sécurité : aménager la traversée des artères*

Contexte

Le présent document présente une revue sommaire des écrits concernant les collisions piétonnes sur les rues majeures, communément appelé *artères* ou *rues artérielles*, en milieu urbain. Il s'insère dans le projet de recherche *À pied en sécurité : aménager la traversée des artères*, projet en partenariat avec Piétons Québec. Le projet vise à évaluer les défis de conception et les solutions pouvant être applicables aux intersections avec des artères en milieu municipal, en plus d'évaluer leur impact sur la sécurité des piétons. Pour répondre à ces objectifs, la stratégie méthodologique du projet dans son entier repose sur une combinaison d'approches quantitatives et qualitatives 1) une collecte de données sur le terrain à partir d'observations non participantes de piétons en situation de traversée afin de mesurer différents indicateurs de sécurité (conflits, respects des règles, etc.); 2) un questionnaire sur rue mené auprès des piétons traversant les intersections à l'étude afin d'évaluer l'impact des réaménagements sur la sécurité réelle et perçue des piétons et 3) un questionnaire web auprès des municipalités du Québec pour documenter les obstacles à l'aménagement des artères visant une meilleure sécurité des piétons;. L'étude est menée sur des intersections croisant au moins une artère de quatre différentes municipalités québécoises : Gatineau, Laval, Longueuil et Montréal.

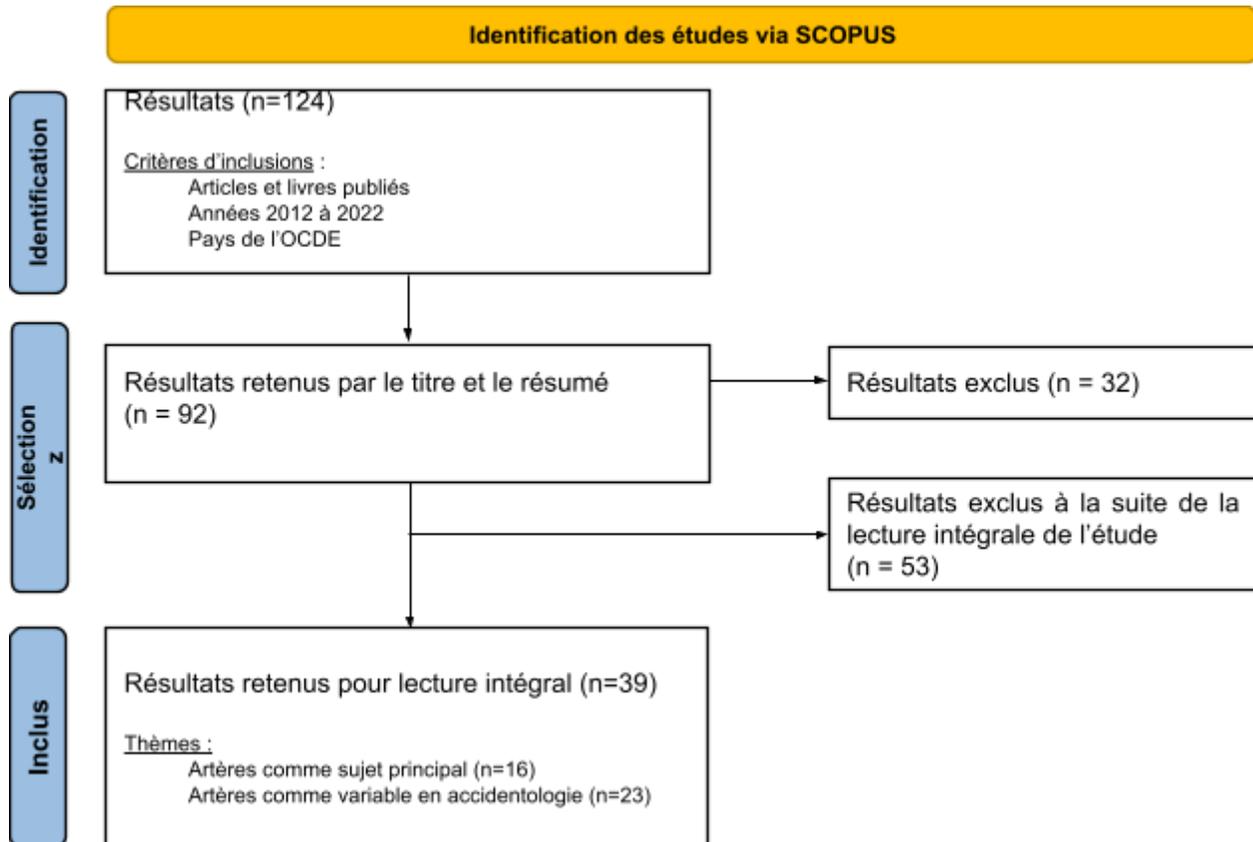
La revue de littérature présentée ici était la première étape de ce projet de recherche. Elle permet d'établir les connaissances générales sur la sécurité des piétons sur les artères. Nous nous sommes appuyés sur ces constats tout au long de l'élaboration des outils de collecte de données.

