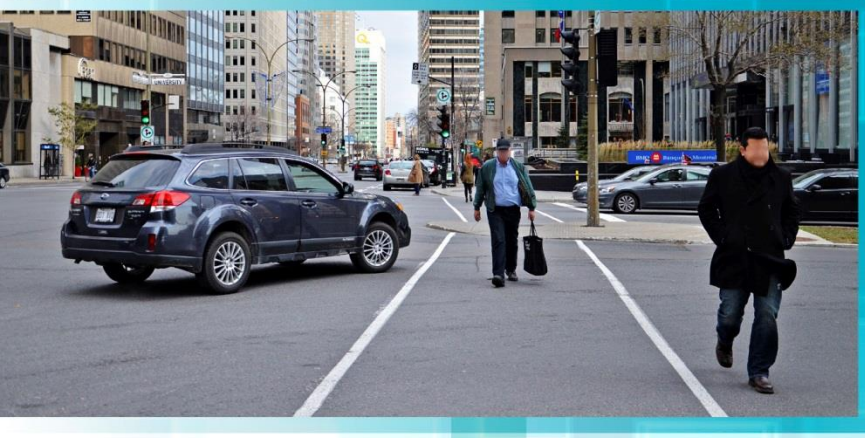
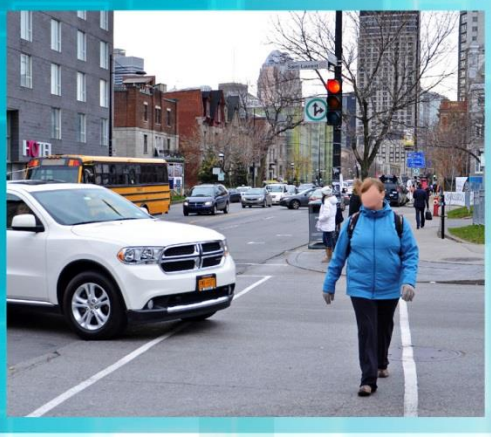
Centre intégré universitaire
de santé et de services sociaux
du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal

PLUS FORT AVEC VOUS

PRÉVENIR LES BLESSURES À LA TÊTE SUR LE RÉSEAU ROUTIER

PERTINENCE DES STRATÉGIES ENVIRONNEMENTALES





Québec

Prévenir les blessures à la tête sur le réseau routier – Pertinence des stratégies environnementales

Une réalisation du Service Environnement urbain et saines habitudes de vie
Direction régionale de santé publique de Montréal
1301, rue Sherbrooke Est
Montréal (Québec) H2L 1M3
Téléphone : 514 528-2400
www.dsp.santemontreal.qc.ca
twitter.com/Santepub_Mtl

Auteurs
Patrick Morency
Anne-Sophie Dubé

Collaborateurs
François Tessier
Sophie Goudreau
Céline Plante

Relecteurs
Nicole Baudet
Mylène Drouin
Richard Lessard
Sophie Paquin
Stéphane Perron
Louis-François Tétreault

Couverture
Paul Cloutier, graphiste

Crédits photos (page couverture)
Annabelle Espurt

Traduction
Sylvie Gauthier, trad. a.

Édition et mise en page
Monique Messier
Sylvie Roberge

Remerciements

La production de ce rapport a été possible grâce au soutien des coordonnateurs successifs de l'équipe professionnelle dédiée à la prévention des problèmes de santé liés au système de transport, Louis Drouin et Stéphane Perron. De nombreux professionnels ont contribué de manière ponctuelle à la réflexion ou à la résolution d'enjeux méthodologiques, dont Jean-François Boivin, Michel Fournier, Noémie Savard, Simon Tessier, Louis-François Tétreault. Une revue des enjeux éthiques par un étudiant, Nicolas Sheppard-Jones, a aussi été utile.

Note : dans ce document, l'emploi du masculin générique désigne aussi bien les femmes que les hommes et est utilisé dans le seul but d'alléger le texte.

© Direction régionale de santé publique
CIUSSS du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal (2016)

ISBN 978-2-550-78224-7 (En ligne)
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2017
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives du Canada, 2017

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières ..... **iii**
Liste des tableaux ..... **iv**
Liste des figures ..... **iv**
Mot du directeur ..... **v**
Résumé **1**
Introduction **4**
1 Santé publique et prévention des blessures **6**
1.1 Approche populationnelle 6
1.2 Transfert d'énergie et réduction à la source 6
1.3 Stratégies environnementales 7
1.4 Stratégies préventives et fardeau sanitaire 8
2 Traumatismes craniocérébraux (TCC) associés aux déplacements **10**
2.1 Évolution temporelle 10
2.2 Variation selon le secteur de résidence 12
3 Environnement routier et blessures à la tête **17**
3.1 Rôle du volume et de la vitesse des véhicules 17
3.2 Exemples de stratégies préventives ciblant l'environnement routier 18
3.3 Sources de données pour l'île de Montréal 20
3.4 TCC, blessures à la tête sur les artères montréalaises 21
3.5 TCC, blessure à la tête selon le volume de véhicules aux intersections montréalaises 22
3.6 Chutes de cyclistes et véhicules motorisés 25
4 Port du casque à vélo, loi et blessures à la tête **27**
4.1 Usage du casque à vélo, à Montréal et au Québec 27
4.2 Port du casque et risque de blessures 28
4.3 Port du casque et blessures à la tête 30
4.4 Loi et port du casque à vélo 32
4.5 Loi et blessures à la tête 33
5 Usage du vélo **36**
5.1 Loi, port du casque et volume de cyclisme 36
5.2 Environnements et pistes cyclables 37

6 Inégalités socioéconomiques 39
6.1 Loi, port du casque et inégalités 40
6.2 Volumes de véhicules et apaisement de la circulation 40
Conclusion 41
Comportements individuels et port du casque à vélo 41
Approche environnementale 42
Annexe 1 – Summary 44
Annexe 2 – Avis et mémoires de la direction régionale de santé publique de Montréal sur les transports ou la sécurité routière 46
Annexe 3 – Définition opérationnelle de blessure à la tête et traumatisme craniocérébral (TCC) .. 48
Annexe 4 – Nombre d'hospitalisations et d'interventions ambulancières localisées à l'intersection 49
Bibliographie 50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1 22
Tableau 3.2 23

LISTE DES FIGURES

Figure 1 8
Figure 2.1 11
Figure 2.2 12
Figure 2.3 13
Figure 2.4 14
Figure 2.5 15
Figure 3.3 24
Figure 3.4 25
Figure 3.5 26
Figure 5.1 38
Figure 6.1 39

MOT DU DIRECTEUR

En vertu des mandats que lui confie le législateur, le directeur régional de santé publique (DRSP) doit faire l'évaluation de l'état de santé de la population et de ses déterminants, et suggérer des pistes d'action pour l'améliorer. Dans le cadre de mes mandats, j'ai publié plusieurs rapports et mémoires démontrant l'ampleur des problèmes de santé publique liés au système de transport.

