

Liens entre les caractéristiques de l'environnement bâti et la pratique sécuritaire du vélo : synthèse de connaissances

Liens entre les caractéristiques de l'environnement bâti et la pratique sécuritaire du vélo : synthèse de connaissances

Direction du développement et des individus et des communautés

Septembre 2016

AUTEURS

Éric Robitaille, Ph. D., chercheur d'établissement
Fulvia Bellingeri, M. Sc., stagiaire
Estelle Nauroy, M. Sc., stagiaire
Direction du développement des individus et des communautés
Institut national de santé publique du Québec

SOUS LA COORDINATION DE

Johanne Laguë, M.D., M. Sc., FRCPC, adjointe à la programmation scientifique et à la qualité
Direction du développement des individus et des communautés
Institut national de santé publique du Québec

AVEC LA COLLABORATION DE

Vicky Tessier, M.S.I., M.A
Vice-présidence à la valorisation scientifique et aux communications
Laurie Vallières, M. Sc., stagiaire,
Étienne Pigeon, Ph. D., conseiller scientifique
Direction du développement des individus et des communautés
Institut national de santé publique du Québec

SOUTIEN TECHNIQUE

Marianne Dubé, technicienne
Direction du développement des individus et des communautés
Institut national de santé publique du Québec

MISE EN PAGE

Carmen Michaud, agente administrative
Direction du développement des individus et des communautés
Institut national de santé publique du Québec

COMITÉ DE SUIVI

Olivier Bellefleur, M.A., M. Sc., agent de recherche
Vice-présidence à la valorisation scientifique et aux communications
Guillaume Burigusa, M.A., M. Sc., conseiller scientifique,
Direction du développement des individus et des communautés
Institut national de santé publique du Québec

RÉVISION SCIENTIFIQUE

Carl Clements, Éd. phys., B. Éd. phys., agent de planification, de programmation et de recherche,
Centre intégré de santé et des services sociaux de l'Outaouais/Direction de santé publique

François Gagnon, Ph. D., agent de recherche
Vice-présidence à la valorisation scientifique et aux communications
Institut national de santé publique du Québec

Marc Jolicoeur, ing., directeur de la recherche
Vélo Québec

Ugo Lachapelle, Ph. D., professeur
Département d'études urbaines et touristiques
École des sciences de la gestion
Université du Québec à Montréal

Patrick Morency, M.D., Ph. D., médecin spécialiste en santé communautaire
Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal/Direction de santé publique

Marie-Claude Paquette, Dt. P., Ph. D., conseillère scientifique/experte
Direction du développement des individus et des communautés
Institut national de santé publique du Québec

REMERCIEMENTS

Ce rapport a été réalisé grâce à la participation financière du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec.

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal – 3^e trimestre 2016
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-76397-0 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2016)

Table des matières

Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	V
Liste des photographies	VII
Faits saillants.....	1
Sommaire.....	3
1 Statistiques descriptives sur la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes au Québec.....	7
2 Bénéfices santé de la pratique du vélo sécuritaire	11
3 Méthodologie.....	13
3.1 La variable d'intérêt : la pratique du vélo	13
3.2 La variable d'intérêt : la sécurité des cyclistes.....	13
3.3 Environnement bâti et aménagé, pratique du vélo et sécurité des cyclistes.....	14
3.3.1 Mots-clés et bases de données consultées.....	16
3.3.2 Critères d'inclusion	16
3.3.3 Extraction de l'information.....	17
3.3.4 Analyses.....	17
4 Résultats	19
4.1 Éléments et interventions de l'environnement bâti et aménagé liés à la pratique du vélo	19
4.1.1 Forme urbaine : environnement plus favorable à la pratique du vélo	19
4.1.2 Forme urbaine : environnement moins favorable à la pratique du vélo	22
4.1.3 Infrastructures : environnement favorable à la pratique du vélo	24
4.1.4 Installations : environnement plus et moins favorable à la pratique du vélo.....	28
4.1.5 Résultats de recensions d'écrits scientifiques sur l'environnement bâti et la pratique du vélo	30
4.2 Éléments et interventions de l'environnement bâti et aménagé liés à la sécurité des cyclistes	30
4.2.1 Forme urbaine : environnement moins favorable à la sécurité des cyclistes.....	30
4.2.2 Infrastructures : environnement plus favorable à la sécurité des cyclistes.....	33
4.2.3 Infrastructures : environnement moins favorable à la sécurité des cyclistes.....	41
4.2.4 Installations : environnement plus et moins favorable à la sécurité des cyclistes	45
4.2.5 Résultats de recensions d'écrits scientifiques sur l'environnement bâti et la sécurité des cyclistes.....	47
5 Discussion.....	49
5.1 Interventions prometteuses afin de rendre les environnements bâtis et aménagés plus favorables à une pratique sécuritaire du vélo	49
5.2 Environnement bâti et aménagé, inégalités sociales et pratique sécuritaire du vélo	56
5.3 Environnements politique, socioculturel et économique favorables à une pratique sécuritaire du vélo.....	57
5.4 Forces et limites de la recension des écrits scientifiques	58

5.5	Limites des écrits recensés	58
5.5.1	Limites des études liées à la pratique du vélo	58
5.5.2	Limites des études liées à la sécurité des cyclistes	59
6	Conclusion	61
Annexe 1	Variation géographique des parts modales du vélo pour se rendre au travail	75
Annexe 2	Environnement bâti et sécurité des usagers de la route	79
Annexe 3	Terminologie	83
Annexe 4	Mots-clés.....	91

Liste des tableaux

Tableau 1	Environnement plus favorable à la pratique du vélo : sommaire des mesures d'association avec les caractéristiques de la forme urbaine.....	20
Tableau 2	Environnement moins favorable à la pratique du vélo : sommaire des mesures d'association avec les caractéristiques de la forme urbaine.....	23
Tableau 3	Environnement plus favorable à la pratique du vélo : sommaire des mesures d'association avec les infrastructures.....	26
Tableau 4	Environnement plus et moins favorable à la pratique du vélo : sommaire des mesures d'association avec les installations	29
Tableau 5	Environnement moins favorable à la sécurité des usagers du vélo : sommaire des mesures d'association avec la forme urbaine	32
Tableau 6	Environnement plus favorable à la sécurité des usagers du vélo : sommaire des mesures d'association avec les infrastructures.....	39
Tableau 7	Environnement moins favorable à la sécurité des usagers du vélo : sommaire des mesures d'association avec les infrastructures.....	44
Tableau 8	Environnement plus et moins favorable à la sécurité des cyclistes : sommaire des mesures d'association avec les installations	46
Tableau 9	Caractéristiques de l'environnement bâti favorables à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes	53
Tableau 10	Caractéristiques de l'environnement bâti moins favorables à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes	54
Tableau 11	Terminologie des infrastructures et des installations	85
Tableau 12	Mots-clés.....	93

Liste des figures

Figure 1	Modèle conceptuel des liens entre les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé, la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes	15
Figure 2	Guide de planification des aménagements cyclistes sur route tout trafic (Danemark)	55
Figure 3	Proportion des personnes de 15 ans et plus utilisant le vélo pour se rendre au travail.....	77
Figure 4	Proportion des personnes de 15 ans et plus utilisant le vélo pour se rendre au travail – régions métropolitaines (RM)	78
Figure 5	Modèle conceptuel des liens entre l'environnement bâti et la sécurité des usagers de la route.....	81

Liste des photographies

Photo 1	Exemple d'une piste cyclable aménagée dans l'emprise de la route et séparée par un muret, Montréal.....	25
Photo 2	Exemple d'une station de partage de vélos, Montréal	28
Photo 3	Exemple d'une intersection surélevée, Malmö, Suède.....	34
Photo 4	Exemple d'une traverse cyclable avec du marquage et colorée, Montréal.....	34
Photo 5	Exemple d'une intersection sans feu de circulation, ni arrêt avec des mesures d'apaisement de la circulation (distance entre la circulation motorisée et la piste cyclable de 5 mètres et traverses surélevées	35
Photo 6	Exemple d'un giratoire avec piste cyclable sans priorité pour les usagers du vélo.....	35
Photo 7	Exemple d'une infrastructure de déviation des véhicules motorisés	37
Photo 8	Exemple d'un aménagement de réduction de voie routière.....	38
Photo 9	Exemple d'un giratoire avec bande cyclable	42
Photo 10	Giratoire à trafic mixte.....	42
Photo 11	Giratoire avec pistes cyclables séparées prioritaires	43
Photo 12	Route verte, Laval	50

Faits saillants

Ce rapport présente les résultats d'une synthèse des écrits scientifiques entourant l'association entre les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé, la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes. Les principaux faits saillants dégagés sont les suivants :

- En lien avec l'environnement bâti et la pratique du vélo :
 - La densité, la mixité, la connectivité et les potentiels piétonnier et cyclable élevés de l'environnement bâti et aménagé sont associés significativement et positivement à la pratique du vélo.
 - La présence, l'accessibilité ou l'aménagement de pistes cyclables séparées et aménagées dans l'emprise de la route, de pistes cyclables en site propre, de bandes cyclables et des mesures d'apaisement de la circulation peuvent favoriser la pratique du vélo.
 - L'hiver, l'entretien des infrastructures cyclables peut se traduire en une augmentation du nombre de cyclistes.
 - L'accessibilité à des services de partage de vélos, des stationnements pour vélos, des douches et des vestiaires sur les lieux de travail sont des installations liées significativement à une pratique plus importante du vélo.
- En lien avec l'environnement bâti et la sécurité des cyclistes :
 - Des caractéristiques de la forme urbaine sont défavorables à la sécurité des cyclistes telles que la connectivité du réseau routier, la présence d'intersections et d'arrêts d'autobus. La présence d'activités commerciales, en particulier de grandes surfaces et de zones linéaires de commerces, est aussi liée à des risques de collisions et de traumatismes plus élevés.
 - Les réductions de la vitesse et du volume des véhicules motorisés par des mesures d'apaisement de la circulation sont liées à la sécurité des usagers du vélo.
 - L'aménagement d'infrastructures aux intersections, le réaménagement de la voie routière afin d'accorder plus d'espaces aux cyclistes et la séparation physique du trafic motorisé du trafic cycliste sont des stratégies d'interventions et des éléments pouvant améliorer la sécurité des cyclistes.
 - En milieu rural, les accotements revêtus et les chaussées éclairées peuvent favoriser la sécurité des cyclistes.
- En lien avec l'environnement bâti, la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes :
 - La présence dans l'environnement bâti de mesures d'apaisements de la circulation et de pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route peut favoriser simultanément la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes.
 - La présence d'artères et d'utilisation du sol de nature commerciale, en particulier les activités commerciales de grandes surfaces sont à la fois défavorables à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes.

Sommaire

Contexte

Au Québec, le Programme national de santé publique (PNSP) est, entre autres, axé sur la création d'environnements sains et sécuritaires. Les services proposés visent à modifier les environnements physique, politique, économique et socioculturel, de façon à ce qu'ils soient propices à la santé physique, mentale et psychosociale rendant les choix favorables à la santé plus facile et plus accessible (MSSS, 2015). Afin de préciser quelles modifications apporter aux environnements, des analyses doivent être menées pour documenter les liens entre les environnements – notamment l'environnement physique et plus spécifiquement l'environnement bâti et aménagé¹ – la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes. Cette étude a été conçue pour répondre à ce besoin de connaissances.

Objectif

Dans des perspectives de prévention et de promotion des saines habitudes de vie et de prévention des traumatismes non intentionnels, ce rapport vise à présenter les résultats d'une recension des écrits scientifiques entourant l'association entre les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé et la pratique sécuritaire du vélo.

Méthodologie

Afin de répondre à notre objectif, une synthèse des écrits scientifiques a été menée sur les liens entre les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé, l'activité physique de transport ou de loisirs par le vélo et les collisions et les traumatismes non intentionnels chez les cyclistes dans plus de neuf bases de données entre mai 2014 et avril 2015. Les études incluses dans la recension 1) sont de nature quantitative; 2) se déroulent dans un pays où les déplacements sont principalement motorisés; 3) traitent d'un aspect de l'environnement bâti et aménagé; 4) étudient soit l'activité physique de transport ou de loisirs par le vélo ou les collisions et les traumatismes non intentionnels chez les cyclistes. Les éléments de l'environnement bâti et aménagé ont été catégorisés selon qu'ils touchent les aspects de la forme urbaine (utilisation du sol, mixité, densité), des infrastructures (piste cyclable, carrefour giratoire) ou des installations (stationnement pour vélos, service de partage de vélos). Les résultats sont exposés en fonction des liens avec la pratique du vélo et avec les collisions/traumatismes non intentionnels chez les cyclistes.

Principaux résultats

Selon les résultats de la recension des écrits scientifiques, plusieurs caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé favorisent ou non la pratique du vélo ou la sécurité des cyclistes.

Du côté de la forme urbaine, une densité, une mixité, une connectivité et des potentiels piétonnier et cyclable élevés sont liés significativement et positivement à la pratique du vélo. Les secteurs caractérisés par la présence de commerces de proximité et des espaces récréatifs sont aussi associés à une pratique plus importante du vélo de la part de la population. L'accessibilité, la disponibilité ou l'aménagement de pistes cyclables, de pistes cyclables en site propre, de bandes cyclables et des mesures d'apaisement de la circulation peuvent favoriser la pratique du vélo. Concernant la pratique hivernale du vélo, il semble que l'entretien des infrastructures cyclables pourrait se traduire en une augmentation de la pratique, mais l'impact populationnel d'un tel entretien

¹ La synthèse présentée dans ce document porte seulement sur les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé liées à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes. Le port du casque de vélo comme facteur de l'environnement physique ne fait pas l'objet de cette synthèse.

n'a pas encore été démontré. Enfin l'implantation et l'accessibilité plus importante à des services de vélos partage, des stationnements pour vélos, des douches et des vestiaires sur les lieux de travail sont liés significativement à une pratique plus importante du vélo.

Des caractéristiques de la forme urbaine sont défavorables à la sécurité des cyclistes telles que la connectivité du réseau routier, la présence d'intersections et d'arrêts d'autobus. La présence d'activités commerciales, en particulier de grandes surfaces et de zones linéaires de commerces, est aussi liée à des risques de collisions et de traumatismes plus élevés parce qu'elles engendrent un volume et des vitesses de trafic motorisé plus élevés. Du côté des infrastructures, les carrefours giratoires avec bandes cyclables et les bandes cyclables aux intersections sont liés significativement à des fréquences de collisions et de traumatismes plus élevées.

Plusieurs interventions et éléments liés aux infrastructures peuvent améliorer la sécurité des cyclistes. Ces interventions et éléments portent sur les réductions de la vitesse et du volume du trafic motorisé (déviation de la circulation motorisée, réduction de la vitesse, réduction de la largeur des voies routières); de l'aménagement d'infrastructures aux intersections (traverses colorées avec marquage et chevrons, certains types de giratoire); du réaménagement de la voie routière afin d'accorder plus d'espaces aux cyclistes (double sens cyclable) et de la séparation physique du trafic motorisé des cyclistes (pistes cyclables séparées et aménagées dans l'emprise de la route). En milieu rural, les accotements revêtus et les chaussées éclairées peuvent favoriser la sécurité des cyclistes.

Les résultats de la recension ont montré que quelques éléments de l'environnement bâti et aménagé peuvent favoriser simultanément la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes. Ces éléments et interventions sont liés aux réductions de la vitesse et du volume du trafic motorisé (ex. : mesures d'apaisements de la circulation) et à la séparation physique du trafic motorisé du trafic cycliste (ex. : pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route). Des éléments de la forme urbaine sont à la fois défavorables à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes. Ces éléments sont liés à la présence d'artères et d'utilisation du sol de nature commerciale, en particulier les activités commerciales de grandes surfaces.

Conclusion

À la lumière de ces résultats, il importe de renforcer la collaboration entre les responsables de la santé publique et ceux de la planification urbaine afin d'optimiser l'implantation de mesures du cadre bâti et aménagé favorisant la pratique sécuritaire du vélo.

Introduction

La mécanisation de nos sociétés au courant de la dernière moitié du 20^e siècle a modifié nos modes de vie. En conséquence, l'activité physique quotidienne a diminué considérablement pour une grande majorité de la population des pays à revenu élevé (Garrard, Rissel et Bauman, 2012). De plus, suite à des processus d'urbanisation liés à l'étalement urbain, d'importants changements sont survenus dans les modes de transport utilisés pour se déplacer en favorisant l'utilisation de l'automobile au détriment de la marche et du vélo (Frank, Engelke et Schmid, 2003; Garrard, Rissel et Bauman, 2012). Pour contrer ces tendances, plusieurs pays font désormais la promotion du transport actif, en particulier par le vélo. Diverses politiques publiques encouragent la pratique du vélo pour des raisons environnementales (ex. : réduction de la pollution atmosphérique), économiques (ex. : réduction des coûts associés à la congestion routière) et de santé publique (Banister, 2008; Kohl et collab., 2012; USDOT, 2010; NICE, 2012). Au Québec, la promotion du transport actif sécuritaire tel que l'utilisation du vélo est l'une des priorités du Programme national de santé publique (MSSS, 2015).

Dans une perspective de santé publique, plusieurs raisons peuvent inciter les intervenants à promouvoir l'utilisation du vélo comme mode de déplacement et surtout comme une forme d'activité physique d'intensité modérée à vigoureuse. L'utilisation du vélo comme mode de déplacement procure des opportunités intéressantes afin de favoriser un mode de vie physiquement actif. De plus, le transport actif par le vélo est accessible à une part importante de la population ne pratiquant pas nécessairement d'autres formes d'activités sportives ou récréatives. Dans plusieurs pays, le cyclisme utilitaire est pratiqué par plusieurs groupes de la population : les travailleurs, les enfants, les personnes plus âgées, les adolescents et les personnes à faible revenu (Garrard, Rissel et Bauman, 2012; Cohen et collab., 2011).

La pratique du vélo et la sécurité des cyclistes découlent des interactions entre les caractéristiques des individus et des environnements dont l'environnement physique qui inclut des éléments naturels et des éléments bâtis et aménagés (Bauman et collab., 2012; Heinen, van Wee et Maat, 2009; Panter et Jones, 2010; Saelens et Handy, 2008). L'objectif principal de ce rapport est de présenter les résultats d'une synthèse des écrits scientifiques entourant l'association entre les caractéristiques de l'environnement physique (bâti et aménagé) la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes. Très peu d'études se sont penchées simultanément sur les liens entre les caractéristiques de l'environnement bâti, la pratique du vélo ainsi que les collisions et les blessures chez les cyclistes. Il est essentiel d'étudier ces deux aspects simultanément afin d'intervenir le plus judicieusement possible pour créer des environnements favorables à des déplacements actifs en contexte sécuritaire.

Pour répondre à cet objectif, ce rapport est divisé en cinq parties. La première partie présente quelques statistiques descriptives de la pratique du vélo et de la sécurité des cyclistes au Québec. La seconde partie porte sur les bénéfices santé de la pratique du vélo. La section suivante présente la méthodologie utilisée pour la réalisation de la recension des écrits scientifiques. Cette section définit dans un premier temps les variables d'intérêts : la pratique du vélo comme activité physique de loisirs ou de transport et la sécurité des cyclistes liée aux collisions et aux traumatismes non intentionnels chez les cyclistes. L'environnement bâti et aménagé lié à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes est aussi défini. Par la suite, les mots-clés utilisés, les critères d'inclusion des études, les méthodes d'extraction et d'analyse de l'information sont présentés. La quatrième section du rapport porte sur les résultats de la recension. La cinquième section analyse les éléments et les interventions prometteuses de l'environnement bâti et aménagé reliés à une pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes. Elle se termine par une discussion sur les limites des articles issus de la littérature.

1 Statistiques descriptives sur la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes au Québec

Au Québec, la pratique du vélo est en progression chez les jeunes et chez les adultes. Le dernier portrait de la pratique du vélo réalisé par Vélo Québec en 2015 indique que le nombre de personnes adultes rapportant avoir fait au moins une fois du vélo durant une semaine est en augmentation, passant de 1,8 million en 2005 à près de 2 millions en 2015. Du côté des jeunes de 6 à 17 ans, le taux de cycliste c'est-à-dire les jeunes ayant déclaré avoir fait du vélo au moins une fois par semaine était en baisse de 10 points de pourcentage passant de 69 % en 2005 à 59 % en 2010. Selon le dernier portrait de Vélo Québec, il est à nouveau à 69 % en 2015 (Vélo Québec, 2016).

Quant aux mesures de part modale du vélo, c'est-à-dire le mode de transport utilisé pour se rendre au travail, elles demeurent faibles, mais en augmentation. Selon les données de l'Enquête nationale auprès des ménages de 2011, pour l'ensemble du Québec, la part modale du vélo se situait à 1,3 %. Cette part modale du vélo a augmenté depuis 1996, passant de 1,0 % à 1,4 % en 2006 pour se stabiliser par la suite à 1,3 % en 2011² (Statistique Canada, 2011, 1996). Il y a cependant, des secteurs où la pratique du vélo pour des déplacements domicile-travail est plus importante, soit une part modale supérieure à 10 %, en particulier dans les secteurs centraux de l'agglomération de Montréal³. Les figures 3 et 4 (annexe 1) illustrent la variation spatiale de la proportion des personnes utilisant le vélo pour se rendre au travail à partir des données du recensement de 2006. Les proportions varient de 0 à près de 16 % pour l'ensemble des secteurs. Les proportions les plus élevées sont mesurées dans les secteurs de quelques régions métropolitaines telles que Gatineau, Montréal, Trois-Rivières et Québec.

Pour ce qui est du vélo à des fins de loisirs, Vélo Québec (2011a) mentionne, selon les résultats d'un sondage, que le vélo est un loisir de plus en plus populaire au Québec, 47 % de la population s'y adonnent soit plus 2,7 millions d'adultes québécois pour une moyenne hebdomadaire de 2,5 heures.

Sur le plan de la sécurité, les données pour l'ensemble du Québec de 2006 à 2011 indiquent que 142 décès⁴ impliquant un cycliste ont été enregistrés pour une moyenne de 24 décès par année. Le taux de décès⁵ pour cette période est relativement stable variant de 0,2 à 0,4 par 100 000 personnes-années. Pour la période 2001 à 2011, 78,9 % des décès à vélo sont survenus sur une voie publique impliquant un véhicule à moteur.

Du côté des hospitalisations⁶ impliquant un cycliste, pour la période 2006-2007 à 2011-2012, 5 417 hospitalisations ont été enregistrées pour une moyenne de 902 hospitalisations par année. Les taux d'hospitalisation⁷ varient de 10,8 à 13,1 par 100 000 personnes-années. Pendant cette période, le nombre de cyclistes hospitalisés et les taux d'hospitalisations impliquant un cycliste sont en diminution. Le nombre de cyclistes est passé de 971 en 2006-2007 à 864 en 2011-2012 alors que le taux d'hospitalisations est passé de 13,1 en 2006-2007 à 11,4 en 2011-2012.

² Les données de 2011 reposent sur l'Enquête nationale auprès des ménages. Cette enquête à participation volontaire, les recensements de 1991 à 2006 sont obligatoires.

³ http://atlas.quebecenforme.org/geoclip_v3/#v=map10;i=srm.pvel;l=fr;z=-8216634,5739114,85718,60819.

⁴ Registre des événements démographiques du Québec (Fichier des décès).

⁵ Taux de décès par 100 000 personnes-année; les taux standardisés selon l'âge ont été calculés à l'aide de la structure d'âge de la population québécoise âgée de 3 ans et plus en 2006.

⁶ Les données relatives aux hospitalisations proviennent du fichier du Système Maintenance et Exploitation des Données pour l'Étude de la Clientèle Hospitalière (MED-ÉCHO).

⁷ Taux d'hospitalisations par 100 000 personnes-année; les taux standardisés selon l'âge ont été calculés à l'aide de la structure d'âge de la population québécoise âgée de 3 ans et plus en 2006.

Pour la période de 2006-2007 à 2013-2014, les circonstances des incidents sont dans 18,9 %⁸ des cas « sur voie publique avec véhicule à moteur », dans 42,9 % des cas « sur voie publique sans véhicule à moteur » et dans 31,4 % des cas « hors voie publique sans véhicule à moteur ». Les proportions de l'implication d'un véhicule à moteur peuvent paraître faibles, car les données d'hospitalisation peuvent sous-estimer l'implication d'un véhicule motorisé dans un événement. Les chiffres sur l'implication d'un véhicule motorisé sont comparables à ceux enregistrés dans d'autres juridictions : 14 % en Australie; 18 % aux Pays-Bas et 21 % en Corée du Sud. Néanmoins, elles sont plus faibles comparativement à Vancouver et Toronto (34 %) à la France (31 %); aux États-Unis (27 %); et à la Nouvelle-Zélande (34 %) (Teschke et collab., 2014).

Les données de la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) portant sur les collisions entre un cycliste et un véhicule à moteur montrent, pour la période 2008-2013, une diminution de 6,7 % du nombre de victimes de collisions chez les cyclistes passant de 2 092 en 2008 à 1 901 en 2013. Les cyclistes blessés légèrement⁹ ont diminué de 7,7 %¹⁰, tandis que les cyclistes blessés gravement¹¹ ont par contre augmenté de 6,5 % (SAAQ, 2014).

Durant cette période, le nombre de décès était de 13 en 2008, pour augmenter à 21 en 2010 et descendre à 19 en 2013, pour une augmentation de 17,3 % par rapport à la moyenne des cinq dernières années (2008-2012 à 2013) (SAAQ, 2014).

Quelques analyses ont été publiées concernant la distribution géographique des collisions et des blessés chez les usagers du vélo. À Montréal, en utilisant les données de collisions pour lesquelles une intervention ambulancière a eu lieu et impliquant des cyclistes âgés de 5 à 17 ans, il a été montré que le taux annuel de blessés (1999-2008) est plus élevé dans les secteurs centraux de Montréal tels que Ville-Marie (201 par 100 000 enfants), Mercier-Hochelaga-Maisonneuve (152) et le Sud-Ouest (128). Quoique concentrés dans quelques secteurs centraux de l'île de Montréal, les jeunes cyclistes blessés se répartissent sur un grand nombre de sites de collisions (Morency et collab., 2011).

Une autre analyse a porté sur des cyclistes blessés (2003-2008) à différentes intersections (647) sur l'île de Montréal. Les résultats révèlent des corridors où il y a une concentration des volumes de cyclistes. Ils sont localisés, pour la plupart, dans les quartiers centraux de l'île de Montréal. C'est à ces endroits où les nombres de blessés usagers du vélo sont les plus élevés. Toutefois, les taux de collisions par cyclistes sur ces corridors routiers sont plus faibles, des résultats liés au phénomène appelé sécurité par le nombre (Strauss, Miranda-Moreno et Morency, 2013).

En somme, pour l'ensemble du Québec, la pratique du vélo progresse chez les adultes et les jeunes. Toutefois, les conclusions que nous pouvons en tirer pour les jeunes se limitent à une source de données mesurant l'utilisation du vélo selon une fréquence d'une fois par semaine.

Il est plus difficile de statuer sur la sécurité des cyclistes, car les données de décès, d'hospitalisations et de collisions ne prennent pas en considération le niveau d'exposition aux risques. En d'autres termes, la sécurité devrait être analysée à l'aide d'indicateurs tenant compte du nombre d'accidents divisé par une mesure de l'exposition ou de l'usage du vélo (Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Forum international des transports, 2015) :

⁸ Les données d'hospitalisation peuvent sous-estimer l'implication d'un véhicule moteur dans un événement.

⁹ Aucune victime n'a été hospitalisée.

¹⁰ Par rapport à la moyenne des cinq dernières années (2013 comparativement à la moyenne de 2008-2012).

¹¹ Au moins une victime a été hospitalisée.

$$\text{Sécurité (taux d'incidence)} = \frac{\text{Nombre d'accidents (décès ou blessures)}}{\text{Mesure de l'exposition (trajets, kilomètres, heures)}}$$

Malgré les limites des indicateurs disponibles, on constate une diminution des taux d'hospitalisations et du nombre de collisions impliquant des cyclistes. Malgré cela, les taux de décès demeurent relativement stables.