Méthodologie

Cette recension des écrits sur la sécurité des piétons sur les artères a été faite à l'aide de SCOPUS, une base de données de publications scientifiques (articles, livres, colloques, etc.). Les mots-clés suivants ont été utilisés : **pedestrian, safety, injury, arterial** et **major road**, en limitant les articles aux pays de l'OCDE et aux publications des 10 dernières années (2012-2022). Comme l'illustre la figure suivante, cette première recherche a rapporté 124 résultats. À la lecture du titre et des résumés de ces articles, nous avons retenu 92 articles. À la lecture du texte intégral, nous avons finalement retenu **39 études scientifiques pertinentes** pour notre étude. Une brève recherche a également été faite dans *Google Scholar* avec les mêmes mots-clés, mais aucune publication supplémentaire n'a été retenue.

Deux grandes catégories ressortent de la lecture de ces articles. On retrouve **16 articles qui portent spécifiquement sur les artères** et **23 articles d'accidentologie** qui utilisent la présence d'artère(s) comme une des variables parmi d'autres pouvant jouer un rôle sur la sécurité des piétons. Fait à noter, dans tous

les écrits recensés, on parle *d'artère* ou de *route majeure* sans jamais donner de définition claire de ce qui constitue ces routes.



A. Les articles ayant les artères comme sujet principal en lien avec la sécurité des piétons (n=16)

Cette section présente les articles dont les études portent précisément sur les artères. Nous avons divisé les 16 articles en deux thèmes : conception de l'artère et signalisation (n=8) et conflits, collisions et sentiment de sécurité (n=8).

Conception de l'artère et signalisation : (n=8)

Les cinq premières études utilisent diverses techniques de simulation impliquant des artères et diverses interventions visant un changement à l'environnement routier ou encore à la signalisation en place. Tout d'abord, Guo et Boyle (2022) évaluent les réactions des conducteurs à l'approche de panneau de signalisation piéton lumineux nommé Rectangular Rapid Flashing Beacon (RRFB : voir figure 1), et ce, sur 3 traverses à mi-tronçon d'une artère au Michigan (États-Unis). L'étude met en lumière que ce panneau de

signalisation encourage les conducteurs à ralentir, même en l'absence d'un piéton et que les conducteurs freinent plus fort et plus rapidement à l'approche de la traversée avec un RRFB.



Figure 1: exemple d'un Rectangular Rapid Flashing Beacon (RRFB)

NOTE : Les feux lumineux au milieu du montage des panneaux clignotent rapidement, soit en présence de piétons (bouton d'appel) ou en permanence, selon la configuration.

Source: <https://carmanah.com/>

L'étude de Khoshmagham et al. (2016) évalue par simulation les interactions entre les piétons et les véhicules à 6 intersections le long d'une artère de l'Arizona (É.-U.). Leur outil de simulation permet de tester trois configurations de signalisation : une traversée en 1 étape sans refuge piéton, une traversée en 2 temps des 2 côtés avec attente sur le refuge piéton ainsi qu'une traversée en 2 temps avec attente sur refuge, 1 côté à la fois. Les auteurs concluent que les 3 scénarios ne permettent pas d'avantager tous les usagers de la route. Par exemple, le premier scénario est plus efficace pour les piétons, mais cumule du retard pour les véhicules. Le deuxième scénario, lui, désavantage le piéton au profit du trafic. Finalement, le troisième scénario semble être une sorte de compromis entre les 2 premiers scénarios. Les auteurs nous rappellent que la complexité des interactions sur les artères rend la programmation de la signalisation parfois difficile.

Pour protéger les piétons sur l'une des artères les plus accidentées de la ville de New York (É.-U.), un professeur en génie civil propose une simulation du trafic en redistribuant la traverse des piétons en milieu de tronçon plutôt qu'à l'intersection (Chowdhury 2014). Les résultats de la simulation illustrent que la traverse à mi-tronçon (*mid-block*) diminuerait les conflits entre les piétons et les véhicules aux intersections et serait plus sécuritaire. Plus encore, cette modification aurait pour autre avantage d'améliorer le trafic et la qualité de l'air et de réduire la consommation de carburant. Cependant, cette étude omet d'estimer le confort des piétons, ce qui est difficile à déterminer par simulation et qui, selon l'auteur, mériterait une étude plus complète dans le monde réel pour une meilleure compréhension des avantages des passages en mi-tronçon.

Une autre étude avait pour objectif, à partir de simulation de trafic, d'évaluer la réduction de la congestion et l'impact économique d'un concept de rue partagée sur une artère de la Virginie-Occidentale (É.-U.) (Frosch, Martinelli et Unnikrishnan 2019). Les résultats démontrent que l'espace partagé est une solution pour réduire la congestion. Les temps de déplacement modélisés dans le nouvel environnement ont été réduits de 43%, réduisant aussi l'exposition des piétons au trafic, tandis que les retards de déplacements des véhicules ont aussi été réduits de 66%.

Une cinquième étude, celle-ci avec un simulateur de conduite, avait pour objectif d'estimer les effets du stationnement et de la complexité visuelle de l'environnement routier d'une rue commerciale et d'artères sur les comportements des conducteurs (Edquist, Rudin-Brown et Lenné 2012). Les 29 conducteurs participants ont fait face à différents scénarios de stationnements (ex. : absence de stationnement, avec stationnement occupé à 90%), et ce, avec ou sans circulation routière. L'étude montre que les conducteurs diminuent leur vitesse en fonction de la plus grande charge de travail lorsqu'il y a de la circulation automobile et des cases de stationnement occupées. Toutefois, les auteurs précisent qu'à elle seule, la réduction de la vitesse de circulation n'est pas suffisante pour réduire les risques de collisions, notamment parce que les temps de réaction sont parfois insuffisants lorsque le piéton surgit d'un stationnement de façon inattendue, car il n'était pas visible.