Pour diminuer le fardeau des traumatismes routiers, les stratégies environnementales sont généralement les plus efficaces. Lors de consultations publiques, j'ai recommandé de développer le réseau de voies cyclables, en privilégiant les pistes cyclables physiquement séparées de la circulation automobile (2011), d'intégrer la protection des piétons dans les projets courants de réfection (2013) et de généraliser les mesures d'apaisement de la circulation (2017).

Basé sur de multiples sources de données, ce rapport présente la prévalence et la répartition spatiale des blessures à la tête chez l'ensemble des usagers de la route. Dans la région montréalaise, la majorité des blessures à la tête à la suite d'une collision surviennent chez les usagers de véhicules à moteur. De plus, pour les piétons et les cyclistes, la probabilité de subir une blessure à la tête est directement liée à l'exposition aux véhicules à moteur. J'espère que ce rapport sensibilisera les décideurs, les gestionnaires et la population montréalaise à l'importance d'améliorer la sécurité pour tous non seulement par des mesures environnementales, mais aussi par la réduction du risque à la source, soit la réduction du volume global de circulation automobile dans nos villes.

Le directeur régional de santé publique de Montréal,

Richard Massé, M.D.

RÉSUMÉ

(English summary is provided in Annex 1)

Ce rapport vise premièrement à décrire l'ampleur et la distribution des blessures à la tête associées aux collisions routières. Ensuite, à l'aide de données montréalaises, il explore la contribution possible des stratégies préventives environnementales. Concernant les cyclistes, ce rapport résume l'information disponible sur le port du casque et la législation sur le port obligatoire du casque à vélo (LPOCV). Enfin, il aborde les enjeux de la promotion de l'usage du vélo et de la réduction des inégalités socioéconomiques observées dans la répartition des traumatismes routiers.

SANTÉ PUBLIQUE ET PRÉVENTION DES BLESSURES

Fondamentalement, les dommages et traumatismes routiers sont causés par le transfert d'énergie du véhicule en mouvement aux objets et aux personnes. Une réduction à la source du risque de blessures pourrait viser une réduction des déplacements en automobile et du camionnage, ce qui diminuerait l'exposition des piétons et des cyclistes aux véhicules motorisés. Les stratégies environnementales qui incluent la réduction de l'usage de la voiture ou de la vitesse des véhicules peuvent réduire l'incidence des collisions et des blessures pour tous les usagers de la route.

Les stratégies environnementales peuvent être déployées à différentes échelles :

- à l'échelle métropolitaine : une réduction globale de l'usage de l'automobile et un usage accru des transports collectifs, plus sécuritaires;
- dans les quartiers : une réduction de la circulation de transit et de la vitesse des véhicules par des aménagements appropriés;
- sur des routes et intersections spécifiques : des aménagements pour les cyclistes (ex. : pistes cyclables) ou les piétons (ex. : terre-pleins) peuvent réduire leur exposition aux véhicules sur les artères.

TRAUMATISMES CRANIOCÉRÉBRAUX (TCC) ASSOCIÉS AUX DÉPLACEMENTS

Au Québec, selon les registres de décès et d'hospitalisations, la majorité des personnes avec un TCC à la suite d'un accident sont des usagers de véhicules à moteur. À Montréal, les piétons et les cyclistes représentent la majorité des hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC qui habitent dans le centre-ville et les quartiers centraux. Les usagers de véhicules à moteur représentent la majorité des hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC qui habitent dans les banlieues et les couronnes montréalaises.

ENVIRONNEMENT ROUTIER, TCC ET BLESSURES À LA TÊTE

Sur l'île de Montréal, la majorité des piétons, des cyclistes, des motocyclistes et des occupants de véhicules avec un TCC ou une blessure à la tête ont été blessés sur une route majeure (artère). Pour la grande majorité des usagers de la route blessés aux intersections, l'événement est survenu aux intersections avec un volume de véhicules élevé (4^{e} quintile) ou très élevé (5^{e} quintile). Aux intersections avec un volume de véhicules très élevé (5^{e} quintile), il y a 31 fois plus d'usagers de la route avec un TCC et 30 fois plus d'usagers de la route blessés à la tête qu'aux intersections avec très peu de véhicules (1er quintile). Ainsi, dans un milieu urbain comme Montréal, le nombre d'usagers de la route blessés aux intersections ou dans un quartier augmente directement avec le volume de la circulation automobile. Les larges artères sont aussi associées à un nombre plus élevé de blessures, pour tous les usagers de la route.

PORT DU CASQUE À VÉLO, LOI ET BLESSURES À LA TÊTE

Il est préférable de porter un casque lorsqu'on circule à vélo. Néanmoins, les équipements de protection individuelle comportent des limites bien connues. L'usage du casque de vélo ne prévient pas la chute ou la collision, il ne protège pas des blessures ailleurs qu'à la tête, et son effet peut être limité, voire nul, lors d'une collision impliquant un camion lourd ou un véhicule circulant à grande vitesse.

Les recherches portant sur l'effet d'une loi (LPOCV) ne permettent pas de distinguer l'effet de la loi de l'effet des autres mesures non législatives déployées simultanément et reconnues efficaces pour augmenter le port du casque à vélo (ex. : campagnes de sensibilisation, intervention communautaire, distribution de casques). L'adoption d'une loi (LPOCV) peut être associée à une augmentation de la proportion de cyclistes qui portent un casque, surtout lorsque le port du casque est peu fréquent. Au Québec, en l'absence d'une loi, la proportion d'enfants qui portent le casque à vélo est similaire (Nouvelle-Écosse) ou supérieure (Ontario) à celle observée dans deux provinces canadiennes après l'implantation d'une loi.

Quelques recherches ont tenté d'estimer l'effet d'une loi (LPOCV) sur les blessures à la tête chez les cyclistes. Les principaux indicateurs de succès utilisés ont été des ratios de blessures à la tête parmi les hospitalisations de cyclistes, par exemple par rapport aux hospitalisations liées à des blessures au bras. Dans une perspective de santé publique, le taux d'incidence *per capita* est un indicateur plus habituel et plus utile pour juger de l'évolution d'un problème de santé dans la population. Selon deux recherches canadiennes récentes, qui ont pris en compte les tendances historiques et le volume d'usage du vélo, le taux *per capita* d'hospitalisations de cyclistes avec blessure à la tête ainsi que son évolution temporelle ne sont pas significativement différents dans les provinces canadiennes avec et sans loi (LPOCV).

USAGE DU VÉLO

Les transports actifs, incluant l'usage du vélo, procurent de nombreux bénéfices pour la santé. Or, l'usage du vélo comme moyen de transport est faible dans les villes du Canada, des États-Unis et de l'Australie. Les lois sur le port obligatoire du casque à vélo (LPOCV) ont été adoptées dans des contextes de stagnation ou de diminution de l'usage du vélo. Les pays industrialisés où l'usage du vélo est le plus fréquent (ex. : Pays-Bas, Danemark, Allemagne) ont misé sur d'autres stratégies et le port du casque y est peu fréquent et non obligatoire. Les stratégies environnementales, incluant l'implantation d'un réseau de pistes cyclables, permettent de concilier les objectifs de santé publique de promotion des transports actifs et de réduction des blessures.

