



HAL
open science

La marche au quotidien - Environnements bâtis et insécurités des piétons

Marie-Soleil Cloutier, Karine Lachapelle

► **To cite this version:**

Marie-Soleil Cloutier, Karine Lachapelle. La marche au quotidien - Environnements bâtis et insécurités des piétons : Chapitre 4. Julie Vallée. Mobilité quotidienne et santé, ISTE Group, pp.119-151, 2023, Encyclopédie des Sciences - Domaine Géographie et Démographie (Géographie des réseaux d'infrastructure et des mobilités), 9781789481099. 10.51926/iste.9109.ch4 . hal-04184219

HAL Id: hal-04184219

<https://hal.science/hal-04184219>

Submitted on 21 Aug 2023

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.

4

La marche au quotidien : environnements bâtis et insécurités des piétons

Marie-Soleil Cloutier et Karine Lachapelle

*Institut National de la Recherche Scientifique, Laboratoire Piétons et Espace Urbain,
Montréal, Canada*

Marcher est l'essence même des êtres humains bipèdes que nous sommes, un des premiers accomplissements que nous voulons pour nos poupons et la dernière chose que nous laissons aller en vieillissant (Arason 2014). La marche est pourtant trop souvent sous-estimée dans les chaînes de déplacement du quotidien, alors qu'elle représente à la fois une source d'activité physique non négligeable et le moyen de déplacement le plus facile à adopter pour de courtes distances. De fait, les bienfaits de la marche sur la santé physique et mentale ne font pas de doute dans les écrits scientifiques depuis longtemps, incluant des taux plus faibles de maladies chroniques comme l'obésité et les maladies cardiovasculaires et des bienfaits sur la dépression et les interactions sociales (Guo et Gandavarapu 2010 ; Lee et Buchner 2008 ; Mammen et Faulkner 2013).

Notre exposé a ainsi quatre objectifs complémentaires. Tout d'abord, nous proposons de passer brièvement en revue les cinq dimensions relatives à la marchabilité d'un environnement à partir des travaux récents sur la question (section 4.1). Dans un deuxième temps (sections 4.2 et 4.3), nous exposerons les différentes sources d'insécurité des piétons, en particulier le risque que les piétons encourrent en lien avec le trafic routier et ses facteurs d'influence les plus connus. Nous présentons ensuite (section 4.4) deux interventions (la Vision Zéro et la réduction de la vitesse) visant une plus grande sécurité des piétons. Finalement, nous terminerons ce chapitre (section 4.5) avec deux pistes de recherche qui requièrent plus d'attention de la part de la communauté scientifique et des acteurs du milieu : les mesures précises d'exposition des piétons et l'évaluation des interventions.

4.1. Dimensions de la marchabilité

La marchabilité (terme provenant de l'anglais *walkability*) est officiellement définie comme le « degré de sécurité, d'esthétisme et d'intérêt que possède un itinéraire piéton » (Office québécois de la langue française 2009). C'est ainsi qu'un environnement « marchable », c'est-à-dire adapté à l'échelle du piéton et à ses besoins, incite à la pratique de la marche non seulement pour le déplacement, mais également pour ses fonctions sociales et de loisirs. Concrètement, à une échelle locale, la marchabilité est mesurable par un ensemble de critères observables dans l'environnement (Dovey et Pafka 2020 ; Raulin *et al.* 2016). Ce chapitre se concentre particulièrement sur les espaces urbains puisque la marche utilitaire y est beaucoup plus fréquente que dans les espaces ruraux. Les espaces ruraux ne sont cependant pas exempts de préoccupations quant à la marchabilité : certains de nos propos basés sur des études urbaines sont donc aussi transposables aux routes rurales.

L'existence d'un lien entre forme urbaine et choix modaux des citoyens est au cœur des travaux sur la marchabilité. Cervero et Kockelman (1997) ont été les premiers à parler de ce lien dans un article où ils affirment que la demande en transport est intrinsèquement liée à trois dimensions de la forme urbaine : le design, la densité et la diversité, aussi appelés les 3 « D ». Plus récemment, plusieurs auteurs ont suggéré d'ajouter l'accessibilité aux destinations et la distance aux réseaux de transports en commun (Ewing et Cervero 2010). Par ailleurs, certains auteurs s'intéressant à la mobilité active, incluant la marche, avancent que les éléments du cadre naturel et bâti liés à la qualité de l'expérience de marche et au confort des piétons sont aussi des caractéristiques qu'il serait important d'ajouter à cette conceptualisation du lien entre forme urbaine et transport (Cerin *et al.* 2006 ; Mukhtar *et al.* 2019 ; Moura *et al.* 2017 ; Lee et Dean 2018 ; Paquin 2015 ; Clifton *et al.* 2007 ; Chaudhury *et al.* 2011 ; Negron-Poblete et Lord 2014 ; Al Shammas et Escobar 2019 ; Khanal et Mateo-Babiano

2016 ; Lee et Talen 2014). Nous proposons ici de reprendre en partie ces ajouts pour explorer la marchabilité selon 5 dimensions : celles de Cervero et Kockelman (design, densité, diversité), celle reliée aux destinations et celle reliée à la qualité et au confort des piétons (figure 4.1). Les prochaines sections reviennent plus en détail sur ces différentes dimensions.



Figure 4.1. Dimensions de la marchabilité et principaux indicateurs

4.1.1. Design

Le design fait ici référence aux éléments du réseau routier, véritable squelette de nos villes post-industrielles, mais aussi aux barrières physiques ou naturelles que l'on retrouve sur les parcours des piétons.

Un des indicateurs les plus communs dans les écrits sur la marchabilité est le trottoir (présence, largeur, pente, qualité des matériaux, entretien incluant le déneigement, obstruction temporaire ou permanente, etc.) (Chaudhury *et al.* 2011 ; Clifton *et al.* 2007 ; Lee et Talen 2014 ; Lee et Dean 2018 ; Moura *et al.* 2017 ; Negron-Poblete et Lord 2014 ; Paquin 2015). On insiste aussi sur leur continuité le long des tronçons de rues et leur connectivité dans ou en dehors du réseau de rues, élément essentiel à des trajets à pied de qualité (Clifton *et al.* 2007 ; Moura *et al.* 2017 ; Paquin 2015). Dans le même sens, la connectivité du réseau routier, sans égard à la présence d'un trottoir, se retrouve aussi dans les différents indices de marchabilité (Khanal et Mateo-Babiano 2016). D'autres caractéristiques du réseau routier comme la largeur de la chaussée, le nombre de véhicules ou encore les limites de vitesse sont aussi importantes à considérer pour leur influence sur l'expérience piétonne

(Chaudhury *et al.* 2011 ; Clifton *et al.* 2007 ; Lee et Talen 2014 ; Maghelal et Capp 2011 ; Mukhtar *et al.* 2019 ; Negron-Poblete et Lord 2014 ; Paquin 2015).

L'intersection, passage obligé des piétons dans tout trajet urbain, est aussi prise en compte dans de nombreux indicateurs de la marchabilité. Nous y retrouvons surtout la présence d'éléments pour aider les piétons à traverser en sécurité : passage pour piéton (présence, largeur, visibilité, etc.), signalisation (arrêt, feux de circulation et feux piétons) (Chaudhury *et al.* 2011 ; Clifton *et al.* 2007 ; Lee et Dean 2018 ; Lee et Talen 2014 ; Negron-Poblete et Lord 2014 ; Paquin 2015).

Finalement, les ruisseaux, les rivières, les fossés, les autoroutes ou encore les lignes électriques créent des barrières physiques, mais aussi parfois psychologiques à la marche dans et entre les quartiers. Il semble pourtant que ce soit peu pris en compte dans les indices de marchabilité recensés, sauf pour quelques exceptions (Clifton *et al.* 2007 ; Lee et Talen 2014).

4.1.2. Destinations

La dimension « destinations » fait référence à la quantité et à la proximité des lieux comme autant de potentielles destinations que les personnes peuvent rejoindre à pied : il est en effet reconnu que la proximité des lieux d'intérêt (en distance kilométrique et en distance-temps) favorise la marche. Cette dimension inclut trois sous-groupes d'indicateurs :

- les distances entre les lieux d'origine et de destination (O-D) qui nous renseignent sur la dispersion spatiale des déplacements et sur la faisabilité de rejoindre les destinations à pied (Adams *et al.* 2014 ; Frank *et al.* 2005, 2010 ; Vale *et al.* 2016) ;

- la présence de destinations intéressantes, incluant les services (publics et privés) et commerces essentiels comme les parcs, les centres communautaires, bibliothèques, mais aussi les écoles, hôpitaux, et les épiceries, pharmacies, etc. (Lee et Talen 2014 ; Mukhtar *et al.* 2019 ; Saghapour *et al.* 2019) ;

- l'accès à des modes de transport complémentaires (transport en commun, réseau cyclable, station de vélos en libre-service), notamment pour rejoindre des destinations qui seraient plus loin mais où la marche peut faire partie de la chaîne de déplacements (Cerin *et al.* 2006 ; Lee et Dean 2018 ; Mukhtar *et al.* 2019 ; Negron-Poblete et Lord 2014 ; Vargo *et al.* 2012).