Trois autres articles portent sur les changements à l'environnement routier, cette fois-ci sous la forme d'études avant-après. Dans la première, il s'agit d'une étude de rénovation complète d'une artère de Pittsburgh (É.-U.) pour laquelle nous avons une évaluation de l'artère avant le réaménagement et après le réaménagement sur un tronçon de 1,5 km (Grahn et al. 2020). On y évalue le volume de trafic, la vitesse des véhicules, le comptage des cyclistes, les données sur l'achalandage des bus et le comptage des collisions. La transformation majeure impliquait le passage de l'artère de 4 à 3 voies (avec une voie de virage centrale), l'ajout de 2 voies cyclables, de nouveaux feux de circulation, d'un passage pour piéton, de nouveau mobilier urbain et d'une nouvelle chaussée ainsi qu'une reconfiguration et une relocalisation de l'aiguillage pour améliorer le service d'autobus. Les auteurs évalueront les modifications de l'artère à long terme, mais après 5 mois, au moment d'écrire l'article en 2020, ils déclarent que le réaménagement est une réussite. Quatre raisons expliquent leur position : l'absence de collision, la diminution du volume de circulation, l'augmentation du nombre de cyclistes aux heures de pointe et l'augmentation de l'achalandage en transport en commun. La seconde étude avant-après recensée évalue l'ajout d'un passage piéton signalisé avec marquage au sol et refuge central sur une artère à cinq voies (figure 2 a, b et c) située au Missouri (É.-U.). Schultz et al. (2015) ont observé le comportement de 626 adultes et de 196 enfants à l'artère réaménagée et à une artère témoin (sans réaménagement), en plus d'analyser les données de vitesse et le volume de trafic. Cette étude conclut qu'en présence du réaménagement, les piétons traversaient plus au bon endroit et le nombre de conducteurs dépassant la limite diminuait tandis qu'aucun changement n'a été observé au site témoin.



Figure 2: Modifications à l'artère étudiée par Schultz et al. (2015)

L'étude de Szagała et al. (2021) s'intéresse à l'efficacité de traverses équipées de feux clignotants activés automatiquement en présence de piétons. Avec des collectes de données 48h avant, 48h après et un an après le déploiement de cette technologie, les auteurs ont observé des comportements plus sécuritaires : une hausse significative du « céder le passage aux piétons (+77%) après, et une baisse de 25% du temps d'attente pour les piétons. Une diminution de la vitesse a aussi été observée sur les collectrices et les artères où les feux ont été ajoutés.

Conflits, historique de collisions et sentiment de sécurité : (n=8)

Quatre études s'intéressent plus particulièrement aux conflits ou à l'historique des collisions sur les artères. Dans l'étude d'Arias et al. (2021), les auteurs évaluent l'impact de la vitesse des véhicules sur les collisions impliquant des piétons et des cyclistes sur les artères de l'état de la Géorgie (É.-U.). Sur les 7 000 segments d'artères analysés, les auteurs concluent que la vitesse de circulation sur les artères est un facteur important qui contribue à l'insécurité des usagers des transports actifs.

Deux études montréalaises s'intéressent aussi aux collisions sur les artères. Dans un premier temps, Morency et al. (2015) utilisent une base de données de 512 intersections pour faire ressortir les facteurs de risque de collisions impliquant un piéton. Les résultats illustrent une augmentation de 75% du risque de blessés piétons pour chaque voie de circulation supplémentaire à l'intersection, rendant les intersections avec 4 branches incluant plusieurs voies plus dangereuses. Dans le second article, les

auteurs analysent 10 lignes de bus passant sur les artères en comparant les taux de blessures des occupants d'automobile, des passagers d'autobus, des piétons et des cyclistes (Morency et al. 2018). Les résultats de l'étude démontrent que les blessures et les décès des piétons et cyclistes sont davantage associés aux véhicules (plus de 90%) qu'aux autobus (moins de 5%) sur les artères majeures où les autobus passent.

Pour sa part, l'étude de Schneider et al. (2018) s'intéresse aux conflits entre les piétons et les véhicules. L'observation de 364 interactions entre les véhicules et les piétons à 20 intersections ayant un ou des artères démontre que seulement 16% des conducteurs ont cédé le passage aux piétons. Une autre étude québécoise recensant les interactions entre piétons et véhicules lors de la traversée aux intersections a révélé que les artères étaient associées avec une plus grande proportion d'interactions, tout comme le fait d'être un piéton âgé et de traverser une rue avec des voitures stationnées sur le coin (Cloutier et al. 2017).