Les études portant sur la distribution géographique de la pratique du vélo et de la sécurité des cyclistes montrent que les secteurs centraux des régions métropolitaines sont des milieux favorisant la pratique du vélo, mais où les nombres et les taux de blessés sont aussi les plus élevés. Toutefois, en tenant compte des volumes de cyclistes dans ces secteurs, les taux de blessures par cycliste semblent plus faibles là où les cyclistes sont plus nombreux.

2 Bénéfices santé de la pratique du vélo sécuritaire

La communauté scientifique reconnaît depuis plusieurs années les bienfaits de l'activité physique. L'OMS identifie l'activité physique comme un facteur de protection contre plusieurs maladies (hypertension, cardiopathie coronarienne, accidents vasculaires cérébraux, diabète, cancer du sein et du côlon, dépression) (OMS, 2015). Les évidences disponibles suggèrent même un lien causal entre l'activité physique et la réduction des maladies coronariennes, le diabète de type deux, l'hypertension, l'ostéoporose, le cancer du côlon, l'anxiété et la dépression (Pate et collab., 1995; Warburton, 2006; Warburton et Bredin, 2016). Les évidences les plus solides sur les bienfaits de l'activité physique concernent les maladies coronariennes. Les gens qui sont régulièrement actifs présentent un risque de développer une maladie coronarienne diminué environ de moitié (Powell et collab., 1987; Berlin et collab., 1990; Varghese et collab., 2016). Outre la prévention des maladies chroniques, l'activité physique permet également de renforcer la musculature, d'améliorer la fonctionnalité, de réduire les chutes et d'améliorer la santé osseuse (OMS, 2015). Par surcroît, l'activité physique est considérée comme un facteur de régulation de l'équilibre énergétique. Elle intervient dans la perte de poids, mais principalement dans le maintien du poids perdu (Donnelly et collab., 2009). Comme source d'activité physique, la pratique du vélo pour des fins de transport ou de loisirs est associée à de multiples bénéfices pour la santé.

Les résultats d'études cliniques révèlent des associations significatives entre l'utilisation de vélos stationnaires intérieurs et une meilleure condition physique, de plus faibles niveaux de facteurs de risque de maladies cardiovasculaires et de diabète (Oja et collab., 2011).

Plusieurs études populationnelles ont aussi exploré les effets potentiellement positifs de la pratique du vélo sur la mortalité (Lars Bo Andersen et collab., 2000; Matthews et collab.; Kelly et collab., 2014), la santé métabolique (Caspersen et collab., 1991; Andersen et collab., 2011) et le cancer (Steindorf et collab., 2003; Hou et collab., 2004). Par exemple, une récente méta-analyse (7 études) révèle que l'atteinte des recommandations en matière d'activité physique¹² à l'aide du vélo était associée significativement à une réduction moyenne de 10 % des risques de mortalité toutes causes confondues (Kelly et collab., 2014).

Concernant les liens entre la pratique du vélo et l'obésité, il y a peu d'études qui ont analysé spécifiquement les effets de l'utilisation du vélo. Plusieurs études combinent la marche et le vélo pour mesurer l'effet du transport actif sur le poids corporel (Pabayo et collab., 2010; Rosenberg et collab., 2006; Saunders et collab., 2013). Les résultats d'un suivi d'une cohorte de jeunes norvégiens et néerlandais de 13 ans ont révélé que ceux ayant utilisé le vélo pour se rendre à l'école durant la durée de l'étude avaient significativement moins de risque de se retrouver en embonpoint comparativement aux jeunes n'ayant pas utilisé le vélo ou ayant cessé son utilisation durant le suivi. Toutefois, l'étude comprenait quelques limites dont une attrition de 56 % de l'échantillon initial (Bere et collab., 2011). Chez les adultes, Fuller et Pabayo (2014) ont montré des liens significatifs entre l'utilisation du vélo comme mode déplacement (au moins 1 heure par semaine) et des indices de masse corporelle plus faible dans un modèle non ajusté. En Australie, une réduction significative du poids et de l'IMC après un suivi de 12 mois a été notée chez les participants (n = 125) à un programme favorisant l'utilisation du vélo (*Austcycle*). Des liens significatifs ont été mesurés entre une augmentation du nombre de minutes par semaine consacré au vélo et une diminution de l'IMC (Rissel et Watkins, 2014). Les résultats d'une étude dose-réponse réalisée au Royaume-Uni et composée uniquement de cyclistes réguliers (rencontrant les recommandations en matière d'activité physique) ont révélé des liens significatifs entre la pratique du vélo et les risques de diagnostics

¹² Cent cinquante minutes d'activité physique d'intensité de modérée à vigoureuse par semaine.

d'hypertension et d'un taux élevé de cholestérol sanguin, mais pas avec l'IMC (Hollingworth, Harper et Hamer, 2014). Finalement, des études à caractère écologique ont montré des associations significatives entre les proportions de personnes souffrant d'obésité et les proportions de personnes utilisant le vélo et la marche pour se déplacer, et ce, à l'échelle de pays, d'états et de régions (Bassett Jr et collab., 2008; Pucher et collab., 2010).

Est-ce que les bénéfices sanitaires de la pratique du vélo dépassent les risques encourus par une utilisation plus importante? C'est à cette question que de Hartog et collab. (2010) ont tenté de répondre en analysant l'impact de l'utilisation du vélo plutôt que l'automobile pour de courts déplacements quotidiens chez 500 000 personnes aux Pays-Bas. Dans leur modélisation, les effets sur la santé ont été mesurés par des gains ou pertes d'années de vie. Les résultats ont montré que l'utilisation du vélo se traduirait par une augmentation significative de l'activité physique entraînant un gain de vie potentiel de 3 à 14 mois, comparativement à une augmentation des risques de traumatismes chez les cyclistes entraînant des pertes potentielles de 5 à 9 jours. Selon cette analyse, les bénéfices santé sont donc plus importants que les risques potentiels mesurés. En contrôlant pour les facteurs d'exposition et même en sur-comptabilisant les traumatismes, les résultats de plusieurs autres études montrent que les gains de santé liés à la pratique du vélo sont supérieurs aux désavantages liés aux traumatismes ou à la pollution atmosphérique (Van Kempen et collab., 2010; Praznocy, 2012; Rabl et de Nazelle, 2012; Rojas-Rueda et collab., 2011). Rabl et de Nazelle (2012) ont chiffré monétairement les bénéfices santé de l'utilisation du vélo. Selon les résultats de cette étude réalisée pour les principales villes européennes, les bénéfices d'un transfert modal de l'automobile vers le vélo seraient probablement de 1 343 euros par an et les coûts de ce transfert seraient de 72 euros.

3 Méthodologie

3.1 La variable d'intérêt : la pratique du vélo

Les méthodes pour définir la pratique du vélo varient d'une étude à l'autre. Cette pratique est définie parfois par la simple utilisation du vélo comme mode de transport ou encore par la fréquence d'utilisation du vélo, la durée de l'utilisation, le nombre de déplacements effectués par vélo à des fins de loisirs, de transport ou les deux. Les études utilisent des mesures autodéclarées provenant de questionnaires¹³ ou des journaux sur les déplacements quotidiens (Krizek, 2006). Pour la déclaration du mode de transport, les recensements sont aussi utilisés (Robitaille, Comtois et Lasnier, 2011; Winters et collab., 2013). La recension des écrits présentée dans ce rapport portera uniquement sur des études ayant comme variable d'intérêt une mesure d'utilisation du vélo sur route à des fins de transport ou de loisirs excluant le sport d'élite et la pratique du vélo de montagne. Plusieurs études portent sur les préférences des cyclistes à rouler sur différents types d'infrastructures ou sur l'augmentation des volumes cyclistes sur certaines infrastructures (Buehler et Dill, 2015). Ces études ont été exclues, car l'objectif de notre synthèse est d'analyser les liens entre les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé et la pratique du vélo et non les préférences.

3.2 La variable d'intérêt : la sécurité des cyclistes

La sécurité des cyclistes est généralement mesurée par quelques variables liées aux traumatismes non intentionnels (blessures), aux collisions sans traumatismes et aux conflits. Les traumatismes non intentionnels peuvent être classifiés selon leur gravité en utilisant des échelles de classification standardisée telles que la classification internationale des maladies (CIM) de l'Organisation mondiale de la Santé (WHO, 2015) ou l'Injury Severity Score (ISS) (Copes et collab., 1988). Les événements sans traumatisme peuvent être divisés en fonction d'une collision avec un véhicule motorisé, un autre vélo ou un piéton et les chutes (Reynolds, M. A. Harris, et collab., 2009). Finalement, les conflits sont définis comme étant des interactions entre les cyclistes et les autres utilisateurs de la rue, dont l'un des antagonistes doit modifier son parcours ou sa vitesse afin d'éviter une collision (Reynolds, M. A. Harris, et collab., 2009). Reynolds et collab. (2009) mentionnent qu'il est impossible de déterminer si la sécurité du cycliste est compromise par les études portant sur les conflits. De plus, les études portant sur les conflits sont généralement réalisées dans des lieux bien précis, sur une période de temps limité, incluant un nombre peu élevé d'événements. Pour ces raisons, les études ayant des conflits comme variables d'intérêt ont été exclues de notre recension des écrits. Les données sur les collisions et les traumatismes non intentionnels proviennent des services de Police, des autorités de transport, de données hospitalières, des services d'urgence, des services ambulanciers ou d'interviews avec les personnes impliquées. Ces données ont des limites. Dans le cas des données complétées par les policiers et celles provenant des autorités de transport, elles sous-estiment le nombre de blessés en particulier chez les cyclistes parce qu'elles ne recensent que les événements exigeants l'intervention des policiers ou des ambulanciers. Les données hospitalières telles que le registre des décès et les fichiers d'hospitalisation (ex. : MED-ECHO) contiennent quant à elles peu d'informations sur le contexte des événements (Morency et Cloutier, 2005). La variable d'intérêt sur la sécurité des cyclistes peut se décliner en fréquences des collisions et des traumatismes, en risques et en risques relatifs.

¹³ Parmi les questionnaires utilisés, notons l'International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) (Kondo et collab., 2009; Van Dyck et collab., 2010; Eriksson et collab., 2012), le Neighborhood Physical Activity Questionnaire (NPAQ) (Badland et collab., 2013), le Recent Physical Activity Questionnaire (RPAQ) (Dalton A.M. et collab., 2013), Flemish Physical Activity Questionnaire (FPAQ) (De Meester et collab., 2013) et des questionnaires omnibus.

3.3 Environnement bâti et aménagé, pratique du vélo et sécurité des cyclistes

Une typologie d'interventions et d'éléments de l'environnement bâti et aménagé a été élaborée en s'appuyant sur de multiples guides d'aménagement d'infrastructures cyclables et de recensions d'écrits scientifiques (Reynolds, M. A. Harris, et collab., 2009; Pucher, Dill et Handy, 2010; Heinen, van Wee et Maat, 2010; Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Forum international des transports, 2015; Fortier et collab., 2009; Thomas et DeRobertis, 2013; Jolicoeur et collab., 2009; Fraser et Lock, 2011; Ewing et Dumbaugh, 2009). Trois grandes dimensions ont été retenues (figure 1) :

- 1) **Forme urbaine** : des auteurs provenant du domaine de l'aménagement et des transports ont déjà, depuis quelque temps, souligné l'impact de la forme urbaine sur les choix des modes de transport (Ewing et Cervero, 2010; Cervero et Kockelman, 1997; Newman et Kenworthy, 1989; Pushkarev et Zupan, 1977). Les éléments de la forme urbaine pouvant être reliés à des modes de transport actifs sont : la densité, la diversité (mixité) et la connectivité (Frank, Engelcke et Schmid, 2003). Dans la littérature anglo-saxonne, certains auteurs font référence à trois composantes (3D) (*density, diversity, design*) et plus récemment à cinq composantes (5D) (*density, diversity, design, destination accessibility, distance to transit*) (Cervero et Kockelman, 1997; Ewing et Cervero, 2010, 2001) :

Densité (*density*) : elle fait référence à la concentration spatiale des gens, des emplois ou du bâti. Elle est généralement mesurée par le nombre de personnes, d'emplois ou de logements sur la superficie d'un territoire. Les secteurs plus denses sont généralement plus favorables au transport actif et ils sont desservis par le transport en commun, alors que les secteurs à plus faible densité sont plus favorables aux déplacements automobiles.

Mixité fonctionnelle (*diversity*) : elle est reliée à la présence dans un secteur donné de plusieurs utilisations du sol (ex. : commerciale, résidentielle, institutionnelle).

Design : il fait référence à la configuration de la trame routière (en damier, curvilinéaire) et à sa connectivité. La connectivité est liée aux options qu'un individu a de se déplacer le plus directement possible d'un endroit à l'autre par le réseau de transport. L'avantage d'une trame urbaine à connectivité élevée est aussi de multiplier les options de parcours entre deux points pour ainsi faciliter l'accès à des destinations intermédiaires.

Accessibilité aux destinations (*destination accessibility*) : l'accessibilité à différents services (commerces, récréatifs, écoles). Plus l'accessibilité à différents types de services est grande, plus le secteur sera favorable au transport actif.

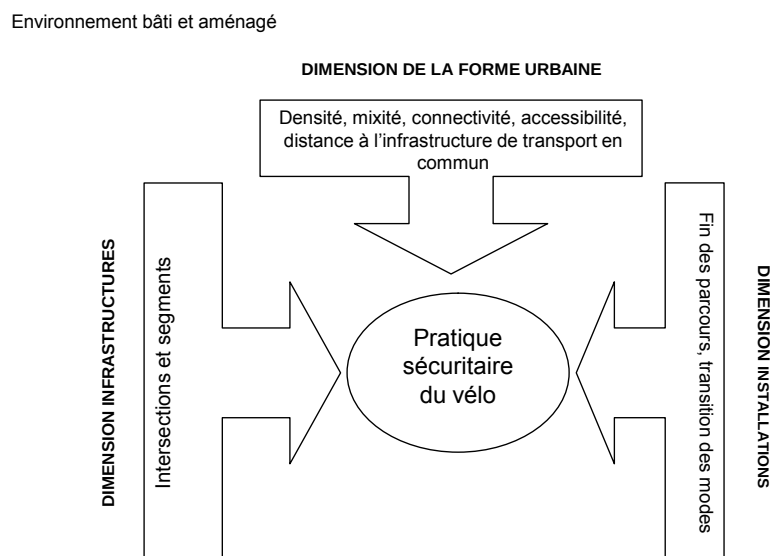
Distance à l'infrastructure de transport en commun (*distance to transit*) : l'utilisation du transport en commun peut inclure une portion de transport actif. Une plus grande accessibilité au transport en commun peut favoriser son utilisation en incluant la portion transport actif.

Pour ce qui est de la sécurité des cyclistes, il est possible de se référer au modèle conceptuel développé par Ewing et Dumbaugh (2009) sur l'environnement bâti et la sécurité des usagers de la route (figure 5, annexe 2). Dans ce modèle, les fréquences de collisions et la sévérité des blessures sont liées aux caractéristiques et aux éléments de l'environnement bâti par les volumes de trafic, les conflits entre les usagers de la route et la vitesse du trafic. Le volume de trafic est principalement lié à la fréquence des collisions et la vitesse du trafic à la gravité des blessures. Ewing et Dumbaugh (2009) distinguent deux dimensions de l'environnement bâti pouvant être liées à la sécurité des usagers de la route : la forme urbaine (densité, connectivité,

mixité, accessibilité) et les infrastructures routières (ex. : largeur de la rue) incluant les infrastructures liées à la pratique du vélo (ex. : pistes cyclables).

- 2) **Infrastructures** : une terminologie a été construite en s'inspirant d'études et de guides présentant des infrastructures pouvant favoriser la sécurité des usagers du vélo. Cette terminologie est présentée en annexe 3. Elle est divisée selon les infrastructures visant les segments (ex. : pistes cyclables, accotements revêtus), les intersections (ex. : giratoires, zone avancée pour les cyclistes, feu pour cyclistes) ou les intersections et les segments (ex. : vélorues¹⁴, régimes routiers, rues complètes) (Reynolds, M. A. Harris, et collab., 2009; Pucher, Dill et Handy, 2010; Heinen, van Wee et Maat, 2010; Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Forum international des transports, 2015; Fortier et collab., 2009; Thomas et De Robertis, 2013; Jolicoeur et collab., 2009; Fraser et Lock, 2011; OQLF, 2014; AASHTO, 2012; CEREMA, 2015; FHWA-DOT, 2015). Les infrastructures cyclables sont un ingrédient important pour augmenter la pratique du vélo. La sécurité (réelle et perçue) et le confort qu'elles apportent aux utilisateurs encourageraient la pratique du vélo (Pucher, Dill et Handy, 2010; Pucher et Dijkstra, 2003; Heinen, van Wee et Maat, 2010; Buehler et Dill, 2015; Dill, 2009). De plus, il est rapporté dans les études réalisées au Canada et aux États-Unis que la plupart des usagers du vélo préfère rouler sur des infrastructures cyclables séparées autant que possible des véhicules motorisés (Buehler et Dill, 2015). Selon les résultats d'un sondage réalisé pour le compte de Vélo Québec, en 2010, 79 % des usagers du vélo effectuaient des déplacements sur des pistes cyclables (Vélo Québec, 2011b).
- 3) **Installations** : la dernière dimension comprend des installations pouvant favoriser la pratique du vélo (Pucher, Dill et Handy, 2010; Heinen, van Wee et Maat, 2010). Ces installations sont mises à la disposition des cyclistes au début ou à la fin des parcours (ex. : stationnements pour vélos, douches et vestiaires en milieu de travail et services de partage de vélos), ils permettent la transition entre les modes de transport (ex. : supports à vélo sur les autobus, vélo-stations près des gares ou des stations métro) ou ils font partie du mobilier urbain (ex. : éclairage de la chaussée).

Figure 1 **Modèle conceptuel des liens entre les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé, la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes**



¹⁴ « Rue ou suite de rues reconnue comme voie cyclable, qui est parallèle à une artère urbaine et dont l'aménagement favorise le déplacement à vélo tout en limitant la circulation et la vitesse des véhicules motorisés » (OQLF, 2014).

3.3.1 MOTS-CLÉS ET BASES DE DONNÉES CONSULTÉES

La recension des écrits scientifiques a comme objectif de synthétiser les connaissances de l'association entre les éléments de l'environnement bâti et aménagé, la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes. La démarche de cueillette des écrits a été développée avec l'aide de la bibliothécaire de l'Institut national de santé publique du Québec. Plus de 12 bases de données ont été consultées :

Web of Science Core Collection (Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED), période considérée : 1998-2015; Social Sciences Citation Index (SSCI), 1998-2015; Arts & Humanities Citation Index (A&HCI), 1998-2015; Conference Proceedings Citation Index – Science, Social Science and Humanities (CPCI-S and CPCI-SSH), 1998-2015, MEDLINE dans Web of Science, 1998-2015; SciELO dans Web of Science, 1998-2015).

EBSCOhost (1998-2015) (CINAHL; Health Policy Reference Center, SocINDEX).

OvidSP Total Access Collection (Embase, 1998-2015; Global Health, 1998-2015; MEDLINE in OvidSP, 1998-2015; Cochrane Database of Systematic Reviews (2005-nov. 2015); Database of Abstracts of Reviews of Effects (4e trimestre 2014)).

Google et Google scholar, les bibliographies d'articles scientifiques par effet boule de neige pour la littérature grise.

Les mots-clés utilisés sont disponibles en annexe 4.

3.3.2 CRITÈRES D'INCLUSION

Les articles sélectionnés devaient répondre à certains critères, ils devaient :

- être publiés entre 1998-2015;
- en français ou en anglais;
- inclure des analyses quantitatives;
- inclure une variable d'intérêt liée à des collisions, des traumatismes non intentionnels chez les cyclistes, de l'activité physique de transport ou de l'activité physique de loisirs par le vélo;
- inclure une variable liée à des mesures ou des interventions caractérisant l'environnement bâti ou aménagé;
- pour les études de type « intervention », inclure une méthode pour contrôler autant que possible les effets « régression vers la moyenne »¹⁵ de la tendance concernant l'évolution globale des collisions, des traumatismes non intentionnels et de la tendance du trafic (Jensen, 2008);
- se dérouler dans un pays où les déplacements sont principalement motorisés (ex. : États-Unis, Australie, Japon, Nouvelle-Zélande, Canada et Europe). Les pays hautement motorisés sont ceux ayant un taux de motorisation supérieure à 400 véhicules motorisés pour 1000 personnes selon les données de la Banque mondiale (Banque Mondiale, 2014; Rothman et collab., 2013).

¹⁵ Régression vers la moyenne ou régression à la moyenne : « L'installation de mesures d'apaisement à des points isolés du réseau routier est souvent motivée par un nombre ou un taux de collision jugé anormalement élevé à ces endroits (...). Évaluer l'efficacité de telles interventions simplement en dénombrant les collisions avant et après l'installation des mesures s'avère problématique, car les endroits présentant un nombre ou un taux anormalement élevé ou faible de collisions ont tendance à régresser, avec le temps, vers un nombre ou un taux moyen de collisions. Les recherches qui ne contrôlent pas ce phénomène statistique, connu sous le nom de régression à la moyenne, peuvent donc surestimer l'efficacité des mesures () » (Bellefleur et Gagnon, 2012-19).

3.3.3 EXTRACTION DE L'INFORMATION

Les données extraites des articles incluent les auteurs, l'année de publication, la localisation, les sources de données, le type d'étude, l'échantillon, les variables d'intérêts, les variables environnementales ou les mesures d'intervention et les co-variables. À moins d'un avis contraire, seulement les résultats significatifs à un seuil de $p \leq 0,05$ pour les mesures d'associations ou des rapports de cote/risques relatifs ayant un intervalle à 95 % excluant 1,0 ont été retenus. Il est à noter que ce choix peut mener à une surestimation des effets des caractéristiques ou des interventions de l'environnement bâti sur la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes, étant donné que les résultats non significatifs ne sont pas illustrés. Toutefois, l'objectif principal de la recension des écrits est de montrer quelles sont les caractéristiques et les interventions de l'environnement bâti liées à une pratique du vélo en contexte sécuritaire.

3.3.4 ANALYSES

Les éléments et les interventions de l'environnement bâti et aménagé ayant des liens significatifs avec les variables d'intérêts étudiés ont été analysés selon la typologie décrite à la section 3.3 (forme urbaine, infrastructures et installations). Les résultats seront présentés en utilisant les catégories suivantes :

- 1) Les caractéristiques de l'environnement bâti augmentant significativement la pratique du vélo seront regroupées dans la section « environnement plus favorable à la pratique ».
- 2) Les caractéristiques de l'environnement bâti diminuant significativement la pratique du vélo seront regroupées dans la section « environnement moins favorable à la pratique ».
- 3) Les caractéristiques de l'environnement bâti diminuant significativement les risques de collisions et de traumatismes seront analysées dans la section « environnement plus favorable à la sécurité ».
- 4) Les caractéristiques de l'environnement bâti augmentant significativement les risques de collisions et de traumatismes sont synthétisées dans la section « environnement moins favorable à la sécurité » (Rothman et collab., 2013).

4 Résultats

Un total de 672 articles a été repéré. Une première sélection a été effectuée à partir du titre et du résumé des articles ou des documents issus de la littérature grise. Après l'attrition des doublons et la première sélection, 73 articles et documents liés à la sécurité des cyclistes et 125 à la pratique du vélo ont été analysés plus en détail. Après une analyse détaillée des articles (analyses quantitatives, variables d'intérêts, variables liées à l'environnement bâti et aménagé), 34 articles sur la sécurité des cyclistes et 37 articles sur la pratique du vélo ont été conservés. Ces articles incluaient 152 associations significatives entre les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé et la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes sur un total de 201 mesures d'associations répertoriées dans les 71 différents articles. Parmi les études recensées, 26 provenaient des États-Unis, 13 du Canada, 6 de la Belgique, 6 du Royaume-Uni, 5 de l'Australie, 5 des Pays-Bas, 6 du Danemark, 2 de la Suède, 1 du Japon et 1 de l'Espagne.

La plupart des articles portant sur la pratique du vélo utilisaient une méthodologie de type transversal (28 études), 4 études avaient opté pour un devis à caractère longitudinal et 2 études pour un devis de type prépost. Ces 2 études tentaient de mesurer l'effet d'interventions sur la pratique du vélo. Pour ce qui est des articles liés à la sécurité des cyclistes, 28 articles utilisaient une méthodologie de type transversal, 2 études avaient choisi un devis longitudinal et 7 études avaient un design de type prépost intervention.

4.1 Éléments et interventions de l'environnement bâti et aménagé liés à la pratique du vélo

4.1.1 FORME URBAINE : ENVIRONNEMENT PLUS FAVORABLE À LA PRATIQUE DU VÉLO

Plusieurs éléments de la forme urbaine sont associés à la pratique du vélo (tableau 1). Quatre études recensées ont montré des associations significatives positives entre la densité résidentielle et l'utilisation du vélo pour se rendre au travail ou pour les loisirs (Winters et collab., 2010; Rybarczyk et Wu, 2014; Beenackers et collab., 2012; Buehler, 2011). La mixité de l'utilisation du sol (3 études) (Coutts, 2008; Kamphuis et collab., 2008; Sallis et collab., 2013) et certaines utilisations du sol sont aussi associées au transport actif par vélo ou au cyclisme de loisirs. La présence de bureaux de poste (1 étude), de banques (1 étude), de gymnases (1 étude), de commerces de proximité (2 études), de sites récréatifs (2 études), de parcs et espaces verts (3 études), de bureaux (1 étude), d'hôpitaux (1 étude) et d'écoles (1 étude) (pour les jeunes) dans le voisinage de résidence, sur le trajet ou à destination, est liée à une utilisation plus importante du vélo pour des motifs de transport et de loisirs (Moudon et collab., 2005; Kamphuis et collab., 2008; Winters et collab., 2010; Wendel-Vos et collab., 2004; Beenackers et collab., 2012; Fan, Wen et Kowaleski-Jones, 2014; de Vries et collab., 2010).

Selon les résultats d'une étude, il existe des liens significatifs entre une accessibilité (fréquence du passage) et une disponibilité plus élevée au transport en commun et une utilisation plus importante du vélo pour un motif de transport (Panter et collab., 2013). La connectivité du réseau routier est aussi un élément de la forme urbaine associé à une pratique plus élevée du vélo (6 études). Les résultats de notre recension des écrits ont montré que plus la connectivité d'un secteur est élevée plus la probabilité d'utiliser le vélo pour des motifs de transport (5 études) et de loisirs (1 étude) sera grande (Badland et collab., 2013; Winters et collab., 2010; Kamphuis et collab., 2008; Beenackers et collab., 2012; Fan, Wen et Kowaleski-Jones, 2014; Trapp et collab., 2011). Quelques études ont aussi utilisé des mesures agrégées de la forme urbaine nommées le potentiel piétonnier (*walkability*) ou le potentiel cyclable (*bikeability*). Dans six études des associations significatives et positives ont

été mesurées entre le potentiel piétonnier ou cyclable et l'utilisation du vélo comme mode de transport actif (Robitaille, Comtois et Lasnier, 2011; Van Dyck et collab., 2010, 2011; Coutts, 2008; Winters et collab., 2013; Owen et collab., 2010). À partir de devis longitudinaux, les résultats des études de Badland et collab., (2013), Beenackers et collab. (2012) et de Panter et collab. (2013) ont montré des liens significatifs entre une augmentation du potentiel piétonnier, de la densité résidentielle, de la connectivité des secteurs, de l'accessibilité aux espaces récréatifs et du transport en commun et une utilisation plus importante du vélo à des fins de loisirs et de transport.