4.1.3. Densité

La dimension « densité » permet de qualifier les formes urbaines compactes et peuplées qui facilitent l'adoption de la marche. Trois types de densité sont ainsi couramment utilisés dans le calcul des indices de marchabilité pour identifier les bassins de population susceptibles de choisir la marche comme mode de transport, à la fois à partir de leurs lieux de résidence ou de travail : la densité de logements, la densité de population (résidents) et la densité des emplois (Adams *et al.* 2014 ; Cerin *et al.* 2006 ; Frank *et al.* 2010 ; Giles-Corti *et al.* 2014 ; Al Shammas et Escobar 2019 ; Khanal et Mateo-Babiano 2016 ; Maghelal et Capp 2011 ; Mukhtar *et al.* 2019 ; Stockton *et al.* 2016 ; Vale *et al.* 2016 ; Lee et Talen 2014 ; Vargo *et al.* 2012). Ces indicateurs viennent en complément des indicateurs, faisant référence aux destinations, qui ont été décrits précédemment.

4.1.4. Diversité

La dimension de la diversité repose sur le lien entre des environnements diversifiés et une meilleure expérience piétonne. Elle implique de s'attarder à la fois au type de bâtiments et au cadre bâti (Chaudhury *et al.* 2011 ; Clifton *et al.* 2007 ; Maghelal et Capp 2011) et à l'utilisation du sol. La dimension de la diversité est presque systématiquement utilisée dans les indices de marchabilité en raison du fait qu'elle démontre la diversité du territoire à partir de ses usages et son zonage (commercial, résidentiel, industriel, etc.), aussi appelé mixité fonctionnelle, sans toutefois dénombrer des lieux précis comme dans la dimension des destinations (Adams *et al.* 2014 ; Chaudhury *et al.* 2011 ; Clifton *et al.* 2007 ; Paquin 2015 ; Negron-Poblete et Lord 2014 ; Moura *et al.* 2017 ; Lee et Dean 2018 ; Giles-Corti *et al.* 2014 ; Al Shammas et Escobar 2019 ; Khanal et Mateo-Babiano 2016 ; Maghelal et Capp 2011 ; Mukhtar *et al.* 2019 ; Lee et Talen 2014).

4.1.5. Qualité et confort

La dimension « qualité et confort » des piétons prolonge les indicateurs relatifs à la dimension « design » en se focalisant sur l'échelle locale des parcours. Certains de ces éléments font appel à une certaine subjectivité puisque le confort et la qualité d'un trajet sont variables d'un marcheur à l'autre. C'est ainsi qu'est incluse la présence d'espaces et d'équipements publics tels que l'éclairage et les bancs (incluant leur entretien), mais aussi les arbres et autres végétations, pour l'ombre et la fraîcheur qu'ils apportent (Chaudhury *et al.* 2011 ; Clifton *et al.* 2007 ; Paquin 2015 ; Negron-Poblete et Lord 2014 ; Lee et Dean 2018 ; Al Shammas et Escobar 2019 ; Maghelal et Capp 2011 ; Lee et Talen 2014). D'autres « points de services » sont aussi mentionnés dans certains travaux : abris contre la pluie, poubelles, boîtes postales,

toilettes et fontaines d'eau (Clifton *et al.* 2007 ; Paquin 2015 ; Lord et Negron-Poblete 2014 ; Maghelal et Capp 2011).

Un deuxième sous-groupe d'éléments de la dimension « qualité et confort » se rapporte à l'ambiance urbaine et à la valeur architecturale le long des trajets à pied. Ces caractéristiques peuvent influencer les perceptions des citoyens et leur décision de marcher ou non. Par exemple, certains auteurs utilisent un indicateur d'esthétisme qui englobe des aspects comme l'incivilité (graffitis, propreté), le jardinage et la présence d'attraits (Al Shammas et Escobar 2019 ; Vale *et al.* 2016 ; Lee et Talen 2014 ; Chaudhury *et al.* 2011 ; Clifton *et al.* 2007 ; Paquin 2015 ; Negron-Poblete et Lord 2014 ; Lee et Dean 2018). D'autres études évoquent aussi l'entretien des bâtiments ainsi que l'entretien des terrains comme indicateurs qualitatifs d'une bonne ambiance (Chaudhury *et al.* 2011 ; Clifton *et al.* 2007 ; Paquin 2015 ; Negron-Poblete et Lord 2014 ; Lee et Dean 2018). La transparence des façades ou encore la variété de l'architecture et des repères visuels dans l'espace sont autant d'éléments contribuant à l'ambiance urbaine (Negron-Poblete et Lord 2014 ; Moura *et al.* 2017 ; Lee et Talen 2014). Finalement, la pollution de l'air et le bruit qui peuvent pourtant aussi jouer sur l'expérience piétonne sont des éléments peu présents dans les écrits (Al Shammas et Escobar 2019 ; Maghelal et Capp 2011), probablement en raison de la complexité de mesurer et d'intégrer ces éléments dans des indicateurs de marchabilité.

Cette présentation dresse un portrait générique des éléments que l'on retrouve dans les cinq dimensions des indices de marchabilité. Notons que ces éléments reposent sur des données variées et des échelles géographiques diverses. À l'échelle locale, la marchabilité est évaluée en caractérisant l'environnement bâti impliquant ainsi une collecte de données *in situ* (Maghelal et Capp 2011). Ces mesures qualitatives issues du terrain abordent davantage la dimension de qualité et de confort ainsi que certains critères du design. À l'échelle plus large, la marchabilité se mesure de manière systématique à l'aide de données géographiques sur l'ensemble du territoire étudié (Saelens *et al.* 2003). Ces mesures quantitatives renseignent, quant à elles, davantage les dimensions de la diversité, de la densité, des destinations ainsi qu'à certains critères mesurables du design. Quelles que soient les données et échelles utilisées pour créer les indices de marchabilité, l'on peut souligner que les dimensions sont très généralement considérées comme un tout dans lesquelles les variables sont interdépendantes les unes les autres, rendant difficile la tâche de démêler leur influence respective. C'est pour cette raison que la plupart des indices de marchabilité introduisent des poids différents pour chacune des variables considérées ou encore les combinent différemment selon les usages ultérieurs de l'indice. Par exemple, un indice de marchabilité à destination des populations plus âgées accorde un poids plus important à des variables essentielles à la marche des aînés, telles que la présence de bancs, de trottoirs, ou de feux de signalisation aux intersections (Huguenin-Richard et

Cloutier 2021) – pour plus de détails sur l'hétérogénéité des effets de l'environnement sur la marche, voir aussi le chapitre 5.

4.2. Insécurité vécue : quand marcher est source de peurs

La sécurité des piétons le long de leurs trajets est un élément transversal à presque toutes les dimensions de la marchabilité, que ce soit dans le design des rues et des intersections ou encore dans l'accessibilité des destinations, la diversité des lieux de destination ou encore la qualité et le confort des trajets à pied. Cette (in)sécurité des piétons peut faire référence à la peur de l'autre, c'est-à-dire de se faire agresser (en particulier pour les femmes) et à la peur de soi, c'est-à-dire de chuter sur la voie publique (en particulier pour les personnes âgées). Ces deux peurs sont importantes à considérer, car elles peuvent avoir un effet sur la mobilité quotidienne *via* les choix modaux qu'elles entraînent.

4.2.1. Sécurité personnelle et marche : la peur de l'autre des femmes

Un des thèmes dominants dans les travaux sur la pratique de la marche des femmes est l'insécurité perçue à l'égard de la criminalité et la peur d'être agressée dans des lieux qu'elles considèrent comme étant dangereux, bien souvent en raison d'aménagements urbains inadéquats avec leurs besoins de piétonnes (Clifton et Livi 2005 ; Paquin 2002 ; Valentine 1989). Dans le même sens, Fenster (2005), avance que ce qui empêche les femmes d'exercer leur droit à la ville est la peur d'utiliser les espaces publics, notamment la rue, les transports en commun et les parcs urbains, en raison de cette peur de l'autre. Vaughn (2011) affirme que le sentiment d'insécurité constitue un élément dissuasif à la marche et au vélo comme moyen de locomotion : les femmes restreignent volontairement leur mobilité puisqu'elles sont plus sensibles au sentiment de sécurité dans ces modes de transport. Notons que certains travaux sur la marchabilité s'intéressent à ce type d'insécurité en incluant des relevés de la police (nombre de voies de faits et de cambriolages, application de la réglementation relative aux piétons, etc.) ou encore des observations de l'ambiance (être vu et entendu) dans leurs indicateurs de marchabilité (Lee et Talen 2014 ; Maghelal et Capp 2011 ; Moura *et al.* 2017 ; Vale *et al.* 2016). Pourtant, ces préoccupations pour la sécurité personnelle constituent un des angles morts de la mobilité quotidienne à pied en raison du peu qui est entrepris par les autorités pour réduire à la fois les sources réelles et les perceptions de danger par le réaménagement des espaces publics urbains, incluant la rue.

4.2.2. Chute et marche : la peur de soi des aînés

En vieillissant, la perception des difficultés reliée à la marche augmente notamment en ce qui a trait à la vitesse de marche, à la traversée de la rue et à la peur de chuter dans l'espace public (Huguenin-Richard *et al.* 2014). Au Canada et au Québec, les chutes, incluant celles à l'intérieur du domicile et celles à l'extérieur sur la voie publique, sont une des premières causes de blessures et d'hospitalisation chez les plus de 65 ans (Gagné *et al.* 2018 ; Agence de la santé publique du Canada 2014), une statistique qui est semblable à ce qu'on retrouve dans le reste du monde (Organisation mondiale de la santé 2018a). Ces chutes ont des conséquences parfois dramatiques sur l'autonomie et la mobilité des aînés, incluant la peur de rechuter, entraînant une réduction de la fréquence de marche. Pourtant, très peu d'études sur les chutes extérieures examinent en détail leur ampleur dans le bilan des piétons blessés ou encore leurs causes environnementales (Oxley *et al.* 2018). Une revue des écrits publiée en 2017 avance par ailleurs que les victimes de chute à l'extérieur sont généralement en bonne santé, si l'on exclut les problèmes de santé typiques reliés au vieillissement (Schepers *et al.* 2017). Cette étude rapporte aussi que les victimes pointent du doigt les mauvaises conditions de la route comme cause de leur chute, une proportion estimée à 40 % des blessés dans l'étude de Gyllencreutz *et al.* (2015).