Deux articles se sont intéressés au sentiment de sécurité. L'étude de Lajeunesse et al. (2021) mesure le niveau de stress des piétons à partir de données provenant d'un bracelet mesurant le stress. Les résultats sur 15 piétons qui ont porté le bracelet durant une semaine ont révélé un stress plus élevé à proximité des rues collectrices et des artères, ainsi que dans les zones industrielles. À l'inverse, le stress était moins élevé dans les zones résidentielles à faible densité, près des parcs, des campus universitaires et en forêt. Sanders et Cooper (2013) se sont intéressés à la sécurité et au confort d'une artère commerciale du point de vue de tous les usagers de la route incluant les piétons, les cyclistes, les usagers de transport en commun ainsi que les conducteurs. Un sondage passé à 537 passants d'une artère de la ville de San Francisco (É.-U.) font dire aux auteurs que peu importe le mode de transport utilisé, tous recherchent la même chose sur une artère, soit une sécurisation des traversées pour les piétons, l'ajout de pistes cyclables pour sécuriser les cyclistes, et une amélioration du confort par un aménagement paysager (ombre) et de l'éclairage adéquat (sécurité personnelle). L'article de McAndrews et al. (2017) va dans le même sens que celui de Sanders et Cooper et dresse un portrait des liens à faire entre des enjeux de santé publique (blessés de la route, qualité de l'air, qualité de vie des citoyens) et le design des artères. Les auteurs présentent ainsi un plaidoyer pour un meilleur dialogue entre les ingénieurs en transport et les professionnels de la santé publique.

B. Les articles ayant les artères comme variable explicative dans les travaux en accidentologie (n=23)

Cette section présente les études où les artères sont présentées comme un facteur de risque pour les piétons (et les cyclistes) parmi d'autres variables. Nous avons divisé cette section en deux, une première qui porte sur les modèles statistiques inférentiels et la seconde sur d'autres méthodes plus descriptives.

Modèles statistiques : (n=19)

Le sous-groupe avec le plus grand nombre d'articles (n=19) a en commun d'utiliser des modèles statistiques afin de mieux comprendre les facteurs de risque des collisions, incluant ceux impliquant des usagers vulnérables (piétons, cyclistes). Ces modèles sont calculés à partir de bases de données qui

incluent des informations d'un côté sur les collisions (via les rapports de police ou d'hospitalisation), et de l'autre, sur les circonstances et le lieu de la collision : type de route, utilisation du sol, données sociodémographiques, météo, jour et mois de l'année, etc. Ces données proviennent de sources diverses (gouvernementales) et sont colligées par les équipes de recherche à l'origine des articles avant de les analyser. Le tableau 1 en annexe illustre les principaux résultats selon les variables testées, dont plusieurs sont présentés dans les prochains paragraphes.

Ces articles sont unanimes sur le fait que la présence d'une artère a une incidence négative sur la sécurité des piétons en augmentant le risque de collision ou de blessure. D'ailleurs, les études d'Abou-Senna et al. (2022) et de Guerra et al. (2020) sont les seules à faire ressortir l'artère comme unique variable présentant un risque. L'étude de Nabavi Niaki et al. (2016), qui porte sur la sécurité des piétons et des cyclistes la nuit, est la seule pour qui les artères sont une source de diminution du risque pour les cyclistes. Les auteurs expliquent cette diminution du risque par un meilleur éclairage rendant les cyclistes plus visibles comparativement aux rues résidentielles où l'éclairage est minime.

En plus de cibler la variable « présence d'une artère », d'autres ont aussi révélé l'impact de variables reliées aux autres types de route. Par exemple, Long et Ferenchak (2021) ont démontré que les rues collectrices augmentent aussi le risque tandis que Osama et Sayed (2017) et Yu (2015) ont démontré que les rues locales diminuent le risque. Dans le même sens, un plus grand nombre de voies est reconnu pour augmenter le risque pour un piéton d'être happé par une voiture, alors qu'on sait que les artères ont habituellement plus de voies (Dumbaugh et Saha 2021 ; Stipanovic et al. 2020 ; Schneider et al. 2021 ; Ferenchak et Abadi 2021 ; Dumbaugh, Li et Joh 2013). La présence des trottoirs peut également avoir un impact sur la sécurité des piétons alors qu'on sait qu'ils sont parfois déficients sur les artères (trop étroit, absent). Par exemple, dans les études de Mohan et al. (2017) et Yu (2015), le risque augmente lorsqu'il n'y a pas de trottoir et il diminue en leur présence. À l'opposé, l'étude de Long et Ferenchak (2021) conclut que la présence de trottoir augmente le risque pour les piétons. Ce résultat s'explique potentiellement en raison de l'attractivité des rues avec trottoirs, augmentant le volume piéton.

Certaines études ont aussi fait ressortir l'utilisation du sol comme variable augmentant ou diminuant le risque de blessures et/ou de décès des piétons alors qu'il est connu que certaines artères ont des utilisations du sol particulières (commerciale, industrielle, mixte). Les usages mixtes ne font pas consensus entre les auteurs : Katanalp et Eren (2021) ont démontré que l'usage mixte augmente le risque pour les piétons alors que pour Khan et Habib (2022), ce type d'usage diminue plutôt le risque. Les zones commerciales sont aussi une variable significativement associée aux collisions avec piétons dans trois études : Schneider et al. (2021), O'Hern et al. (2015) et Yu et al. (2018). Dans Dumbaugh et Zhang (2013) et Dumbaugh et al. (2013) ce sont les magasins à grande surface (*big box stores*) qui sont associés à une augmentation du risque alors que pour Mansfield et al. (2018) ce sont les commerces de détail et pour Quistberg et al. (2015) ce sont les zones non résidentielles. Dans le même sens, Osama et Sayed (2017) affirment que ce sont les zones récréatives et résidentielles qui diminuent les risques pour les piétons.