Tableau 1 Environnement plus favorable à la pratique du vélo : sommaire des mesures d'association avec les caractéristiques de la forme urbaine

Études	Mesures de la forme urbaine	Coefficient de régression ^a	Rapports de cote de l'utilisation du transport actif ^a	Minutes de transport actif/jour ^b	Provenance de l'étude
Longitudinal					
Beenackers et collab. (2012)	Densité résidentielle		1,54		Perth (Australie)
Badland et collab. (2013)	Connectivité		1,80		Perth (Australie)
Beenackers et collab. (2012)	Connectivité		1,20		Perth (Australie)
Beenackers et collab. (2012)	Récréatif		1,57		Perth (Australie)
Beenackers et collab. (2012)	Parcs et espaces verts		2,60		Perth (Australie)
Panter et collab. (2013)	Transport en commun		2,59		Cambridge (Royaume-Uni)
Badland et collab. (2013)	Potentiel piétonnier		1,63 ^d		Perth (Australie)
Transversal					
Rybarczyk et Wu (2014)	Densité résidentielle		1,01		Madison (États-Unis)
Winters et collab. (2010)	Densité résidentielle		1,09		Vancouver (Canada)
Buehler (2011)	Densité résidentielle	0,085			États-Unis
Kamphuis et collab. (2008)	Mixité		1,91 ^c		Melbourne (Australie)
Sallis et collab. (2013)	Mixité	0,006 ^d			Seattle, Washington et Baltimore (États-Unis)
Coutts (2008)	Densité résidentielle X mixité	0,0000003 (interaction entre densité et mixité)			Lansing et Battle Creek (États-Unis)
Kamphuis et collab. (2008)	Connectivité		4,49 ^c		Melbourne (Australie)

Tableau 1 Environnement plus favorable à la pratique du vélo : sommaire des mesures d'association avec les caractéristiques de la forme urbaine (suite)

Études	Mesures de la forme urbaine	Coefficient de régression ^a	Rapports de cote de l'utilisation du transport actif ^a	Minutes de transport actif/jour ^b	Provenance de l'étude
Winters et collab. (2010)	Connectivité		Origine : 1,17 Route : 1,54 Destination : 1,38		Vancouver (Canada)
Fan et collab. (2014)	Connectivité	0,001			Milieu urbain (États-Unis)
Kamphuis et collab. (2008)	Parcs et espaces verts		1,26 ^c		Melbourne (Australie)
Wendel-Vos et collab. (2004)	Parcs et espaces verts, terrains de sports	Parcs et espaces verts : 0,03 Terrains de sport : 0,04; 0,04; 0,06 ^d			Maastricht (Pays-Bas)
Kondo et collab. (2009)	Bureau de poste, banque, gymnase, récréatif			Bureau de poste : 12,1 Banque : 15,4 Gymnase : 31,9 Récréatif : 16,4	Hagi City (Japon)
Winters et collab. (2010)	Éducation, commerce de proximité		Éducation : 1,50 Commerces de proximité : 1,22		Vancouver (Canada)
Moudon et collab. (2005)	Bureau, restaurant-minute, hôpital		1,23 ^d		King County (États-Unis)
de Vries et collab. (2010)	Récréatif	1,66 0,41 ^f			Pays-Bas
Trapp et collab. (2011)	Connectivité X faible trafic motorisé		5,58		Perth (Australie)
Van Dick et collab. (2010)	Potentiel piétonnier			38 ^e	Ghent (Belgique)
Van Dick et collab. (2011)	Potentiel piétonnier		1,44	35 ^e	Ghent (Belgique)
Robitaille et collab. (2011)	Potentiel piétonnier		1,60		Régions métropolitaines (Québec)
Owen et collab. (2010)	Potentiel piétonnier		1,82 (Adelaide) 2,62 (Ghent)		Adelaide (Australie) Ghent (Belgique)
Winters et collab. (2013)	Potentiel cyclable	0,42			Vancouver (Canada)

^a : Augmentation de l'utilisation du vélo, de la part modale du vélo ou d'être considéré comme cycliste dans un quartier ayant des éléments de l'environnement bâti et aménagé favorable comparativement à un quartier ayant des éléments de l'environnement bâti moins favorable.

^b : Minutes de transport actif (vélo) de plus dans un quartier ayant des éléments de l'environnement bâti et aménagé favorable comparativement à un quartier ayant des éléments de l'environnement bâti moins favorable.

^c : Vélo pour des motifs de loisirs.

^d : Vélo pour des motifs de transport et de loisirs.

^e : Minutes de transport actif/par semaine.

^f : Utilisation du vélo pour aller à l'école.

4.1.2 FORME URBAINE : ENVIRONNEMENT MOINS FAVORABLE À LA PRATIQUE DU VÉLO

Concernant l'utilisation du sol, la présence de dépanneurs, de zones linéaires commerciales et de grandes surfaces de même que les quartiers résidentiels sont moins favorables à l'utilisation du vélo pour des fins de transport et de loisirs (Moudon et collab., 2005; Winters et collab., 2010; Fan, Wen et Kowaleski-Jones, 2014) (tableau 2). Contrairement aux résultats des études de Beenackers et collab. (2012) et Wendel-Vos et collab. (2004), deux études ont montré que la présence de parcs et d'espaces verts et qu'une canopée (verdure) élevée étaient associés significativement à une utilisation moins importante du vélo à des fins de transport. Les auteurs de ces études émettent comme hypothèse que les parcs et les espaces verts pourraient être perçus comme des endroits peu sécuritaires ne favorisant pas la pratique du vélo pour des fins de transport (Rybarczyk et Wu, 2014; Fan, Wen et Kowaleski-Jones, 2014). Une trame routière composée d'artères¹⁶ et d'autoroutes est liée à une plus faible utilisation du vélo pour le transport (Winters et collab., 2010). Selon les résultats d'une étude, une faible connectivité du réseau routier, une faible mixité et un faible accès à des réseaux de transport en commun sont aussi associés significativement à des probabilités moins importantes d'utiliser le vélo pour des motifs de transport (Dalton et collab., 2013). Finalement, pour les jeunes de 9 à 10 ans, une distance élevée entre le lieu de résidence et l'école, la présence d'une rue principale¹⁷, une faible connectivité sont des facteurs associés à une utilisation moins importante du vélo comme mode de transport (Panter et collab., 2010; Trapp et collab., 2011).

¹⁶ Artère : « circulation de transit sur une longue distance. Chaussée comprenant souvent quatre voies de circulation et plus. Intersections gérées par des feux de circulation » (MTQ, 2015).

¹⁷ « (...) major roads intended to provide large scale transport links within or between areas » (Department for Transport, 2012).

Tableau 2 Environnement moins favorable à la pratique du vélo : sommaire des mesures d'association avec les caractéristiques de la forme urbaine

Études	Mesures de la forme urbaine	Coefficient de régression ^a	Rapports de cote de l'utilisation du transport actif ^a	Minutes de transport actif/jour ^a	Provenance de l'étude
Dalton et collab. (2013)	Connectivité (faible)		Destination : 0,22		Cambridge (Royaume-Uni)
Panter et collab. (2010)	Connectivité (faible)		0,62		Norfolk (Royaume-Uni)
Dalton et collab. (2013)	Mixité (faible)		Destination : 0,36		Cambridge (Royaume-Uni)
Rybarczyk et Wu (2014)	Parcs et espaces verts		0,66		Madison (États-Unis)
Fan et collab. (2014)	Parcs et espaces verts	0,005			Milieu urbain (États-Unis)
Moudon et collab. (2005)	Dépanneurs		0,82 ^b		King County (États-Unis)
Winters et collab. (2010)	Grandes surfaces commerciales		Route : 0,75		Vancouver (Canada)
Winters et collab. (2010)	Résidentielle		Route : 0,74		Vancouver (Canada)
Winters et collab. (2010)	Artères et autoroutes		Route : 0,75 Destination : 0,81		Vancouver (Canada)
Dalton et collab. (2013)	Transport en commun (faible accès)		Origine : 0,53		Cambridge (Royaume-Uni)
Panter et collab. (2010)	École (+ de 1km)		0,27		Norfolk (Royaume-Uni)
Panter et collab. (2010)	Rue principale		0,50		Norfolk (Royaume-Uni)
Trapp et collab. (2011)	Distance à l'école		0,70		Perth (Australie)
Fan et collab. (2014)	Canopée	-0,001			Milieu urbain (États-Unis)

^a : Diminution de l'utilisation du vélo, de la part modale du vélo ou d'être considéré comme cycliste dans un quartier ayant des éléments de l'environnement bâti et aménagé favorable comparativement à un quartier ayant des éléments de l'environnement bâti moins favorable.

^b : Vélo pour des motifs de loisirs.

4.1.3 INFRASTRUCTURES : ENVIRONNEMENT FAVORABLE À LA PRATIQUE DU VÉLO

Les résultats de cinq études ont révélé des liens significatifs entre une disponibilité et une accessibilité plus élevées à des bandes cyclables¹⁸ et une probabilité plus élevée d'utiliser le vélo pour des fins de loisirs et de transport (Kamphuis et collab., 2008; Buehler et Pucher, 2012; Dill et Carr, 2003; Krizek et Johnson, 2006; Krizek, Barnes et Thompson, 2009). Par exemple, dans une étude écologique dans plus de 42 villes aux États-Unis, Dill et Carr (2003) ont montré que l'ajout de 1,6 kilomètre de bandes cyclables à un réseau cyclable est associé significativement à une augmentation de 1 % de la part modale¹⁹ du vélo.

Des études ont analysé l'impact des pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route sur la pratique du vélo. La piste cyclable aménagée dans l'emprise de la route fait référence à une « voie cyclable séparée de la circulation motorisée par un élément physique » (OQLF, 2014). Il existe différents types de pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route (ex. : piste cyclable à double sens, piste cyclable à hauteur du trottoir, piste cyclable à sens unique), mais la plupart des études n'atteignent pas ce niveau de précision dans la définition des pistes cyclables. Des études ont porté plus spécifiquement sur les pistes cyclables en site propre définies par des tracés indépendants de toute voie de circulation routière (OQLF, 2014). Les résultats de trois études ont révélé que la disponibilité et l'accessibilité plus élevées à des pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route sont associées positivement à une utilisation plus importante du vélo (Titze et collab., 2008; de Geus et collab., 2014; Kamphuis et collab., 2008) (photo 1). Les résultats de cinq études ont montré que la disponibilité et l'accessibilité plus élevée à des pistes cyclables en site propre sont associées à une probabilité plus élevée d'utiliser le vélo pour se déplacer à des fins de loisirs et de transport (Moudon et collab., 2005; Parkin, Wardman et Page, 2008; Sallis et collab., 2013; Buehler et Pucher, 2012; Krizek, Barnes et Thompson, 2009).

Buehler et Pucher (2012) concluent que le réseau cyclable incluant des infrastructures telles des bandes cyclables, des pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route et des pistes cyclables en site propre a un impact significatif et positif sur la part modale du vélo. Dans une étude de type écologique, les résultats des analyses révèlent que 33 % de la variabilité des parts modales du vélo est attribuable à la densité du réseau cyclable (pistes et bandes cyclables). Une augmentation de 10 % de la disponibilité des bandes cyclables est associée à une augmentation significative de 3, 1 % de la part modale du vélo, tandis qu'une augmentation de 10 % de la disponibilité des pistes cyclables en site propre est associée à une augmentation de 2,5 % de la part modale du vélo. Dans une autre étude, Krizek et collab. (2009) concluent que l'implantation d'infrastructures cyclables (pistes cyclables en site propre, pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route et bandes cyclables) est associée à une augmentation de la part modale du vélo à des fins de transport.

¹⁸ « Voie cyclable aménagée en bordure de la chaussée et délimitée par un marquage au sol ou un revêtement de couleur » (OQLF, 2014).

¹⁹ Proportion de personnes utilisant le vélo pour se déplacer.

Photo 1 **Exemple d'une piste cyclable aménagée dans l'emprise de la route et séparée par un muret, Montréal**



Source : INSPQ.

Plus récemment, Schoner et Levinson (2014) proposent une autre explication des liens observés entre la disponibilité ou l'accessibilité à des infrastructures cyclables (bandes cyclables, pistes cyclables, piste cyclable en site propre) et l'utilisation du vélo. Selon ces auteurs, l'utilisation du vélo dépendrait des caractéristiques suivantes des réseaux cyclables : la connectivité, la densité, la fragmentation, l'étalement et la continuité des réseaux. Les résultats des analyses réalisées dans 74 villes des États-Unis montrent des associations significatives et positives entre quatre de ces facteurs (connectivité, densité, fragmentation et continuité) et la proportion de travailleurs utilisant le vélo pour se déplacer. Les facteurs les plus fortement associés sont la connectivité et la continuité du réseau cyclable.

Deux études ont montré que les mesures d'apaisement de la circulation et le marquage au sol sur le réseau routier sont aussi des éléments associés à la pratique du vélo à des fins récréatives et de transport (Kamphuis et collab., 2008; Winters et collab., 2010). Chez les jeunes, De Vries et collab. (2010) ont montré que les zones scolaires ayant des traverses de piétons peuvent favoriser l'adoption du vélo comme mode de transport pour se rendre à l'école.

Les résultats de plusieurs études indiquent que les conditions atmosphériques sont un facteur important dans la pratique du vélo (Flynn et collab., 2012; Miranda-Moreno et Nosal, 2011; Thomas, Jaarsma et Tutert, 2012; Tin et collab., 2012; Heinen, van Wee et Maat, 2010). L'entretien des infrastructures pourrait encourager la pratique du vélo durant l'hiver (Bergström et Magnusson, 2003; Miranda-Moreno et Nosal, 2011; Bergström, 2003). Par exemple, selon les résultats d'une étude réalisée à Montréal et à Ottawa, les répondants utiliseraient significativement plus leur vélo durant l'hiver si les infrastructures cyclables étaient entretenues (Miranda-Moreno, Nosal et Kho, 2013).

Tableau 3 Environnement plus favorable à la pratique du vélo : sommaire des mesures d'association avec les infrastructures

Études	Éléments et infrastructures	Coefficient de régression ^a	Rapports de cote de l'utilisation du transport actif ^a	Minutes de transport actif/jour ^b	Provenance de l'étude
Longitudinal					
Krizek, Barnes et Thompson (2009)	Piste cyclable en site propre et bandes cyclable		Augmentation significative de la part modale du vélo (1990-2000) dans les zones où des pistes cyclables et des bandes cyclables ont été construites		Twin Cities de Minneapolis et St-Paul
Transversal					
Kamphuis et collab. (2008)	Bande cyclable		5,40 ^c		Melbourne (Australie)
Buehler et Pucher (2012)	Bande cyclable	0,311			États-Unis
Dill et Carr (2003)	Bande cyclable	0,892			États-Unis
Krizek et Johnson (2006)	Bande cyclable		2,23		Twin Cities de Minneapolis et St-Paul
Titze et collab. (2008)	Piste cyclable aménagée dans l'emprise de la route		1,77 ^d		Perth (Australie)
Kamphuis et collab. (2008)	Piste cyclable aménagée dans l'emprise de la route		1,02 ^c		Melbourne (Australie)
de Geus et collab. (2014)	Piste cyclable aménagée dans l'emprise de la route	0,103			Belgique
Moudon et collab. (2005)	Piste cyclable en site propre		0,73 ^f		King County (États-Unis)
Parkin, Wardman et Page (2008)	Piste cyclable en site propre	12,5			Angleterre et Pays-de-Galles
Sallis et collab. (2013)	Piste cyclable en site propre	0,005			Seattle et Baltimore
Buehler et Pucher (2012)	Piste cyclable en site propre	0,230			États-Unis
Schoner et Levinson (2014)	Connectivité du réseau cyclable	22,4			États-Unis
Schoner et Levinson (2014)	Densité du réseau cyclable	89,8			États-Unis
Schoner et Levinson (2014)	Étalement du réseau cyclable	-19,3			États-Unis

Tableau 3 Environnement plus favorable à la pratique du vélo : sommaire des mesures d'association avec les infrastructures (suite)

Études	Éléments et infrastructures	Coefficient de régression ^a	Rapports de cote de l'utilisation du transport actif ^a	Minutes de transport actif/jour ^b	Provenance de l'étude
Schoner et Levinson (2014)	Continuité du réseau cyclable	31,7			États-Unis
Schoner et Levinson (2014)	Fragmentation du réseau cyclable	23,9			États-Unis
Kamphuis et collab. (2008)	Apaisement de la circulation		2,90 ^c		Melbourne (Australie)
Winters et collab. (2010)	Apaisement de la circulation		Origine: 1,95		Vancouver (Canada)
Winters et collab. (2010)	Marquage au sol et panneaux vélo		Destination : 1,25		Vancouver (Canada)
De Vries et collab. (2010)	Traverse de piétons	14,7 3,4 ^g			Pays-Bas
Miranda-Moreno, Nosal et Kho (2013)	Entretien des infrastructures l'hiver		1,19 (Ottawa) à 1,29 (Montréal)		Montréal et Ottawa (Canada)

^a : Augmentation de l'utilisation du vélo, de la part modale du vélo ou d'être considéré comme cycliste associée à l'augmentation de l'accessibilité ou de la disponibilité d'infrastructures cyclables.

^b : Minutes de transport actif (vélo) associées à l'augmentation de l'accessibilité ou de la disponibilité d'infrastructures cyclables.

^c : Vélo pour des motifs de loisirs.

^d : Vélo pour des motifs de transport et de loisirs.

^e : Minutes de transport actif/par semaine.

^f : Plus la distance à la piste cyclable en site propre est grande, plus la probabilité d'être considéré comme un cycliste²⁰ sera faible.

^g : Utilisation du vélo pour aller à l'école.

²⁰ Utilisation du vélo au moins une fois dans la semaine.

4.1.4 INSTALLATIONS : ENVIRONNEMENT PLUS ET MOINS FAVORABLE À LA PRATIQUE DU VÉLO

Une série d'installations peuvent favoriser la pratique du vélo. Ces installations se retrouvent à l'origine, sur le trajet et la destination des déplacements à vélo. Cette section portera sur l'impact d'installations telles que les stationnements à vélo, les installations facilitant les transferts modaux (ex. : supports à vélo sur les bus), les stationnements pour automobile, les douches, les casiers et les services de partage de vélos sur la pratique du vélo (tableau 4).

Deux études ont montré des associations significatives entre l'accessibilité à des stations de partage de vélos et l'utilisation du service (photo 2). Huit mois après l'implantation d'un service de partage de vélos sur le campus de Valence en Espagne, une augmentation de 7 à 11 % des parts modales du vélo a été mesurée. Les étudiants habitant à moins de 250 mètres des stations de partage de vélos ont une probabilité significativement plus élevée d'utiliser le service que ceux habitant à plus de 250 mètres. L'étude a aussi révélé que les étudiants qui utilisent le service de partage de vélos ont augmenté significativement leur dépense en énergie de 256,9 MET-min/semaine en moyenne et ont diminué leur IMC de 21,2 à 20,9 en moyenne (Molina-García et collab., 2013). Les résultats d'une étude réalisée à Montréal indiquent que les personnes exposées aux services de partage de vélos ont significativement plus de chance de pratiquer au moins 10 minutes de vélo récréatif ou utilitaire dans une semaine (Fuller, Gauvin, Kestens, et collab., 2013).

Photo 2 Exemple d'une station de partage de vélos, Montréal



Source : INSPQ.

Selon les résultats de trois études, la présence d'installations telles que les stationnements pour vélos, les douches et les casiers sur les lieux de travail est associée à une probabilité plus élevée d'utiliser le vélo à des fins de transport (Buehler, 2012; Heinen, Maat et Wee, 2012; Stinson et Bhat, 2004). Par exemple, les résultats de l'étude de Buehler (2012) pour la région de Washington D.C. aux États-Unis ont révélé une association significative entre la présence de stationnements à vélo sur le lieu de travail et la décision d'utiliser le vélo pour se rendre au travail. Lorsque le lieu de travail est équipé de douches, de casiers et de stationnements à vélo, la décision d'utiliser le vélo augmente de 63 %. Les résultats de cette étude ont aussi montré que la présence de stationnement gratuit pour véhicules motorisés sur les lieux de travail est liée à une diminution de 70 % de la décision d'utiliser le vélo pour se rendre au travail. Des résultats similaires à l'étude de Heinen et collab. (2012).

Tableau 4 Environnement plus et moins favorable à la pratique du vélo : sommaire des mesures d'association avec les installations

Études	Éléments et infrastructures	Coefficient de régression ^a	Rapports de cote de l'utilisation du transport actif ^a	Minutes de transport actif/semaine ^b	Provenance de l'étude
Prépost intervention					
Molina-García et collab. (2013)	Vélos-partage			+256,9 MET-min/semaine	Valence (Espagne)
Fuller, Gauvin, Kestens, et collab. (2013)	Vélos-partage		2,86		Montréal (Canada)
Transversal					
Buehler (2012)	Stationnement pour vélo sur le lieu de travail		1,69		Washington, DC (États-Unis)
Buehler (2012)	Stationnement pour vélo, douches et casiers sur le lieu de travail		4,76		Washington, DC (États-Unis)
Heinen, Maat et Wee (2012)	Stationnement pour vélo sur le lieu de travail	0,270			Pays-Bas
Heinen, Maat et Wee (2012)	Vestiaires sur le lieu de travail	0,294			Pays-Bas
Stinson et Bhat (2004)	Stationnement pour vélo sur le lieu de travail	0,16			États-Unis
Buehler (2012)	Stationnement gratuit pour automobile sur le lieu de travail		0,30		Washington, DC (États-Unis)
Heinen, Maat et Wee (2012)	Stationnement gratuit pour automobile sur le lieu de travail	0,590 ^c			Pays-Bas

^a : Augmentation de l'utilisation du vélo, de la part modale du vélo ou d'être considéré comme cycliste associée à l'augmentation de l'accessibilité ou de la disponibilité d'infrastructures cyclables.

^b : Minutes de transport actif (vélo) associées à l'augmentation de l'accessibilité ou de la disponibilité d'infrastructures cyclables.

^c : Diminution de l'utilisation à temps plein du vélo durant la semaine de travail.

4.1.5 RÉSULTATS DE RECENSIONS D'ÉCRITS SCIENTIFIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT BÂTI ET LA PRATIQUE DU VÉLO

Quelques recensions d'écrits scientifiques ont été publiées sur les liens entre la forme urbaine, la présence d'infrastructures et d'installations et la pratique du vélo (Heinen, van Wee et Maat, 2010; Pucher, Dill et Handy, 2010; Fraser et Lock, 2011). Heinen et collab. (2010) concluent que la présence d'infrastructures (pistes et bandes cyclables) et d'installations cyclables (stationnement à vélo, douches, casiers) est associée à une pratique plus élevée du vélo. Pucher et collab. (2010) arrivent à des conclusions similaires concernant les installations (ex. : stationnement à vélo, douches). Pour les infrastructures (pistes cyclables, bandes cyclables), ils indiquent que la plupart de ces interventions ont un impact positif sur la pratique du vélo. À partir d'une recension de 21 études, Fraser et Lock (2011) concluent aussi que la présence et l'accessibilité élevée à certaines infrastructures cyclables (pistes cyclables, rues partagées) sont liées positivement avec la pratique du vélo. Ces résultats sont cohérents avec ceux de notre recension des écrits scientifiques.

Du côté de la forme urbaine, les résultats d'Heinen et collab. (2010) et de Fraser et Lock (2011) indiquent que la mixité élevée de l'utilisation du sol, la densité élevée des secteurs et la compacité des fonctions (distance entre les lieux d'origine et de destination) sont des éléments de la forme urbaine associés à une pratique plus importante du vélo à des fins utilitaires. Les résultats de ces recensions sont, en partie, cohérents avec ceux de notre recension des écrits. Les résultats de nos analyses montrent aussi que le potentiel piétonnier des secteurs et la connectivité du réseau routier sont aussi des caractéristiques de la forme urbaine associées à une pratique plus importante du vélo.

4.2 Éléments et interventions de l'environnement bâti et aménagé liés à la sécurité des cyclistes

4.2.1 FORME URBAINE : ENVIRONNEMENT MOINS FAVORABLE À LA SÉCURITÉ DES CYCLISTES

À la section 4.1.1, les résultats de plusieurs études ont révélé des liens significatifs et positifs entre les caractéristiques de la forme urbaine (ex. : densité, connectivité et mixité) et la pratique du vélo. Les études portant sur la sécurité des cyclistes examinent plutôt l'effet délétère de ces éléments (tableau 5).

Des associations significatives ont été mesurées entre le niveau de connectivité d'un réseau routier et les fréquences de traumatismes chez les usagers du vélo. La connectivité d'un réseau routier est liée à la densité des intersections. Il est reconnu que les intersections sont représentées comme des zones à potentiels élevés de conflits entre les usagers de la rue où les probabilités de collisions et de traumatismes sont aussi plus élevées pour les usagers du vélo. Trois études ont montré des liens significatifs entre une connectivité élevée du réseau routier et des fréquences et des probabilités de collisions et de traumatismes plus élevées entre les usagers du vélo et les véhicules motorisés (Priyantha Wedagama, Bird et Metcalfe, 2006; Prato et collab., 2015; Kim et Kim, 2015). Les résultats de quatre études indiquent aussi que les fréquences et les probabilités de collisions entre un usager du vélo et un véhicule motorisé sont significativement plus élevées aux intersections, en particulier les intersections à quatre branches (Romanow et collab., 2012; Dumbaugh, Li et Joh, 2013; Vandenbulcke, Thomas et Int Panis, 2014; Morency et collab., 2012).

Une seule étude à caractère écologique mesure des liens significatifs entre une densité plus élevée de la population et un nombre plus élevé de collisions (Chaney et Kim, 2014). Dumbaugh, Li et Joh (2013) ont aussi mesuré les liens entre la densité résidentielle et les collisions/traumatismes chez les cyclistes, toutefois les résultats sont non significatifs. Les auteurs émettent l'hypothèse, sans la vérifier, que le lien entre la densité et la connectivité des secteurs et les collisions/traumatismes

s'expliquent par le niveau d'exposition aux risques c'est-à-dire par un volume de véhicules motorisés plus élevé et probablement par un manque d'infrastructures cyclables pouvant améliorer les conditions de sécurité des usagers du vélo.

Les résultats de quelques études ont aussi révélé des associations significatives entre d'une part certaines utilisations du sol et d'autre part, une fréquence et un nombre de collisions et de traumatismes plus élevés. Les zones commerciales et de services, en particulier les grandes surfaces et les zones commerciales linéaires, sont des secteurs où il est plus susceptible d'enregistrer des collisions et des traumatismes (Romanow et collab., 2012; Dumbaugh, Li et Joh, 2013; Priyantha Wedagama, Bird et Metcalfe, 2006; Vandenbulcke, Thomas et Int Panis, 2014; Narayanamoorthy, Paleti et Bhat, 2013). Ces secteurs sont généralement caractérisés par des zones de conflits entre les usagers du vélo et les véhicules motorisés, par un volume de trafic et par un nombre d'intersections plus élevés. Les résultats de deux études montrent que les probabilités et les fréquences de collisions avec ou sans incapacités sont significativement plus élevées dans les zones où les utilisations du sol de natures institutionnelle (ex. : écoles, universités, hôpitaux) (Kim et collab., 2007) ou industrielle sont plus intenses (Narayanamoorthy, Paleti et Bhat, 2013).

Une étude a montré que le nombre de collisions impliquant des usagers du vélo est significativement plus élevé sur les artères (Dumbaugh, Li et Joh, 2013) et à des intersections comprenant au moins une artère (Morency et collab., 2012). Les artères sont aménagées pour un trafic à vitesse élevée amenant une réduction de la vigilance des conducteurs de véhicules motorisés et une distance de freinage plus élevée.

Finalement, les résultats de trois études indiquent des liens significatifs entre le nombre et la proximité des arrêts d'autobus et le nombre et les fréquences de collisions (Chaney et Kim, 2014; Kim et Kim, 2015; Strauss, Miranda-Moreno et Morency, 2013). Ces résultats s'expliquent probablement par une complexité plus élevée des interactions entre les usagers du vélo et les véhicules motorisés, en particulier à l'arrivée et au départ des autobus à proximité des arrêts d'autobus. Les rues ayant des tramways (Teschke et collab., 2012; Vandenbulcke, Thomas et Int Panis, 2014) et de nombreuses entrées charretières sont aussi caractérisées par des fréquences de collisions plus élevées (Kim et Kim, 2015).