L'hiver, qui implique des conditions météorologiques plus difficiles telles que le verglas ou la neige dans plusieurs pays occidentaux, est particulièrement propice aux chutes à tous les âges, mais davantage chez les personnes âgées de 65 ans et plus. L'enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) de 2009-2010 rapporte que 16 % des personnes qui ont chuté étaient en train de « marcher sur une surface enneigée ou glacée » (Agence de la santé publique du Canada 2014). L'étude de Morency *et al.* (2012) menée en décembre 2008 et janvier 2009 confirme ces statistiques à partir des rapports d'interventions ambulancières suite à une chute. Dans cet échantillon, 30 % des rapports concernaient des chutes à l'extérieur et 41 % de ces chutes impliquaient une personne de 65 ans et plus. De fait, les trottoirs glissants et les chaussées avec une accumulation de neige et/ou de glace augmentent les chutes (Bélanger-Bonneau *et al.* 2002 ; Björnstig *et al.* 1997 ; Gyllencreutz *et al.* 2015), ce qui n'est pas sans conséquence. Une enquête américaine rapporte que les personnes de plus de 65 ans ont effectivement deux fois plus de chance de déclarer avoir de la difficulté à sortir de la maison lorsqu'il fait froid par rapport aux personnes plus jeunes (Clarke *et al.* 2015). Dans une autre étude menée à Vancouver, les personnes âgées, même celles qui vivaient dans les quartiers avec un fort potentiel piétonnier, diminuent de 25 % le nombre de destinations à pied fréquenté lorsqu'il y a de la neige (Clarke *et al.* 2017). Il semblerait donc que la peur de chuter ait des implications sur la décision de marcher pour se déplacer, particulièrement en hiver.

4.3. Sécurité routière et marche : danger potentiel lors de la traversée

En sécurité routière, le risque fait référence à la probabilité qu'une collision se produise sous deux dimensions : la fréquence d'occurrence et la gravité des conséquences (dommages matériels, blessures, décès) (Haight 1986 ; Hauer 1982). Ajoutons à cette définition le fait que certains usagers de la route sont plus vulnérables que d'autres à ce risque selon trois critères : l'absence d'une « coque » de protection dans la circulation pour se protéger contre l'énergie cinétique (par exemple : piétons, cyclistes et, dans une certaine mesure, motocyclistes) ; la capacité d'effectuer des tâches dans la circulation (par exemple : enfants et adultes plus âgés) ; et la résilience en cas de blessures (par exemple : personnes vieillissantes ou avec des incapacités en amont) (Hakkert et Braimaister 2002). Ainsi, les piétons sont des usagers vulnérables pour qui les risques de blessures et de décès sont inégaux en raison de leur mode de transport.

4.3.1. Portrait des collisions impliquant des piétons dans le monde

Le rapport mondial sur la sécurité routière publié en 2018 par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) indique que 23 % des victimes de la route dans le monde étaient des piétons (figure 4.2) (OMS 2018b). Par contre, la proportion de décès de piétons par rapport aux autres usagers de la route varie entre les régions de l'OMS : de 14 % en Asie du Sud-Est au quart des décès dans les régions développées telles que les Amériques, l'Europe et le Pacifique occidental, et jusqu'à 40 % en Afrique. Même si ces chiffres reflètent en partie la forme prédominante de mobilité dans ces régions, le fardeau des décès et des blessures des piétons représente un problème de santé important qui n'est pas sans conséquence sur la propension de la population à adopter la marche au quotidien lorsque d'autres modes de transport sont disponibles.

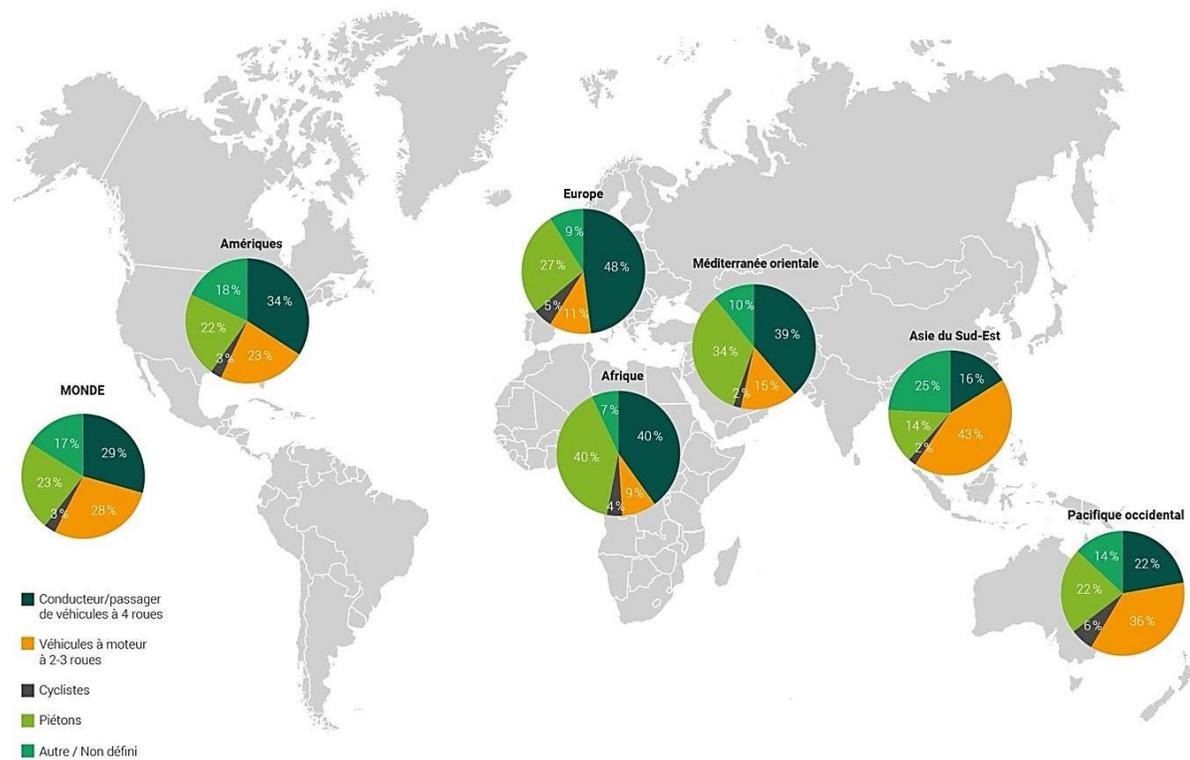


Figure 4.2. Répartition des décès par type d'utilisateur de la route par région de l'OMS
 (Source : (Organisation mondiale de la santé 2018b))

Les villes contribuent pour une part importante au fardeau des décès et des blessures des piétons dans les pays à revenu élevé. Par exemple, la proportion impliquant des accidents causant la mort de piétons en milieu urbain s'élève à 70 % dans l'Union européenne et à 76 % aux États-Unis (Organisation mondiale de la santé 2013). Cela n'est pas surprenant puisque dans ces pays les villes concentrent généralement le plus de piétons et de véhicules en mouvement. Le rapport le plus récent de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) sur le sujet indique que les plus grands progrès réalisés dans la prévention des décès concernent les occupants de véhicules à moteur plutôt que les piétons, en particulier ceux de plus de 65 ans (International Transport Forum 2020). Aux États-Unis, le nombre de décès dans des accidents de voiture a effectivement diminué de 27 % entre 2000 et 2009 alors que la baisse n'était que de 14 % pour les piétons (Transportation for America 2011). Fait encore plus préoccupant, le rapport « Dangerous by Design » souligne une augmentation de 45 % des décès de piétons entre 2010 et 2019 aux États-Unis (Transportation for America 2021).

Dans les pays à faible revenu, le fardeau des blessures des piétons est élevé dans la quasi-totalité des villes, mais peut aussi être élevé dans les zones rurales¹, selon le degré de motorisation local (Ghaffar *et al.* 2004 ; Moshiro *et al.* 2005 ; Labinjo *et al.* 2009 ; Kobusingye *et al.* 2001).

4.3.2. Facteurs de risque associés à la sécurité routière des piétons

Dans les dernières décennies, de nombreux travaux provenant de disciplines diverses allant de l'ingénierie à l'ethnographie en passant par la géographie ont tenté de dresser le portrait des différents facteurs de risque associés aux collisions impliquant des piétons dans le but d'intervenir plus efficacement pour réduire les blessures, en particulier dans un contexte où la promotion du transport actif est aussi mise de l'avant. Ces facteurs, décrits brièvement ici, sont de trois ordres : au niveau des individus, du contexte social et politique, et de l'environnement routier et bâti dans lequel les déplacements se font.