INÉGALITÉS SOCIOÉCONOMIQUES

Pour les traumatismes routiers comme pour les autres types de blessures, la position socioéconomique est fortement associée au risque de blessures. À Montréal, le plus grand nombre de piétons et de cyclistes blessés dans les quartiers pauvres s'explique, notamment, par les volumes de véhicules plus élevés dans ces quartiers ainsi que par la présence de larges artères. Les stratégies environnementales basées sur une réduction globale de la circulation automobile ou sur des aménagements routiers plus sécuritaires peuvent significativement réduire les inégalités observées entre les quartiers.

CONCLUSION

En plus de réduire globalement la vitesse des véhicules sur les réseaux routiers municipaux, les politiques publiques pourraient viser une réduction de la place dévolue à l'automobile, en particulier dans les quartiers centraux montréalais. Allouer davantage d'espace et de ressources financières en faveur des transports actifs et collectifs serait bénéfique pour la sécurité routière, et aussi pour d'autres problèmes de santé publique associés aux transports.

INTRODUCTION

Le système de transport est associé à de nombreux problèmes de santé publique, engendrés par les collisions, le bruit, les émissions polluantes et l'inactivité physique (Drouin, 2006). La DRSP a publié de nombreuses études mesurant l'ampleur et la distribution géographique des problèmes de santé publique associés aux déplacements. Dès 2005, la DRSP a publié une cartographie des collisions et des blessures sur le réseau routier montréalais pour tous les arrondissements et les villes liées de l'île de Montréal (Morency, 2005; Morency, 2006).

ENVIRONNEMENTS

Depuis une dizaine d'années, l'analyse des facteurs environnementaux et des lieux de collision sur le réseau routier montréalais a systématiquement confirmé la forte influence du volume de véhicules et des aménagements routiers sur le nombre de blessés aux intersections, sur les routes ou dans un quartier. En plus de décrire le risque posé par la circulation des véhicules, notamment pour les piétons et les cyclistes, plusieurs rapports, avis et mémoires produits par la DRSP ont porté sur l'aménagement du territoire, sur la planification des transports, sur des projets majeurs d'infra-structures autoroutières, sur les voies cyclables et sur les aménagements pour piétons (voir Annexe 2). En se basant sur les données et l'information disponibles et sur les meilleures pratiques, la DRSP a plaidé pour une approche globale de la sécurité routière, pour une réduction de la circulation automobile, pour une réallocation de l'espace en faveur de modes de transport actifs et collectifs, pour l'implantation de mesures d'apaisement de la circulation ainsi que pour des traverses piétonnes et un réseau de voies cyclables plus sécuritaires.

LOI ET PORT DU CASQUE À VÉLO

Jusqu'à maintenant, l'analyse de la distribution des collisions et des blessés sur le territoire montréalais n'avait pas pris en compte le site anatomique des blessures, ni le type de lésion. Or, certaines stratégies préventives ciblent spécifiquement un type de blessure, soit les blessures à la tête et les traumatismes craniocérébraux. Pour améliorer la sécurité des cyclistes, une loi sur le port obligatoire du casque à vélo (LPOCV) a été recommandée par les DRSP en 2000, puis par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), en 2010 (Bégin, 2000; Blais, 2010). L'argumentaire soutenant l'implantation d'une loi est habituellement basé sur l'efficacité d'une LPOCV pour augmenter le port du casque et réduire les blessures à la tête chez les cyclistes. Or, depuis 2010, de nouvelles recherches remettent en question l'effet estimé d'une LPOCV sur l'incidence des blessures à la tête chez les cyclistes (Dennis, 2013; Goldacre, 2013; Teschke, 2015). De plus, les avis antérieurs de santé publique n'ont pas pris en compte d'autres enjeux de santé publique, tels que l'inactivité physique et les inégalités socioéconomiques.

L'objectif de ce rapport est d'explorer la pertinence d'une approche populationnelle et environnementale pour la prévention des traumatismes craniocérébraux qui surviennent à la suite d'une collision sur le réseau routier.

Le premier chapitre présente quelques concepts importants pour la prévention des blessures, incluant l'approche populationnelle. Le deuxième chapitre décrit la variation temporelle et spatiale des traumatismes craniocérébraux (TCC) associés aux déplacements, pour l'ensemble de la population de la région métropolitaine de Montréal (RMR). Le troisième chapitre explore l'influence de l'environnement routier, et plus spécifiquement du volume de véhicules et de la présence d'une route majeure, sur le nombre d'usagers de la route avec un TCC ou une blessure à la tête. Le quatrième chapitre structure et résume l'information disponible sur le port du casque à vélo et sur l'efficacité d'une loi obligeant le port du casque. Enfin, les deux derniers chapitres examinent la contribution possible des stratégies préventives à la promotion de l'usage du vélo et à la réduction des inégalités socioéconomiques observées dans la répartition des traumatismes routiers.

1 SANTÉ PUBLIQUE ET PRÉVENTION DES BLESSURES

1.1 Approche populationnelle

L'approche populationnelle vise à réduire l'incidence globale d'un problème de santé dans l'ensemble d'une population.

Ce rapport s'inspire d'une approche populationnelle visant à réduire le nombre total d'usagers de la route blessés en milieu urbain et, ultimement, à réduire l'incidence de problèmes de santé publique liés au système de transport (Kindig, 2003; Rose, 1985; Rose, 1992). L'approche populationnelle se distingue de l'approche ciblant les individus les plus à risque puisqu'elle porte sur les déterminants – les causes sous-jacentes – de l'incidence d'un problème de santé dans l'ensemble d'une population. Par conséquent, ce rapport ne se limite pas à un sous-groupe particulier de la population (ex. : enfants, personnes âgées) ni à un échantillon de sites routiers. La section 2 porte sur les hospitalisations de l'ensemble de la population de la RMR montréalaise; la section 3 inclut l'ensemble des intersections de l'île de Montréal.

1.2 Transfert d'énergie et réduction à la source

Une réduction à la source du risque de blessures implique une réduction des déplacements en automobile et du camionnage.

Tout comme dans le cas des maladies infectieuses, les blessures résultent de l'interaction d'un agent avec un individu dans un environnement donné. Pour ce qui est des blessés de la route, l'agent en cause n'est pas un virus ou une bactérie, mais plutôt l'énergie du véhicule en mouvement. Fondamentalement, les dommages et traumatismes routiers sont causés par le transfert d'énergie du véhicule en mouvement aux objets et aux personnes (Haddon 1973, 1980).

Une réduction à la source du risque de blessures pour tous les usagers de la route impliquerait une réduction des déplacements en automobile et du camionnage. D'autres stratégies visent, par exemple, à réduire la quantité d'énergie (ex. : réduire la vitesse des véhicules) ou à séparer dans le temps (ex. : feux piétons avec phase exclusive) ou dans l'espace (ex. : piste cyclable) la source d'énergie et les individus (Haddon 1973, 1980).

Dans les milieux de travail, la primauté de la réduction à la source pour éliminer le risque de blessures est clairement énoncée par la Loi québécoise sur la santé et la sécurité au travail (LSST) et par le Code canadien du travail :

- **Loi québécoise sur la santé et la sécurité au travail (LSST) :**
  « La présente loi a pour objet l'élimination à la source même des dangers pour la santé, la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs. (…) » (LSST, section I - Dispositions générales, item 2).