Finalement, dans ce sous-groupe d'articles, la présence de transport en commun a une incidence sur la probabilité qu'un piéton soit frappé, mais les relations trouvées dans les articles sont contradictoires : certains auteurs ont démontré une augmentation du risque selon la présence ou la densité des arrêts sur

un tronçon de rue ou d'artères (Dumbaugh et Saha 2021 ; Katanalp et Eren 2021 ; Osama et Sayed 2017 ; Quistberg et al. 2015 ; Yu 2015), alors que l'étude de Khan et Habib (2022) a trouvé le contraire.

Autres études : (n=4)

Malgré l'utilisation de méthodes statistiques, trois articles se distinguent par les méthodes employées pour étudier l'influence des artères et d'autres variables sur le risque de collision. L'étude d'Aldred (2019) compare le taux de blessés piétons et cyclistes par le nombre de véhicules-mile sur les routes majeures (*major road*) et les routes secondaires (*minor road*). Les résultats sont à tout le moins étonnants, car ils illustrent une différence importante entre le taux des blessures graves ou mortelles des piétons sur les routes secondaires/mineures, qui est 17% plus élevé que sur les routes majeures. L'auteur conclut que le trafic devrait être redirigé vers les routes majeures afin de réduire le nombre de piétons tués. Quant à Prato et al. (2019), dans l'étude menée au Danemark à partir des rapports de police, l'article a catégorisé les collisions impliquant des piétons en 8 sous-groupes, dont 2 ont un lien avec les artères. Un groupe est représenté par des piétons âgés de 20 et 39 ans traversant des rues majeures, frappés par des conducteurs de sexe masculin dans des zones commerciales et résidentielles avec un trafic élevé et une forte concentration de piéton. Un deuxième groupe représente des collisions impliquant des conductrices de sexe féminin qui tournaient au feu vert à des intersections à 4 branches, à double sens. Ces collisions se sont produites en majorité lors de mauvaises conditions météorologiques menant à une chaussée mouillée et une mauvaise visibilité. Finalement, le dernier groupe rassemble des collisions impliquant de jeunes conducteurs en état d'ébriété (20-39 ans) sur une route majeure à double sens avec une forte densité de transport en commun, une forte densité de population, des niveaux élevés de trafic automobile et piéton, dans des milieux où l'utilisation du sol est mixte. Dans ce groupe, les piétons se sont fait frapper en traversant alors qu'ils étaient peu visibles en raison de la configuration de la route. Puis, l'article de Kwayu et al. (2020) présente un indice de sécurité des piétons, le *Pedestrian Safety Performance Function* (SPF). Bien que la démonstration du développement de l'indice de sécurité demeure intéressante, l'article ne recense pas d'exemple empirique nous permettant une bonne compréhension de la plus-value de cette méthode.

Finalement, le seul chapitre de livre recensé ici présente une revue de littérature traitant de la sécurité des piétons en général. Dans ce chapitre, l'auteur Gårder (2018) s'adresse au public ainsi que les autorités sur la façon dont la sécurité des piétons peut être améliorée des changements de l'environnement bâti. L'auteur relève que des articles dont les artères sont un facteur de risque pour la sécurité des piétons et que des mesures précises devraient être mis en place sur ce type de rue – incluant également les rues collectrices. Se basant sur sa propre recension des écrits sur le sujet, il affirme que les artères et les rues collectrices ayant au moins 50 piétons par jour devraient avoir des trottoirs, encore plus si la limite de vitesse est de plus de 50 km/h.

Conclusion

Ce document s'insère dans le projet de recherche *À pied en sécurité : aménager la traversée des artères*. Les études recensées permettent d'établir les constats suivants :

- que la **conception** de l'artère et la **signalisation** aux intersections peuvent avoir des effets positifs sur la sécurité des piétons ;
- que **certaines caractéristiques de l'environnement bâti** sont associées à des **risques plus importants sur les artères**, notamment pour les piétons âgés, ainsi qu'à un **niveau de stress élevé** chez les piétons ;
- que la **présence d'une artère à l'intersection** a une **incidence sur la sécurité des piétons** en augmentant le **risque de collision et de blessure**.

Par ailleurs, il existe tout de même un flou sur la définition des artères et des routes majeures dans les études recensées, ce qui rend les comparaisons entre les différents résultats hasardeuses. Cette revue sommaire des écrits a permis de créer des outils de collecte de données pertinents, que ce soit par observation ou par questionnaire sur le terrain. Ces outils sont en cohérence avec les constats provenant de différentes recherches. Ce travail en amont permet ainsi de renforcer la suite du projet.