4.3.2.1. Les comportements individuels

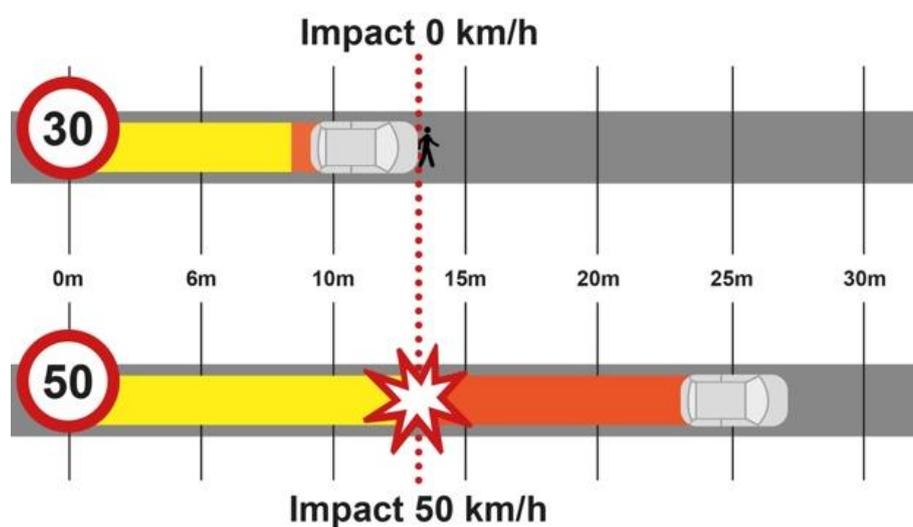
Au niveau individuel, le premier facteur de risque correspond à la vitesse de conduite des conducteurs : cette vitesse a un impact à la fois sur l'occurrence des

¹ Les solutions aux accidents de la route des piétons dans les zones rurales, qui sont probablement très différentes en raison des densités plus faibles et des vitesses plus élevées, ne sont toutefois pas examinées dans ce chapitre.

collisions, mais aussi sur la gravité des blessures lors de l'impact. Une vitesse de conduite plus élevée signifie moins de temps pour le conducteur pour voir et réagir au danger, et une distance d'arrêt plus longue dans le cas où un piéton se retrouve dans sa trajectoire (voir figure 4.3a), augmentant ainsi la probabilité d'une collision. Lorsque ces collisions ne sont pas évitées, la vitesse d'impact détermine directement la probabilité de blessures mortelles (voir figure 4.3b). La mort du piéton frappé est très improbable à des vitesses d'impact de 30 km/h ou moins, mais est presque une certitude à une vitesse de 80 km/h ou plus (*Vivre en ville* 2020).

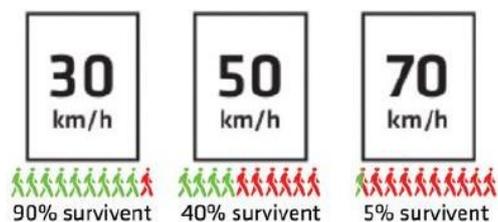
En plus du comportement des conducteurs, celui du piéton – et notamment lorsqu'il traverse – doit être pris en compte dans l'analyse du risque. Le piéton doit accomplir plusieurs tâches complexes lorsqu'il traverse une rue : choisir un lieu et un moment pour traverser, s'assurer de voir et d'être vu, juger de la vitesse des voitures qui approchent et s'assurer d'avoir la bonne vitesse de marche pour terminer sa traversée avant la fin du créneau requis. Ces tâches nécessitent des actions que plusieurs sous-groupes de la population ne peuvent réaliser en toute sécurité dans certains environnements. Par exemple, les piétons enfants (moins de 12 ans) et seniors (plus de 65 ans) sont ceux pour qui ces actions peuvent être difficiles, à la fois en raison de leur condition physique (taille plus petite chez les enfants, vitesse de marche lente chez les aînés) et de leurs capacités cognitives. Pour plus de détails, voir, entre autres, Tournier *et al.* (2016) pour les personnes âgées et Cloutier *et al.* (2021) pour les enfants.

Notons pour terminer que l'emphase parfois mise sur des campagnes de sensibilisation et d'éducation visant le changement des comportements des piétons *via* la promotion de comportements respectueux des règles ne se justifie pas en raison de l'évaluation peu concluante de ces interventions. Par exemple, trois évaluations des programmes portant sur l'enseignement de la sécurité piétonne à des enfants, des adultes et des aînés ont trouvé peu ou pas d'effet sur les comportements aux passages piétons (et des effets décroissants avec le temps), et aucune preuve de réduction des blessures (Duperrex *et al.* 2002 ; Celis-Morales *et al.* 2017 ; Twisk *et al.* 2014). Ces résultats nous rappellent que le rôle de l'éducation est de générer le soutien du public et le respect d'interventions plus efficaces faites sur l'environnement bâti, mais pas de constituer une solution en soi.



 Distance parcourue selon un temps de réaction (du conducteur) d'une seconde
 Distance de freinage

a) Distance de freinage selon la vitesse



b) Probabilité de survie pour un piéton selon la vitesse d'impact

Figure 4.3. Impacts de la vitesse sur la distance de freinage et le risque de décès. Source : a) d'après : (*International Transport Forum 2012*, p. 65) et b) (*Vivre en ville 2020*, p. 3)

4.3.2.2. Le contexte législatif

Les risques plus ou moins grands d'accidents sont également associés aux actions entreprises à tous les niveaux de gouvernement, du local au mondial pour protéger les piétons : meilleure législation et application de la loi (limitations de vitesse, interdiction de boire et conduire, etc.), ou encore normes de conception des véhicules plus sévères et investissement dans les soins de traumatologie (système de traitement médical d'urgence en place). Ces actions ont le potentiel de réduire le risque de tous les usagers de la route, incluant les piétons. Assurer la mobilité, tout en privilégiant des modes potentiellement plus sûrs que la voiture individuelle, comme les transports collectifs, fait également partie des actions législatives à développer (Duduta *et al.* 2012).

4.3.2.3. L'environnement routier et bâti

Au-delà des indices de marchabilité, les rues et les intersections sont également étudiées en fonction de leur propension à limiter ou à aggraver les risques de collisions avec des piétons. Des caractéristiques telles qu'une circulation plus dense ou la présence de routes majeures sont connues pour augmenter les taux de collision (Dumbaugh et Li 2011 ; Maillot *et al.* 2017 ; Morency *et al.* 2011). À l'inverse, les intersections avec signalisation (arrêt, feux de circulation) sont connues pour réduire ce risque (Rifaat *et al.* 2011 ; Rothman *et al.* 2014), tout comme la présence de zones tampons entre le trottoir et la chaussée (Clifton *et al.* 2007 ; Negron-Poblete et Lord 2014 ; Paquin 2015) puisque ces deux éléments séparent les piétons et les véhicules dans l'espace et/ou dans le temps.

Un ensemble de travaux provenant des pays développés s'intéressent depuis quelques années aux mesures d'apaisement de la circulation. Ces mesures ont pour objectif de réduire le volume et la vitesse des véhicules, créant ainsi des milieux de vie plus conviviaux et sécuritaires pour la marche (Bellefleur et Gagnon 2012). Ces mesures sont ainsi présentes dans les travaux sur la marchabilité et sur la sécurité piétonne, où l'apport des modifications à la géométrie des rues et des intersections (dos d'âne, goulot d'étranglement et chicane, saillie de trottoir, bollard rétrécissant les voies, etc.) est souligné (Bunn *et al.* 2003 ; Chaudhury *et al.* 2011 ; Clifton *et al.* 2007 ; Ewing 2001 ; Jones *et al.* 2005 ; Lee et Dean 2018 ; Negron-Poblete et Lord 2014 ; Paquin 2015 ; Retting *et al.* 2003 ; Rothman *et al.* 2015 ; Tester *et al.* 2004). Une méta-analyse des interventions d'apaisement de la circulation à l'échelle d'une zone, publiée en 2001, a révélé une réduction de 15 % de l'ensemble des collisions impliquant un piéton, y compris une réduction de 25 % des collisions dans les rues résidentielles (Elvik 2001). L'idée générale à retenir ici est qu'un environnement conçu pour ralentir les voitures aux points de passage (intersections, traverse

piétonne) ou dans les quartiers (apaisement de la circulation) limite les risques d'erreur pour les conducteurs et génère un flux de trafic que les piétons auront plus de facilité à appréhender et à négocier.

4.4. Quelles interventions pour réduire les collisions impliquant des piétons et la gravité de leurs blessures ?

L'OMS estime que la moitié des décès sur la route pourraient être évités grâce à la mise en œuvre d'interventions qui ont prouvé leur efficacité et qui existent déjà dans certains endroits dans le monde (Organisation mondiale de la santé 2018b). En ce sens, penser systématiquement aux blessés de la route à l'aide d'une matrice de Haddon est instructif à bien des égards (Cloutier et Howard 2019).

La matrice de Haddon est un concept qui date des années 1960 et qui est utilisé pour décrire les actions permettant de réduire le fardeau des blessures (Haddon 1968). Haddon divise ainsi la prévention en trois temps : avant la collision, pendant la collision et après la collision. Il considère également les trois composantes d'une collision : l'hôte (c'est-à-dire la victime blessée), l'agent (c'est-à-dire le véhicule impliqué et son conducteur) et l'environnement dans lequel ils interagissent (y compris l'environnement physique de la route, mais aussi les aspects réglementaires, sociaux, juridiques et des soins de santé). La combinaison de ces trois périodes de temps avec les trois composantes donne une matrice à neuf cellules. Le tableau 1.1 présente un exemple de matrice de Haddon pour prévenir les blessures et la mort de piétons âgés.