  « La mise à la disposition des travailleurs de moyens et d'équipements de protection individuels ou collectifs, lorsque cela s'avère nécessaire pour répondre à leurs besoins particuliers, ne doit diminuer en rien les efforts requis pour éliminer à la source même les dangers pour leur santé, leur sécurité et leur intégrité physique. » (LSST, section I - Dispositions générales, item 3).

- **Code canadien du travail :**
  « La prévention devrait consister avant tout dans l'élimination des risques, puis dans leur réduction, et enfin dans la fourniture de matériel, d'équipement, de dispositifs ou de vêtements de protection, en vue d'assurer la santé et la sécurité des employés. » (Code canadien du travail, partie II - Santé et sécurité au travail, item 122.2).

1.3 Stratégies environnementales

Les stratégies environnementales sont généralement plus efficaces que les stratégies préventives nécessitant une action individuelle, volontaire.

Dans le domaine de la prévention des blessures, il est généralement reconnu que les stratégies préventives nécessitant une action individuelle, volontaire, sont moins efficaces que les stratégies visant la réduction du risque à la source ou les stratégies environnementales. Les stratégies dites passives qui ne requièrent pas d'intervention particulière de la part des individus pour assurer leur protection sont généralement plus efficaces (Beaulne, 1990; Haddon, 1974). Par exemple, les stratégies ciblant l'environnement physique peuvent offrir une protection aux individus, peu importe leur âge ou leur niveau d'éducation, sans effort ni action volontaire de la part des personnes exposées. De plus, les interventions environnementales peuvent réduire l'exposition ou protéger les personnes à chaque exposition et, si elles sont permanentes, pour longtemps.

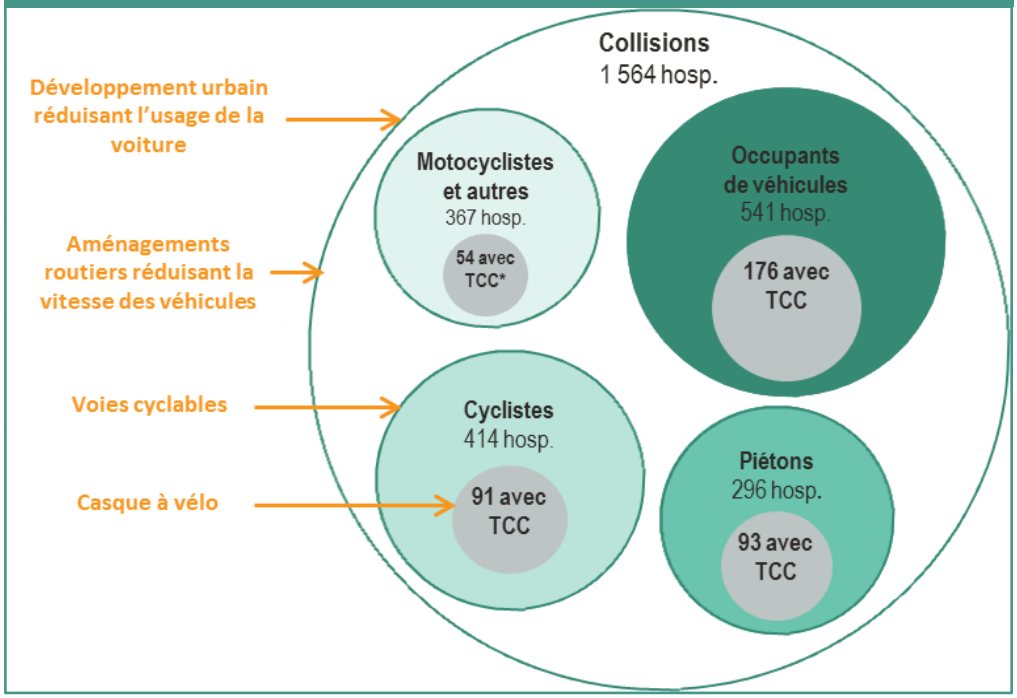
Certaines stratégies préventives sont plus efficaces que d'autres, mais elles ne sont pourtant pas privilégiées par tous les groupes et institutions dédiés à la sécurité routière. Par exemple, une recherche a comparé les rapports de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et du Global Road Safety Partnership (GRSP), un comité de la Banque mondiale auquel participent les constructeurs automobiles. Le GRSP met l'accent sur les comportements individuels, les campagnes d'éducation, l'intervention en milieu scolaire et la formation des conducteurs. L'OMS privilégie plutôt la réduction de l'exposition aux véhicules, l'usage de modes de transport collectifs et le réaménagement des routes (Robertz, 2006; Davies, 2014). Quelques auteurs ont souligné l'influence possible des industries automobile et pétrolière sur les stratégies préventives visant à réduire les problèmes de santé publique liés aux transports (Woodcock, 2008; Douglas, 2011).

1.4 Stratégies préventives et fardeau sanitaire

Une réduction de l'usage de la voiture ou de la vitesse des véhicules peut réduire tous les types de blessures, pour tous les usagers de la route.

Une panoplie d'interventions et de stratégies préventives visent à améliorer le bilan routier par différents mécanismes, mais elles ne partagent pas nécessairement le même objectif (Figure 1). Une réduction globale de l'usage de la voiture pourrait réduire l'ensemble du fardeau sanitaire associé aux déplacements motorisés, incluant les traumatismes routiers (Fuller, 2013). La crise économique de 2008, aux États-Unis, illustre ce phénomène puisque la réduction des distances parcourues en automobile s'est traduite par une diminution du nombre global de décès sur les routes (Sivak, 2009).

Figure 1 : Nombre annuel d'hospitalisations d'usagers de la route habitant la région métropolitaine de Montréal, illustré selon les cibles des différentes stratégies préventives*



* Nombre annuel d'hospitalisations (2006-07 à 2013-2014) pour la population habitant la RMR de Montréal. Les accidents de véhicules hors route ont été exclus. *Source des données: Mathieu Gagné, INSPQ, 2015.* TCC : Traumatisme craniocérébral.

Les aménagements routiers visant une diminution de la vitesse des véhicules peuvent être bénéfiques pour tous les usagers de la route et prévenir les blessures légères et graves, et les décès (Grundy, 2009). Cependant, l'implantation de voies cyclables ne prévient la collision et les blessures que pour les cyclistes, tandis que le port du casque à vélo ne cible que les blessures à la tête chez les cyclistes.

Au Québec, selon les registres de décès et d'hospitalisations [1], la majorité des personnes ayant subi un TCC à la suite d'une collision sont des usagers de véhicules à moteur. De 2006 à 2010, parmi les 2 965 décès d'usagers de la route au Québec, 1 253 avaient un traumatisme craniocérébral (TCC) et la majorité d'entre eux étaient des usagers de véhicules à moteur, occupants de véhicules (67 %; n=838) ou motocyclistes (10 %; n=120). Les piétons (16 %; n=203) et les cyclistes (5 %; n=62) représentaient environ un cinquième des décès d'usagers de la route avec un TCC. De 2006 à 2010, sur une période de 5 ans, parmi les 23018 hospitalisations d'usagers québécois de la route, 6 131 avaient un diagnostic de TCC. Dans la majorité des cas, il s'agissait d'usagers de véhicules à moteur, occupants de véhicules (52 %; n=3 194) ou motocyclistes (9 %; n=581). Les cyclistes (18 %; n=1 123) et les piétons (14 %; n=886) représentaient environ le tiers des hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC.