Tableau 5 Environnement moins favorable à la sécurité des usagers du vélo : sommaire des mesures d'association avec la forme urbaine

Études	Éléments et infrastructures	Coefficient de régression	Rapports de cote	Contrôle pour exposition (véhicules motorisés)	Contrôle pour l'usage du vélo	Provenance de l'étude
Priyantha Wedagama, Bird et Metcalfe (2006)	Connectivité	0,179 ^a				Newcastle (Royaume-Uni)
Prato et collab. (2015)	Connectivité	0,041 ^a		X	X	Copenhague (Danemark)
Dumbaugh, Li et Joh (2013)	Intersections	0,012 ^a		X		San Antonio (États-Unis)
Dumbaugh, Li et Joh (2013)	Intersections	0,011 ^c		X		San Antonio (États-Unis)
Romanow et collab. (2012)	Intersections		6,89 ^b	X	X	Alberta (Canada)
Vandenbulcke, Thomas et Int Panis (2014)	Intersections	2,41 ^b	17,31 ^b	X	X	Bruxelles (Belgique)
Morency et collab. (2012)	Intersections (3 branches vs. 4 branches)	2,41 ^a		X	X	Montréal (Canada)
Morency et collab. (2012)	Intersections (1 artère vs. rues locales)	1,32 ^a		X	X	Montréal (Canada)
Kim et Kim (2015)	Distance entre les intersections	76,96 ^e			X	Riverside County (États-Unis)
Dumbaugh, Li et Joh (2013)	Artères	0,09 ^a		X		San Antonio (États-Unis)
Dumbaugh, Li et Joh (2013)	Artères	0,08 ^c		X		San Antonio (États-Unis)
Chaney et Kim (2014)	Densité résidentielle	0,001 ^a				Cincinnati (États-Unis)
Romanow et collab. (2012)	Utilisation du sol : commerciale		5,56 ^b	X	X	Alberta (Canada)
Priyantha Wedagama, Bird et Metcalfe (2006)	Utilisation du sol : commerciale	0,16 ^a				Newcastle (Royaume-Uni)
Vandenbulcke, Thomas et Int Panis (2014)	Utilisation du sol : commerciale	0,86 ^b	2,36 ^b	X	X	Bruxelles (Belgique)
Narayanamoorthy, Paleti et Bhat (2013)	Utilisation du sol : commerciale	0,591 ^b				New York (États-Unis)
Dumbaugh, Li et Joh (2013)	Utilisation du sol : commerciale linéaire	0,013 ^a		X		San Antonio (États-Unis)
Dumbaugh, Li et Joh (2013)	Utilisation du sol : commerciale linéaire	0,012 ^c		X		San Antonio (États-Unis)

Tableau 5 Environnement moins favorable à la sécurité des usagers du vélo : sommaire des mesures d'association avec la forme urbaine (suite)

Études	Éléments et infrastructures	Coefficient de régression	Rapports de cote	Contrôle pour exposition (véhicules motorisés)	Contrôle pour l'usage du vélo	Provenance de l'étude
Dumbaugh, Li et Joh (2013)	Utilisation du sol : grande surface commerciale	0,046 ^a		X		San Antonio (États-Unis)
Kim et collab. (2007)	Utilisation du sol : institutionnelle	1,052 ^c			X	Caroline du Nord (États-Unis)
Romanow et collab. (2012)	Utilisation du sol : services		3,80 ^b	X	X	Alberta (Canada)
Narayanamoorthy, Paleti et Bhat (2013)	Utilisation du sol : industrielle	0,872 ^b				New York (États-Unis)
Chaney et Kim (2014)	Arrêts d'autobus	0,175 ^a				Cincinnati (États-Unis)
Kim et Kim (2015)	Arrêts d'autobus	0,556 ^e			X	Riverside County (États-Unis)
Strauss, Miranda-Moreno et Morency (2013)	Arrêts d'autobus	0,519 ^a		X	X	Montréal (Canada)
Teschke et collab. (2012)	Rues avec tramways		3,04 ^a		X	Vancouver et Toronto (Canada)
Vandenbulcke, Thomas et Panis (2014)	Rues avec tramways	0,82 ^b	2,27 ^b		X	Bruxelles (Belgique)
Kim et Kim (2015)	Entrées charretières ²¹	2,28 ^e			X	Riverside County (États-Unis)

^a : Augmentation du nombre des collisions/traumatismes.

^b : Augmentation des probabilités de collisions/traumatismes.

^c : Augmentation du nombre de traumatismes sévères et/ou mortels.

^d : Augmentation des probabilités de traumatismes sévères et/ou mortels.

^e : Augmentation de la fréquence des collisions/traumatismes.

4.2.2 INFRASTRUCTURES : ENVIRONNEMENT PLUS FAVORABLE À LA SÉCURITÉ DES CYCLISTES

Les intersections sont un lieu où plusieurs interventions sont mises en place afin d'améliorer la sécurité des usagers du vélo. Elles représentent des lieux névralgiques où les conflits entre les différents utilisateurs de la rue sont plus nombreux, entraînant des probabilités de collisions et de traumatismes plus élevées (Reynolds, Harris, et collab., 2009; Wang et Nihan, 2004; Haque, Chin et Huang, 2010) (tableau 6).

Les résultats de deux études à devis prépost, celles de Garder, Leden et Pulkkinen (1998) et Jensen (2008), montrent que l'aménagement d'intersections surélevées et colorées est lié à des diminutions significatives de 30 % et 10 % du nombre et des risques de collisions entre cyclistes et véhicules motorisés et ce, en tenant compte de l'augmentation du volume de cyclistes passant sur les

²¹ (...) entrée charretière est une dépression aménagée sur le trottoir pour donner accès à un terrain privé et dont les extrémités se relèvent rappelant la coque d'un bateau (Ville de Montréal, 2012 : 1).

intersections (photos 3 et 4). Jensen (2008) précise que la présence d'une seule bande cyclable colorée est perçue comme un message d'alerte destiné aux autres usagers de la route et permet la réduction significative de 10 % du nombre de collisions et de 19 % du nombre de traumatismes. Ils ont constaté que la position et le nombre de ces bandes influençaient la sécurité des cyclistes et la sévérité des blessures associées.

Photo 3 Exemple d'une intersection surélevée, Malmö, Suède



Source : <https://flic.kr/p/h8cQzB>, photographe : Dylan Passmore.

Photo 4 Exemple d'une traverse cyclable avec du marquage et colorée, Montréal



Source : INSPQ.

Une étude de Schepers et collab. (2011) porte sur l'évaluation de l'impact d'interventions aux intersections sans signalisation c'est-à-dire en absence de feux ou d'un signal d'arrêt. Les résultats des analyses indiquent que les probabilités de collisions sont significativement plus faibles aux intersections surélevées où d'autres mesures d'apaisement de la circulation ont été mises en place. Les probabilités sont aussi significativement moins élevées aux intersections où les pistes cyclables sont décalées de deux à cinq mètres des voies de circulation des véhicules motorisés de l'intersection (photo 5).

Photo 5 Exemple d'une intersection sans feu de circulation, ni arrêt avec des mesures d'apaisement de la circulation (distance entre la circulation motorisée et la piste cyclable de 5 mètres et traverses surélevées)



Source : <https://flic.kr/p/7pUVoA>, photographe : Fietsberaad.

Finalement, plusieurs études ont porté sur la conversion d'intersections en giratoire. La plupart des études montrent une augmentation du nombre et des risques de collisions et de traumatismes chez les usagers du vélo (voir section 4.2.3). Néanmoins, la configuration du giratoire semble être un élément important dans l'amélioration de la sécurité des usagers du vélo. Les résultats de l'étude de Jensen (2013) révèlent une réduction significative de 81 % du nombre de collisions et de traumatismes uniquement dans la reconversion d'une intersection en un giratoire avec pistes cyclables sans priorité aux usagers du vélo (photo 6).

Photo 6 Exemple d'un giratoire avec piste cyclable sans priorité pour les usagers du vélo



Sources : <https://bicycledutch.files.wordpress.com/2013/05/roundabout-no-priority2.jpg> et <https://www.google.nl/maps/@53.206011,5.839355,81m/data=!3m1!1e3>.

Concernant les segments, tout comme dans la recension des écrits scientifiques réalisés par Reynolds et collab. (2009), la plupart des études recensées portent sur la comparaison des probabilités de collisions ou de traumatismes sur différents types de segments de rues, ceux n'ayant aucune infrastructure cyclable, ceux ayant des bandes cyclables, ceux ayant des pistes cyclables délimitées physiquement, etc.

Les résultats de trois études indiquent que la présence de bandes cyclables est liée à des diminutions du nombre et des probabilités de collisions (Teschke et collab., 2012; Metropolitain Orlando, 2010; Narayanamoorthy, Paleti et Bhat, 2013). Par exemple, selon les résultats de l'étude de Teschke et collab. (2012), un déplacement sur une artère avec bande cyclable et sans stationnement de véhicules motorisés est associé à une probabilité significativement plus faible de 51 % de collisions comparativement à un déplacement réalisé sur une artère où le stationnement est permis et sans aménagement cyclable.

Cinq études ont montré des liens entre la présence de pistes cyclables séparées et aménagées dans l'emprise de la route et la réduction des risques relatifs et des probabilités de collisions ou de traumatismes (Lusk et collab., 2011; Teschke et collab., 2012; Harris et collab., 2013; Prato et collab., 2015; Narayanamoorthy, Paleti et Bhat, 2013). Selon une étude réalisée à Montréal par Lusk et collab. (2011), le risque relatif de traumatismes non intentionnels associé à un déplacement sur une piste cyclable bidirectionnelle aménagée dans l'emprise de la route est inférieur de 28 % comparativement à un déplacement sur une route comparable sans infrastructure cyclable, pour une utilisation 2,5 fois plus importante.

Une seule étude, à caractère écologique, a montré que les probabilités de collisions sont plus faibles dans les rues où le double sens cyclable est autorisé. L'auteur explique les résultats par le fait que les conducteurs adoptent des comportements plus prudents dus à leurs perceptions d'un risque accru de collision lié à la rencontre d'usagers du vélo en contresens (Vandenbulcke, Thomas et Int Panis, 2014). Une autre hypothèse serait que les automobilistes et les cyclistes se déplaçant en contresens ont, de part et d'autre, une meilleure visibilité de la circulation.

En zone rurale, les résultats de deux études révèlent que les occurrences de collisions sont moins élevées sur les segments de routes ayant des accotements revêtus (Abdel-Rahim et Sonnen, 2012; Metropolitain Orlando, 2010). L'étude d'Abdel-Rahim et Sonnen (2012) mentionne que les probabilités sont beaucoup plus faibles sur les tronçons ayant un accotement revêtu de 1,2 et 2,4 mètres de large.

Les gestions de la vitesse et des volumes des véhicules motorisés, soient par la mise en place de limites de vitesse ou par des infrastructures réduisant les volumes et la vitesse, sont des moyens reconnus pour améliorer la sécurité des cyclistes (Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Forum international des transports, 2015). Ces mesures peuvent être mises en place sur un site en particulier, dans un secteur ou sur un segment de rue. Harris et collab. (2013) ont montré que les probabilités de collisions sur des rues locales avec des infrastructures de déviation de la circulation dont l'objectif est de réduire le volume de trafic sont 95 % plus faibles que sur des rues comparables, mais sans infrastructure de déviation (photo 7). Cette étude a aussi montré que les probabilités de collisions sont significativement moins élevées aux intersections où les limites de vitesse sont de moins de 30 km/h. Les résultats d'une étude longitudinale révèlent des réductions de collisions et de traumatismes après la réduction des vitesses autorisées. Cette étude, réalisée à Londres, indique que l'implantation de zones de 20 MPH ou 30 km/h avec mesures d'apaisement de la circulation est associé à des réductions de 17 % des nombres de traumatismes

chez les cyclistes. Des réductions de 38 % de traumatismes graves ou mortels ont aussi été mesurées (Grundy et collab., 2009).

Photo 7 Exemple d'une infrastructure de déviation des véhicules motorisés



Source : INSPQ.

Quelques études ont porté sur les régimes routiers qui sont des interventions menant à des réductions de la largeur ou du nombre de voies routières et incluant aussi d'autres types d'aménagements tels que des bandes cyclables. À New York, une étude longitudinale montre que la réduction des voies routières (4 à 3 voies, 4 à 2 voies ou 6 à 4 voies) accompagnée d'une voie centrale permettant aux véhicules motorisés de tournée à gauche et incluant ou non une bande cyclable est associée à des réductions de 100 % des collisions impliquant des usagers du vélo, comparativement à 18 % sur les sites contrôles (photo 8). Toutefois, aux intersections une augmentation des collisions de 6 % a été mesurée (Chen et collab., 2013). Les résultats de deux études réalisées à Montréal et à Riverside County aux États-Unis révèlent que les fréquences de collisions et de traumatismes sont plus faibles aux intersections ayant un terre-plein (Strauss, Miranda-Moreno et Morency, 2013; Kim et Kim, 2015).

Photo 8 Exemple d'un aménagement de réduction de voie routière



Source : <https://flic.kr/p/896Y6Y>, Complete Streets.

Finalement, peu d'études ont porté spécifiquement sur les projets de vélorues²² ou de rues complètes²³ (*complete streets*). Une seule étude, parmi celles recensées dans la présente synthèse, a analysé l'impact des vélorues sur la sécurité des cyclistes. Les résultats indiquent que les risques de collisions étaient de 2 à 8 fois plus élevés sur les rues artérielles adjacentes à la vélorue (Minikel, 2012).

²² Rue ou suite de rues reconnue comme voie cyclable, qui est parallèle à une artère urbaine et dont l'aménagement favorise le déplacement à vélo tout en limitant la circulation et la vitesse des véhicules motorisés.

²³ Une rue complète est conçue pour répondre aux besoins d'un maximum d'utilisateurs, peu importe leur âge et leurs capacités : piétons, cyclistes, personnes à mobilité réduite, usagers du transport en commun, automobilistes, camionneurs, véhicules d'urgence, etc. (Fontaine, 2012).

Tableau 6 Environnement plus favorable à la sécurité des usagers du vélo : sommaire des mesures d'association avec les infrastructures

Études	Éléments et infrastructures	Coefficient de régression ^a	Rapports de cote ^a	% du risque ou des collisions	Contrôle pour exposition (véhicules motorisés)	Contrôle pour l'usage du vélo	Provenance de l'étude
Prépost intervention							
Garder, Leden et Pulkkinen (1998)	Intersection surélevée et colorée			-30 % ^{a, 24}		X	Gothenburg (Suède)
Chen et collab. (2013)	Réduction des voies routières			-100 % ^{b, 25}			New York (États-Unis)
Grundy et collab. (2009)	Zone 30 km/h			-17 % ^b			Londres (Royaume-Uni)
Grundy et collab. (2009)	Zone 30 km/h			-37,6 % ^b			Londres (Royaume-Uni)
Longitudinal							
Jensen (2013)	Giratoire avec pistes cyclables séparées			-81 % ^b			Danemark
Jensen (2008)	Intersection surélevée et colorée			-10 % ^b	X		Copenhague (Danemark)
Lusk et collab. (2011)	Piste aménagée dans l'emprise de la route		0,72 ^a	-28 % ^a		X	Montréal (Canada)
Transversal							
Schepers et collab. (2011)	Mesures d'apaisement de la circulation (intersections)	-0,70 ^c	0,49 ^c		X	X	Pays-Bas
Teschke et collab. (2012)	Bande cyclable		0,47 ^c			X	Vancouver et Toronto (Canada)
Narayanamoorthy, Paleti et Bhat (2013)	Bande cyclable et piste cyclable en site propre	-4,23 ^a				X	New York (États-Unis)
Metropolitain Orlando (2010)	Bande cyclable			-7 à 15 % ^{b, 26}			Orlando (États-Unis)
Teschke et collab. (2012)	Piste cyclable aménagée dans l'emprise de la route		0,11 ^c			X	Vancouver et Toronto (Canada)
Harris et collab. (2013)	Piste cyclable aménagée dans l'emprise de la route		0,05 ^c			X	Vancouver et Toronto (Canada)

²⁴ Signification statistique non illustrée.

²⁵ Signification statistique non illustrée.

²⁶ Signification statistique non illustrée.

Tableau 6 Environnement plus favorable à la sécurité des usagers du vélo : sommaire des mesures d'association avec les infrastructures (suite)

Études	Éléments et infrastructures	Coefficient de régression ^a	Rapports de cote ^a	% du risque ou des collisions	Contrôle pour exposition (véhicules motorisés)	Contrôle pour l'usage du vélo	Provenance de l'étude
Prato et collab. (2015)	Piste cyclable aménagée dans l'emprise de la route	-0,293 ^c			X	X	Copenhague (Danemark)
Vandenbulcke, Thomas et Int Panis (2014)	Double sens cyclable	-0,89 ^c	0,41 ^c			X	Bruxelles (Belgique)
Abdel-Rahim et Sonnen (2012)	Accotement revêtu			Risques moins élevés			Idaho (États-Unis)
Metropolitain Orlando (2010)	Accotement revêtu			-10% ^{b, 27}			Orlando (États-Unis)
Harris et collab. (2013)	Rue avec déviation		0,04 ^c			X	Vancouver et Toronto (Canada)
Strauss, Miranda-Moreno et Morency, (2013)	Terre-plein	-0,351 ^b			X	X	Montréal (Canada)
Kim et Kim (2015)	Terre-plein	-0,517 ^e			X	X	Riverside County (États-Unis)
Harris et collab. (2013)	Vitesse des véhicules motorisés (- de 30 km/h)		0,52 ^d			X	Vancouver et Toronto (Canada)
Minikel (2012)	Vélorue			Risques de collisions de 1,8 à 8,0 fois moins élevés sur la vélorue	X	X	Berkeley (États-Unis)

^a : Diminution des risques (relatifs) de collisions/traumatismes non intentionnels.

^b : Diminution du nombre des collisions/traumatismes.

^c : Diminution des probabilités de collisions/traumatismes

^d : Diminution des probabilités de traumatismes sévères et/ou mortels.

^e : Diminution de la fréquence des collisions/traumatismes.

²⁷ Signification statistique non illustrée.

4.2.3 INFRASTRUCTURES : ENVIRONNEMENT MOINS FAVORABLE À LA SÉCURITÉ DES CYCLISTES

Quelques infrastructures peuvent rendre la pratique du vélo moins sécuritaire (tableau 7). Aux intersections, c'est le cas de certains types de carrefours giratoires. Dans l'aménagement ou le réaménagement d'une intersection, le carrefour giratoire peut paraître intéressant. En effet, les résultats d'une méta-analyse révèlent que le réaménagement d'une intersection en giratoire est lié à une diminution des risques de collisions entre véhicules motorisés de 30 à 50 % et les risques de traumatismes mortels de 50 à 70 % chez les automobilistes (Elvik, 2003). Les raisons évoquées pour l'aménagement de giratoires peuvent varier, mais portent essentiellement autour de l'amélioration de la sécurité chez les automobilistes et les piétons et de la fluidité du trafic (Gagnon, 2013; Hels et Orozova-Bekkevold, 2007).

Chez les cyclistes l'aménagement de certains types de giratoires n'est pas nécessairement un gage d'une sécurité accrue. Par exemple, les résultats d'une étude de type prépost intervention montrent que l'aménagement d'un giratoire est associé à une augmentation de 27 % du nombre de collisions avec traumatismes et de 41 à 46 % des traumatismes sérieux ou mortels chez les cyclistes (Daniels, Nuys et Wets, 2008). L'augmentation du nombre de collisions et de traumatismes dans les giratoires serait imputable à un aménagement particulier : le giratoire avec bande cyclable marquée (Daniels et collab., 2009) (photo 9). Daniels et collab. (2009) comparent l'efficacité sécuritaire de quatre catégories de configuration du giratoire : sans aménagement cyclable particulier ou trafic mixte (photo 10); giratoires avec présence de bandes cyclables sur la voie routière (photo 9); giratoires avec pistes cyclables séparées avec priorité aux cyclistes (photo 11); giratoires avec pistes cyclables dénivelées. Ainsi, les auteurs démontrent que la présence de bandes cyclables dans le giratoire est associée à une augmentation moyenne significative de 93 % des collisions avec traumatismes (photo 9). Une autre étude mentionne que les risques de collisions et de traumatismes sont plus élevés dans les giratoires dont le diamètre de l'îlot central est de moins de 10 mètres (Brude et Larsson, 2000). Au Danemark, une étude de Jensen (2013) a aussi évalué la performance de la conversion d'intersections vers des carrefours giratoires. Les résultats indiquent que le nombre de collisions impliquant des usagers du vélo a augmenté de 65 % et les traumatismes de 40 %. L'augmentation des collisions est plus importante dans la conversion vers des giratoires avec bandes cyclables (120 %) et vers des giratoires avec bandes cyclables colorées (212 %) (photo 9). Tandis que le nombre de collisions a diminué dans les conversions vers des giratoires avec pistes séparées sans priorités aux cyclistes (-81 %) (Jensen, 2013) (photo 6). Ces résultats sont similaires à ceux de l'étude de Vandenbulcke et collab. (2014). Une autre étude n'a pas montré de liens entre la présence d'infrastructures cyclables et les probabilités de collisions dans les giratoires. Les probabilités étaient plutôt liées aux giratoires plus anciens probablement moins bien aménagés que les giratoires plus récents (Hels et Orozova-Bekkevold, 2007).

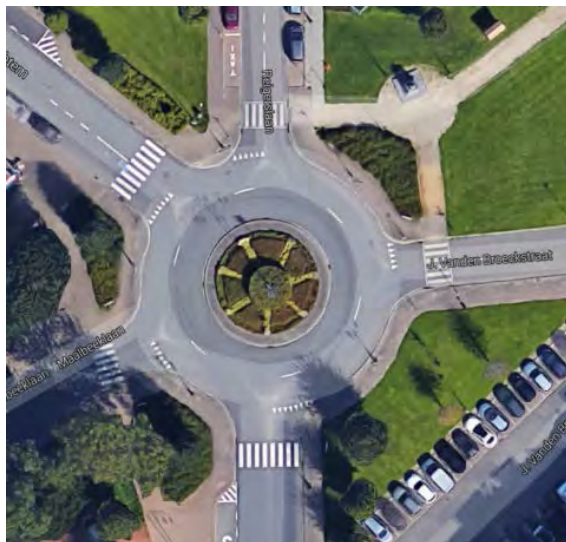
Finalement, une étude a porté sur les probabilités de collisions avec traumatismes associés à des intersections de rues locales aménagées avec mini-giratoires. Les résultats révèlent que les probabilités de collisions avec traumatismes sont 700 % plus élevées dans les intersections avec mini-giratoires comparativement à des intersections aménagées avec des arrêts (Harris et collab., 2013). Les auteurs concluent que le nombre de points de conflits dans les petits giratoires pourrait expliquer en partie cette probabilité plus élevée (Harris et collab., 2013; Cumming, 2011).

Photo 9 Exemple d'un giratoire avec bande cyclable



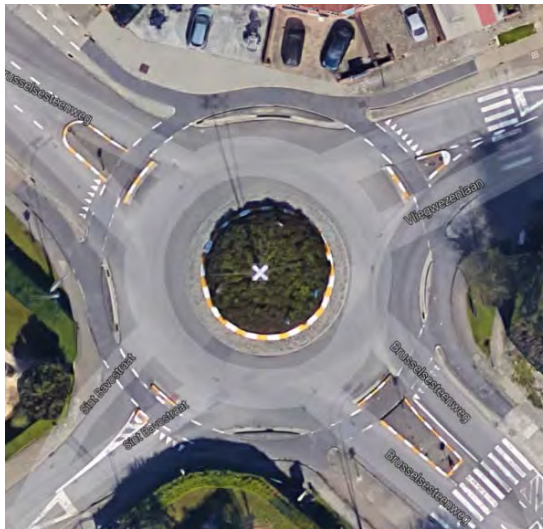
Source : <https://goo.gl/maps/x6wx3rZs67u>.

Photo 10 Giratoire à trafic mixte



Source : <https://goo.gl/maps/phCmTPrJPDU2>.

Photo 11 **Giratoire avec pistes cyclables séparées prioritaires**



Source : <https://goo.gl/maps/7aB2NZY5Yyu>.

Des études ont aussi montré des liens significatifs entre la présence ou l'aménagement d'infrastructures cyclables telles que des bandes cyclables (Chen et collab., 2012; Jensen, 2008; Schepers et collab., 2011; Vandenbulcke et collab., 2014) et des probabilités plus élevées ou une augmentation des collisions ou de traumatismes. L'augmentation des collisions et des traumatismes est surtout mesurée aux intersections où il y a des bandes cyclables et des pistes cyclables (Chen et collab., 2012; Schepers et collab., 2011; Vandenbulcke et collab., 2014). Les auteurs proposent de repenser les aménagements cyclables aux intersections avec pistes ou bandes cyclables en aménageant des refuges cyclistes ou en appliquant du marquage au sol (Chen et collab., 2012).

Finalement, dans une autre étude Hamann et Peck-Asa (2013) ont montré que chaque augmentation de 3 mètres de la largeur de la voie routière (trottoir à trottoir) est liée à une augmentation de 38 % des collisions chez les usagers du vélo et de 48 % aux intersections.

Tableau 7 Environnement moins favorable à la sécurité des usagers du vélo : sommaire des mesures d'association avec les infrastructures

Études	Éléments et infrastructures	Coefficient de régression	Rapports de cote	% augmentation des probabilités ou des collisions	Contrôle pour l'exposition (véhicules)	Contrôle pour l'usage du vélo	Provenance de l'étude
Prépost intervention							
Daniels, Nuyts et Wets (2008)	Giratoire		1,27 ^a	27 % ^a			Flandre (Belgique)
Daniels, Nuyts et Wets (2008)	Giratoire		1,46 ^a	46 % ^a			Flandres (Belgique)
Daniels, Nuyts et Wets (2008)	Giratoire		1,48 ^a	48 % ^a (en milieu construit)			Flandre (Belgique)
Daniels, Nuyts et Wets (2008)	Giratoire		1,77 ^a	77 % ^a (en milieu construit)			Flandre (Belgique)
(Daniels et collab., 2009)	Giratoire avec bande cyclable	1,05 ^a	1,93 ^a	93 % ^a			Flandre (Belgique)
Chen et collab., (2012)	Bande cyclable			22 % ^a (aux intersections)			New York (États-Unis)
Chen et collab., (2013)	Bande cyclable	1,58 ^a (aux intersections)					New York (États-Unis)
Longitudinal							
Jensen (2013)	Giratoire avec bande cyclable			65 % ^a			Danemark
Jensen (2013)	Giratoire avec bande cyclable			40 % ^c			Danemark
Jensen et collab. (2008)	Bande cyclable			24 % ^a (aux segments)		X	Copenhague (Danemark)
Jensen et collab. (2008)	Bande cyclable			57 % ^a (aux intersections)		X	Copenhague (Danemark)
Transversal							
Brude et Larsson (2000)	Giratoire (diamètre de l'îlot central est de plus de 10 mètres)		1,07 ^b		X	X	Suède

Tableau 7 Environnement moins favorable à la sécurité des usagers du vélo : sommaire des mesures d'association avec les infrastructures (suite)

Études	Éléments et infrastructures	Coefficient de régression	Rapports de cote	% augmentation des probabilités ou des collisions	Contrôle pour l'exposition (véhicules motorisés)	Contrôle pour l'usage du vélo	Provenance de l'étude
Vandenbulcke, Thomas et Panis (2014)	Giratoire avec bande cyclable	2,83 ^b	16,91 ^b			X	Bruxelles (Belgique)
Vandenbulcke, Thomas et Int Panis (2014)	Giratoire	0,67 ^b	1,96 ^b			X	Bruxelles (Belgique)
Hels et Orozova-Bekkevold (2007)	Giratoire (vieux giratoires)		4,95 ^a		X	X	Odense (Danemark)
Vandenbulcke, Thomas et Int Panis (2014)	Intersection avec piste cyclable unidirectionnelle	2,02 ^b	7,56 ^b			X	Bruxelles (Belgique)
Vandenbulcke, Thomas et Int Panis (2014)	Intersection avec piste cyclable bidirectionnelle	3,36 ^b	28,85 ^b			X	Bruxelles (Belgique)
Vandenbulcke, Thomas et Int Panis (2014)	Intersection avec marquage	1,85 ^b	6,35 ^b			X	Bruxelles (Belgique)
Harris et collab. (2013)	Mini-giratoire		7,98 ^b			X	Vancouver et Toronto (Canada)
Hamann et Peek-Asa (2013)	Largeur des voies routières		1,38 ^a		X	X	Iowa (États-Unis)
Schepers et collab., (2011)	Voies colorées	0,93 ^b (aux intersections)	2,53 ^b (aux intersections)			X	Pays-Bas

^a : Augmentation du nombre des collisions/traumatismes.