Références

- Abou-Senna, H., E. Radwan et A. Mohamed. 2022. « Investigating the correlation between sidewalks and pedestrian safety. » *Accident Analysis and Prevention* 166. Article. doi: 10.1016/j.aap.2021.106548.
- Aldred, R. 2019. « Motor traffic on urban minor and major roads: Impacts on pedestrian and cyclist injuries. » *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer* 172 (1): 3-9. Article. doi: 10.1680/jmuen.16.00068.
- Arias, D., D. Ederer, M. O. Rodgers, M. P. Hunter et K. E. Watkins. 2021. « Estimating the effect of vehicle speeds on bicycle and pedestrian safety on the Georgia arterial roadway network. » *Accident Analysis and Prevention* 161. Article. doi: 10.1016/j.aap.2021.106351.
- Chowdhury, M. S. 2014. Easing congestion with pedestrian crossing at Midblock. In *T and DI Congress 2014: Planes, Trains, and Automobiles - Proceedings of the 2nd Transportation and Development Institute Congress*.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84933501172&doi=10.1061%2f9780784413586.041&partnerID=40&md5=a52e6c8e5fd4e01acef22ed91ee38864>.
- Cloutier, M. S., U. Lachapelle, A. A. d'Amours-Ouellet, J. Bergeron, S. Lord et J. Torres. 2017. « "Outta my way!" Individual and environmental correlates of interactions between pedestrians and vehicles during street crossings. » *Accident Analysis and Prevention* 104: 36-45. Article. doi: 10.1016/j.aap.2017.04.015.
- Dumbaugh, E., W. Li et K. Joh. 2013. « The built environment and the incidence of pedestrian and cyclist crashes. » *Urban Design International* 18 (3): 217-228. Article. doi: 10.1057/udi.2013.2.
- Dumbaugh, E. et D. Saha. 2021. « The traffic safety impacts of introducing transit service on urban freight corridors: A comparative examination of the Orlando SunRail and Charlotte Lynx systems. » *Case Studies on Transport Policy* 9 (3): 1399-1406. Article. doi: 10.1016/j.cstp.2021.07.013.
- Dumbaugh, E. et Y. Zhang. 2013. « The Relationship between Community Design and Crashes Involving Older Drivers and Pedestrians. » *Journal of Planning Education and Research* 33 (1): 83-95. Article. doi: 10.1177/0739456X12468771.

- Edquist, J., C. M. Rudin-Brown et M. G. Lenné. 2012. « The effects of on-street parking and road environment visual complexity on travel speed and reaction time. » *Accident Analysis and Prevention* 45: 759-765. Article. doi: 10.1016/j.aap.2011.10.001.
- Ferenchak, N. N. et M. G. Abadi. 2021. « Nighttime pedestrian fatalities: A comprehensive examination of infrastructure, user, vehicle, and situational factors. » *Journal of Safety Research* 79: 14-25. Article. doi: 10.1016/j.jsr.2021.07.002.
- Frosch, C., D. Martinelli et A. Unnikrishnan. 2019. « Evaluation of Shared Space to Reduce Traffic Congestion. » *Journal of Advanced Transportation* 2019. Article. doi: 10.1155/2019/6510396.
- Gårder, P. 2018. Providing for pedestrians. In *Transport and Sustainability*.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85064426566&doi=10.1108%2fS2044-994120180000011011&partnerID=40&md5=806fba25e299aec3f211c3c50dc8d912>.
- Grahn, R., C. Hendrickson, H. Scott Matthews, C. Harper et S. Qian. 2020. *Travel impacts of a complete street project in a mixed urban corridor*, Final Report - Mobility21 (University Transportation Center).
- Guerra, E., X. Dong, L. Lin et Y. Guo. 2020. *Temporal Analysis of Predictors of Pedestrian Crashes*. Article.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85094873448&doi=10.1177%2f0361198120920633&partnerID=40&md5=5076613d40d5334259e25f844b484e37>.
- Guo, H. et L. N. Boyle. 2022. « Driving behavior at midblock crosswalks with Rectangular Rapid Flashing Beacons: Hidden Markov model approach using naturalistic data. » *Accident Analysis and Prevention* 165. Article. doi: 10.1016/j.aap.2021.106406.
- Katanalp, B. Y. et E. Eren. 2021. « GIS-based assessment of pedestrian-vehicle accidents in terms of safety with four different ML models. » *Journal of Transportation Safety and Security*. Article. doi: 10.1080/19439962.2021.1978022.
- Khan, N. A. et M. A. Habib. 2022. « Exploring the impacts of built environment on pedestrian injury severity involving distracted driving. » *Journal of Safety Research* 80: 97-108. Article. doi: 10.1016/j.jsr.2021.11.001.