[1] Source des données : Registres québécois des hospitalisations et des décès, 2006-2010 (M Gagné, INSPQ, 2014).

2 TRAUMATISMES CRANIOCÉRÉBRAUX (TCC) ASSOCIÉS AUX DÉPLACEMENTS

Ce chapitre porte sur les hospitalisations d'usagers de la route habitant dans la région métropolitaine de Montréal[2]. Plus spécifiquement, il décrit la répartition des hospitalisations d'usagers de la route avec un diagnostic de TCC[3], selon l'année, le mode de transport utilisé et le secteur de résidence. Il est à noter que ce chapitre décrit la répartition des hospitalisations selon le secteur de résidence des personnes blessées sans égard au lieu de la collision.

2.1 Évolution temporelle

De 2006 à 2013, le nombre annuel d'hospitalisations d'usagers de la route avec un diagnostic de TCC a diminué.

De 2006 à 2013, il y a eu 12 511 hospitalisations d'usagers de la route habitant dans la région métropolitaine de Montréal, dont 3 305 avec un diagnostic de TCC. Au cours de cette période, le nombre annuel d'hospitalisations d'usagers de la route a diminué de 16 % (moyenne de 1 700/an pour 2006 à 2008 vs 1 433/an pour les années 2011 à 2013), tandis que le nombre annuel d'hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC a diminué de 21 % (moyenne de 466/an pour 2006 à 2008 vs 369/an pour les années 2011 à 2013) (figure 2.1).

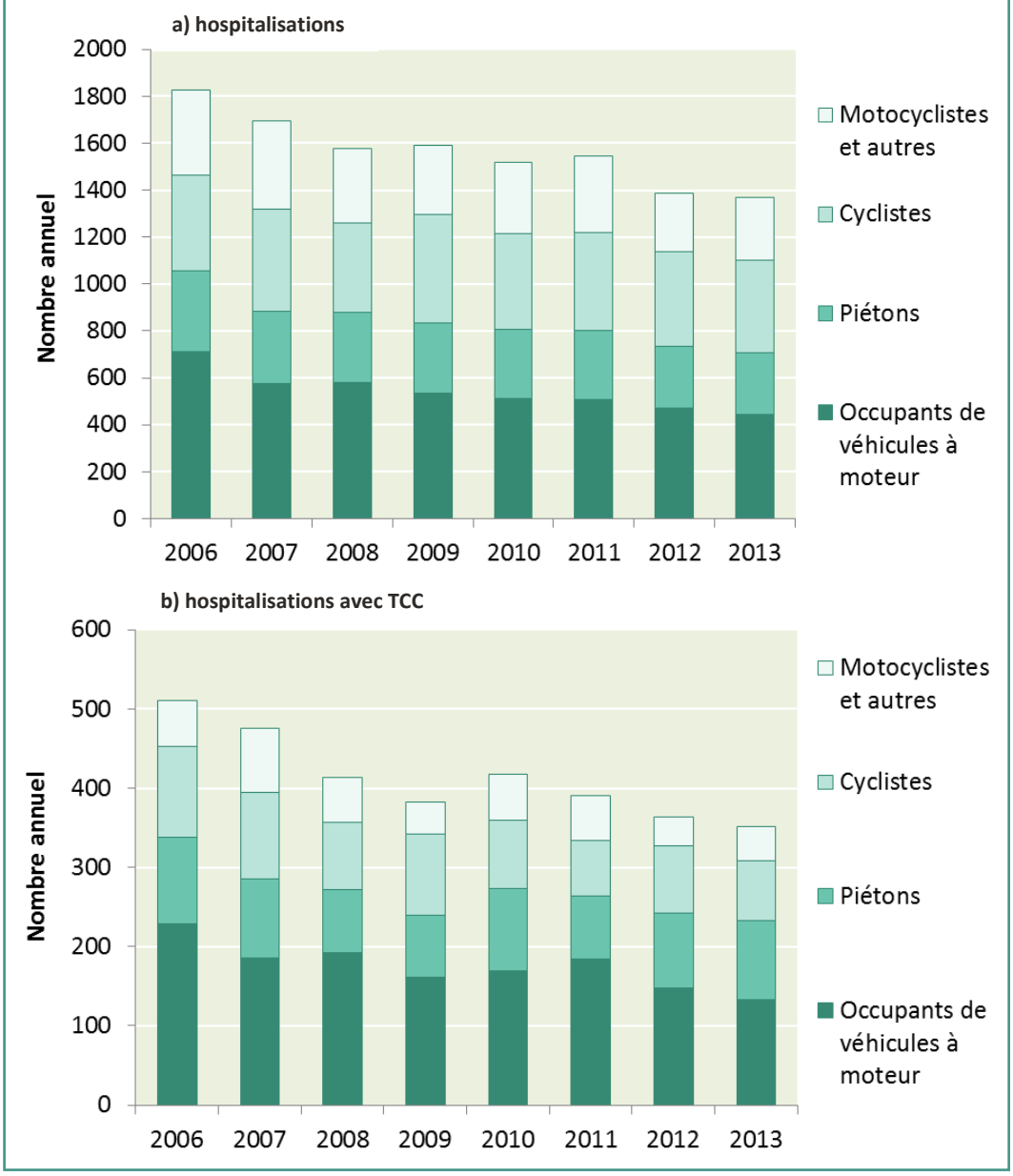
Pour la population de la région métropolitaine de Montréal, les hospitalisations de piétons (22 %) et de cyclistes (22 %) représentent environ deux cinquièmes des hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC. Lorsqu'on compare les périodes 2006-2008 et 2011-2013, le nombre annuel d'hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC a diminué pour les occupants de véhicules à moteur moteur (-24 %), pour les motocyclistes (-29 %), pour les cyclistes (-26 %) et pour les piétons (-5%).

Un déclin du nombre d'hospitalisations d'usagers de la route, avec ou sans TCC, peut refléter une diminution du nombre de collisions et de blessés sur les routes, mais peut aussi être attribuable à une modification des pratiques hospitalières (ex. : fermeture d'hôpitaux, virage ambulatoire). De 1994 à 2008, le taux *per capita* d'hospitalisations de cyclistes avec une blessure à la tête a diminué dans toutes les provinces canadiennes, incluant le Québec (Dennis, 2013).

[2] Source des données : Nombre annuel d'hospitalisations pour la population habitant la RMR de Montréal. Les accidents de véhicules hors-route ont été exclus. Source des données : Registre québécois des hospitalisations, 2006-2010 (M Gagné, INSPQ, 2014).