^b : Augmentation des probabilités de collisions/traumatismes.

^c : Augmentation du nombre de traumatismes sévères et/ou mortels.

4.2.4 INSTALLATIONS : ENVIRONNEMENT PLUS ET MOINS FAVORABLE À LA SÉCURITÉ DES CYCLISTES

Quelques installations peuvent être favorables ou non à la sécurité des cyclistes (tableau 8). Une étude réalisée aux Pays-Bas a montré que l'éclairage de la chaussée sur les routes rurales est associé à une diminution de 60 % du risque de collisions chez les cyclistes comparativement à des chaussées non éclairées (Wanvik, 2009). Toutefois, les risques de collisions demeurent plus élevés à la noirceur sur les routes éclairées (+ 81 %) bien que ce risque accru soit beaucoup plus faible que celui observé sur les routes non éclairées (+ 429 %). Les résultats d'une autre étude réalisée en

Caroline du Nord indiquent que les risques de collisions avec traumatismes mortels et collisions avec traumatismes et incapacités sur les chaussées non éclairées et à la noirceur sont respectivement de 111 % et de 50 % supérieurs à de simples collisions sur des tronçons éclairés ou durant le jour.

Une autre étude a analysé les risques de traumatismes crâniens dans les villes ayant implanté des services de partage de vélos comparativement à des villes n'ayant pas implanté ces services. Les résultats des analyses de Graves et collab. (2014) révèlent que les risques de traumatismes crâniens sont 14 % plus élevés dans les villes ayant implanté les services de partage de vélos. Ces résultats seraient attribuables à la faible propension des utilisateurs du service à porter un casque. Les conclusions de cette étude sont, néanmoins, contestées (Salomon, Kimbrough et Bershteyn, 2014; Cowling, 2014). Salomon et collab. (2014) mentionnent que Graves et collab. (2014) n'ont pas interprété les données correctement. Ce que l'étude de Graves et collab. (2014) ne mentionnent pas c'est que le nombre total de traumatismes a chuté de 37, 8 % dans les villes ayant implanté le service comparativement à une augmentation de 6,2 % dans les villes n'ayant pas implanté le service. De plus, le nombre de traumatismes crâniens a chuté de 14,4 % dans les villes ayant implanté le service comparativement à une diminution de 3,9 % dans les villes n'ayant pas implanté le service. Selon Cowling (2014) il est possible que la présence des services de partage de vélo amène les conducteurs des véhicules motorisés à adopter une conduite plus prudente augmentant la sécurité des cyclistes.

Finalement, la présence de stationnement de véhicules motorisés sur la rue est associée significativement aux risques de collisions et de traumatismes chez les cyclistes, car cela créerait un environnement propice à l'emportierage et à des conflits entre les différents usagers de la rue (Vandenbulcke, Thomas et Int Panis, 2014; Teschke et collab., 2014).

Tableau 8 Environnement plus et moins favorable à la sécurité des cyclistes : sommaire des mesures d'association avec les installations

Études	Éléments et infrastructures	Coefficient de régression	Rapports de cote	% diminution ou augmentation des risques, probabilités ou des collisions	Contrôle pour l'exposition (véhicules motorisés)	Contrôle pour l'usage du vélo	Provenance de l'étude
Wanvik (2009)	Chaussées éclairées (rural)			-60 % ^b			Pays-Bas
Wanvik (2009)	Chaussées éclairées (noirceur)			81 % ^a			Pays-Bas
Wanvik (2009)	Chaussées non éclairées (noirceur)			429 % ^a			Pays-Bas
Kim et collab. (2007)	Chaussées non éclairées	0,85 ^d		111 % ^d			Caroline du Nord
Kim et collab. (2007)	Chaussées non éclairées	0,51 ^c		50 % ^c			Caroline du Nord
Graves et collab. (2014)	Vélos partage		1,30 ^a	14 % ^a			États-Unis
Salomon et collab. (2014)	Vélos partage			-38 % ^b			États-Unis

Tableau 8 Environnement plus et moins favorable à la sécurité des cyclistes : sommaire des mesures d'association avec les installations (suite)

Études	Éléments et infrastructures	Coefficient de régression	Rapports de cote	% diminution ou augmentation des risques, probabilités ou des collisions	Contrôle pour l'exposition (véhicules motorisés)	Contrôle pour l'usage du vélo	Provenance de l'étude
Vandenbulcke, Thomas et Int Panis (2014)	Stationnement de véhicules motorisés X infrastructures cyclables	1,15 ^c	3,16 ^c			X	Bruxelles (Belgique)
Teschke et collab. (2014)	Stationnement de véhicules motorisés		1,5 (avec véhicules motorisés ^e)			X	Vancouver et Toronto (Canada)
Teschke et collab. (2014)	Stationnement de véhicules motorisés		3,0 (emportierage ^e)			X	Vancouver et Toronto (Canada)
Teschke et collab. (2014)	Stationnement de véhicules motorisés		3,0 (avec tramways ^e)			X	Vancouver et Toronto (Canada)

^a : Augmentation des risques de collisions/traumatismes.

^b : Diminution des risques de collisions/traumatismes.

^c : Augmentation des probabilités de traumatismes avec incapacités.

^d : Augmentation des probabilités de traumatismes sévères et/ou mortels.

^e : Augmentation de différents types de collisions.

4.2.5 RÉSULTATS DE RECENSIONS D'ÉCRITS SCIENTIFIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT BÂTI ET LA SÉCURITÉ DES CYCLISTES

Quelques recensions d'écrits scientifiques ont aussi été publiées concernant les liens entre les infrastructures et la sécurité des cyclistes (Reynolds, M. A. Harris, et collab., 2009; Thomas et DeRobertis, 2013; Mulvaney et collab., 2015; Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Forum international des transports, 2015). Reynolds et collab. (2009) à partir des résultats de 23 études concluent que les infrastructures peuvent avoir un effet sur la sécurité des cyclistes. Au niveau des intersections, l'infrastructure la plus étudiée est le carrefour giratoire qui dépendamment de sa configuration n'est pas une infrastructure sécuritaire pour les cyclistes. Au niveau des segments, les résultats révèlent que les trottoirs, les pistes à usages multiples et les rues principales sont associés à des probabilités plus élevées de collisions et de traumatismes chez les cyclistes, tandis que les pistes cyclables en sites propres, les bandes cyclables, les rues partagées et désignées sont associées à des probabilités moins élevées.

Une autre recension des écrits a porté uniquement sur l'effet des pistes cyclables (Thomas et DeRobertis, 2013). Les résultats indiquent que les pistes cyclables à sens unique semblent plus sécuritaires aux intersections comparativement aux pistes cyclables à double sens. Ces résultats sont cohérents avec les recommandations de Vélo Québec en matière d'aménagement. Vélo Québec mentionne que les pistes cyclables à double sens sont des aménagements sécuritaires lorsqu'il y a peu d'intersections et d'entrées charretières (Jolicoeur et collab., 2009). Toutefois, selon les résultats de l'étude de Lusk et collab. (2011), les risques de collisions sur les rues ayant des pistes cyclables à double sens sont moins élevés que sur les rues n'ayant pas d'infrastructures du tout. Globalement, la

construction d'une piste cyclable aménagée dans l'emprise de la route sur une rue où le volume de trafic motorisé est élevé est bénéfique pour la sécurité des cyclistes (Thomas et DeRobertis, 2013).

Plus récemment, Mulvaney et collab. (2015) ont recensé 21 études de types prépost intervention et en séries temporelles discontinues. Les résultats de leur méta-analyse indiquent qu'il n'y a pas de liens significatifs entre la mise en place de bandes cyclables, les usagers du vélo utilisant des routes partagées ou un réseau cyclable et des risques moins élevés de collisions. Par contre, la réduction de la limite de vitesse des véhicules motorisés, la reconfiguration d'intersections en carrefour giratoire (giratoire avec pistes cyclables séparées seulement) et la reconfiguration de certaines voies partagées semblent favoriser la sécurité des cyclistes. Les auteurs concluent, néanmoins, qu'il y a un manque de preuves scientifiques permettant d'affirmer que l'aménagement d'infrastructures cyclables est lié à une sécurité plus élevée chez les cyclistes. Par ailleurs, les auteurs ont souligné qu'il y a peu d'évaluation rigoureuse des infrastructures cyclables. Les études à venir devraient minimalement inclure des sites contrôles et des données prépost intervention sur une période de temps pour contrôler le volume de trafic. Cette méta-analyse utilisait une méthodologie de classification des articles scientifiques issus de la recherche médicale, peut-être moins adaptée aux études sur les impacts d'aménagements routiers.

Ces résultats sont, en partie, cohérents avec notre recension des écrits scientifiques. Les résultats de notre recension des écrits montrent que les mesures d'apaisement de la circulation incluant la réduction de la vitesse des véhicules motorisés sont associées significativement à des probabilités moins élevées de collisions et de traumatismes. Concernant les bandes cyclables, quatre études de notre recension des écrits scientifiques montrent des liens significatifs avec des probabilités plus élevées de collisions et de traumatismes et deux études le contraire. Finalement, plusieurs études montraient des liens entre les pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route et des probabilités moins élevées de collisions et de traumatismes.

À notre connaissance, aucune recension des écrits scientifiques n'a porté sur les liens entre les caractéristiques de la forme urbaine et la sécurité des cyclistes.

5 Discussion

5.1 Interventions prometteuses afin de rendre les environnements bâtis et aménagés plus favorables à une pratique sécuritaire du vélo

Les résultats de la recension des écrits scientifiques indiquent que plusieurs éléments de la forme urbaine sont associés significativement et positivement à la pratique du vélo. Il faut donc mettre en place des approches d'aménagements du territoire favorisant ces éléments (densité, connectivité, mixité) à la condition qu'elles soient accompagnées d'infrastructures cyclables permettant de réduire les risques de collisions et de blessures. Il existe plusieurs stratégies d'aménagement pouvant augmenter les potentiels piétonnier et cyclable des secteurs en régions métropolitaines. Quelques études montrent que l'adoption de certaines pratiques novatrices en matière d'aménagement peut augmenter les potentiels d'un secteur en favorisant la mixité des usages ou en adoptant les principes du « *Smart growth* » (croissance intelligente²⁸) ou du nouvel urbanisme (Congress for the new urbanism, 2013; Environmental protection Agency, 2013). Les Centers for Disease Control américains et l'Institut national de santé publique du Québec ont déjà souligné le rôle potentiel de certaines politiques en matière de zonage dans le développement d'environnements favorables aux saines habitudes de vie (National Center for Environmental Health, 2013; Bergeron et Reyburn, 2010; Bergeron et collab., 2011). En milieu rural, Boucher et Fontaine (2011) et l'International City/County Management Association (ICMA, 2010) suggèrent aussi d'augmenter le potentiel piétonnier pour les noyaux villageois. Ils proposent donc de localiser les nouveaux lotissements et les nouvelles constructions le plus près possibles des centres-villes existants tout en respectant les caractères patrimonial et architectural des noyaux.

Du côté, des infrastructures, l'aménagement de pistes cyclables en site propre, de pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route, de bandes cyclables et des mesures d'apaisement de la circulation peut augmenter la pratique du vélo utilitaire et à des fins de loisirs. Au Québec, la pratique du vélo en milieux périurbains et ruraux est fortement caractérisée par du vélo de loisirs et du cyclotourisme. Ces pratiques du vélo doivent être liées à des aménagements et des infrastructures adéquates. Le développement depuis 1995 de la Route verte, réseau de 5 299 kilomètres composé de pistes cyclables en site propre, de bandes cyclables, d'accotements revêtus et de chaussées dédiées représente une intervention prometteuse pour favoriser la pratique du vélo (Panneton, 1999; Vélo-Québec, 2016) (photo 12).

²⁸ Traduction de l'Office québécois de la langue française.

Photo 12 **Route verte, Laval**



Source : INSPQ – Photographe : Éric Robitaille.

Pour favoriser l'utilisation du vélo pour des motifs utilitaires, des installations telles que les stationnements pour vélos, les douches et les vestiaires peuvent être aménagées à l'échelle des bâtiments (Buehler, 2012; Heinen, Maat et Wee, 2012; Stinson et Bhat, 2004) au détriment des stationnements gratuits pour les véhicules motorisés (Buehler, 2012; Heinen, Maat et Wee, 2012).

Les services de vélos partage représentent aussi des installations prometteuses pour favoriser une augmentation des déplacements à vélo à des fins utilitaires et de loisirs, toutefois les études à ce sujet sont encore peu nombreuses (Fuller, Gauvin, Morency, et collab., 2013; Molina-García et collab., 2013). Woodcock et collab. (2014) ont modélisé l'impact sur la santé de l'utilisation du système de vélos partage à Londres au Royaume-Uni. Les résultats révèlent que l'utilisation du système de vélos partage est associée à une augmentation moyenne de 0,06 MET par semaine par personne. D'autres études ont tenté de mesurer le transfert modal de l'automobile vers les vélos partage. Ce transfert est variable d'une juridiction à l'autre : 2 % à Londres; 7 % à Washington D.C.; 21 % à Brisbane (Australie); 19 % à Melbourne (Australie); 19 % au Minnesota (Fishman, Washington et Haworth, 2014); 2 % à Montréal. La plupart des transferts modaux vers le vélo-partage proviennent des marcheurs et des usagers du transport en commun (Ricci, 2015).

Finalement, pour favoriser la pratique du vélo l'hiver, l'entretien des infrastructures cyclables semble une avenue prometteuse (Bergström et Magnusson, 2003; Miranda-Moreno et Nosal, 2011; Bergström, 2003). Toutefois, l'impact populationnel reste à déterminer, pour l'instant. Selon une étude réalisée par la Joint-Venture Silicon Valley, dans la plupart des villes des États-Unis, une diminution importante (75 %) des parts modales du vélo est enregistrée l'hiver tandis que dans plusieurs villes du nord de l'Europe les parts modales du vélo restent élevées (Joint-Venture Silicon Valley, 2015). Par exemple, à Lund en Suède où les températures moyennes sont plus élevées et les accumulations de neige plus faibles que dans plusieurs agglomérations du sud du Québec, les parts modales du vélo sont tout de même estimées à 48 % en été comme en hiver. Des résultats pouvant s'expliquer par l'entretien des infrastructures l'hiver (Bergström, 2002).

En adoptant ces différentes stratégies d'aménagement du territoire, il est important de s'assurer de la mise en place d'infrastructures et d'installations favorisant la sécurité des cyclistes. Plusieurs études de la recension des écrits ont montré que des éléments de la forme urbaine et certaines infrastructures sont liés significativement et positivement à la pratique du vélo, mais aussi à un nombre, à des fréquences et à des risques plus élevés de collisions et de traumatismes (la connectivité du réseau routier, la présence d'intersections, la présence de certaines catégories d'utilisations du sol [commerciales, arrêts d'autobus, industrielles et institutionnelles]).

Pour contrer les risques de collisions et de traumatismes, des infrastructures peuvent être aménagées. Elles doivent miser sur la réduction de la vitesse, des volumes des véhicules motorisés et des conflits entre les usagers de la rue. Ce sont des aspects qui expliquent les liens entre les caractéristiques de l'environnement bâti, les fréquences et la gravité des blessures chez les usagers de la route (Ewing et Dumbaugh, 2009). Plusieurs études ont déjà montré des liens entre les volumes et les vitesses des véhicules motorisés, les collisions et les traumatismes chez les usagers du vélo (Strauss, Miranda-Moreno et Morency, 2013, 2014; Romanow et collab., 2012; Harris et collab., 2013; Kim et collab., 2007; Morency et collab., 2012; Eluru, Bhat et Hensher, 2008; Hels et Orozova-Bekkevold, 2007). Les infrastructures doivent donc maximiser les réductions de la vitesse et du volume des véhicules motorisés par différents aménagements (ex. : des zones à faible limite de vitesse, des mesures d'apaisement de la circulation et des mesures de déviation de la circulation). Aux intersections, en particulier les intersections ayant des niveaux élevés de volume de cyclistes, des aménagements doivent aussi réduire la vitesse des véhicules motorisés, mais aussi les conflits entre les usagers de la rue (ex. : zone avancée pour cyclistes, des traverses colorées et surélevées, par certains types de giratoires ou par l'aménagement de refuge central).

Il existe deux approches pour implanter les infrastructures d'apaisement de la circulation : par points noirs et sectoriels. L'approche par points noirs cible des lieux spécifiques où des nombres élevés de collisions sont enregistrés. Elle vise principalement la réduction de la vitesse des véhicules motorisés. L'approche sectorielle mise sur l'implantation de mesures déployées et intégrée dans une aire géographique comprenant plusieurs rues. L'approche sectorielle vise à réduire à la fois les volumes et les vitesses de circulations des véhicules motorisés (Bellefleur et Gagnon, 2012 : 1-5). Selon Bellefleur et Gagnon (2012 : 26) « l'approche sectorielle pourrait donc avoir un avantage sur l'approche par points noirs en visant non seulement la réduction des vitesses, mais aussi des volumes des déplacements en voiture dans un secteur donné ». Les résultats de l'étude de Grundy et collab. (2009) montrent les associations entre l'implantation de zones 20 MPH (30 km/h) (approche sectorielle) et la diminution des traumatismes et des décès chez les usagers du vélo. Quelques secteurs et municipalités au Québec tentent d'adopter cette approche, dont les arrondissements montréalais Le Plateau-Mont-Royal et Outremont avec l'implantation de plusieurs mesures d'apaisement de la circulation et la réduction des limites de vitesse à 30 km/h dans les rues locales. Dans les milieux où la vitesse et le volume du trafic motorisé sont plus élevés, un réaménagement de la voie routière pour accorder plus d'espace aux cyclistes et pour favoriser la séparation physique du trafic motorisé du trafic cycliste (plus spécifiquement les pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route) représente des interventions prometteuses.

L'impact des services de vélos partage sur la sécurité des usagers du vélo reste à déterminer. Toutefois, les résultats de l'étude de modélisation de Woodcock et collab. (2014) ont montré que l'utilisation du service de partage de vélos à Londres n'était pas associée à des risques plus élevés de traumatismes que l'utilisation de vélos personnels. La modélisation de l'impact sur la santé de l'utilisation du service de partage est associée à de légers bénéfices sur la santé, en particulier chez les hommes et les personnes plus âgées.

Plusieurs autres interventions sont proposées dans les écrits scientifiques afin de réduire les risques de collisions et de traumatismes aux intersections (ex. : mesures de limitation de vitesse sur les pistes cyclables, passage cyclable prioritaire, zone avancée pour cyclistes, interruption de piste cyclable) (Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Forum international des transports, 2015). Toutefois, les études ayant analysé ces différentes interventions ne satisfaisaient pas les critères d'inclusions parce qu'elles ne portaient pas spécifiquement sur les collisions ou les traumatismes. Dans le cas, par exemple, de la présence d'une zone avancée pour cyclistes à une intersection (« Sas vélo »), il a été montré qu'elle permettrait de réduire le nombre potentiel de conflits entre les usagers cyclistes et les automobilistes (Dill, Monsere et McNeil, 2012; Dill, 2009). Mais, notre recension des écrits scientifiques n'a pas permis de trouver des études portant sur l'impact de ce type d'intervention sur les collisions ou les traumatismes.

Les tableaux 9 et 10 illustrent synthétiquement les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé liées significativement à la pratique sécuritaire des usagers du vélo. Les résultats de la recension des écrits scientifiques indiquent qu'il y a quelques éléments et interventions de l'environnement bâti et aménagé pouvant à la fois favoriser la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes (tableau 9). Ces éléments sont liés aux réductions de la vitesse et du volume du trafic motorisé par des mesures d'apaisement de la circulation, par la réduction des limites de vitesse, par la séparation physique du trafic motorisé du trafic cycliste et au réaménagement de la voie routière afin d'accorder plus d'espaces aux cyclistes par les pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route et séparées. Ces stratégies sont recommandées dans les écrits scientifiques (Turner, Binder et Roozenburg, 2009) et par plusieurs organismes reconnus en santé publique, dont l'OMS (Edwards et Tsouros, 2008), les Center for disease control and Prevention (CDC) aux États-Unis (CDC, 2014) et le National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE) (NICE-National institute for health and clinical Excellence, 2008; NICE-National institute for health and clinical excellence, 2009). C'est aussi l'approche préconisée aux Pays-Bas.

Des éléments de la forme urbaine peuvent à la fois être défavorables à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes (tableau 10). Ces éléments sont liés à la présence d'artères et d'utilisation du sol de nature commerciale, en particulier les activités commerciales de grandes surfaces. Des milieux caractérisés généralement par des volumes et des vitesses de véhicules motorisés élevés. Pour rendre ces milieux plus favorables à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes, il est essentiel de mettre en place des infrastructures cyclables permettant de réduire le volume et la vitesse des véhicules motorisés ainsi que les conflits entre les usagers de la rue.

Tableau 9 **Caractéristiques de l'environnement bâti favorables à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes**

	Pratique +	Nombre d'associations	Sécurité +	Nombre d'associations
Infrastructure	Bande cyclable	4	Piste aménagée dans l'emprise de la route	4
	Piste cyclable en site propre	4	Accotement revêtu	2
	Apaisement de la circulation	2	Bande cyclable	2
	Piste aménagée dans l'emprise de la route	3	Bande cyclable et piste cyclable en site propre	2
	Connectivité du réseau cyclable	1	Apaisement de la circulation	13
	Continuité du réseau cyclable	1	Giratoire avec pistes cyclables séparées	1
	Densité du réseau cyclable	1	Mesures d'apaisement de la circulation (intersections)	1
	Entretien des infrastructures l'hiver	1	Double sens cyclable	1
	Fragmentation du réseau cyclable	1	Zone 30 km/h	2
	Marquage au sol et panneaux vélo	1	Intersection surélevée et colorée	2
	Piste cyclable en site propre et bande cyclable	1	Réduction des voies routières	1
	Traverse de piétons	1	Vitesse des véhicules motorisés (- de 30 km/h)	1
Forme urbaine	Connectivité	5	Vélorue	1
	Potentiel piétonnier	5	Refuge central (terre-plein)	2
	Densité résidentielle	4	Rue avec déviation	1
	Mixité	2		
	Parcs et espaces verts	2		
	Récréatif	2		
	Bureau de poste, banque, gymnase, récréatif	1		
	Bureau, restaurant-minute, hôpital	1		
	Connectivité X faibles trafics motorisés	1		
	Densité résidentielle X mixité	1		
	Éducation, commerce de proximité	1		
	Potentiel cyclable	1		
	Terrains de sports	1		
	Transport en commun	1		
Installations	Stationnement pour vélo sur le lieu de travail	3	Vélos-partage	1
	Vélos-partage	2	Chaussées éclairées (rural)	1
	Stationnement pour vélo, douches et casiers sur le lieu de travail	1	Chaussées éclairées (noirceur)	1
	Vestiaires sur le lieu de travail	1		
	Association significative dans au moins une étude sur la pratique et la sécurité des cyclistes			

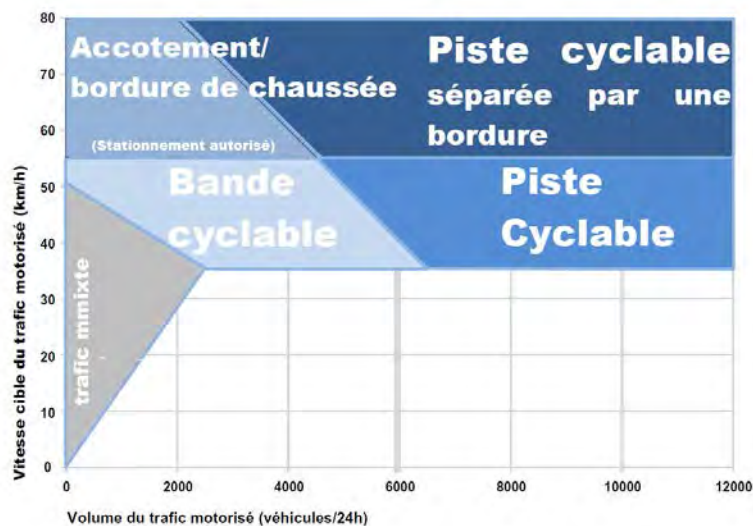
Tableau 10 **Caractéristiques de l'environnement bâti moins favorables à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes**

Pratique -		Nombre d'associations	Sécurité -		Nombre d'associations
Infrastructures			Giratoire		5
			Bande cyclable		4
			Giratoire avec bande cyclable		4
			Giratoire (diamètre de l'îlot central est de plus de 10 mètres)		1
			Giratoire (vieux giratoires)		1
			Intersection avec marquage		1
			Intersection avec piste cyclable bidirectionnelle		1
			Intersection avec piste cyclable unidirectionnelle		1
			Largeur des voies routières		1
			Mini-giratoire		1
			Voies colorées		1
Forme urbaine	Connectivité (faible)	2	Arrêts d'autobus		3
	Parcs et espaces verts	2	Intersections		3
	Artères et autoroutes	1	Artères		2
	Canopée	1	Connectivité		2
	Dépanneurs	1	Rues avec tramways ou Streetcar		2
	Distance à l'école	1	Utilisation du sol : commerciale		2
	Grandes surfaces commerciales	1	Densité résidentielle		1
	Mixité (faible)	1	Distance entre les intersections		1
	Résidentielle	1	Entrées charretières		1
			Intersections (1 artère vs rues locales)		1
			Intersections (3 branches vs. 4 branches)		1
			Utilisation du sol : commerciale linéaire		1
			Utilisation du sol : grande surface commerciale		1
			Utilisation du sol : industrielle		1
			Utilisation du sol : institutionnelle		1
			Utilisation du sol : services		1
Installations			Chaussées non éclairées		3
			Vélos partage		1
			Stationnement de véhicules motorisés		4

Association significative dans au moins une étude sur la pratique et la sécurité des cyclistes

Selon une étude de Schepers et collab. (2015), aux Pays-Bas, les niveaux élevés de pratique du vélo et de sécurité des cyclistes s'expliquent par la mise en place d'une hiérarchisation du réseau routier. Elle est caractérisée par des zones où la vitesse (moins de 30 km/h²⁹) et les volumes de trafic motorisé sont réduits au maximum réduisant l'exposition des usagers du vélo. Sur le réseau routier néerlandais où les limites de vitesse sont plus élevées, des infrastructures cyclables séparées sur les segments (pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route) et aux intersections (mesures d'apaisement de la circulation) sont aménagées. Les Pays-Bas appliquent l'approche dite « *Safe System* », les usagers du vélo ne doivent jamais côtoyer les zones de trafic à vitesse élevée (zone supérieure gauche de la figure 2), même si le volume de trafic est faible (Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Forum international des transports, 2015; Schepers et collab., 2015). La figure 2 illustre le lien entre l'aménagement d'infrastructures cyclables, la vitesse et le volume de trafic développé par le Danish Cycling Embassy (<http://www.cycling-embassy.dk/>). Par exemple, lorsque la vitesse et le volume de trafic des véhicules motorisés sont faibles, le trafic mixte sans aménagement est préconisé (à gauche et au centre de la figure 2). Différentes interventions sur les infrastructures peuvent être mises en place selon le contexte. Par exemple, dans le cas des infrastructures cyclables sur des segments, différentes interventions sont possibles selon la vitesse et le volume de trafic des véhicules motorisés (figure 2).

Figure 2 Guide de planification des aménagements cyclistes sur route tout trafic (Danemark)



Source : Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Forum international des transports (2015).