	Hôte (piéton âgé)	Agent (Véhicule et conducteur)	Facteurs environnementaux
Pré-collision	Programme d'entraînement à la marche pour réduire l'impact des déficits (cognitif, de mobilité, etc.)	Gestion de la vitesse (mise en place des lois, intervention policière pour faire respecter de la loi) Apprentissage de la conduite	Mesures d'apaisement de la circulation Limites de vitesse Politique de sécurité routière aux échelles nationales et locales.
Collision	Accompagnement des aînés lors de sorties à pied	Design des voitures qui protège les piétons (capot)	Réduction des vitesses pratiquées par l'aménagement
Post-collision	Accès aux soins de santé et à la réhabilitation à faible coût (régime public ou privé)	Évaluation de l'efficacité du design sur les blessures Suivi des infractions (boîte noire pour la vitesse)	Accès à un service d'urgence médicale (ambulance ou autre) Système hospitalier pour trauma

Tableau 4.1. Matrice de Haddon pour les piétons âgés
(Source : (Haddon 1968), d'après (Cloutier et Howard 2019))

Notons qu'une grande partie des succès obtenus ces dernières décennies en matière de sécurité routière résulte d'améliorations apportées aux véhicules afin de mieux gérer l'énergie cinétique au moment de la collision (par exemple : ceintures de sécurité, coussins gonflables et cages de sécurité des véhicules). Or, ce type d'interventions visant à protéger les usagers des véhicules ne bénéficie pas aux piétons. Pour ces derniers, il convient de concentrer les interventions sur la phase pré-collision dans le but d'en réduire l'occurrence à la source. Le fait que des interventions puissent être développées dans chaque cellule de la matrice de Haddon implique d'adopter une approche multidisciplinaire et coordonnée pour créer des environnements de marche sûrs pour les piétons. Ce type d'approches s'apparente d'ailleurs à la vision systémique de la sécurité routière qui est mise en avant depuis plus de 20 ans en Europe (en Suède et aux Pays-Bas, entre autres), et plus récemment en Amérique du Nord, comme nous allons le voir dans la prochaine section.

4.4.1. Vision Zéro : une approche systémique de la sécurité routière qui peut aider à la sécurité des piétons

La Vision Zéro, qui a vu le jour en Suède en 1997, propose un nouveau paradigme de réflexion sur la sécurité routière. La philosophie de cette approche repose sur l'idée que le système de transport doit et peut être conçu pour tenir compte du fait que les humains vont toujours faire des erreurs sur la route (Vision Zero Network 2021). Une telle conception du système routier retire la responsabilité de la sécurité routière aux seuls individus, ce qui permettra, à terme, d'éliminer les décès et les blessures graves, le « zéro » à atteindre (Swedish Transportation Administration 2015).

L'application de l'approche Vision Zéro nécessite de comprendre que le cadre bâti et la forme urbaine ne peuvent être modifiés que progressivement, et que ces changements ne sont pas uniquement déterminés par les exigences de la sécurité routière. En revanche, la conception des routes et leur réglementation se prêtent bien aux changements à plus court terme. C'est pourquoi la sélection et la hiérarchisation des interventions se doivent d'être basées sur des données locales (blessures, modes de déplacement, etc.) et sur une approche coordonnée impliquant plusieurs acteurs travaillant dans des sphères complémentaires (élus, concepteurs, ingénieurs, policiers, experts de santé publique, etc.) (Johansson 2009).

La ville de San Francisco, de par sa démarche basée sur une analyse fine des données probantes par une équipe multidisciplinaire (urbanistes, ingénieurs, épidémiologistes) visant la création d'un plan de sécurité piétonne, est un très bon exemple empirique de cette façon de faire (Kronenberg *et al.* 2015). La Ville de Montréal, qui a adopté un plan de sécurité routière Vision Zéro en 2019, semble aussi suivre une démarche prometteuse en ayant mis en place des « groupes de travail

thématiques » (GTT) visant non pas des sous-groupes d'usagers, mais plutôt des comportements et des situations dangereuses : la vitesse, les véhicules lourds et la traversée de la rue (Ville de Montréal 2020). L'identification de 10 « failles » de sécurité routière par ces GTT met en perspective les 60 engagements de ce plan qui devraient permettre, à terme, d'améliorer la sécurité des piétons et de tous les autres usagers de la route.

Bien que certains critiquent la vision utopique que renvoie le « zéro », force est d'admettre que l'approche fait de plus en plus ses preuves, notamment pour les piétons des grandes villes. Par exemple, New York rapporte une réduction de 36 % des décès de piétons depuis 2013, début de l'application de son plan Vision Zéro (New York City Mayor's Office of Operations 2020). Une étude suédoise examinant l'évolution des blessés piétons entre 2003 et 2017 a démontré une réduction des probabilités de blessures majeures sur les routes ayant eu des changements liés à la stratégie Vision Zéro du pays, tout en soulignant que l'augmentation du nombre de personnes âgées et des politiques de mobilité active sont des défis pour les autorités responsables du réseau routier s'ils veulent que ces progrès perdurent dans le temps (Värnild *et al.* 2020). Ce défi demeure d'actualité pour tous les milieux urbains denses.

4.4.2. Réduire la vitesse des véhicules : une intervention essentielle pour améliorer la mobilité et la sécurité des piétons

Comme nous l'avons vu précédemment, la vitesse pratiquée, elle-même reliée aux limites de vitesse affichées, est un élément important du risque routier, en particulier pour les piétons. Les interventions visant la réduction des vitesses sont ainsi une voie incontournable pour améliorer l'expérience piétonne et réduire le risque de blessures et de décès. La réduction de la vitesse sur les routes peut être obtenue grâce à une variété d'interventions, y compris des modifications à l'environnement bâti (voir apaisements de la circulation ci-haut), des modifications réglementaires (par exemple : réduction des limites de vitesse) et une meilleure application de la loi (par exemple : contrôle automatisé de la vitesse).

Les recherches qui se sont intéressées aux effets des réductions des limites de vitesse sur la sécurité piétonne, bien que peu nombreuses, sont unanimes à rapporter une diminution du nombre de piétons tués ou gravement blessés après la mise en œuvre de ces réductions. Par exemple, une étude suisse a démontré une réduction de 16 % des collisions voiture-piéton, de 20 % des blessures et de 25 %, des décès piétons après une réduction de la limite de vitesse de 60 km/h à 50 km/h dans les rues urbaines (Waiz *et al.* 1983). Dans le même sens, l'étude de Grundy *et al.* (Grundy *et al.* 2009) au Royaume-Uni a constaté que les zones de vitesse à 20 mi-h (~32 km/h) étaient associées à une réduction du tiers des piétons blessés, avec des réductions plus

importantes chez les enfants âgés de 0 à 15 ans. Plus récemment, une étude menée dans la ville de Toronto (Canada), associe l'effet de l'abaissement des limites de vitesse de 40 km/h à 30 km/h dans les quartiers à une diminution de 28 % du taux d'incidence des collisions impliquant un piéton et de 67 % des blessures majeures et mortelles des piétons impliqués dans une collision après le changement de limite de vitesse (Fridman *et al.* 2020).

Finalement, les dispositifs automatisés de contrôle de la vitesse, y compris les panneaux d'affichage de la vitesse et les radars photo, sont d'autres mesures intéressantes pour réduire la vitesse sur des routes spécifiques. Une revue systématique de 35 études portant sur les radars photo rapporte des réductions de la vitesse moyenne des véhicules variant de 1 % à 15 % et des réductions des excès de vitesse variant de 14 % à 65 % (Wilson *et al.* 2010). De plus, les réductions avant/après l'implantation des radars photo s'échelonnaient de 8 % à 49 % pour toutes les collisions et de 11 % à 44 % pour les collisions mortelles et ayant causé des blessures graves, tous usagers de la route confondus. Bien que l'ampleur de l'effet de tels dispositifs varie d'une étude à l'autre, toutes démontrent que les radars photo sont une intervention valable pour réduire les blessures sur la route.

Cependant, la réduction des limites de vitesse à elle seule n'est pas un gage d'efficacité comparativement à la modification d'éléments de la chaussée pour forcer les automobilistes à faire plus attention et à ralentir leur vitesse de déplacement. En effet, dans une étude avant et après, Bellalite (2011) révèle que les usagers de la route respectent significativement plus la vitesse affichée lorsqu'une modification de la limite de vitesse s'accompagne de changements dans l'aménagement de la rue et de ses abords tels que le nombre de voies, la largeur des voies, la présence d'espaces de stationnement sur la rue, un écran végétal dense et haut, etc.

4.5. Pistes de recherche pour améliorer la mobilité piétonne

4.5.1. L'accès aux données de collisions et d'exposition pour établir un meilleur portrait du risque pour les piétons

Selon la *Federal Highway Administration* aux États-Unis, les données sur les collisions, le volume de trafic et les caractéristiques de la route sont les données nécessaires pour pouvoir mettre en œuvre des interventions efficaces en sécurité routière (Sundstrom 2017 ; Bellalite 2011). L'accès à ces trois sources de données représente toutefois un réel défi en ce qui concerne les collisions impliquant des piétons (World Health Organisation 2013). De fait, le risque routier pour les piétons en termes d'incidents, de blessures et de décès est probablement sous-estimé justement en raison du manque de données précises. Par exemple, estimer le

numérateur (c'est-à-dire le nombre de piétons) pour les calculs de taux de collisions, de blessure ou de décès peut être difficile en raison des limites des sources de données incluant les erreurs de classification ou les inexactitudes dans le lieu et l'heure de la collision (Imprialou et Quddus 2019). Les rapports de police et les dossiers hospitaliers sont les deux principales sources de données pour les piétons blessés. Cependant, la sous-déclaration de ce type de collisions est bien documentée pour les rapports de police, en particulier pour les collisions impliquant des blessures moins graves (Janstrup *et al.* 2016 ; Doggett *et al.* 2018). De plus, dans plusieurs juridictions, les rapports de police et les dossiers hospitaliers ne mentionnent pas le lieu de la collision, une information cruciale pour développer localement des interventions efficaces (Austin *et al.* 1997 ; Ahmadi *et al.* 2017).