[3] La définition de TCC utilisée dans ce rapport est détaillée dans l'annexe 3 et dans un rapport produit par l'INSPQ sur l'évolution des hospitalisations attribuables aux TCC (Gagné, 2012). Nos analyses descriptives ont été reproduites en utilisant une définition plus large incluant toutes les blessures à la tête, mais les résultats observés – variations temporelles et spatiales – étaient similaires à ceux observés en n'incluant que les TCC. Pour simplifier l'écriture et éviter les redondances, dans ce rapport la description est limitée aux TCC.

Figure 2.1 : Évolution temporelle des hospitalisations d'usagers de la route* (Région métropolitaine de Montréal)



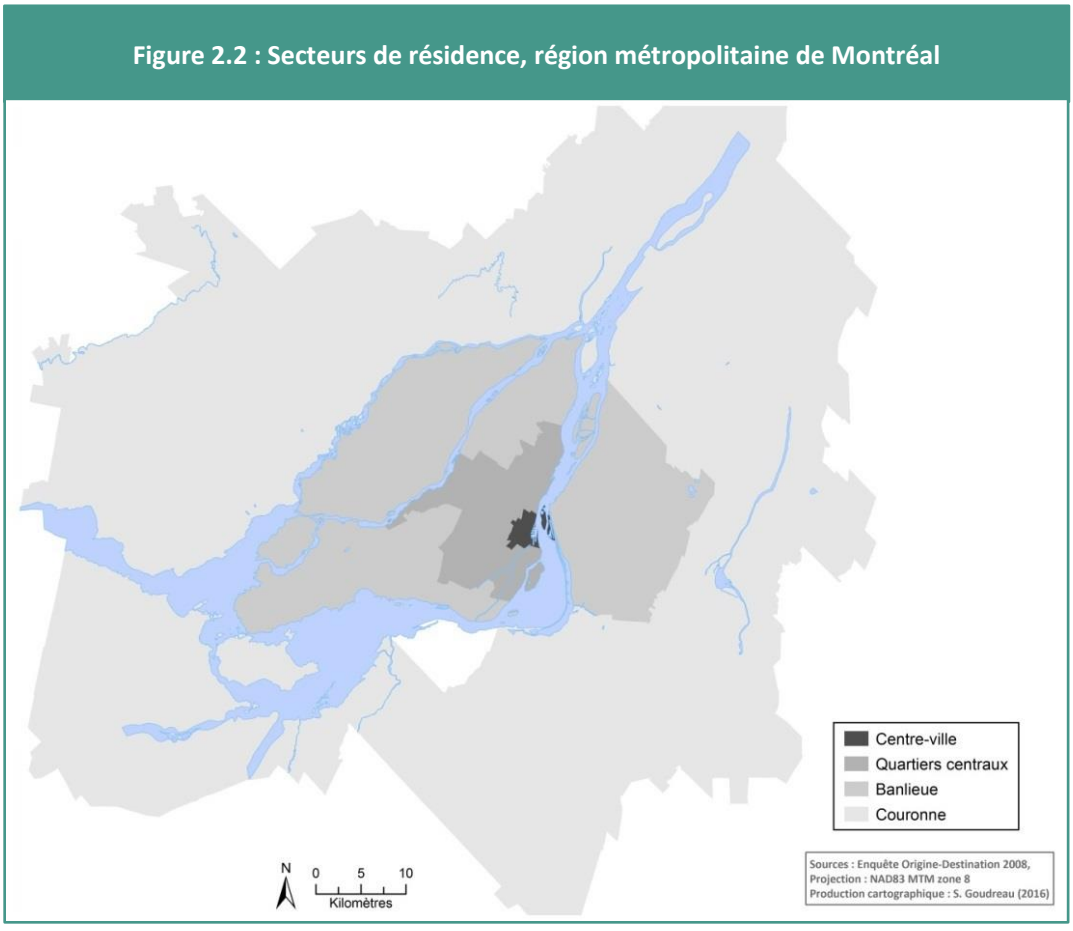
* Nombre annuel d'hospitalisations (2006-07 à 2013-2014) pour la population habitant la région métropolitaine de Montréal. Les accidents de véhicules hors route ont été exclus. *Source des données: Mathieu Gagné, INSPQ, 2015.*

2.2 Variation selon le secteur de résidence

Les piétons et les cyclistes représentent la majorité des hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC qui habitent dans le centre-ville et les quartiers centraux. Les usagers de véhicules à moteur représentent la majorité des hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC qui habitent dans les banlieues et les couronnes.

Pour décrire la variation spatiale des hospitalisations, la population qui habite la région métropolitaine de Montréal a été divisée en quatre grands secteurs selon le lieu de résidence (Figure 2.2) : centre-ville, quartiers centraux, banlieues et couronnes[4].

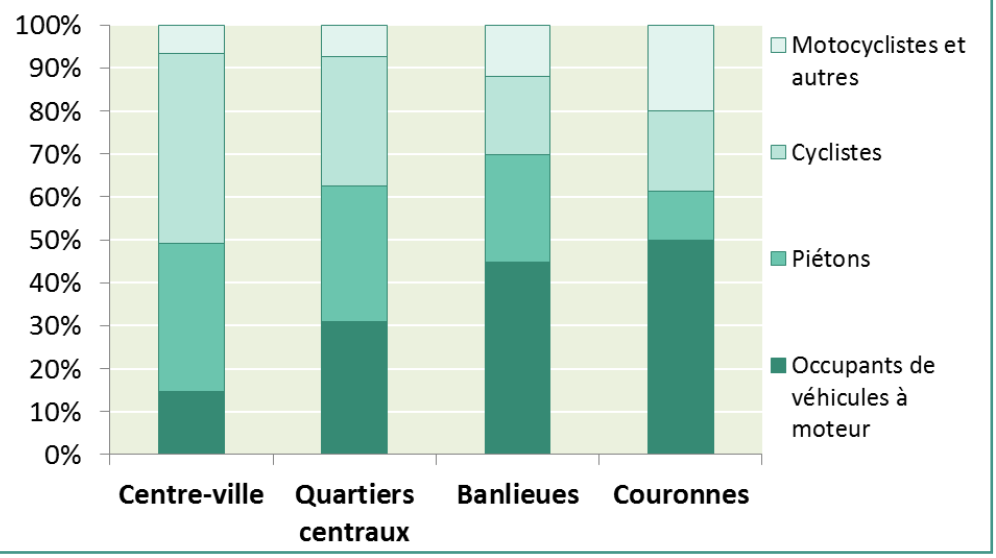
Figure 2.2 : Secteurs de résidence, région métropolitaine de Montréal



[4] Les secteurs de résidence ont été constitués à partir des secteurs municipaux de l'enquête Origine-Destination 2008.

La Figure 2.3 décrit la répartition des hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC pour chacun des quatre grands secteurs de la grande région montréalaise. Les piétons et les cyclistes représentent la majorité des hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC qui habitent dans le centre-ville et les quartiers centraux. Les usagers de véhicules à moteur représentent la majorité des hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC qui habitent dans les banlieues et les couronnes.