Une seule recension des écrits scientifiques a porté à la fois sur la sécurité des cyclistes et la pratique du vélo (Luukkonen et Vaismaa, 2015). Selon les résultats de cette recension, les éléments et les interventions de l'environnement bâti favorisant la sécurité des cyclistes sont liés à des infrastructures permettant les réductions de la vitesse et du volume des véhicules motorisés, un réaménagement de la voie routière pour accorder plus d'espace aux usagers du vélo et pour favoriser la séparation physique du trafic motorisé du trafic cycliste. Les éléments associés à la pratique du vélo sont des éléments de la forme urbaine (densité, connectivité, accessibilité à certaines utilisations du sol) et une présence et un accès élevés à des infrastructures cyclables.

²⁹ En 2008, sur 85 % du réseau routier néerlandais en milieu bâti, la limite de vitesse est de 30 km/h.

Selon les auteurs, la combinaison de ces différents éléments de l'environnement bâti et aménagé peut mener à l'apparition du phénomène de « sécurité par le nombre ».

L'augmentation du nombre d'usagers du vélo et une augmentation non proportionnelle des taux de collisions ou de traumatismes non intentionnels chez les cyclistes pourraient être associées au phénomène de « sécurité par le nombre » (Jacobsen, 2003; Smeed, 1949). C'est la non-linéarité du risque qui expliquerait ce phénomène. En d'autres mots, « une augmentation de l'exposition (nombre, volume, etc.) se traduit par une augmentation proportionnellement inférieure du nombre d'accidents » (Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Forum international des transports, 2015: 62). Les chercheurs sont tout de même prudents sur les mécanismes pouvant expliquer ce phénomène. Certains mentionnent que les automobilistes seraient plus vigilants, d'autres que les cyclistes seraient plus vigilants et que l'augmentation du nombre de cyclistes fait en sorte qu'ils sont plus visibles (Bhatia et Wier, 2011; Mapes, 2009). Un rapport de l'OCDE (2015) indique que la « sécurité par le nombre » est peut-être liée à la mise en place d'environnement bâti et aménagé favorable à une pratique du vélo en contexte sécuritaire. En effet, le phénomène de « sécurité par le nombre » a essentiellement été observé dans les pays ayant investi dans les environnements favorables au vélo tels que les Pays-Bas, le Danemark et l'Allemagne. Quelques études de notre recension des écrits ont mesuré le phénomène de sécurité par le nombre (Prato et collab., 2015; Strauss, Miranda-Moreno et Morency, 2013). La « sécurité par le nombre » montre en quelque sorte l'importance des liens possibles entre la pratique du vélo, la sécurité des cyclistes et les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé. Néanmoins, très peu d'études ont tenté d'étudier simultanément les liens entre les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé, la pratique du vélo et les collisions et les traumatismes non intentionnels chez les cyclistes (Schepers et collab., 2014; Luukkonen et Vaismaa, 2015). Selon Schepers et collab. (2014), Rothman et collab. (2013) et Luukkonen et Vaismaa (2015), il est essentiel d'étudier ces deux aspects afin d'intervenir le plus adéquatement possible pour créer des environnements favorables à des déplacements actifs en contexte sécuritaire.

5.2 Environnement bâti et aménagé, inégalités sociales et pratique sécuritaire du vélo

Quelques études de notre recension des écrits présentaient des résultats selon le statut socio-économique des secteurs habités ou des individus. D'un côté, les résultats de l'étude de Fan et collab. (2014) et Van Dyck et collab. (2010) montrent que la prévalence du transport actif à vélo est plus élevée dans les secteurs plus défavorisés. De l'autre, les résultats des analyses de Kamphuis et collab. (2008) indiquent que la pratique du vélo à des fins récréatives est significativement plus faible dans les quartiers défavorisés. Robitaille et collab. (2011) ont aussi montré que les personnes à faible revenu ont significativement plus de chance d'utiliser le vélo pour se rendre au travail. La pratique plus élevée du vélo à des fins utilitaires dans les secteurs défavorisés s'explique probablement par les coûts moins élevés qui y sont associés, en particulier en Europe (Van Dyck et collab., 2010). Selon Kamphuis et collab. (2008), la pratique du vélo à des fins récréatives est plus faible dans les quartiers défavorisés par ce que la qualité esthétique de l'environnement bâti est moins bonne.

Aucune étude parmi celles recensées ne porte sur l'impact d'une intervention de l'environnement bâti et aménagé sur les inégalités sociales de santé en matière de sécurité des cyclistes. Quelques études montrent des liens entre les caractéristiques socio-économiques des secteurs et la sécurité des cyclistes. Les résultats des études de Prato et collab. (2015) et de Dumbaugh et collab. (2013) montrent que les risques de collisions/traumatismes sont significativement plus élevés dans les secteurs défavorisés socio-économiquement. À Montréal, Morency et collab. (2012) ont étudié les liens entre les caractéristiques socio-économiques des quartiers et la sécurité des usagers de la

route aux intersections. Les résultats de l'étude révèlent des liens significatifs entre la défavorisation des secteurs et des risques plus élevés de traumatismes chez les cyclistes. Les résultats montrent aussi que ces liens s'expliquent par une exposition aux risques plus élevée pour la population de ces secteurs. Des secteurs caractérisés par des volumes de trafic motorisé et par une géométrie de la trame routière (intersections à 4 branches et intersections incluant au moins une artère) favorisant les collisions et les traumatismes chez les usagers du vélo.

5.3 Environnements politique, socioculturel et économique favorables à une pratique sécuritaire du vélo

L'accroissement de la pratique sécuritaire du vélo ne repose pas uniquement sur des modifications de l'environnement bâti, quoique celles-ci soient nécessaires. D'autres mesures doivent être implantées. Les Pays-Bas, le Danemark et l'Allemagne, qui sont exemplaires en terme de pratique du vélo et de sécurité des cyclistes, ont mis en place un ensemble de mesures touchant les environnements physique, économique, politique et socioculturel pour soutenir son usage (Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Forum international des transports, 2015; Pucher et Buehler, 2008; Schepers et collab., 2015; Vandenbulcke et collab., 2011) :

- Une volonté politique et un cadre réglementaire favorisant la circulation à vélo (environnement politique);
- Des investissements permanents dans un réseau complet d'aménagements cyclables de grande qualité (environnements physique et économique);
- Une éducation précoce et généralisée de l'usage des aménagements cyclables et des règles régissant les interactions entre les vélos et les véhicules motorisés (environnement socioculturel);
- Des interventions rapides et ciblées pour remédier aux points noirs³⁰ qui menacent la sécurité (environnement physique);
- Des campagnes de promotion sur l'utilisation du vélo (environnement socioculturel);
- Des politiques coordonnées en matière d'aménagement (planification des transports actifs) faisant augmenter le nombre d'usagers du vélo ou renforçant leur sécurité (environnement politique).

Ces mesures rappellent les éléments essentiels de certains programmes américains de certifications de municipalités et d'entreprises amies des vélos. Ces programmes sont traduits, au Québec, par le mouvement « vélosympatique » de Vélo Québec. Ces éléments, au nombre de 5 ou les 5E sont l'environnement, l'éducation, l'encouragement, l'encadrement et l'évaluation/planification (Vélo Québec, 2015).

Plusieurs caractéristiques au niveau individuel peuvent aussi influencer la pratique du vélo et la sécurité de l'utilisateur. L'attitude envers la pratique semble être un facteur important de la décision d'utiliser le vélo. Beenackers et collab. (2012) émettent l'hypothèse, sans toutefois la vérifier, que l'attitude est un facteur plus important que les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé, en particulier dans les pays où la prévalence de la pratique du vélo est faible. De plus, certains pays ont instauré des politiques contraignant l'utilisation de l'automobile (ex. : coûts élevés de l'acquisition, coûts élevés à l'utilisation, places de stationnement limitées). En Europe, les politiques

³⁰ Les mesures pour favoriser la sécurité des usagers du vélo peuvent être implantées selon une approche par points noirs ciblant des lieux spécifiques où des nombres élevés de collisions sont enregistrés.

et les environnements bâti et aménagé favorables auraient contribué à l'augmentation de la pratique du vélo. Aux États-Unis, au Canada et au Québec, les politiques de ce genre sont moins contraignantes et réduisent l'impact de certaines interventions de l'environnement bâti et aménagé sur la pratique du vélo et la sécurité des cyclistes.

Les risques de collisions sont aussi influencés par les caractéristiques des usagers du vélo : vitesse, expériences, éducation, entraînement et équipements (Schepers et collab., 2015). Il a été montré, par exemple, que la pratique à haute vitesse (plus de 25 km/h) du vélo est liée à la sévérité des blessures (Schepers et collab., 2014). Des programmes d'éducation auprès des jeunes peuvent aussi favoriser la sécurité de la pratique. Néanmoins, selon Schepers et collab. (2015), aucune étude n'a montré de liens significatifs entre ces programmes d'éducation et le haut niveau de sécurité des usagers du vélo aux Pays-Bas. Le port du casque de vélo est l'un des équipements les plus étudiés pour la sécurité des cyclistes. Luukkonen et Vaismaa (2015) et Public Health Ontario et collab. (2015) concluent que le port du casque de vélo est lié à des risques de traumatismes moins élevés, en particulier les traumatismes crâniens.

5.4 Forces et limites de la recension des écrits scientifiques

Notre recension se limitait aux études publiées en anglais ou en français. Plusieurs études, provenant en particulier de la littérature grise, ont été publiées dans une autre langue que celles sélectionnées. De plus, la plupart des études recensées ont été réalisées dans un contexte différent du Québec, certains résultats sont généralisables, d'autres probablement pas. Nonobstant ces limites, cette recension des écrits scientifiques s'appuie sur des ressources diversifiées et a réussi à regrouper un nombre considérable d'études. Les résultats de la recension peuvent être utilisés afin de supporter et justifier des politiques dont les objectifs sont de créer des environnements bâtis et aménagés favorables à une pratique sécuritaire du vélo.

5.5 Limites des écrits recensés

5.5.1 LIMITES DES ÉTUDES LIÉES À LA PRATIQUE DU VÉLO

Les études portant sur la pratique du vélo contiennent certaines limites. Premièrement, concernant la variable d'intérêt, la pratique du vélo, il existe une hétérogénéité dans les méthodes employées afin de caractériser cette pratique. Les mesures sont basées sur la fréquence de l'utilisation du vélo, sur l'utilisation du vélo comme moyen principal pour se déplacer et dans une moindre mesure sur la durée d'utilisation du vélo (par jour ou par semaine). Les variables peuvent aussi être divisées en catégories, généralement en cyclistes et non-cyclistes. Les cyclistes peuvent être considérés comme des personnes utilisant leur vélo au moins une fois par semaine, au moins 10 minutes par semaine ou 10 minutes par mois. Dans le cas des études à devis longitudinaux, des mesures de changement et de maintien du mode de transport durant les suivis sont utilisées.

Une autre limite est le nombre peu élevé d'études à devis longitudinal (Beenackers et collab., 2012; Badland et collab., 2013; Panter et collab., 2013; Krizek, Barnes et Thompson, 2009) et à caractère interventionnel (Molina-García et collab., 2013). Il est impossible, en utilisant des devis transversaux, de documenter des liens de cause à effet entre les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé et la pratique du vélo. L'utilisation de devis transversaux entraîne aussi des biais d'auto-sélection. L'auto-sélection survient lorsque les préférences personnelles pour un type de secteur d'habitation (ex. : un secteur avec pistes cyclables) influencent l'utilisation d'un mode de transport. En d'autres mots, sans contrôle du processus d'auto-sélection, il est impossible de déterminer si le

choix d'un mode de transport influence l'établissement dans un type de quartier ou bien si c'est le choix du quartier qui influence le mode de transport utilisé (Panter et Jones, 2010).

5.5.2 LIMITES DES ÉTUDES LIÉES À LA SÉCURITÉ DES CYCLISTES

Du côté de la sécurité des cyclistes, les limites des études recensées sont liées premièrement à des sous-déclarations d'événements (traumatismes et collisions). La plupart des études s'appuient sur des données administratives incluant des données d'hospitalisation, des rapports de police et des registres nationaux. Toutefois, ce ne sont pas tous les événements impliquant les cyclistes qui y sont rapportés pouvant biaiser l'effet de certaines caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé. En général, plus les conséquences (dommages corporels ou matériels) de la collision ou de l'accident sont importantes, plus elles ont de chances d'être rapportées à la police ou que l'un des protagonistes soit admis à l'hôpital. Les chutes de cyclistes n'entraînant que des conséquences mineures sont les événements ayant le moins de chance d'être comptabilisés dans les statistiques sur les collisions et les traumatismes.

Un autre défi des études portant sur la sécurité des cyclistes est lié au contrôle de l'exposition au risque. De nombreux indicateurs d'exposition peuvent être utilisés (distance parcourue, nombre de trajets, durée des trajets, volumes de circulation, conflits de la circulation, traumatismes). Les distances parcourues et la durée des trajets sont les meilleures mesures d'exposition au risque. Seulement deux études recensées à devis prépost intervention et longitudinal ont contrôlé l'exposition aux risques. La plupart des études transversales ont contrôlé pour l'exposition aux risques en utilisant diverses mesures directes et indirectes de volume de trafic ou l'utilisation de données sur les traumatismes en général pour les cas des études portant sur la sévérité des traumatismes chez les cyclistes.

Conclusion

L'objectif principal de ce rapport était de présenter les résultats d'une recension des écrits scientifiques entourant l'association entre les caractéristiques de l'environnement bâti et aménagé et la pratique sécuritaire du vélo.

Concernant la pratique du vélo, plusieurs éléments de la forme urbaine sont associés significativement et positivement à la pratique du vélo. Il est donc recommandé de mettre en place des approches d'aménagements du territoire favorisant ces éléments (densité, connectivité, mixité) à la condition qu'elles soient accompagnées d'infrastructures cyclables permettant de réduire les risques de collisions et de blessures.

Les résultats de notre recension des écrits scientifiques révèlent aussi que des éléments de l'environnement bâti et aménagé ont tendance à favoriser une pratique sécuritaire du vélo en maximisant au niveau populationnel l'activité physique de transport et de loisirs par le vélo. Ces éléments et interventions sont liés aux réductions des vitesses et des volumes du trafic motorisé par différentes mesures d'apaisement de la circulation (ex. : déviations de la circulation, intersections surélevées et colorées, vélorues) à la séparation physique du trafic motorisé du trafic cycliste (ex. : pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route et accotements revêtus) et au réaménagement de la voie routière afin d'accorder plus d'espaces aux cyclistes (ex. : pistes cyclables aménagées dans l'emprise de la route et bandes cyclables).

Des éléments de la forme urbaine sont à la fois défavorables à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes. Ces éléments sont liés à la présence d'artères et d'utilisation du sol de nature commerciale, en particulier les activités commerciales de grandes surfaces. Des milieux caractérisés généralement par des volumes et des vitesses de véhicules motorisés élevés. Pour rendre ces milieux plus favorables à la pratique du vélo et à la sécurité des cyclistes, il est essentiel de mettre en place des infrastructures cyclables permettant de réduire les volumes, la vitesse des véhicules motorisés et les conflits entre les usagers de la rue.

Bibliographie

- AASHTO (2012). « Guide for the Development of Bicycle Facilities, 4th Edition », <https://bookstore.transportation.org/collection_detail.aspx?ID=116> (consulté le 23 octobre 2015).
- ABDEL-RAHIM, A., et J. SONNEN (2012). Potential Safety Effects of Lane Width and Shoulder Width on Two-Lane Rural State Highways in Idaho, Idaho Transportation Department Research Program.
- AINSWORTH, B. E., W. L. HASKELL, S. D. HERRMANN, N. MECKES, D. R. BASSETT, C. TUDOR-LOCKE, J. L. GREER, J. VEZINA, M. C. WHITT-GLOVER et A. S. LEON (2011). « 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 43, n° 8, p. 1575-1581.
- ANDERSEN, L. B., P. SCHNOHR, M. SCHROLL et H. O. HEIN (2000). « All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports, and cycling to work », *Archives of internal medicine*, vol. 160, n° 11, p. 1621.
- ANDERSEN, L. B., N. WEDDERKOPP, P. KRISTENSEN, N. C. MOLLER, K. FROBERG et A. R. COOPER (2011). « Cycling to school and cardiovascular risk factors: a longitudinal study », *Journal of Physical Activity & Health*, vol. 8, n° 8, p. 1025-1033.
- BADLAND, H., M. KNUIMAN, P. HOOPER et B. GILES-CORTI (2013). « Socio-ecological predictors of the uptake of cycling for recreation and transport in adults: Results from the RESIDE study », *Preventive Medicine*, vol. 57, n° 4, p. 396-399.
- BANISTER, D. (2008). « The sustainable mobility paradigm », *Transport Policy*, vol. 15, n° 2, p. 73-80.
- BANQUE MONDIALE (2014). « Motor vehicles (per 1,000 people) | Data | Table », <<http://web.archive.org/web/20140209114811/http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3>> (consulté le 15 septembre 2015).
- BASSETT JR, D. R., J. PUCHER, R. BUEHLER, D. L. THOMPSON et S. E. CROUTER (2008). « Walking, cycling, and obesity rates in Europe, North America, and Australia », *Journal of Physical Activity and Health*, vol. 5, n° 6, p. 795-814.
- BAUMAN, A. E., R. S. REIS, J. F. SALLIS, J. C. WELLS, R. J. LOOS et B. W. MARTIN (2012). « Correlates of physical activity: why are some people physically active and others not? », *The Lancet*, [en ligne], vol. 380, n° 9838, p. 258-271, <[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60735-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60735-1)> (consulté le 28 septembre 2014).
- BEENACKERS, M. A., S. FOSTER, C. B. M. KAMPHUIS, S. TITZE, M. DIMITINI, M. KNUIMAN, F. J. VAN LENTHE et B. GILES-CORTI (2012). « Taking Up Cycling After Residential Relocation: Built Environment Factors », *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 42, n° 6, p. 610-615.
- BELLEFLEUR, O., et F. GAGNON (2012). *Apaisement de la circulation urbaine et santé : revue de littérature*, Montréal, Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé : Institut national de santé publique du Québec.
- BERE, E., A. OENEMA, R. G. PRINS, S. SEILER ET J. BRUG (2011). « Longitudinal associations between cycling to school and weight status », *International Journal of Pediatric Obesity*, vol. 6, n° 3-4, p. 182-187.
- BERGERON, P., et S. REYBURN (2010). *L'impact de l'environnement bâti sur l'activité physique, l'alimentation et le poids*, Montréal, Institut national de santé publique du Québec.
- BERGERON, P., É. ROBITAILLE, INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC et DIRECTION DU DÉVELOPPEMENT DES INDIVIDUS ET DES COMMUNAUTÉS (2011). *Mémoire concernant l'avant-projet de la Loi sur l'aménagement durable du territoire et l'urbanisme*, [Montréal], Direction du développement des individus et des communautés, Institut national de santé publique du Québec.
- BERGSTRÖM, A. (2002). *Winter maintenance and cycleways*, [en ligne], Stockholm, Royal Institute of Technology, <<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:9136>> (consulté le 27 janvier 2016).
- BERGSTRÖM, A. (2003). « More Effective Winter Maintenance Method for Cycleways », *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1824, p. 115-122.

- BERGSTRÖM, A., et R. MAGNUSSON (2003). « Potential of transferring car trips to bicycle during winter », *Transportation Research Part A: Policy & Practice*, vol. 37, n° 8, p. 649.
- BERLIN, J. A., ET G. A. COLDITZ (octobre 1990). « A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease », *American Journal of Epidemiology*, vol. 132, n° 4, p. 612-628.
- BHATIA, R., et M. WIER (2011). « “Safety in Numbers” re-examined: Can we make valid or practical inferences from available evidence? », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 43, n° 1, p. 235-240.
- BOWMAN, S. (2013). *Les régimes routiers : des voies publiques plus minces et favorables à la santé*, Montréal, Institut national de santé publique du Québec.
- BRUDE, U., et J. LARSSON (2000). « What roundabout design provides the highest possible safety? », *Nordic Road and Transport Research*, [en ligne], <<http://www.alaskaroundabouts.com/Nordic2safety.pdf>> (consulté le 7 juillet 2015).
- BUEHLER, R. (2011). « Determinants of transport mode choice: a comparison of Germany and the USA », *Journal of Transport Geography*, vol. 19, n° 4, p. 644-657.
- BUEHLER, R. (2012). « Determinants of bicycle commuting in the Washington, DC region: The role of bicycle parking, cyclist showers, and free car parking at work », *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 17, n° 7, p. 525-531.
- BUEHLER, R., et J. DILL (2016). « Bikeway Networks: A Review of Effects on Cycling », *Transport Reviews*, vol. 36+, n° 1, p. 9-27.
- BUEHLER, R., et J. PUCHER (2012). « Cycling to work in 90 large American cities: new evidence on the role of bike paths and lanes », *Transportation*, vol. 39, n° 2, p. 409-432.
- CASPERSEN, C. J., B. P. BLOEMBERG, W. H. SARIS, R. K. MERRITT et D. KROMHOUT (1991). « The prevalence of selected physical activities and their relation with coronary heart disease risk factors in elderly men: the Zutphen Study, 1985 », *American Journal of Epidemiology*, vol. 133, n° 11, p. 1078-1092.
- CDC (2014). « CDC - Healthy Places - Transportation and Health Resources - Transportation and Health Policy and Practice », <<http://www.cdc.gov/healthyplaces/healthtopics/transportation/practice.htm>> (consulté le 10 septembre 2015).
- CEREMA (2015). « Vélo Aménagements », <http://www.certu-catalogue.fr/catalog/product/view/id/858/?__SID=U&link=3430> (consulté le 6 novembre 2002).
- CERVERO, R., et K. KOCKELMAN (1997). « Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design », *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 2, n° 3, p. 199-219.
- CHANEY, R. A., et C. KIM (2014). « Characterizing Bicycle Collisions by Neighborhood in a Large Midwestern City », *Health Promotion Practice*, vol. 15, n° 2, p. 232-242.
- CHEN, L., C. CHEN, R. EWING, C. E. MCKNIGHT, R. SRINIVASAN et M. ROE (2013). « Safety countermeasures and crash reduction in New York City—Experience and lessons learned », *Accident Analysis & Prevention*, [en ligne], vol. 50, p. 312-322, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.05.009>> (consulté le 3 juin 2014).
- CHEN, L., C. CHEN, R. SRINIVASAN, C. E. MCKNIGHT, R. EWING et M. ROE (2012). « Evaluating the safety effects of bicycle lanes in New York City », *American journal of public health*, [en ligne], vol. 102, n° 6, p. 1120-1127.
- COHEN, J. M., S. WATKINS, N. TYLER et J. S. MINDELL (2011). « Synergies between low-carbon and healthy transport policies », *Proceedings of the ICE - Transport*, vol. 164, n° 3, p. 127-139.
- CONGRESS FOR THE NEW URBANISM (2013). « Learn About New Urbanism ».
- COPES, W. S., H. R. CHAMPION, W. J. SACCO, M. M. LAWNICK, S. L. KEAST et L. W. BAIN (1988). « The Injury Severity Score revisited », *The Journal of Trauma*, vol. 28, n° 1, p. 69-77.
- COUTTS, C. (2008). « Greenway accessibility and physical-activity behavior », *Environment and Planning B-Planning & Design*, vol. 35, n° 3, p. 552-563.

- COWLING, K. (2014). « Net Effects of Bicycle Share Programs on Bike Safety », *American Journal of Public Health*, vol. 104, n° 11, p. E6-E6.
- CUMMING, B. (2011). « Roundabouts: Why They Are Dangerous for Cyclists and What Can Be Done about It », *Transport Engineering in Australia*, vol. 13, n° 1, p. 27.
- DALTON A.M., JONES A.P., PANTER J.R. et OGILVIE D. (2013). « Neighbourhood, Route and Workplace-Related Environmental Characteristics Predict Adults' Mode of Travel to Work », dans *PLoS ONE*.
- DANIELS, S., T. BRIJS, E. NUYTS et G. WETS (2009). « Injury crashes with bicyclists at roundabouts: influence of some location characteristics and the design of cycle facilities », *Journal of Safety Research*, vol. 40, n° 2, p. 141-148.
- DANIELS, S., E. NUYTS et G. WETS (2008). « The effects of roundabouts on traffic safety for bicyclists: an observational study », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 40, n° 2, p. 518-526.
- DEMAIO, P. (2009). « Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future », *Journal of Public Transportation*, vol. 12, n° 4.
- DE MEESTER, F., D. VAN DYCK, I. DE BURDEAUDHUIJ, B. DEFORCHE et G. CARDON (2013). « Do psychosocial factors moderate the association between neighborhood walkability and adolescents' physical activity? », *Social Science & Medicine*, vol. 81, p. 1-9.
- DEPARTMENT FOR TRANSPORT (2012). *Guidance on Road Classification and the Primary Route Network*.
- DILL, J. (2009). « Bicycling for transportation and health: the role of infrastructure », *Journal of Public Health Policy*, [en ligne], p. S95-S110.
- DILL, J., et T. CARR (2003). « Bicycle commuting and facilities in major US cities - If you build them, commuters will use them », dans *Pedestrians and Bicycles 2003: Safety and Human Performance*, Washington, Transportation Research Board Natl Research Council, p. 116-123.
- DILL, J., C. M. MONSIERE et N. MCNEIL (2012). « Evaluation of bike boxes at signalized intersections », *Accident Analysis & Prevention*, [en ligne], vol. 44, n° 1, p. 126-134, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.10.030>> (consulté le 3 juin 2014).
- DONNELLY, J. E., S. N. BLAIR, J. M. JAKICIC, M. M. MANORE, J. W. RANKIN et B. K. SMITH (février 2009). « Appropriate Physical Activity Intervention Strategies for Weight Loss and Prevention of Weight Regain for Adults », *Medicine & Science in Sports & Exercise*, [en ligne], vol. 41, n° 2, p. 459-471, <<http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181949333>> (consulté le 28 avril 2016).
- DUMBAUGH, E., W. LI et K. JOH (2013). « The built environment and the incidence of pedestrian and cyclist crashes », *Urban Design International*, vol. 18, n° 3, p. 217-228.
- DUPRIEZ, B., et M. VERTRIEST (2009). *Aménagements cyclables en giratoires*, [en ligne], Bruxelles, Institut Belge pour la Sécurité Routière, <<https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAAahUKEwi5rsDczovJAhUJJx4KHY7qCD8&url=http%3A%2F%2Fwww.bruxellesmobilite.irisnet.be%2Fstatic%2Fattachements%2Fpartners%2Fna%2F248%2Fvm-4-amenagements-cyclables-giratoires-web.pdf&usq=AFQjCNG1exV4nUcsdQhQslWyoAd3m6xqjQ>> (consulté le 12 novembre 2015).
- EDWARDS, P., et A. D. TSOUROS (2008). *A healthy city is an active city: a physical activity planning guide*, [en ligne], World Health Organization, Regional Office for Europe, <<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/urban-health/publications/2008/healthy-city-is-an-active-city-a-a-physical-activity-planning-guide>> (consulté le 10 juin 2013).
- ELURU, N., C. R. BHAT et D. A. HENSHER (2008). « A mixed generalized ordered response model for examining pedestrian and bicyclist injury severity level in traffic crashes », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 40, n° 3, p. 1033-1054.
- ELVIK, R. (2003). « Assessing the validity of road safety evaluation studies by analysing causal chains », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 35, n° 5, p. 741-748.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2013). « Smart Growth », <<http://www.epa.gov/smartgrowth/>> (consulté le 9 janvier 2014).

ERIKSSON, U., D. ARVIDSSON, K. GEBEL, H. OHLSSON et K. SUNDQUIST (2012). « Walkability parameters, active transportation and objective physical activity: moderating and mediating effects of motor vehicle ownership in a cross-sectional study », *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, vol. 9.

EWING, R., et R. CERVERO (2001). « Travel and the Built Environment: A Synthesis », *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1780, n° -1, p. 87-114.

EWING, R., et R. CERVERO (2010). « Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis », *Journal of the American Planning Association*, vol. 76, n° 3, p. 265-294.