Un autre défi important en matière de données est relié à l'identification de dénominateurs précis pour le calcul des taux de risque. Les données sur les volumes de piétons existent rarement à l'échelle de la rue et des intersections et les enquêtes sur les déplacements des ménages, une source alternative de données pour les volumes de piétons, ne sont disponibles qu'à une plus grande échelle territoriale et avec un codage parfois inadéquat ou incomplet de la marche lorsqu'elle est utilisée en combinaison avec d'autres modes de transport, rendant alors difficile l'extraction des données même à cette échelle. De plus, ces sources de données permettent de connaître l'origine et la destination des trajets, mais pas nécessairement l'itinéraire suivi. Les données sur le volume et la vitesse des véhicules sont collectées plus fréquemment, mais sont principalement disponibles aux intersections avec feux de circulation ou sur les routes principales où certains sous-groupes de piétons comme les enfants ont tendance à ne pas marcher (Rothman *et al.* 2019).

De nouvelles méthodes de mesure des données d'exposition (volumes de véhicules et de piétons) peuvent permettre d'estimer avec précision le risque pour les piétons. Les données massives (*big data*) via les localisations des téléphones mobiles ou encore les algorithmes d'intelligence artificielle/d'apprentissage automatique sont ainsi possiblement prometteuses (Yin *et al.* 2015 ; Nordback *et al.* 2016). Pour autant, l'exposition en termes de volume piéton ou de distance parcourue (c'est-à-dire le risque par trajet, qu'il soit reconstitué ou connu via des traces GPS) n'est souvent pas prise en compte lors de l'évaluation du risque pour les piétons. Cela peut entraîner des incohérences dans le diagnostic de l'ampleur du problème et dans les solutions proposées pour y remédier.

4.5.2. L'importance d'évaluer les interventions et d'apprendre pour la suite

Historiquement, les stratégies de sécurité routière sont formulées autour des trois « E », des termes anglais pour l'ingénierie de la route (*engineering*), la sensibilisation des usagers (*education*) et le contrôle policier et législatif (*enforcement*). Dernièrement, plusieurs autres « E » sont apparus dans les stratégies de sécurité routière, y compris celui de l'évaluation, qui a été un élément relativement négligé dans les dernières décennies. Pourtant, l'évaluation des interventions avec des méthodes scientifiques rigoureuses est nécessaire pour soutenir la prise de décision fondée sur des données probantes, une des conditions d'application de la Vision Zéro abordée précédemment.

Une évaluation rigoureuse des interventions de promotion de la marche et de changements environnementaux examinant les effets sur le transport actif et/ou les blessures des piétons est nécessaire. Ces évaluations devraient idéalement impliquer des essais contrôlés randomisés, des études pré-post quasi expérimentales et contrôlées (Stoker *et al.* 2015) et tenir compte des différentes échelles d'intervention (individus, communauté) (Glasgow *et al.* 1999), ce qui n'est pas le cas actuellement, sauf pour quelques exceptions. Ces études devraient tenir compte des différences entre les divers sous-groupes de piétons, comme les aînés ou les enfants (Dumbaugh et Frank 2007). Pour plus de détails sur les méthodes d'évaluation des interventions, en lien avec la marche, voir aussi le chapitre 5.

4.6. Conclusion

Nous sommes tous piétons à toutes les étapes de notre vie et à différents moments de la journée, que ce soit les écoliers vers l'école, les adultes et les aînés pour qui la marche fait partie de leur quotidien ou encore les usagers du transport en commun qui marchent vers leurs stations et arrêts. Pourtant, la disponibilité d'infrastructures piétonnes sécuritaires et confortables n'est pas distribuée équitablement entre les quartiers d'une même ville, notamment où le statut socio-économique des populations varie, bien que la relation ne soit pas toujours linéaire entre les deux (Cowie *et al.* 2016 ; Su *et al.* 2019 ; Bereitschaft 2017). Un rapport de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) rappelle d'ailleurs que la marche demeure encore aujourd'hui un mode oublié et peu pris en considération dans les processus de planification du transport et de la mobilité (Forum international des transports 2012).

Il faut reconnaître que le modèle urbain post Seconde Guerre mondiale ne facilite pas la tâche des acteurs qui veulent réinventer la ville par et pour les piétons. De fait,

la configuration actuelle de la vaste majorité du réseau routier urbain, sauf pour quelques aires en centre-ville, est régie par une obligation de fluidité des déplacements automobiles, induisant des vitesses souvent excessives en regard des usagers les plus vulnérables. Des plans de mobilité mettant en avant les modes « doux » comme la marche exigent un leadership politique, un engagement financier et une reconnaissance des collectivités pour déconstruire ces configurations et en imaginer de nouvelles. À l'inverse, l'appel de ralliement de certains décrivant une *guerre-à-la-voiture* qui serait sous-jacente à ces plans de mobilité, est, selon nous, contreproductif. Cette rhétorique crée de l'animosité entre les usagers de la route et fait obstacle à l'objectif ultime d'assurer la sécurité de tous, en toutes circonstances. À partir de sa revue des travaux sur la marchabilité, le risque routier piéton et certaines interventions requises pour l'atténuer, ce chapitre souligne les principaux éléments à améliorer dans nos milieux de vie afin que tous puissent se déplacer à pied, en toute sécurité, dans le réseau viaire existant.

4.7. Bibliographie

- Adams, M.A., Frank, L.D., Schipperijn, J. *et al.* (2014). International variation in neighborhood walkability, transit, and recreation environments using geographic information systems: The IPEN adult study. *International Journal of Health Geographics*, 13(43).
- Agence de la Santé Publique du Canada. (2014). Chutes chez les aînés au Canada : Deuxième rapport. Rapport, Agence de la santé publique du Canada, Ottawa.
- Ahmadi, M., Valinejadi, A., Goodarzi, A., Safari, A., Hemmat, M., Majdabadi, H.A., Mohammadi, A. (2017). Geographic Information System (GIS) capabilities in traffic accident information management: a qualitative approach. *Electronic physician*, 9(6), 4533–4540.
- Al Shammas, T., Escobar, F. (2019). Comfort and time-based walkability index design : A GIS-based proposal. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16), 2850.
- Arason, N. (2014). *No Accident: Eliminating Injury and Death on Canadian Roads*. Wilfrid Laurier University Press, Waterloo.
- Austin, K., Tight, M., Kirby, H. (1997). The use of geographical information systems to enhance road safety analysis. *Transportation Planning and Technology*, 20(3), 249–266.

- Bélanger-Bonneau, H., Rannou, A., Thouez, J.-P., Damestoy, N. (2002). Les chutes à l'extérieur du domicile chez les personnes âgées de 55 ans et plus à Montréal et Laval. Rapport, Régie régionale de la santé et des services sociaux de Montréal-Centre, Direction de la santé publique, Montréal.
- Bellalite, L. (2011). Étude des conditions optimales correspondant aux différentes limites de vitesse en milieu urbain. Rapport, Université de Sherbrooke, Laboratoire d'application et de recherche en aménagement.
- Bellefleur, O., Gagnon, F. (2012). Apaisement de la circulation urbaine et santé : revue de littérature. Rapport, Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé, INSPQ, Montréal.
- Bereitschaft, B. (2017). Equity in neighbourhood walkability? A comparative analysis of three large U.S. cities. *Local Environment*, 22(7), 859–879.
- Björnstig, U., Björnstig, J., Dahlgren, A. (1997). Slipping on ice and snow – elderly women and young men are typical victims. *Accident Analysis & Prevention*, 29(2), 211–215.
- Bunn, F., Collier, T., Frost, C., Ker, K., Roberts, I., Wentz, R. (2003). Traffic calming for the prevention of road traffic injuries: systematic review and meta-analysis. *Injury Prevention*, 9(3), 200–204.
- Celis-Morales, C.A., Lyall, D.M., Welsh, P., Anderson, J., Steell, L., Guo, Y., Maldonado, R., Mackay, D.F., Pell, J.P., Sattar, N., Gill, J.M.R. (2017). Association between active commuting and incident cardiovascular disease, cancer, and mortality: prospective cohort study. *BMJ*, 357(j1456).
- Cerin, E., Saelens, B.E., Sallis, J.F., Frank, L.D. (2006). Neighborhood environment walkability scale: Validity and development of a short form. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(9), 1682–1691.
- Cervero, R., Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199–219.
- Chaudhury, H., Sarte, A.F.I., Michael, Y.L., Mahmood, A., Keast, E.M., Dogaru, C., Wister, A. (2011). Use of a systematic observational measure to assess and compare walkability for older adults in Vancouver, British Columbia and Portland, Oregon neighbourhoods. *Journal of Urban Design*, 16(4), 433–454.
- Clarke, P., Yan, T., Keusch, F., Gallagher, N.A. (2015). The impact of weather on mobility and participation in older US adults. *American Journal of Public Health*, 105(7), 1489–1494.