- Khoshmaghani, S., K. Larry Head, Y. Feng et M. Zamanipour. 2016. Multimodal data analytics comparative visualization tool case study of pedestrian crossing design. In *Transportation Research Record*.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84991253791&doi=10.3141%2f2557-05&partnerID=40&md5=6be21096afa7441b2db6a8239976c1ea>.
- Kwayu, K. M., V. Kwigizile et J. S. Oh. 2020. « Development of systemwide pedestrian safety performance function using stratified random sampling and a proxy measure of pedestrian exposure. » *International Journal of Injury Control and Safety Promotion* : 420-431. Article. doi: 10.1080/17457300.2020.1791905.
- Lajeunesse, S., P. Ryus, W. Kumfer, S. Kothuri et K. Nordback. 2021. Measuring pedestrian level of stress in urban environments: Naturalistic walking pilot study. In *Transportation Research Record*.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85120059991&doi=10.1177%2f03611981211010183&partnerID=40&md5=754acc56deac93fba06649d1337eb9cd>.
- Long, B. et N. N. Ferenchak. 2021. « Spatial equity analysis of nighttime pedestrian safety: Role of land use and alcohol establishments in albuquerque, nm. » *Transportation Research Record* 2675: 622-634. Book Chapter. doi: 10.1177/036119812111030263.
- Mansfield, T. J., D. Peck, D. Morgan, B. McCann et P. Teicher. 2018. « The effects of roadway and built environment characteristics on pedestrian fatality risk: A national assessment at the neighborhood scale. » *Accident Analysis and Prevention* 121: 166-176. Article. doi: 10.1016/j.aap.2018.06.018.
- McAndrews, C., K. M. Pollack, D. Berrigan, A. L. Dannenberg et E. J. Christopher. 2017. « Understanding and improving arterial roads to support public health and transportation goals. » *American Journal of Public Health* 107 (8): 1278-1282. Article. doi: 10.2105/AJPH.2017.303898.
- Mohan, D., S. I. Bangdiwala et A. Villaveces. 2017. « Urban street structure and traffic safety. » *Journal of Safety Research* 62: 63-71. Article. doi: 10.1016/j.jsr.2017.06.003.
- Morency, P., J. Archambault, M. S. Cloutier, M. Tremblay et C. Plante. 2015. « Major urban road characteristics and injured pedestrians: A representative survey of intersections in Montréal, Quebec. » *Canadian Journal of Public Health* 106 (6): e388-e394. Article. doi: 10.17269/CJPH.106.4821.

- Morency, P., J. Strauss, F. Pépin, F. Tessier et J. Grondines. 2018. « Traveling by Bus Instead of Car on Urban Major Roads: Safety Benefits for Vehicle Occupants, Pedestrians, and Cyclists. » *Journal of Urban Health* 95 (2): 196-207. Article. doi: 10.1007/s11524-017-0222-6.
- Nabavi Niaki, M. S., T. Fu, N. Saunier, L. F. Miranda-Moreno, L. Amador et J. F. Bruneau. 2016. Road lighting effects on bicycle and pedestrian accident frequency: Case study in Montreal, Quebec, Canada. In *Transportation Research Record*.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85015404640&doi=10.3141%2f2555-12&partnerID=40&md5=42e1bd2fbaad28d1b503c40afdec4245>.
- O'Hern, S., J. Oxley et D. Logan. 2015. « Older Adults at Increased Risk as Pedestrians in Victoria, Australia: An Examination of Crash Characteristics and Injury Outcomes. » *Traffic Injury Prevention* 16: S161-S167. Article. doi: 10.1080/15389588.2015.1061662.
- Osama, A. et 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 (12): 1036-1044. Article. doi: 10.1139/cjce-2017-0145.
- Prato, C. G., S. Kaplan, A. Patrier et T. K. Rasmussen. 2019. « Integrating police reports with geographic information system resources for uncovering patterns of pedestrian crashes in Denmark. » *Journal of Transport Geography* 74: 10-23. Article. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2018.10.018.
- Quistberg, D. A., E. J. Howard, B. E. Ebel, A. V. Moudon, B. E. Saelens, P. M. Hurvitz, J. E. Curtin et F. P. Rivara. 2015. « Multilevel models for evaluating the risk of pedestrian-motor vehicle collisions at intersections and mid-blocks. » *Accident Analysis and Prevention* 84: 99-111. Article. doi: 10.1016/j.aap.2015.08.013.
- Sanders, R. et J. Cooper. 2013. Do all roadway users want the same things? In *Transportation Research Record*.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84896744498&doi=10.3141%2f2393-18&partnerID=40&md5=e26c5daeff6eccdaa3e281fe61d1641e>.
- Schneider, R. J., A. Sanatizadeh, M. R. R. Shaon, Z. He et X. Qin. 2018. Exploratory analysis of driver yielding at low-speed, uncontrolled crosswalks in Milwaukee, Wisconsin. In *Transportation Research Record*.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85049896671&doi=10.1177%2f0361198118782251&partnerID=40&md5=6f3bdc553e5f4ecc50ad0a3c99d817a>.

- Schneider, R. J., R. L. Sanders, F. R. Proulx et H. Moayyed. 2021. « United states fatal pedestrian crash hot spot locations and characteristics. » *Journal of Transport and Land Use* 14 (1): 1-23. Article. doi: 10.5198/jtlu.2021.1825.
- Schultz, C. L., S. P. Sayers, S. A. Wilhelm Stanis, L. A. Thombs, I. M. Thomas et S. M. Canfield. 2015. « The Impact of a Signalized Crosswalk on Traffic Speed and Street-Crossing Behaviors of Residents in an Underserved Neighborhood. » *Journal of Urban Health* 92 (5): 910-922. Article. doi: 10.1007/s11524-015-9979-7.
- Stipancic, J., L. Miranda-Moreno, J. Strauss et A. Labbe. 2020. « Pedestrian safety at signalized intersections: Modelling spatial effects of exposure, geometry and signalization on a large urban network. » *Accident Analysis and Prevention* 134. Article. doi: 10.1016/j.aap.2019.105265.
- Szagała, P., P. Olszewski, W. Czajewski et P. Dąbkowski. 2021. « Active signage of pedestrian crossings as a tool in road safety management. » *Sustainability (Switzerland)* 13 (16). Article. doi: 10.3390/su13169405.
- Yu, C. Y. 2015. « How Differences in Roadways Affect School Travel Safety. » *Journal of the American Planning Association* 81 (3): 203-220. Article. doi: 10.1080/01944363.2015.1080599.
- Yu, C. Y., X. Zhu et C. Lee. 2018. « Income and Racial Disparity and the Role of the Built Environment in Pedestrian Injuries. » *Journal of Planning Education and Research*. doi: 10.1177/0739456X18807759.