EWING, R., et E. DUMBAUGH (2009). « The Built Environment and Traffic Safety A Review of Empirical Evidence », *Journal of Planning Literature*, vol. 23, n° 4, p. 347-367.

FAN, J. X., M. WEN et L. KOWALESKI-JONES (2014). « An ecological analysis of environmental correlates of active commuting in urban US », *HEALTH & PLACE*, vol. 30, p. 242-250.

FHWA-DOT (2015). « Separated Bike Lane Planning and Design Guide », <http://www.fhwa.dot.gov/environment/bicycle_pedestrian/publications/separated_bikelane_pdg/page00.cfm> (consulté le 23 octobre 2015).

FISHMAN, E., S. WASHINGTON et N. HAWORTH (2014). « Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia », *TRANSPORTATION RESEARCH PART D-TRANSPORT AND ENVIRONMENT*, vol. 31, p. 13-20.

FLYNN, B. S., G. S. DANA, J. SEARS et L. AULTMAN-HALL (2012). « Weather factor impacts on commuting to work by bicycle », *Preventive Medicine*, vol. 54, n° 2, p. 122-124.

FONTAINE, N. (2012). La rue complète, l'accessibilité universelle qui fait du chemin, MAMROT.

Fortier, D., Institut national de santé publique du Québec, Agence de la santé et des services sociaux de Lanaudière, Agence de la santé et des services sociaux de la Capitale-Nationale, Agence de la santé et des services sociaux du Bas-Saint-Laurent, Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie et Agence de la santé et des services sociaux Montréal (2009). *Les aménagements cyclables : un cadre pour l'analyse intégrée des facteurs de sécurité*, Montréal, Institut national de santé publique du Québec.

FRADE, I., et A. RIBEIRO (2015). « Bike-sharing stations: A maximal covering location approach », *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 82, p. 216-227.

FRANK, L. D., P. O. ENGELCKE et T. L. SCHMID (2003). *Health and Community Design: The Impact of the Built Environment on Physical Activity*, Washington, Island Press.

FRANK, L. D., P. O. ENGELKE et T. L. SCHMID (2003). *Health and community design: The impact of the built environment on physical activity*, [en ligne], Washington, DC: Island Press, <<http://books.google.ca/books?hl=fr&lr=&id=1hG7nEznaqoC&oi=fnd&pg=PP13&dq=%22health+and+community+design%22&ots=r9fLSLlwFt&sig=i664DxPrvUvvLnwxTlqbifqcQIM>> (consulté le 28 septembre 2012).

FRASER, S. D. S., et K. LOCK (2011). « Cycling for transport and public health: a systematic review of the effect of the environment on cycling », *European journal of public health*, vol. 21, n° 6, p. 738-743.

FULLER, D., L. GAUVIN, Y. KESTENS, M. DANIEL, M. FOURNIER, P. MORENCY et L. DROUIN (2013). « Impact Evaluation of a Public Bicycle Share Program on Cycling: A Case Example of BIXI in Montreal, Quebec », *American Journal of Public Health*, vol. 103, n° 3, p. E85-E92.

FULLER, D., L. GAUVIN, P. MORENCY, Y. KESTENS et L. DROUIN (2013). « The impact of implementing a public bicycle share program on the likelihood of collisions and near misses in Montreal, Canada », *Preventive Medicine*, vol. 57, n° 6, p. 920-924.

- FULLER, D., et R. PABAYO (2014). « The relationship between utilitarian walking, utilitarian cycling, and body mass index in a population based cohort study of adults: comparing random intercepts and fixed effects models », *Preventive Medicine*, vol. 69, p. 261-266.
- GAGNON, F. (2013). *Des carrefours giratoires pour la santé publique: note documentaire*, Montréal, Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé : Institut national de santé publique du Québec, « Pour des connaissances en matière de politiques publiques favorables à la santé ».
- GARDER, P., L. LEDEN et U. PULKKINEN (1998). « Measuring the safety effect of raised bicycle crossings using a new research methodology », dans *Bicycle and Pedestrian Research 1998*, Washington, Natl Acad Sci, p. 64-70.
- GARRARD, J., C. RISSEL et A. BAUMAN (2012). « Health benefits of cycling », dans *City cycling*, [en ligne], Pucher, J., et Buehler, R., p. 31-54, <<http://books.google.ca/books?hl=fr&lr=&id=226mCyz9JaEC&oi=fnd&pg=PA31&dq=health+benefits+of+cycling&ots=lbUug1pKcN&sig=WDhZiKcTPVg-iY1NUKhZTP9pJBw>> (consulté le 4 mars 2015).
- DE GEUS, B., B. DEGRAEUWE, G. VANDENBULCKE, L. I. PANIS, I. THOMAS, J. AERTSENS, Y. DE WEERDT, R. TORFS et R. MEEUSEN (2014). « Utilitarian Cycling in Belgium: A Cross-Sectional Study in a Sample of Regular Cyclists », *Journal of Physical Activity & Health*, vol. 11, n° 5, p. 884-894.
- GRAVES, J. M., B. PLESS, L. MOORE, A. B. NATHENS, G. HUNTE et F. P. RIVARA (2014). « Public Bicycle Share Programs and Head Injuries », *American Journal of Public Health*, vol. 104, n° 8, p. e106-e111.
- GRUNDY, C., R. STEINBACH, P. EDWARDS, J. GREEN, B. ARMSTRONG et P. WILKINSON (2009). « Effect of 20 mph traffic speed zones on road injuries in London, 1986-2006: controlled interrupted time series analysis », *BMJ*, vol. 339, p. b4469.
- HAMANN, C., et C. PEEK-ASA (2013). « On-road bicycle facilities and bicycle crashes in Iowa, 2007-2010 », *Accident Analysis & Prevention*, [en ligne], vol. 56, p. 103-109, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.031>> (consulté le 3 juin 2014).
- HAQUE, M. M., H. C. CHIN et H. HUANG (2010). « Applying Bayesian hierarchical models to examine motorcycle crashes at signalized intersections », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 42, n° 1, p. 203-212.
- HARRIS, M. A., C. C. O. REYNOLDS, M. WINTERS, P. A. CRIPTON, H. SHEN, M. L. CHIPMAN, M. D. CUSIMANO, S. BABUL, J. R. BRUBACHER, S. M. FRIEDMAN, G. HUNTE, M. MONRO, L. VERNICH et K. TESCHKE (2013). « Comparing the effects of infrastructure on bicycling injury at intersections and non-intersections using a case-crossover design », *Injury Prevention*, vol. 19, n° 5, p. 303-310.
- DE HARTOG, J. J., H. BOOGAARD, H. NIJLAND et G. HOEK (2010). « Do the Health Benefits of Cycling Outweigh the Risks? », *Environmental Health Perspectives*, vol. 118, n° 8, p. 1109-1116.
- HEINEN, E., K. MAAT et B. VAN WEE (2012). « The effect of work-related factors on the bicycle commute mode choice in the Netherlands », *Transportation*, vol. 40, n° 1, p. 23-43.
- HEINEN, E., B. VAN WEE et K. MAAT (2009). « Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature », *Transport Reviews*, [en ligne], vol. 30, n° 1, p. 59-96, <<http://dx.doi.org/10.1080/01441640903187001>> (consulté le 11 septembre 2014).
- HEINEN, E., B. VAN WEE et K. MAAT (2010). « Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature », *Transport Reviews*, vol. 30, n° 1, p. 59-96.
- HELS, T., et I. OROZOVA-BEKKEVOLD (2007). « The effect of roundabout design features on cyclist accident rate », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 39, n° 2, p. 300-307.
- HOLLINGWORTH, M., A. HARPER et M. HAMER (2014). « Dose-response associations between cycling activity and risk of hypertension in regular cyclists: The UK Cycling for Health Study », *Journal of Human Hypertension*, [en ligne], <<http://dx.doi.org/10.1038/jhh.2014.89>> (consulté le 4 mars 2015).
- HOU, L., B.-T. JI, A. BLAIR, Q. DAI, Y.-T. GAO et W.-H. CHOW (2004). « Commuting physical activity and risk of colon cancer in Shanghai, China », *American Journal of Epidemiology*, vol. 160, n° 9, p. 860-867.

ICMA (2010). Putting Smart Growth to Work in Rural Communities, [en ligne], EPA, <http://www.epa.gov/smartgrowth/sg_rural.htm> (consulté le 16 avril 2014).

JACOBSEN, P. L. (2003). « Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling », *Injury prevention*, vol. 9, n° 3, p. 205-209.

JENSEN, S. (2013). « Safety effects of converting intersections to roundabouts », *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n° 2389, p. 22-29.

JENSEN, S. U. (2008). « Safety effects of blue cycle crossings: A before-after study », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 40, n° 2, p. 742-750.

JOINT VENTURE SILICON VALLEY (2015). *Seasonal Reduction in Bike Commutes*, Silicon Valley.

JOLICOEUR, M., J. TORRES, P. MACKAY et M. LALANCETTE (2009). *Aménagement en faveur des piétons et des cyclistes: guide technique*, Montréal, Vélo Québec Association.

KAMPHUIS, C. B. M., K. GISKES, A. M. KAVANAGH, L. E. THORNTON, L. R. THOMAS, F. J. VAN LENTHE, J. P. MACKENBACH et G. TURRELL (2008). « Area variation in recreational cycling in Melbourne: a compositional or contextual effect? », *Journal of Epidemiology and Community Health*, vol. 62, n° 10, p. 890-898.

KELLY, P., S. KAHLMEIER, T. GÖTSCHI, N. ORSINI, J. RICHARDS, N. ROBERTS, P. SCARBOROUGH et C. FOSTER (2014). « Systematic review and meta-analysis of reduction in all-cause mortality from walking and cycling and shape of dose response relationship », *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, vol. 11, n° 1, p. 1-15.

KIM, D., et K. KIM (2015). « The Influence of Bicycle Oriented Facilities on Bicycle Crashes within Crash Concentrated Areas », *Traffic Injury Prevention*, [en ligne], <<http://dx.doi.org/10.1080/15389588.2014.895924>> (consulté le 2 juillet 2015).

KIM, J.-K., S. KIM, G. F. ULFARSSON et L. A. PORRELLO (2007). « Bicyclist injury severities in bicycle-motor vehicle accidents », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 39, n° 2, p. 238-251.

KOHL, H. W., C. L. CRAIG, E. V. LAMBERT, S. INOUE, J. R. ALKANDARI, G. LEETONGIN et S. KAHLMEIER (2012). « The pandemic of physical inactivity: global action for public health », *The Lancet*, vol. 380, n° 9838, p. 294-305.

KONDO, K., J. S. LEE, K. KAWAKUBO, Y. KATAOKA, Y. ASAMI, K. MORI, M. UMEZAKI, T. YAMAUCHI, H. TAKAGI, H. SUNAGAWA et A. AKABAYASHI (2009). « Association between daily physical activity and neighborhood environments. », *Environmental health and preventive medicine*, vol. 14, n° 3, p. 196-206.

KRIZEK, K. J. (2006). « Two approaches to valuing some of bicycle facilities' presumed benefits: Propose a session for the 2007 national planning conference in the city of brotherly love », *Journal of the American Planning Association*, vol. 72, n° 3, p. 309-320.

KRIZEK, K. J., G. BARNES et K. THOMPSON (2009). « Analyzing the Effect of Bicycle Facilities on Commute Mode Share over Time », *JOURNAL OF URBAN PLANNING AND DEVELOPMENT-ASCE*, vol. 135, n° 2, p. 66-73.

KRIZEK, K. J., et P. J. JOHNSON (2006). « Proximity to trails and retail: Effects on urban cycling and walking », *Journal of the American Planning Association*, vol. 72, n° 1, p. 33-42.

LUSK, A. C., P. G. FURTH, P. MORENCY, L. F. MIRANDA-MORENO, W. C. WILLETT et J. T. DENNERLEIN (2011). « Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street », *Injury Prevention*, vol. 17, n° 2, p. 131-135.

LUUKKONEN, T., et K. VAISMAA (2015). « The Connection between Cycling Safety and Volume », dans R. Gerike et J. Parkin (dir.), *Cycling Futures: From Research into Practice*, [en ligne], Ashgate, p. 71, <<https://books.google.ca/books?hl=fr&lr=&id=LZLmCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA71&dq=the+connection+between+cycling+safety+and+volume&ots=MGjBUAzuNw&sig=nljptOodDhzLnnsrjQRHvWw5KLw>> (consulté le 17 novembre 2015).

MAPES, J. (2009). *Pedaling revolution: How cyclists are changing American cities*, Oregon State University Press.

- MATTHEWS, C. E., A. L. JURJ, X.-O. SHU, H.-L. LI, G. YANG, Q. LI, Y.-T. GAO et W. ZHENG (2007). « Influence of exercise, walking, cycling, and overall nonexercise physical activity on mortality in Chinese women », *American Journal of Epidemiology*, vol. 165, n° 12, p. 1343-1350.
- METROPOLITAIN ORLANDO (2010). Orlando Area Bicyclist Crash Study: A Role-Based Approach to Crash Countermeasures, Orlando, METROPLAN-ORLANDO.
- MINIKEL, E. (2012). « Cyclist safety on bicycle boulevards and parallel arterial routes in Berkeley, California », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 45, p. 241-247.
- MIRANDA-MORENO, L. F., et T. NOSAL (2011). « Weather or not to cycle », *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2247, n° 1, p. 42-52.
- MIRANDA-MORENO, L. F., T. NOSAL et C. KHO (2013). « If We Clear Them, Will They Come? Study to Identify Determinants of Winter Bicycling in Two Cold Canadian Cities », dans *Transportation Research Board 92nd Annual Meeting*.
- MOLINA-GARCÍA, J., I. CASTILLO, A. QUERALT et J. F. SALLIS (2013). « Bicycling to university: evaluation of a bicycle-sharing program in Spain », *Health promotion international*, p. dat045.
- MORENCY, P., et M.-S. CLOUTIER (2005). *Distribution géographique des blessés de la route sur l'île de Montréal (1999-2003) : cartographie pour les 27 arrondissements*, Montréal, Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de Montréal, Direction de la santé publique.
- MORENCY, P., L. GAUVIN, C. PLANTE, M. FOURNIER et C. MORENCY (2012). « Neighborhood social inequalities in road traffic injuries: the influence of traffic volume and road design », *American journal of public health*, vol. 102, n° 6, p. 1112-1119.
- MORENCY, P., L. GAUVIN, F. TESSIER, L. MIRANDA-MORENO, M.-S. CLOUTIER et C. MORENCY (2011). « Analyse désagrégée des facteurs environnementaux associés au nombre d'enfants blessés par un véhicule à moteur en milieu urbain », *Cahiers de géographie du Québec*, vol. 55, n° 156, p. 449.
- MOUDON, A. V., C. LEE, A. D. CHEADLE, C. W. COLLIER, D. JOHNSON, T. L. SCHMID et R. D. WEATHER (2005). « Cycling and the built environment, a US perspective », *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, vol. 10, n° 3, p. 245-261.
- MSSS (2015). « Programme national de santé publique 2015-2025 », <<http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/document-001565/>> (consulté le 5 janvier 2016).
- MTQ (2014). *Conception routière Tome 1*, [en ligne], <http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits/ouvrage_routier/normes/norme8.fr.html> (consulté le 23 octobre 2015).
- MTQ (2015). Gestion de la vitesse sur le réseau routier municipal en milieu urbain.
- MULVANEY, C. A., S. SMITH, M. C. WATSON, J. PARKIN, C. COUPLAND, P. MILLER, D. KENDRICK et H. MCCLINTOCK (2015). « Cycling infrastructure for reducing cycling injuries in cyclists », dans *Cochrane Database of Systematic Reviews*, [en ligne], John Wiley & Sons, Ltd, <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD010415.pub2/abstract>> (consulté le 11 décembre 2015).
- NARAYANAMOORTHY, S., R. PALETI et C. R. BHAT (2013). « On accommodating spatial dependence in bicycle and pedestrian injury counts by severity level », *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 55, p. 245-264.
- NATIONAL CENTER FOR ENVIRONMENTAL HEALTH (2013). « CDC - Designing and Building Healthy Places - Home », <<http://www.cdc.gov/healthyplaces/>> (consulté le 21 janvier 2013).
- NEWMAN, P. G., et J. R. KENWORTHY (1989). *Cities and automobile dependence: an international sourcebook*, [en ligne], <<http://trid.trb.org/view.aspx?id=351194>> (consulté le 20 janvier 2014).
- NICE (2012). « Walking and cycling: local measures to promote walking and cycling as forms of traffic or recreation », <<https://www.nice.org.uk/guidance/ph41/resources/physical-activity-walking-and-cycling-1996352901061>> (consulté le 11 décembre 2015).

NICE-NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH AND CLINICAL EXCELLENCE (2008). *Promoting and creating built or natural environments that encourage and support physical activity*, UK, NICE-National institute for health and clinical Excellence.

NICE-NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH AND CLINICAL EXCELLENCE (2009). Promoting physical activity, active play and sport for pre-school and school-age children and young people in family. pre-school, school and community settings.

OJA, P., S. TITZE, A. BAUMAN, B. DE GEUS, P. KRENN, B. REGER-NASH et T. KOHLBERGER (2011). « Health benefits of cycling: a systematic review », *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, vol. 21, n° 4, p. 496-509.

OMS | Activité physique, (24 novembre 2015), <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/fr/>> (consulté le 24 novembre 2015).

OQLF (2014). « À vos vélos », <https://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/terminologie_velo/fiches/indexFRA.html> (consulté le 17 septembre 2015).

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), et Forum international des transports (dir.) (2015). *Le vélo, santé et sécurité: rapport de recherche*, Paris, OECD.

OWEN, N., I. DE DE BOURDEAUDHUIJ, T. SUGIYAMA, E. LESLIE, E. CERIN, D. VAN VAN DYCK et A. BAUMAN (2010). « Bicycle use for transport in an Australian and a Belgian city: associations with built-environment attributes », *Journal of urban health: bulletin of the New York Academy of Medicine*, vol. 87, n° 2, p. 189-198.

PABAYO, R., L. GAUVIN, T. A. BARNETT, B. NIKIÉMA et L. SÉGUIN (janvier 2010). « Sustained active transportation is associated with a favorable body mass index trajectory across the early school years: findings from the Quebec Longitudinal Study of Child Development birth cohort », *Preventive Medicine*, vol. 50 Suppl 1, p. S59-64.

PANNETON, M. (1999). « La route verte : un reseau cyclable national pour le Québec », revue générale des routes (RGRA), [en ligne], n° HS2, <<https://trid.trb.org/view.aspx?id=955041>> (consulté le 7 avril 2016).

PANTER, J., S. GRIFFIN, A. M. DALTON et D. OGILVIE (2013). « Patterns and predictors of changes in active commuting over 12 months. », *Preventive medicine*, vol. 57, n° 6, p. 776-84.

PANTER, J. R., et A. JONES (2010). « Attitudes and the environment as determinants of active travel in adults: what do and don't we know? », *Journal of Physical Activity & Health*, vol. 7, n° 4, p. 551-561.

PANTER, J. R., A. P. JONES, E. M. F. VAN SLUIJS et S. J. GRIFFIN (2010). « Neighborhood, Route, and School Environments and Children's Active Commuting », *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 38, n° 3, p. 268-278.

PARKIN, J., M. WARDMAN et M. PAGE (2008). « Estimation of the determinants of bicycle mode share for the journey to work using census data », *Transportation*, vol. 35, n° 1, p. 93-109.

PATE, R. R., M. PRATT, S. N. BLAIR, W. L. HASKELL, C. A. MACERA, C. BOUCHARD, D. BUCHNER, W. ETTINGER, G. W. HEATH et A. C. KING (1 février 1995). « Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine », *JAMA*, vol. 273, n° 5, p. 402-407.

POWELL, K. E., P. D. THOMPSON, C. J. CASPERSEN et J. S. KENDRICK (1987). « Physical activity and the incidence of coronary heart disease », *Annual Review of Public Health*, vol. 8, p. 253-287.

PRATO, C. G., S. KAPLAN, T. K. ER RASMUSSEN et T. HELS (2015). « Infrastructure and Spatial Effects on the Frequency of Cyclist-Motorist Collisions in the Copenhagen Region, Denmark », dans *Transportation Research Board 94th Annual Meeting*, [en ligne], <<http://trid.trb.org/view.aspx?id=1336834>> (consulté le 7 juillet 2015).

PRAZNOCZY, C. (2012). « Les bénéfices et les risques de la pratique du vélo—Évaluation en Ile-de-France Risks and benefits of cycling: health impact assessment study in Paris-Ile-de-France region », *Pollution Atmospherique*, [en ligne], vol. 57, <[http://appa.asso.fr/_docs/1/fckeditor/file/Revues/PollutionAtmospherique/Hors-serie-particules-novembre-2012/P--%20Praznocy\(1\).pdf](http://appa.asso.fr/_docs/1/fckeditor/file/Revues/PollutionAtmospherique/Hors-serie-particules-novembre-2012/P--%20Praznocy(1).pdf)> (consulté le 15 septembre 2015).

- PRIYANTHA WEDAGAMA, D. M., R. N. BIRD et A. V. METCALFE (2006). « The influence of urban land-use on non-motorised transport casualties », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 38, n° 6, p. 1049-1057.
- PUBLIC HEALTH ONTARIO, E. BERENBAUM, S. KELLER-OLAMAN, P. HA ET H. MANSON (2015). Impacts of mandatory bicycle helmet legislation.
- PUCHER, J., et R. BUEHLER (2008). « Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany », *Transport Reviews*, vol. 28, n° 4, p. 495-528.
- PUCHER, J., R. BUEHLER, D. R. BASSETT et A. L. DANNENBERG (2010). « Walking and cycling to health: a comparative analysis of city, state, and international data », *American Journal of Public Health*, vol. 100, n° 10, p. 1986.
- PUCHER, J., et L. DIJKSTRA (2003). « Promoting Safe Walking and Cycling to Improve Public Health: Lessons From The Netherlands and Germany », *American Journal of Public Health*, vol. 93, n° 9, p. 1509-1516.
- PUCHER, J., J. DILL et S. HANDY (2010). « Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review », *Preventive Medicine*, vol. 50, p. S106-S125.
- PUSHKAREV, B. S., et J. M. ZUPAN (1977). *Public transportation and land use policy*, [en ligne], Indiana University Press Bloomington, <<http://www.getcited.org/pub/101684638>> (consulté le 20 janvier 2014).
- RABL, A., et A. DE NAZELLE (2012). « Benefits of shift from car to active transport. », *Transport Policy*, vol. 19, n° 1, p. 121-131.
- REYNOLDS, C. C., M. A. HARRIS, K. TESCHKE, P. A. CRIPTON et M. WINTERS (2009). « The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature », *Environmental Health*, vol. 8, n° 1, p. 1-19.
- REYNOLDS, C. C., M. HARRIS, K. TESCHKE, P. A. CRIPTON et M. WINTERS (2009). « The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature », *Environmental Health*, vol. 8, n° 1, p. 47.
- RICCI, M. (2015). « Bike sharing: A review of evidence on impacts and processes of implementation and operation », *Research in Transportation Business & Management*, vol. 15, p. 28-38.
- RIETVELD, P. (2000). « The accessibility of railway stations: the role of the bicycle in The Netherlands », *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, vol. 5, n° 1, p. 71-75.
- RISSEL, C., et G. WATKINS (2014). « Impact on cycling behavior and weight loss of a national cycling skills program (AustCycle) in Australia 2010-2013 », *Journal of Transport & Health*, vol. 1, n° 2, p. 134-140.
- ROBITAILLE, É., D. COMTOIS et B. LASNIER (2011). « Potentiel piétonnier des quartiers et mode de transport pour aller au travail : le cas des RMR du Québec », *Cahiers de géographie du Québec*, vol. 55, n° 156, p. 429.
- ROJAS-RUEDA, D., A. DE NAZELLE, M. TAINIO, M. J. NIEUWENHUIJSEN et OTHERS (2011). « The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study », *Bmj*, vol. 343, p. d4521.
- ROMANOW, N. T. R., A. B. COUPERTHWAIT, G. R. MCCORMACK, A. NETTEL-AGUIRRE, B. H. ROWE et B. E. HAGEL (2012). « Environmental Determinants of Bicycling Injuries in Alberta, Canada », *Journal of Environmental and Public Health*, [en ligne], vol. 2012, <<http://dx.doi.org/10.1155/2012/487681>> (consulté le 2 juillet 2015).
- ROSENBERG, D. E., J. F. SALLIS, T. L. CONWAY, K. L. CAIN et T. L. MCKENZIE (2006). « Active transportation to school over 2 years in relation to weight status and physical activity », *Obesity (Silver Spring, Md.)*, vol. 14, n° 10, p. 1771-1776.
- ROTHMAN, L., R. BULIUNG, C. MACARTHUR, T. TO et A. HOWARD (2013). « Walking and child pedestrian injury: a systematic review of built environment correlates of safe walking », *Injury Prevention*, p. injuryprev-2012-040701.
- RYBARCZYK, G., et C. WU (2014). « Examining the impact of urban morphology on bicycle mode choice », *Environment and Planning B-Planning & Design*, vol. 41, n° 2, p. 272-288.

SAAQ (2014). Dossier statistique, bilan 2013, SAAQ.

SAELENS, B. E., et S. L. HANDY (2008). « Built environment correlates of walking: a review », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 40, n° 7 Suppl, p. S550-566.

SALLIS, J. F., T. L. CONWAY, L. I. DILLON, L. D. FRANK, M. A. ADAMS, K. L. CAIN et B. E. SAELENS (2013). « Environmental and demographic correlates of bicycling », *Preventive Medicine*, vol. 57, n° 5, p. 456-460.

SALOMON, A., G. KIMBROUGH et A. BERSHTEYN (2014). « The Safety of Public Bicycle Share Programs in North America », *American Journal of Public Health*, vol. 104, n° 11, p. E5-E6.

SAUNDERS, L. E., J. M. GREEN, M. P. PETTICREW, R. STEINBACH et H. ROBERTS (2013). « What Are the Health Benefits of Active Travel? A Systematic Review of Trials and Cohort Studies », *PLoS ONE*, vol. 8, n° 8, p. e69912.

SCHEPERS, J. P., P. A. KROEZE, W. SWEERS et J. C. WÜST (2011). « Road factors and bicycle-motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections », *Accident Analysis & Prevention*, [en ligne], vol. 43, n° 3, p. 853-861, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.11.005>> (consulté le 16 juin 2014).

SCHEPERS, J. P., P. A. KROEZE, W. SWEERS et J. C. WÜST (2011). « Road factors and bicycle-motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 43, n° 3, p. 853-861.

SCHEPERS, P., M. HAGENZIEKER, R. METHORST, B. VAN WEE et F. WEGMAN (2014). « A conceptual framework for road safety and mobility applied to cycling safety », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 62, p. 331-340.

SCHEPERS, J. P., E. FISHMAN, P. DEN HERTOOG, K. K. WOLT et A. L. SCHWAB (2014). « The safety of electrically assisted bicycles compared to classic bicycles », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 73, p. 174-180.

SCHEPERS, P., D. TWISK, E. FISHMAN, A. FYHRI et A. JENSEN (2015). « The Dutch road to a high level of cycling safety », *Safety Science*, [en ligne], <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.06.005>> (consulté le 23 juillet 2015).

SCHONER, J. E., et D. M. LEVINSON (2014). « The missing link: bicycle infrastructure networks and ridership in 74 US cities », *TRANSPORTATION*, vol. 41, n° 6, p. 1187-1204.

SMEED, R. J. (1949). « Some Statistical Aspects of Road Safety Research », *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, vol. 112, n° 1, p. 1-34.

STATISTIQUE CANADA (1996). « Recensement de la population de 1996 », <<https://www12.statcan.gc.ca/francais/census01/info/census96.cfm>> (consulté le 15 septembre 2015).

STATISTIQUE CANADA (2011). « Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes : réponse rapide sur l'environnement du quartier », <<http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/120110/dq120110d-fra.htm>> (consulté le 26 mars 2013).