- Clarke, P., Hirsch, J.A., Melendez, R., Winters, M., Sims Gould, J., Ashe, M., Furst, S., McKay, H. (2017). Snow and Rain Modify Neighbourhood Walkability for Older Adults. *Canadian Journal on Aging*, 36(2), 159–169.
- Clifton, K.J., Livi, A.D. (2005). Gender Differences in Walking Behavior, Attitudes About Walking, and Perceptions of the Environment in Three Maryland Communities. Dans *Conference on Women's Issues in Transportation*. National Research Council (U.S.)/Transportation Research Board, Washington, 79–88.
- Clifton, K.J., Livi Smith, A.D., Rodriguez, D. (2007). The development and testing of an audit for the pedestrian environment. *Landscape and Urban Planning*, 80 (1/2), 95–110.
- Cloutier, M.-S., Howard, A. (2019). Pedestrian Injuries in Cities. Dans *Handbook of Global Urban Health*, Vojnovic, I., Pearson, A.L., Asiki, G., DeVerteuil, G., Allen, A. (dir.). Routledge, Londres, 431–447.
- Cloutier, M.-S., Beaulieu, E., Fridman, L., Macpherson, A.K., Hagel, B.E., Howard, A.W., Churchill, T., Fuselli, P., Macarthur, C., Rothman, L. (2021). State-of-the-art review: preventing child and youth pedestrian motor vehicle collisions: critical issues and future directions. *Injury Prevention*, 27(1), 77–84.
- Cowie, C.T., Ding, D., Rolfe, M.I., Mayne, D.J., Jalaludin, B., Bauman, A., Morgan, G.G. (2016). Neighbourhood walkability, road density and socio-economic status in Sydney. *Environmental Health*, 15(1), 58.
- Doggett, S., Ragland, D.R., Felschundneff, G. (2018). Evaluating Research on Data Linkage to Assess Underreporting of Pedestrian and Bicyclist Injury in Police Crash Data [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://escholarship.org/content/qt0jq5h6f5/qt0jq5h6f5.pdf> [Consulté le 21 août 2020].
- Dovey, K., Pafka, E. (2020). What is walkability? The urban DMA. *Urban Studies*, 57(1), 93–108.
- Duduta, N., Adriazola, C., Hidalgo, D., Lindau, L.A., Jaffe, R. (2012). Understanding Road Safety Impact of High-Performance Bus Rapid Transit and Busway Design Features. *Transportation Research Record*, 2317(1), 8–14.
- Dumbaugh, E., Frank, L. (2007). Traffic safety and safe routes to schools: synthesizing the empirical evidence. *Transportation Research Record*, 2009(1), 89–97.
- Dumbaugh, E., Li, W. (2011). Designing for the safety of pedestrians, cyclists, and motorists in urban environments. *Journal of the American Planning Association*, 77(1), 69–88.

- Duperrex, O., Bunn, F., Roberts, I. (2002). Safety education of pedestrians for injury prevention: a systematic review of randomized controlled trials. *BMJ*, 324, 1129–1133.
- Elvik, R. (2001). Cost – benefit analysis of road safety measures: applicability and controversies. *Accident Analysis & Prevention*, 33(1), 9–17.
- Ewing, R. (2001). Impacts of traffic calming. *Transportation Quarterly*, 55(1), 33–46.
- Ewing, R., Cervero, R. (2010). Travel and the built environment. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265–294.
- Fenster, T. (2005). Gender and the City: the Different Formations of Belonging. Dans *A Companion to Feminist Geography*, Nelson, L. Seager, J. (dir.). Blackwell Publishing, Malden, 242–256.
- Forum International Des Transports (2012). Piétons : Sécurité, espace urbain et santé. Rapport, OECD Publishing, Paris.
- Frank, L.D., Schmid, T.L., Sallis, J.F., Chapman, J., Saelens, B.E. (2005). Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form: Findings from SMARTRAQ. *American Journal of Preventive Medicine*, 28(2), 117–125.
- Frank, L.D., Sallis, J.F., Saelens, B.E., Leary, L., Cain, L., Conway, T.L., Hess, P.M. (2010). The development of a walkability index: Application to the neighborhood quality of life study. *British Journal of Sports Medicine*, 44(13), 924–933.
- Fridman, L., Ling, R., Rothman, L., Cloutier, M.S., Macarthur, C., Hagel, B., Howard, A. (2020). Effect of reducing the posted speed limit to 30 km per hour on pedestrian motor vehicle collisions in Toronto. Canada – a quasi experimental, pre-post study. *BMC Public Health*, 20(1), 56.
- Gagné, M., Blanchet, C., Jean, S., Hamel, D. (2018). Chutes et facteurs associés chez les aînés québécois vivant à domicile. Rapport, Institut national de Santé Publique du Québec (INSPQ), Québec.
- Ghaffar, A., Hyder, A.A., Masud, T.I. (2004). The burden of road traffic injuries in developing countries: the 1st national injury survey of Pakistan. *Public Health*, 118 (3), 211 – 217.
- Giles-Corti, B., Macaulay, G., Middleton, N., Boruff, B., Bull, F., Butterworth, I., Badland, H., Mavoa, S., Roberts, R., Christian, H. (2014). Developing a research and practice tool to measure walkability: A demonstration project. *Health Promotion Journal of Australia*, 25(3), 160–166.

- Glasgow, R.E., Vogt, T.M., Boles, S.M. (1999). Evaluating the public health impact of health promotion interventions: the RE-AIM framework. *American Journal of Public Health*, 89(9), 1322–1327.
- Grundy, C., Steinbach, R., Edwards, P., Green, J., Armstrong, B., Wilkinson, P. (2009). Effect of 20 mph traffic speed zones on road injuries in London, 1986-2006: controlled interrupted time series analysis. *BMJ*, 339 (b4469).
- Guo, J.Y., Gandavarapu, S. (2010). An economic evaluation of health-promotive built environment changes. *Preventive medicine*, 50(1), S44–49.
- Gyllencreutz, L., Björnstig, J., Rolfsman, E., Saveman, B.I. (2015). Outdoor pedestrian fall-related injuries among Swedish senior citizens injuries and preventive strategies. *Scand. J. Caring. Sci.*, 29(2), 225–233.
- Haddon, W. (1968). The changing approach to the epidemiology, prevention, and amelioration of trauma: the transition to approaches etiologically rather than descriptively based. *American Journal of Public Health and the Nation's Health*, 58(8), 1431–1438.
- Haight, F.A. (1986). Risk, especially risk of traffic accident. *Accident Analysis & Prevention*, 18(5), 359–366.
- Hakkert, A.S., Braimaister, L. (2002). The uses of exposure and risk in road safety studies. Rapport, Institute for road safety research (SWOV), Leidschendam.
- Hauer, E. (1982). Traffic conflicts and exposure. *Accident Analysis & Prevention*, 14 (5), 359 – 364.
- Huguenin-Richard, F., Cloutier, M.-S. (2021). Mesure du potentiel de marche et de l'accessibilité dans les espaces urbains pour les piétons âgés. *Flux*, 123 (1), 30 – 53.
- Huguenin-Richard, F., Granié, M.-A., Dommès, A., Coquelet, C., Cloutier, M.-S. (2014). La marche à pied pour les séniors : un mode de déplacement durable ?. Rapport, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, Paris.
- Imprialou, M., Quddus, M. (2019). Crash data quality for road safety research: current state and future directions. *Accident Analysis & Prevention*, 130, 84–90.
- International Transport Forum (2020). Road Safety Annual Report 2020. Rapport, Paris.
- Janstrup, K.H., Kaplan, S., Hels, T., Lauritsen, J., Prato, C.G. (2016). Understanding traffic crash under-reporting: linking police and medical records to individual and crash characteristics. *Traffic injury prevention*, 17(6), 580–584.

- Johansson, R. (2009). Vision Zero – Implementing a policy for traffic safety. *Safety Science*, 47(6), 826–831.
- Jones, S.J., Lyons, R.A., John, A., Palmer, S.R. (2005). Traffic calming policy can reduce inequalities in child pedestrian injuries: database study. *Injury Prevention*, 11(3), 152–156.
- Khanal, A., Mateo-Babiano, I. (dir.) (2016). What kind of built environment favours walking? À systematic review of the walkability indices. Australasian Transport Research Forum.
- Kobusingye, O.C., Guwatudde, D., Lett, R. (2001). Injury patterns in rural and urban Uganda. *Injury Prevention*, 7, 46–50.
- Kronenberg, C., Woodward, L., Dubose, B., Weissman, D. (2015). Achieving Vision Zero: Data-Driven Investment Strategy to Eliminate Pedestrian Fatalities on a Citywide Level. *Transportation Research Record*, 2519(1), 146–156.
- Labinjo, M., Juillard, C., Kobusingye, O.C., Hyder, A.A. (2009). The burden of road traffic injuries in Nigeria: results of a population-based survey. *Injury Prevention*, 15(3), 157–162.
- Lee, I.M., Buchner, D.M. (2008). The importance of walking to public health. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(7), S512–518.
- Lee, E., Dean, J. (2018). Perceptions of walkability and determinants of walking behaviour among urban seniors in Toronto. *Journal of Transport and Health*, 9, 309–320.
- Lee, S., Talen, E. (2014). Measuring Walkability: A Note on Auditing Methods. *Journal of Urban Design*, 19(3), 368–388.
- Lord, S., Negron-Poblete, P. (2014). Les grands ensembles résidentiels adaptés québécois destinés aux aînés. Une exploration de la marchabilité du quartier à l'aide d'un audit urbain. *Norois*, 232, 35–52.
- Maghelal, P.K., Capp, C.J. (2011). Walkability: A review of existing pedestrian indices. *URISA Journal*, 23(2), 5–19.
- Maillot, P., Dommès, A., Dang, N.T., Vienne, F. (2017). Training the elderly in pedestrian safety: Transfer effect between two virtual reality simulation devices. *Accident Analysis & Prevention*, 99A, 161–170.
- Mammen, G., Faulkner, G. (2013). Physical activity and the prevention of depression: a systematic review of prospective studies. *American Journal of Preventive Medicine*, 45(5), 649–657.