Figure 2.3 : Répartition des hospitalisations d'usagers de la route avec un traumatisme craniocérébral (TCC)*, selon le secteur de résidence (Région métropolitaine de Montréal)



* Nombre annuel d'hospitalisations (2006-07 à 2013-2014) pour la population habitant la région métropolitaine de Montréal. Les accidents de véhicules hors route ont été exclus. *Source des données: Mathieu Gagné, INSPQ, 2015.*

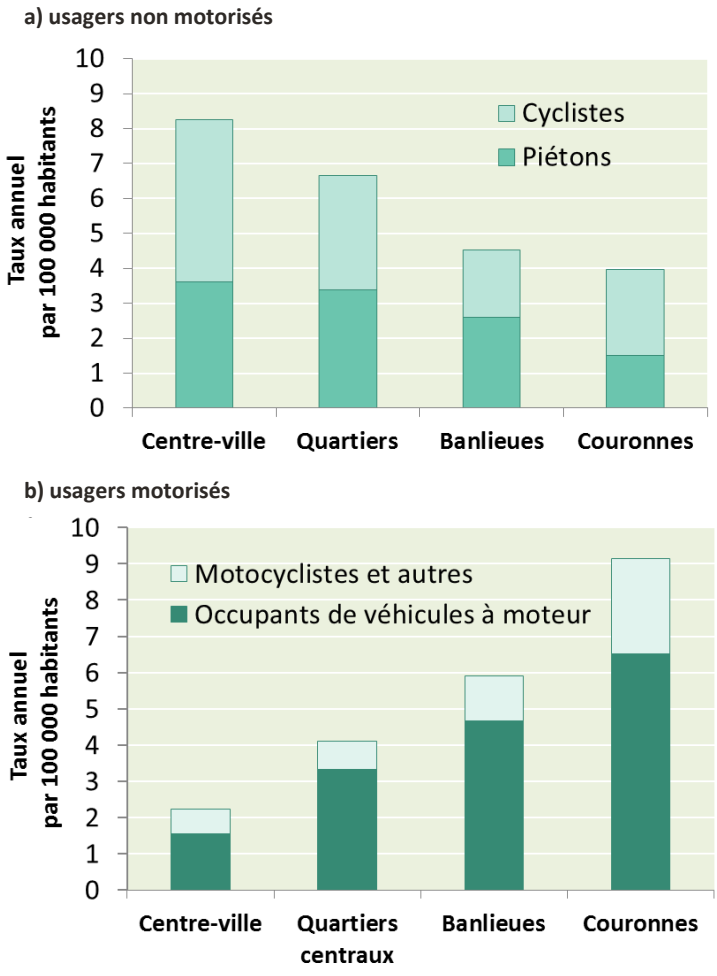
En considérant l'ensemble des modes de transport, le taux d'hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC est plus élevé chez les résidents des couronnes que chez les résidents des banlieues, des quartiers centraux et du centre-ville.

La Figure 2.4 décrit le taux *per capita* d'hospitalisations[5] d'usagers de la route avec un TCC, selon le secteur de résidence et le mode de transport utilisé. Le taux d'hospitalisations de piétons ou de cyclistes avec un TCC est plus élevé chez les résidents du centre-ville et des quartiers centraux que chez ceux de la périphérie (Figure 2.4a).

[5] La population habitant dans les secteurs provient du recensement de 2006, soit au début de la période étudiée. Les variations subséquentes de la taille de la population n'ont pas été prises en compte.

À l'inverse, le taux d'hospitalisations d'usagers de véhicules motorisés avec un TCC est plus élevé chez les résidents des banlieues et des couronnes montréalaises (Figure 2.4b). En considérant l'ensemble des modes de transport[6], le taux d'hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC est plus élevé chez les résidents des couronnes que chez les résidents des banlieues, des quartiers centraux et du centre-ville.

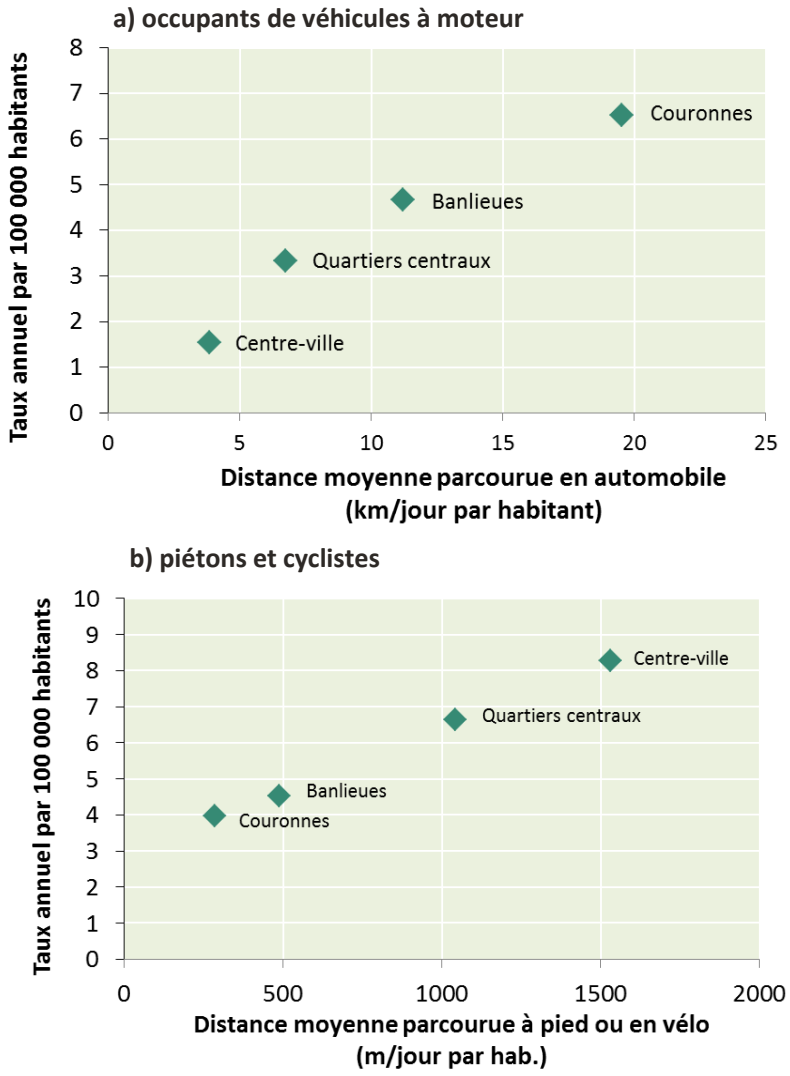
Figure 2.4 : Taux d'hospitalisations d'usagers de la route avec un traumatisme craniocérébral (TCC), selon le secteur de résidence (Région métropolitaine de Montréal)



* Nombre annuel d'hospitalisations (2006-07 à 2013-2014) pour la population habitant la région métropolitaine de Montréal. Les accidents de véhicules hors route ont été exclus. *Source des données: Mathieu Gagné, INSPQ, 2015.* La population provient du recensement de 2006, soit au début de la période étudiée.

[6] Les accidents de véhicules hors route (ex. : VTT, motoneige) ont été exclus. Dans la région métropolitaine de Montréal, la majorité des usagers de véhicules hors route hospitalisés avec un TCC habitent dans les couronnes.