STEINDORF, K., M. SCHMIDT, S. KROPP et J. CHANG-CLAUDE (2003). « Case-control study of physical activity and breast cancer risk among premenopausal women in Germany », *American Journal of Epidemiology*, vol. 157, n° 2, p. 121-130.

STINSON, M., et C. BHAT (2004). « Frequency of Bicycle Commuting: Internet-Based Survey Analysis », *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1878, p. 122-130.

STRAUSS, J., L. F. MIRANDA-MORENO et P. MORENCY (2013). « Cyclist activity and injury risk analysis at signalized intersections: a Bayesian modelling approach », *Accident Analysis & Prevention*, p. 9-17.

STRAUSS, J., L. F. MIRANDA-MORENO et P. MORENCY (2014). « Multimodal injury risk analysis of road users at signalized and non-signalized intersections », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 71, p. 201-209.

TESCHKE, K., T. FRENDON, H. SHEN, M. A. HARRIS, C. C. REYNOLDS, P. A. CRIPTON, J. BRUBACHER, M. D. CUSIMANO, S. M. FRIEDMAN, G. HUNTE, M. MONRO, L. VERNICH, S. BABUL, M. CHIPMAN et M. WINTERS (2014). « Bicycling crash circumstances vary by route type: a cross-sectional analysis », *BMC Public Health*, vol. 14, n° 1, p. 1205.

TESCHKE, K., M. A. HARRIS, C. C. O. REYNOLDS, M. WINTERS, S. BABUL, M. CHIPMAN, M. D. CUSIMANO, J. R. BRUBACHER, G. HUNTE, S. M. FRIEDMAN, M. MONRO, H. SHEN, L. VERNICH et P. A. CRIPTON (2012). « Route

Infrastructure and the Risk of Injuries to Bicyclists: A Case-Crossover Study », *American Journal of Public Health*, vol. 102, n° 12, p. 2336-2343.

TESCHKE, K., M. KOEHOORN, H. SHEN et J. DENNIS (2015). « Bicycling injury hospitalisation rates in Canadian jurisdictions: analyses examining associations with helmet legislation and mode share », *BMJ Open*, vol. 5, n° 11, p. e008052.

THOMAS, B., et M. DEROBERTIS (2013). « The safety of urban cycle tracks: A review of the literature », *Accident Analysis & Prevention*, [en ligne], vol. 52, p. 219-227, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.017>> (consulté le 3 juin 2014).

THOMAS, L., P. RYUS, C. SEMLER, N. J. THIRSK et K. KRIZEK (2015). *Delivering Safe, Comfortable, and Connected Pedestrian and Bicycle Networks: A Review of International Practices*, [en ligne], <<http://trid.trb.org/view.aspx?id=1372822>> (consulté le 11 décembre 2015).

THOMAS, T., R. JAARSMA et B. TUTERT (2012). « Exploring temporal fluctuations of daily cycling demand on Dutch cycle paths: the influence of weather on cycling », *Transportation*, vol. 40, n° 1, p. 1-22.

TIN, S. T., A. WOODWARD, E. ROBINSON et S. AMERATUNGA (2012). « Temporal, seasonal and weather effects on cycle volume: an ecological study », *Environmental Health*, vol. 11, n° 1, p. 12.

TITZE, S., W. J. STRONEGGER, S. JANSCHITZ et P. OJA (2008). « Association of built-environment, social-environment and personal factors with bicycling as a mode of transportation among Austrian city dwellers », *Preventive Medicine*, vol. 47, n° 3, p. 252-259.

TMVPA (2013). *Mode de vie physiquement actif : définition commentée*, [en ligne], TMVPA, <http://tmvpa.com/wp-content/uploads/2013/03/MVPA_DEFINITION_COMMENTEE_VF.pdf> (consulté le 23 mars 2016).

TRAPP, G. S., B. GILES-CORTI, H. E. CHRISTIAN, M. BULSARA, A. F. TIMPERIO, G. R. MCCORMACK et K. P. VILLANEUVA (2011). « On your bike! a cross-sectional study of the individual, social and environmental correlates of cycling to school », *Journal of Behavioral Nutrition*.

TURNER, S., S. BINDER et B. ROOZENBURG (2009). *Cycle Safety: Reducing the Crash Risk*, NZ Transport Agency.

USDOT (2010). *The National Bicycling and Walking Study*, [en ligne], <http://katana.hsrrc.unc.edu/cms/downloads/15-year_report.pdf> (consulté le 4 mars 2015).

VANDENBULCKE, G., C. DUJARDIN, I. THOMAS, B. DE GEUS, B. DEGRAEUWE, R. MEEUSEN et L. I. PANIS (2011). « Cycle commuting in Belgium: Spatial determinants and 're-cycling' strategies. », *Transportation Research Part A: Policy & Practice*, vol. 45, n° 2, p. 118-137.

VANDENBULCKE, G., I. THOMAS et L. I. PANIS (2014). « Predicting cycling accident risk in Brussels: A spatial case-control approach », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 62, p. 341-357.

VAN DYCK, G., G. CARDON, B. DEFORCHE, N. SALLIS J.F., OWEN N. et DE BOURDEAUDHUIJ I. (2010). « Neighborhood SES and walkability are related to physical activity behavior in Belgian adults », dans *Preventive Medicine*.

VAN DYCK, D., G. CARDON, B. DEFORCHE, N. OWEN et I. DE BOURDEAUDHUIJ (2011). « Relationships between neighborhood walkability and adults' physical activity: How important is residential self-selection? », *Health & Place*, vol. 17, n° 4, p. 1011-1014.

VAN KEMPEN, E., W. SWART, W. WENDEL-VOS, P. STEINBERGER, A. KNOL, H. STIPDONK et M. REURLINGS (2010). « Exchanging car trips by cycling in the Netherlands », *A first estimation of health benefits (RIVM report 630053001/2010). Bilthoven: RIVM*, [en ligne], <<http://www.fietsberaad.nl/library/repository/bestanden/Exchangingcartrips.pdf>> (consulté le 15 septembre 2015).

VARGHESE, T., W. M. SCHULTZ, A. A. MCCUE, C. T. LAMBERT, P. B. SANDESARA, D. J. EAPEN, N. F. GORDON, B. A. FRANKLIN et L. S. SPERLING (3 mars 2016). « Physical activity in the prevention of coronary heart disease: implications for the clinician », *Heart*, [en ligne], p. heartjnl-2015-308773, <<http://dx.doi.org/10.1136/heartjnl-2015-308773>> (consulté le 31 mai 2016).

VÉLO QUÉBEC (2011a). *L'état du vélo au Québec en 2010*, Vélo Québec.
http://www.velo.qc.ca/files/file/vq/VQ_EV2010_fr_page.pdf

VÉLO QUÉBEC (2011b). *L'état de la pratique du vélo au Québec en 2010*, Vélo Québec.
http://www.velo.qc.ca/files/file/edvaq2010/EV2010_SondageResultats.pdf

VÉLO QUÉBEC (2015). *MOUVEMENT VÉLOSYMPATHIQUE: Un programme de certification pour les collectivités et les organisations*, [en ligne], <http://www.velo.qc.ca/files/file/mvs/MVS_livret.pdf> (consulté le 22 mars 2016).

VÉLO QUÉBEC (2016). *L'état du vélo au Québec en 2015*, Vélo Québec.
http://www.velo.qc.ca/files/file/expertise/VQA_EDV2015_fr_lr.pdf.

VILLE DE MONTRÉAL (2012). Info-permis, [en ligne],
http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/ARROND_RDP_FR/MEDIA/DOCUMENTS/ENTR%C9ES%20C HARRET%C8RES_2012.PDF.

DE VRIES, S. I., M. HOPMAN-ROCK, I. BAKKER, R. A. HIRASING et W. VAN MECHELEN (2010). « Built Environmental Correlates of Walking and Cycling in Dutch Urban Children: Results from the SPACE Study », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 7, n° 5, p. 2309-2324.

WANG, Y., et N. L. NIHAN (2004). « Estimating the risk of collisions between bicycles and motor vehicles at signalized intersections », *Accident; Analysis and Prevention*, vol. 36, n° 3, p. 313-321.

WANVIK, P. O. (2009). « Effects of road lighting: An analysis based on Dutch accident statistics 1987–2006 », *Accident Analysis & Prevention*, vol. 41, n° 1, p. 123-128.

WARBURTON, D. E. R. (14 mars 2006). « Health benefits of physical activity: the evidence », *Canadian Medical Association Journal*, [en ligne], vol. 174, n° 6, p. 801-809, <<http://dx.doi.org/10.1503/cmaj.051351>> (consulté le 2 juin 2016).

WARBURTON, D. E. R., et S. S. D. BREDIN (avril 2016). « Reflections on Physical Activity and Health: What Should We Recommend? », *Canadian Journal of Cardiology*, [en ligne], vol. 32, n° 4, p. 495-504, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cjca.2016.01.024>> (consulté le 31 mai 2016).

WEE, J. H., J. H. PARK, K. N. PARK et S. P. CHOI (2012). « A comparative study of bike lane injuries », *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, vol. 72, n° 2, p. 448–453.

WENDEL-VOS, G. C. W., A. J. SCHUIT, R. DE NIET, H. C. BOSHUIZEN, W. H. M. SARIS et D. KROMHOUT (2004). « Factors of the physical environment associated with walking and bicycling », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 36, n° 4, p. 725-730.

WHO (2015). « WHO | International Classification of Diseases (ICD) », dans *WHO*, [en ligne], <<http://www.who.int/classifications/icd/en/>> (consulté le 17 septembre 2015).

WINTERS, M., M. BRAUER, E. M. SETTON et K. TESCHKE (2013). « Mapping bikeability: a spatial tool to support sustainable travel », *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 40, n° 5, p. 865 – 883.

WINTERS, M., K. TESCHKE, M. GRANT, E. M. SETTON et M. BRAUER (2010). « How Far Out of the Way Will We Travel? Built Environment Influences on Route Selection for Bicycle and Car Travel », *Transportation Research Record*, n° 2190, p. 1-10.

WOODCOCK, J., M. TAINIO, J. CHESHIRE, O. O'BRIEN et A. GOODMAN (2014). « Health effects of the London bicycle sharing system: health impact modelling study », *BMJ*, [en ligne], vol. 348, <<http://dx.doi.org/10.1136/bmj.g425>> (consulté le 6 mars 2015).

Annexe 1

Variation géographique des parts modales du vélo pour se rendre au travail

Variation géographique des parts modales du vélo pour se rendre au travail

Figure 3 Proportion des personnes de 15 ans et plus utilisant le vélo pour se rendre au travail

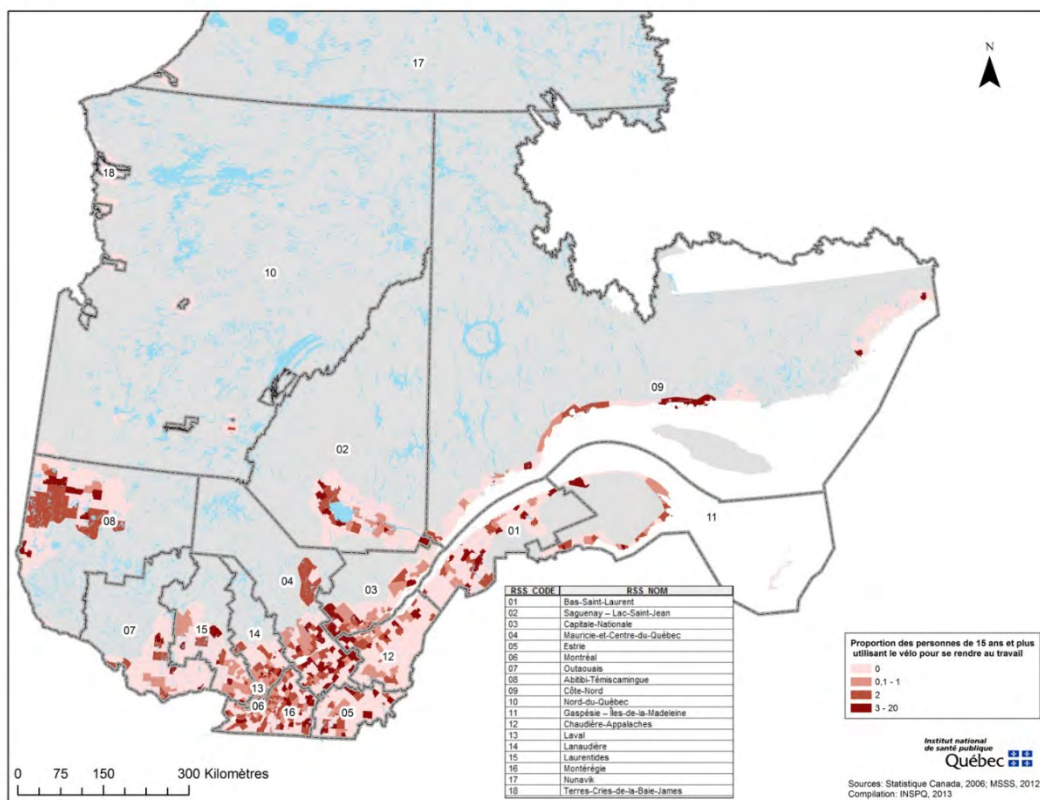
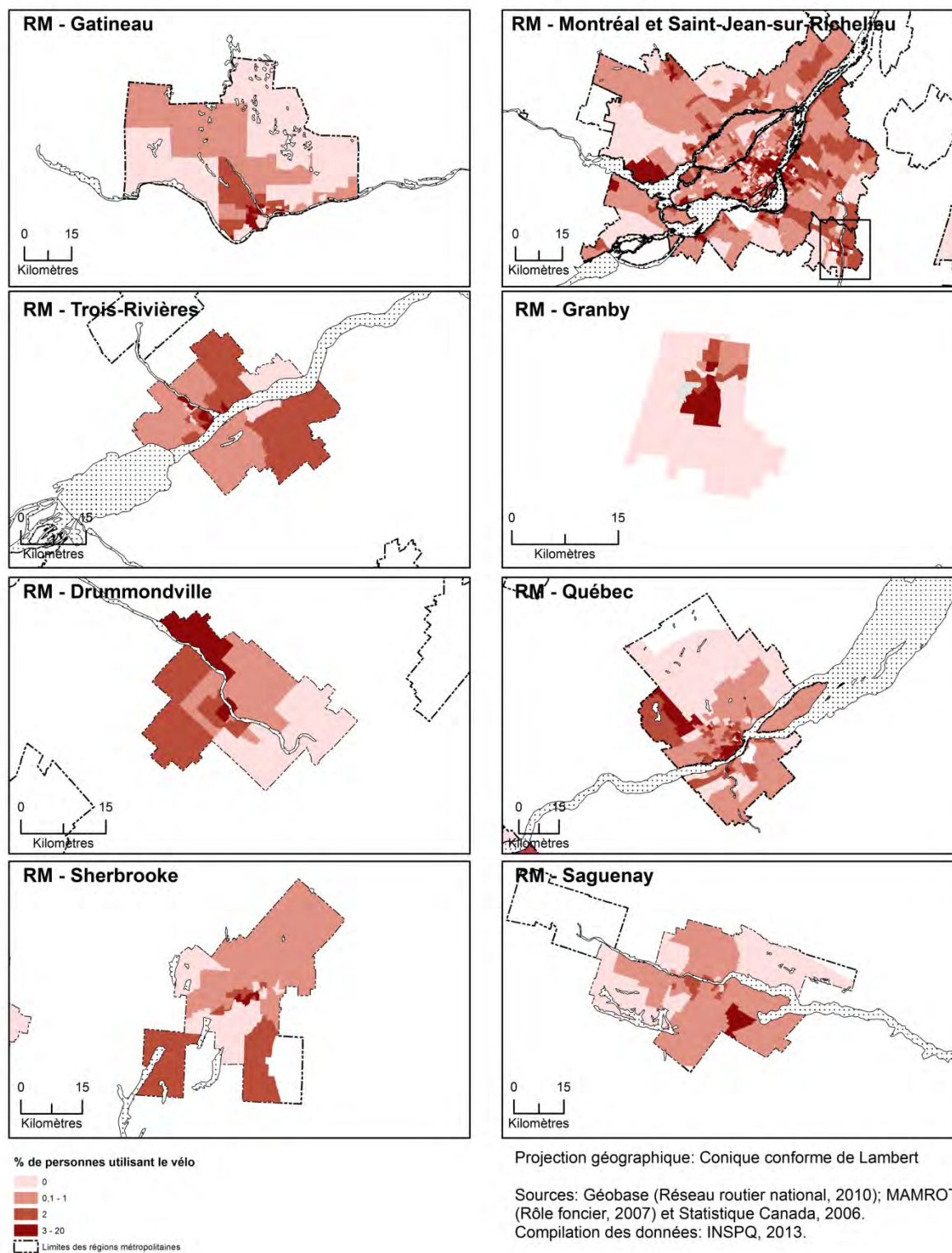


Figure 4 Proportion des personnes de 15 ans et plus utilisant le vélo pour se rendre au travail – régions métropolitaines (RM)



Annexe 2

Environnement bâti et sécurité des usagers de la route

Annexe 3

Terminologie

Terminologie

Tableau 11 Terminologie des infrastructures et des installations

Nom	Définition	Illustration
Segments		
Accotement revêtu (<i>paved shoulder</i>)	Voie cyclable unidirectionnelle généralement revêtue d'asphalte ou de béton, aménagée à même l'emprise routière, adjacente à la chaussée et séparée de celle-ci par une ligne.	 Grey county road, Ontario Source : https://flic.kr/p/bzgqgg Photographe : Dylan Passmore
Bande cyclable (<i>bike lane</i>)	Voie cyclable aménagée en bordure de la chaussée et délimitée par un marquage au sol ou un revêtement de couleur.	 Madison Bike Lane, Chicago Source : https://flic.kr/p/adT5j1 Photographe : Chicago Bicycle Program.
Bande cyclable à double sens (<i>contraflow bike lane</i>)	Bande cyclable aménagée à la gauche d'une voie à sens unique, sur laquelle les cyclistes peuvent rouler dans le sens inverse de la circulation automobile.	 New Hampshire Avenue, north of U Street. Northbound Source : https://flic.kr/p/8rdv8M Photographe : DDOT DC
Bande cyclable à double sens (<i>two-way bicycle lane</i>)	Bande cyclable sur laquelle les cyclistes peuvent circuler dans les deux sens	 Source : INSPQ Photographe : Éric Robitaille
Bande cyclable à sens unique (<i>one-way bike lane</i>)	Bande cyclable sur laquelle les cyclistes circulent dans un seul sens.	 Rue Saint-Urbain, Montréal Source : INSPQ Photographe : Éric Robitaille
Bande cyclable colorée (<i>colored bike lane</i>)	Bande cyclable dont le revêtement est coloré	 Illinois 116 Colored Bike Lane and Road Diet - Peoria Source : https://flic.kr/p/6zAzY5 Photographe : Eric Fredericks

Nom	Définition	Illustration
Chaussée désignée (<i>shared lane</i>)	Rue ou route officiellement reconnue comme voie cyclable, que les automobilistes et les cyclistes partagent, et qui est signalée par un marquage au sol et par des panneaux indicateurs.	 Rue Père-Marquette, Québec Source : INSPQ Photographe : Laurie Vallières
Contre sens ou double sens cyclable (<i>contraflow cycling</i>)	Rue à sens unique sur laquelle les cyclistes sont autorisés à circuler dans les deux sens.	 Une rue à double sens cyclable à Vancouver (Canada). L'entrée pour le vélo à contre sens est marquée par un îlot déviateur incluant une saillie de trottoir Source : https://flic.kr/p/gYTN9 Photographe : Richard Durd
Voie mixte bus-vélo (<i>shared bus-bike lane</i>)	Partie de la chaussée réservée aux autobus et aux vélos.	 Rue du Faubourg Saint-Martin, Paris Source : https://flic.kr/p/D3GPvV Photographe : Clément Belleudy
Piste aménagée dans l'emprise de la route (<i>bike path</i>)	Voie cyclable séparée de la circulation motorisée par un élément physique.	 Montréal Source : INSPQ Photographe : Éric Robitaille
Piste cyclable bidirectionnelle (<i>two-way bike path</i>)	Piste cyclable sur laquelle les cyclistes peuvent circuler dans les deux sens.	 Montréal Source : INSPQ Photographe : Éric Robitaille
Piste cyclable au niveau du trottoir (<i>sidewalk-level bike path</i>)	Piste cyclable aménagée à la hauteur du trottoir, le long de la chaussée, et délimitée du cheminement piétonnier par un marquage au sol ou un revêtement différent.	 Montréal Source : INSPQ Photographe : Éric Robitaille

Nom	Définition	Illustration
Piste cyclable en site propre (<i>off-road bike path</i>)	Piste cyclable dont le tracé est indépendant de toute voie de circulation routière.	 Route verte, Laval Source : INSPQ Photographe : Éric Robitaille
Vélorue (<i>bicycle boulevard</i>)	Rue ou suite de rues reconnue comme voie cyclable, qui est parallèle à une artère urbaine et dont l'aménagement favorise le déplacement à vélo tout en limitant la circulation et la vitesse des véhicules motorisés.	 Rue Père-Marquette, Québec Source : INSPQ Photographe : Laurie Vallières
Régimes routiers	(...) réduction du nombre de voies ou de la largeur des voies dans le but de réorganiser l'espace des voies publiques et de permettre son utilisation à d'autres fins en y incorporant, par exemple, des bandes cyclables, des refuges piétons, des saillies de trottoir ou des places de stationnement (Bowman, 2013).	 Charlotte's East Boulevard, Charlotte, Mecklenburg County, NC Source : https://flic.kr/p/896Y6Y Photographe : Complete Streets
Rue complète	Une rue complète est conçue pour répondre aux besoins d'un maximum d'utilisateurs, peu importe leur âge et leurs capacités : piétons, cyclistes, personnes à mobilité réduite, usagers du transport en commun, automobilistes, camionneurs, véhicules d'urgence, etc. (Fontaine, 2012).	 Charlotte's East Boulevard, Charlotte, Mecklenburg County, NC Source : https://flic.kr/p/896Y6Y Photographe : Complete Streets
Infrastructure de déviation de la circulation motorisée		 Rue Père-Marquette, Québec Source : INSPQ Photographe : Laurie Vallières

Nom	Définition	Illustration
Chausée désignée (<i>shared bike lane</i>)	Rue ou route officiellement reconnue comme voie cyclable, que les automobilistes et les cyclistes partagent, et qui est signalée par un marquage au sol et par des panneaux indicateurs	
		Parkside, Portland, Maine Source : https://flic.kr/p/aF48Xs Photographe : Corey Templeton
Intersections		
Feu pour cyclistes (<i>bicycle traffic signal</i>)	Dispositif électrique automatisé utilisant en alternance un signal lumineux vert, jaune ou rouge sous la forme d'un pictogramme de vélo pour contrôler la circulation cycliste aux carrefours.	
		Amsterdam Source : https://flic.kr/p/9WcHWm Photographe : jodi0327
Zone avancée pour cycliste ou Sas vélo (<i>bike box</i>)	Zone d'arrêt réservée aux cyclistes, située à une intersection contrôlée par des feux de circulation, dans laquelle ils peuvent s'immobiliser au feu rouge devant la ligne d'arrêt des automobilistes.	
		Rue Milton, Montréal Source : INSPQ Photographe : Éric Robitaille
Giratoire (<i>roundabout</i>)	Un carrefour giratoire est un aménagement comprenant une, deux ou trois voies de circulation entourant un îlot central. La circulation dans ces voies se fait dans le sens anti-horaire (contraire des aiguilles d'une montre). De plus, les usagers qui veulent s'engager dans un carrefour doivent céder le passage aux piétons et aux véhicules qui y circulent déjà ³¹ . L'étude de (Daniels et collab., 2009b) distingue quatre types de giratoires à trafic mixte; avec bande cyclable; avec piste cyclable séparée (prioritaire et non prioritaire) et avec piste cyclable dénivelée.	
		Rues Lavigne, Cécile et Romulus, Victoriaville Source : https://flic.kr/p/pxQDwD Photographe : Ville de Victoriaville

³¹ <https://www.mtq.gouv.qc.ca/usagers/reseauroutier/Pages/Carrefour-giratoire.aspx>

Nom	Définition	Illustration
Mini giratoire (<i>traffic circle/rotary traffic island</i>)	Carrefour à sens giratoire aménagé à la rencontre de rues locales.	 Dublin, Ohio Source : https://www.pedbikeimages.org/mediumimages/traffic-circle-tara-hill.jpg Photographe : Heather Bowden
Traverses cyclables	Traverses réservées aux cyclistes, parfois colorées ou surélevées ou munis de feux cyclistes (Reynolds, M. A. Harris, et collab., 2009).	 Barcelone, Espagne Source : https://www.pedbikeimages.org/mediumimages/Red%20bike%20lane%20with%20Bicing.jpg Photographe : Julia Diana
Installations		
Service de partage de vélos (<i>bicycle sharing</i>)	Service de location ou de prêt de vélos offert à une clientèle donnée, ayant souvent pour but de promouvoir le transport écologique et de diminuer le trafic automobile. Il existe plusieurs modèles d'organisation des services de partage de vélos (publics, privés, partenariat privés/publics) (DeMaio, 2009). L'accessibilité et la disponibilité du système peuvent influencer son utilisation et son impact potentiel sur la santé (Frade et Ribeiro, 2015; Ricci, 2015).	 Montréal Source : INSPQ Photographe : Éric Robitaille
Stationnement pour vélos	Endroit aménagé pour stationner un certain nombre de vélos.	 Laval Source : INSPQ Photographe : Éric Robitaille

Annexe 4

Mots-clés

Tableau 12 Mots-clés

Concepts	Mots-clés
Variable d'intérêt 1 : pratique du vélo	cyclist(s), cyclism, cycling, bicycler(s), bicyclist(s), bicyclism, bicycling, biking, biker(s), (ride/riding/use/using/practice/practicing) bicycle(s)/cycle(s)/bike(s)
Variable d'intérêt 2: sécurité des cyclistes	safe(ly), safety, safety management/precaution/protection/regulation, prevention, promote(s)(ing), promotion, secur, secure(ly), avoid(ing)/prevent(ing)/reduce(ing) accident(s)/risk(s)/harm(s)/adverse outcome(s)/injury(ies)/adverse occurrence(s)/incident(s)/hazard(s)/wound(s)/collision(s)/colliding/traumatism(es)/trauma(s), protect(s), protected, protection, hazard control(s)
Forme urbaine	urban/city/cities settlement(s)/design(s)/form(s)/planning/sprawl/environment(s)/environment(al) design*/"land-use(s)"/infrastructure(s), park(s), neighborhood(s), neighbourhoood*, infrastructure accessibility, access to/accessing infrastructure(s) road(s), street(s), building(s), infrastructure(s), network(s), bikeability, bike/biking/bicycle/bicycling/cycle/cycling friendliness/friendly/suitability/usability/level(s) of service(s), conducive to biking/bicycling/cycling
Infrastructures et installations	Cycling infrastructure(s), bike facility(ies), bike crossing(s), midblock/mid-block crossing(s), sharrow(s), shared lane marking, shared-use lane pavement marking, shared-use pavement marking, reserved bicycle lane(s), shared-use pavement marking symbol(s), chevron marking(s) (traffic) circle(s), rotary intersection(s)/island(s), rotary(ies), (traffic) roundabout(s)/round-about(s) (for traffic) bicycle/bike/biking/cycle path(s)/trail(s)/track(s), bikeway(s), bike-way(s), cycleway(s), cycle-way(s), road design, intersection(s) (design), one-way(s), oneway(s), bicycle lane(s), environment design motor vehicle(s) traffic control device(s), signalization, signalisation, traffic signal(s), open space(s), barrier(s), pavement marking(s), visible/audible sign(s)/signal(s) traffic/signal/driving light(s), traffic signal(s), traffic control signal(s) traffic volume/speed bicycle/bike/cyclist traffic signal(s)/light(s) no right turn, turning right on a red light is (not) permitted/prohibited Maintenance facilities/home/carfree/ "complete street" / "road diet"/shower/parking/work/rack bus/short-term rent/parking/terminal/station.

www.inspq.qc.ca