Tableau 1 : Résumé des principaux résultats des études modélisant le risque de collision pour les piétons en fonction du risque d'accident (n=19)

	Études	Ville/Pays	Type de route		Caractéristiques de la route		Limite de vitesse	Signalisation	Trottoir	Transport en commun	Diversité	Densité			Autres	
			Artère	Autre	Plusieurs voies	Autres caractéristiques de la route						Utilisation du sol	Densité d'emploi	Densité de population		Densité des populations à minorité visible
Piétons âgés	Dumbaugh et Zhang (2013)	San Antonio (É.-U.)	↑				↓ si rue à faible vitesse					↑ Magasins à grande surface			↑	
	O'Hern et al. (2015)	Victoria (Australie)	↑									↑ Zone commerciale				
Piétons d'âge primaire	Yu (2015)	Austin (É.-U.)	↑	↓ rues locales					↓ en présence de trottoirs	↑ selon la densité						
Les piétons en général - La nuit	Ferenchak et Abadi (2021)	Austin (É.-U.)	↑		↑ à 5 voies			↑ lorsque passage pour piéton non marqué								↑ avec VUS
	Long et Ferenchak (2021)	États-Unis	↑	↑ rues collectrices					↑ en présence de trottoirs						↑	
	Nabavi Niaki et al. (2016)	Montréal (Canada)	↓ (cyclistes seulement)													

↑ = augmentation du risque d'accident

↓ = diminution du risque d'accident

Clientèle ou période particulière	Études	Ville/Pays	Type de route		Caractéristiques de la route		Limite de vitesse	Signalisation	Trottoir	Transport en commun	Diversité	Densité			Autres
			Artère	Autre	Plusieurs voies	Autres caractéristiques de la route					Utilisation du sol	Densité d'emploi	Densité de population	Densité des populations à minorité visible	
Les piétons en général	Abou-Senna et al. (2022)	Floride (É.-U.)	↑												
	Dumbaugh et al. (2013)	San Antonio (É.-U.)	↑		↑ à 4 voies						↑ Magasins à grande surface				
	Dumbaugh et Saha (2021)	Floride (É.-U.)	↑		↑					↑ selon la présence					
	Guerra et al. (2020)	Philadelphie (É.-U.)	↑												
	Katanalp et Eren (2021)	États-Unis	↑					↑ selon la vitesse		↑ selon la présence	↑ Usage mixte				↑ selon le volume de stationnement
	Khan et Habib (2022)	Nouvelle-Écosse (Canada)	↑			• ↑ Route sinueuse • ↑ Pente • ↑ Rond-point			↓ longueur de trottoir élevé près des écoles	↓ selon la densité	↓ Usage mixte	↑			
	Mansfield et al. (2018)	Los Angeles (É.-U.)	↑								↑ Commerces au détail	↑			
	Mohan et al. (2017)	États-Unis	↑							↑ absence de trottoir					
Osama et Sayed (2017)	Vancouver (Canada)	↑	↓ rues locales					• ↑ Feux de circulation • ↓ Feux piétons actionnés		↑ selon la densité	↓ Zone récréative et résidentielle	↑	↑ Densité des ménages		

↑ = augmentation du risque d'accident

↓ = diminution du risque d'accident

Clientèle ou période particulière	Études	Ville/Pays	Type de route		Caractéristiques de la route		Limite de vitesse	Signalisation	Trottoir	Transport en commun	Diversité	Densité			Autres
			Artère	Autre	Plusieurs voies	Autres caractéristiques de la route					Utilisation du sol	Densité d'emploi	Densité de population	Densité des populations à minorité visible	
Tous les piétons en général (suite)	Quistberg et al. (2015)	Seattle (É.-U.)	↑					<ul style="list-style-type: none"> • ↑ passage pour piéton marqué • ↓ panneaux Céder le passage aux piétons 		↑ selon la densité	<ul style="list-style-type: none"> ↑ Zone non résidentielle ↑ resto rapide 	↑	↑ Forte densité de population		↓ sens unique
	Schneider et al. (2021)	Milwaukee (É.-U.)	↑		↑ 5 et +		↑ à + de 30 mph				↑ Zone commerciale				<ul style="list-style-type: none"> • ↑ trafic élevé • ↑ quartier à faible revenu
	Stipancic et al. (2020)	Montréal (Canada)	↑		↑			↓							<ul style="list-style-type: none"> • ↑ trafic élevé • ↑ volume de piéton élevé • ↓ saillies de trottoir • ↓ voies réservées pour tourner à gauche • ↓ phase prioritaire pour les piétons
	Yu et al. (2018)	New-York (É.-U.)	↑									↑ Zone commerciale			

↑ = augmentation du risque d'accident

↓ = diminution du risque d'accident