- Morency, P., Gauvin, L., Tessier, F., Miranda-Moreno, L., Cloutier, M.S., Morency, C. (2011). Analyse désagrégée des facteurs environnementaux associés au nombre d'enfants blessés par un véhicule à moteur en milieu urbain. *Cahiers de Géographie du Québec*, 55(156), 449–468.
- Moshiro, C., Heuch, I., Astrom, A.N., Setel, P., Hemed, Y., Kvale, G. (2005). Injury morbidity in an urban and a rural area in Tanzania: an epidemiological survey. *BMC Public Health*, 5(11).
- Moura, F., Cambra, P., Gonçalves, A.B. (2017). Measuring walkability for distinct pedestrian groups with a participatory assessment method: A case study in Lisbon. *Landscape and Urban Planning*, 157, 282–296.
- Mukhtar, M., Guillette, D., Lapos, N., Fitzpatrick, S., Jaros, R. (2019). An objective walkability index for public health and planning in Peel Region, Ontario, Canada [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.cdc.gov/pcd/issues/2019/18_0469.htm [Consulté le 4 avril 2021].
- Negron-Poblete, P., Lord, S. (2014). Marchabilité des environnements urbains autour des résidences pour personnes âgées de la région de Montréal : application de l'audit MAPPA. *Cahiers de Géographie du Québec*, 58(164), 233–257.
- New York City Mayor's Office of Operations (2020). Vision Zero: Year Six Report. Rapport, New York. [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www1.nyc.gov/assets/visionzero/downloads/pdf/vision-zero-year-6-report.pdf> [Consulté le 1^e avril 2021].
- Nordback, K., Kothuri, S., Petritsch, T., Mcleod, P., Rose, E., Twaddell, H. (2016). Exploring Pedestrian Counting Procedures: A Review and Compilation of Existing Procedures, Good Practices, and Recommendations. Rapport, Federal Highway Administration, Washington.
- Office Québécois de la Langue Française (2009) Définition : marchabilité. Définition : marchabilité. Le grand dictionnaire terminologique [En ligne]. Disponible à l'adresse : http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8363771 [Consulté le 3 avril 2021].
- Organisation Mondiale de la Santé (2013). Sécurité des piétons : Manuel de sécurité routière pour les décideurs et les intervenants. Rapport, Organisation mondiale de la Santé, Genève.
- Organisation Mondiale de la Santé (2018a). Les chutes. Rapport, OMS, Genève [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/falls> [Consulté le 1^e avril 2021].

- Organisation Mondiale de la Santé (2018b). Rapport de situation sur la sécurité routière dans le monde 2018. Rapport, OMS, Genève [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/French-Summary-GSRRS2018.pdf [Consulté le 3 avril 2021].
- Oxley, J., O'herm, S., Burt, D., Rossiter, B. (2018). Falling while walking: A hidden contributor to pedestrian injury. *Accident Analysis & Prevention*, 114, 77–82.
- Pabayo, R.A., Gauvin, L., Barnett, T.A., Morency, P., Nikiema, B., Seguin, L. (2012). Understanding the determinants of active transportation to school among children: evidence of environmental injustice from the Quebec Longitudinal Study of Child Development. *Health & Place*, 18(2), 163–171.
- Paquin, S. (2002). Pour un environnement urbain sécuritaire : guide d'aménagement. Rapport, Ville de Montréal, Montréal.
- Paquin, S. (2015). Audit de potentiel piétonnier actif sécuritaire (PPAS) : le guide complet 2.1. Rapport, Direction de la santé publique, Montréal.
- Raulin, F.O., Lord, S.B., Negron-Poblete, P. (2016). Évaluation de la marchabilité de trois environnements urbains de la région métropolitaine montréalaise à partir de l'outil MAPPA. *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement*, 16(2).
- Retting, R.A., Ferguson, S.A., McCartt, A.T. (2003). A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce pedestrian – motor vehicle crashes. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1456.
- Rifaat, S., Tay, R., De Barros, A. (2011). Effect of street pattern on the severity of crashes involving vulnerable road users. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 276–283.
- Rothman, L., Buliung, R., Macarthur, C., To, T., Howard, A. (2014). Walking and child pedestrian injury: a systematic review of built environment correlates of safe walking. *Injury Prevention*, 20(1), 41–49.
- Rothman, L., Macpherson, A., Buliung, R., Macarthur, C., To, T., Larsen, K., Howard, A. (2015). Installation of speed humps and pedestrian-motor vehicle collisions in Toronto, Canada: a quasi-experimental study. *BMC Public Health*, 15(74).
- Rothman, L., Cloutier, M.-S., Manaugh, K., Howard, A.W., Macpherson, A.K., Macarthur, C. (2019). Spatial distribution of roadway environment features related to child pedestrian safety by census tract income in Toronto, Canada. *Injury Prevention*, 26(3), 229–233.

- Saelens, B.E., Sallis, J.F., Frank, L.D. (2003). Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Annals of Behavioral Medicine*, 25(2), 80–91.
- Saghapour, T., Moridpour, S., Thompson, R.G. (2019). Estimating walking access levels incorporating distance thresholds of built environment features. *International Journal of Sustainable Transportation*, 13(1), 1–14.
- Schepers, P., Den Brinker, B., Methorst, R., Helbich, M. (2017). Pedestrian falls: A review of the literature and future research directions. *J. Safety Res.*, 62, 227–234.
- Stockton, J.C., Duke-Williams, O., Stamatakis, E., Mindell, J.S., Brunner, E.J., Shelton, N.J. (2016). Development of a novel walkability index for London, United Kingdom: Cross-sectional application to the Whitehall II Study. *BMC Public Health*, 16(1).
- Stoker, P., Garfinkel-Castro, A., Khayesi, M., Odero, W., Mwangi, M.N., Peden, M., Ewing, R. (2015). Pedestrian safety and the built environment: a review of the risk factors. *Journal of Planning Literature*, 30(4), 377–392.
- Su, S., Zhou, H., Xu, M., Ru, H., Wang, W., Weng, M. (2019). Auditing street walkability and associated social inequalities for planning implications. *Journal of Transport Geography*, 74, 62–76.
- Sundstrom, C. (2017). Road Safety Fundamentals, Unit 3: Measuring Safety. Rapport, Federal Highway Administration, Washington.
- Swedish Transportation Administration (2015). Road Safety – Vision Zero on the move. Rapport, Borlänge, Suède [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/20151210_1_sweden.pdf [Consulté le 4 avril 2021].
- Tester, J.M., Rutherford, G.W., Wald, Z., Rutherford, M.W. (2004). A matched case-control study evaluating the effectiveness of speed humps in reducing child pedestrian injuries. *Am. J. Public Health*, 94(4), 646–650.
- Tournier, I., Dommès, A., Cavallo, V. (2016). Review of safety and mobility issues among older pedestrians. *Accident Analysis & Prevention*, 91, 24–35.
- Transportation for America (2011). Dangerous by Design: Solving the Epidemic of Preventable Pedestrian Deaths. Rapport, Washington.
- Transportation for America (2021). Dangerous by Design 2021. Rapport, National Complete Streets Coalition et Smart Growth America, Washington.
- Twisk, D.A.M., Vlakveld, W.P., Commandeur, J.J.F., Shope, J.T., Kok, G. (2014). Five road safety education programmes for young adolescent pedestrians and cyclists: A multi-programme evaluation in a field setting. *Accident Analysis & Prevention*, 66, 55–61.

- Vale, D.S., Saraiva, M., Pereira, M. (2016). Active accessibility: A review of operational measures of walking and cycling accessibility. *Journal of Transport and Land Use*, 9(1), 209–235.
- Valentine, G. (1989). The Geography of Women’s Fear. *Area*, 21 (4), 385–390.
- Vargo, J., Stone, B., Glanz, K. (2012). Google walkability: A new tool for local planning and public health research?. *Journal of Physical Activity and Health*, 9(5), 689–697.
- Värnild, A., Tillgren, P., Larm, P. (2020). What types of injuries did seriously injured pedestrians and cyclists receive in a Swedish urban region in the time period 2003 – 2017 when Vision Zero was implemented?. *Public Health*, 181, 59–64.
- Vaughn, S.T. (2011). Women’s Safety and Security Issues with Bicycling and Walking : Examination of Potential Planning, Design, and Technology Solutions. Dans *4th International Conference on Women’s Issues in Transportation*. National Research Council, Transportation Research Board, Washington.
- Ville de Montréal (2020). État de la sécurité routière 2019. Rapport, Ville de Montréal, Montréal.
- Vision Zero Network (2021). What is Vision Zero? What is Vision Zero ? [En ligne]. Disponible à l’adresse : <https://visionzeronetwork.org/about/what-is-vision-zero/> [Consulté le 4 avril 2021].
- Vivre en ville (2020). Conception et mise en oeuvre de rues apaisées : Outils pour concilier accessibilité, convivialité et sécurité sur les rues partagées et les rues étroites. Rapport, Vivre en Ville, Québec.
- Waiz, F.H., Hoefliger, M., Fehlmann, W. (dir.) (1983). Speed limit reduction from 60 to 50 km/h and pedestrian injuries. Dans *27th Stapp Car Crash Conference and Child Injury and Restraint Conference with IRCOBI*. SAE Technical Paper, San Diego.
- Wilson, C., Willis, C., Hendrikz, J.K., Le Brocque, R., Bellamy, N. (2010). Speed cameras for the prevention of road traffic injuries and deaths. *Cochrane database of systematic reviews*, 10, CD004607.
- World Health Organisation (2013). Pedestrian Safety: A Road Safety Manual for Decision-Makers and Practitioners. Rapport, WHO, Genève.
- Yin, L., Cheng, Q., Wang, Z., Shao, Z. (2015). ‘Big data’ for pedestrian volume: Exploring the use of Google Street View images for pedestrian counts. *Applied Geography*, 63, 337–345.