Figure 2.5 : Taux d'hospitalisations d'usagers de la route avec un traumatisme craniocérébral (TCC), selon le secteur de résidence et les distances moyennes quotidiennes parcourues (Région métropolitaine de Montréal)*



* Nombre annuel d'hospitalisations (2006-07 à 2013-2014) pour la population habitant la région métropolitaine de Montréal. Les accidents de véhicules hors route ont été exclus. *Source des données: Mathieu Gagné, INSPQ, 2015.* La population provient du recensement de 2006, soit au début de la période étudiée. L'enquête Origine-Destination (2008) a permis d'estimer les distances moyennes parcourues pour la population des quatre secteurs géographiques, lors d'un jour typique de semaine d'automne, en automobile à pied ou à vélo (Sources des données: C. Morency, Chaire Mobilité de l'École Polytechnique de Montréal; N. Eluru, Université McGill; Agence métropolitaine de transport de Montréal),

La Figure 2.5 illustre, à l'échelle des secteurs de résidence, l'étroite corrélation entre le mode de transport utilisé et le taux *per capita* d'hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC. La population habitant dans les couronnes parcourt, en moyenne, davantage de kilomètres en automobile[7] et leur taux d'hospitalisations comme occupants de véhicules avec un TCC est plus élevé. La population habitant dans les quartiers centraux parcourt, en moyenne, davantage de kilomètres à pied ou en vélo et leur taux d'hospitalisations comme piétons ou cyclistes avec un TCC est plus élevé.

À l'échelle d'une population, les taux de collisions, de blessures, d'hospitalisations ou de décès d'usagers de la route reflètent d'abord le volume d'exposition, c'est-à-dire l'usage d'un mode de transport et les distances parcourues. Les distances parcourues en automobile dans une ville, une région ou un pays ont depuis longtemps été associées au taux global de décès d'usagers de la route dans une population (Ewing,2009; Sivak, 2009; Winston, 1999).

[7] L'enquête Origine-Destination (2008) est une réalisation conjointe de l'Agence métropolitaine de transport et des sociétés de transport, avec la participation scientifique du groupe MADITUC de l'École Polytechnique de Montréal. L'enquête O-D (2008) a permis d'estimer les distances moyennes parcourues pour la population des quatre secteurs géographiques, lors d'un jour typique de semaine d'automne, en automobile (Sources des données: C. Morency, Chaire Mobilité de l'École Polytechnique de Montréal; N. Eluru, Université McGill), à pied ou à vélo (Source des données : Agence métropolitaine de transport de Montréal).

3 ENVIRONNEMENT ROUTIER ET BLESSURES À LA TÊTE

L'influence de l'environnement routier sur le fardeau sanitaire associé aux collisions est bien connue. Cependant, les nombreuses études épidémiologiques publiées se limitent au nombre total de blessés ou de décès et ne décrivent pas le type de blessures (ex. : TCC) ou la zone anatomique affectée (ex. : tête). Les premières sections de ce chapitre présentent succinctement l'influence du volume et de la vitesse des véhicules sur la sécurité routière (section 3.1) ainsi que des exemples de stratégies préventives ciblant l'environnement routier (section 3.2). Ensuite, ce chapitre utilisera différentes sources de données montréalaises afin d'explorer l'influence de l'environnement routier sur le nombre d'usagers de la route avec un TCC ou une blessure à la tête et, plus spécifiquement, l'influence des routes majeures (section 3.4) et du volume de véhicules (sections 3.5 et 3.6).

3.1 Rôle du volume et de la vitesse des véhicules

Par leur effet sur le volume de véhicules, leur vitesse et le potentiel de conflit entre les usagers, l'aménagement du territoire et la conception de la chaussée ont une grande influence sur la fréquence et la gravité des traumatismes routiers (Ewing, 2009; Miranda-Moreno, 2011; Morency, 2010). Les deux prochaines sections utilisent des études montréalaises récentes pour sommairement décrire le rôle du volume et de la vitesse des véhicules.

3.1.1 Volume de véhicules

Le nombre de piétons ou de cyclistes blessés aux intersections ou dans un quartier augmente directement avec le volume de circulation automobile.

À Montréal comme ailleurs, le nombre d'usagers de la route blessés dans un quartier ou à une intersection augmente directement avec le volume de circulation automobile (Drouin, 2007; Morency, 2012). Aux intersections montréalaises, le nombre d'enfants d'âge scolaire (5 à 17 ans) blessés est beaucoup plus élevé aux intersections avec un volume de véhicules élevé (5^{e} quintile) qu'aux intersections à faible trafic (1er quintile) : 39 fois plus de jeunes piétons blessés, 7 fois plus de jeunes cyclistes blessés et 26 fois plus de jeunes automobilistes blessés (Morency, 2011). Pour les cyclistes, la probabilité de blessures graves et de décès est beaucoup plus élevée lorsqu'il y a collision avec un véhicule motorisé (Rivara, 1997), ou sur les artères (Minikel, 2012). Selon une étude montréalaise incluant 1 082 intersections, la probabilité pour un cycliste d'être blessé à une intersection où il y a des feux de circulation et un grand volume de véhicules (moyenne de 24 624 véh./j) est 49 fois plus élevée qu'à une intersection sans feux de circulation où il y a moins de véhicules (moyenne de 4 578 véh./j) (Strauss, 2014). Lorsqu'on prend en compte les mouvements des véhicules, le nombre de cyclistes blessés aux intersections montréalaises augmente avec le nombre de véhicules tournant à droite ou à gauche (Strauss, 2013).

3.1.2 Vitesse des véhicules et routes majeures (artères)

Dans un milieu urbain comme Montréal, la majorité des collisions et des blessures surviennent sur les artères où le volume et la vitesse des véhicules sont plus élevés.

Il est bien connu que la vitesse des véhicules influence le risque de collisions, de blessures et de décès pour tous les usagers de la route (Johnston, 2004; Elvik 2012). Pour les cyclistes blessés à la suite d'une collision avec un véhicule, la probabilité de blessures à la tête est plus élevée lorsque la limite de vitesse affichée pour les véhicules est supérieure à 70 km/h (Bambach, 2013). Les rues larges, avec davantage de voies de circulation, sont associées à des vitesses de véhicules plus élevées, à de plus longues distances de freinage et à un risque de blessures plus élevé pour tous les usagers de la route (Ewing, 2009). Selon deux études montréalaises, le nombre de piétons et de cyclistes blessés augmente avec le nombre de voies de circulation ou avec la largeur de la rue à traverser (Strauss, 2014; Morency, 2015;).

Selon la classification fonctionnelle hiérarchique du réseau routier, les artères permettent la mobilité sur de grandes distances, entre les quartiers, tandis que les routes locales permettent l'accès aux terrains, aux domiciles et aux commerces (AIPCR, 2003). En milieu urbain, la surreprésentation des blessés sur les artères est bien connue (Dumbaugh, 2009; Morency, 2006; Schuurman, 2009). À Montréal, entre 1999 et 2008, la majorité des collisions impliquant des enfants d'âge scolaire blessés comme piéton, cycliste ou occupant d'un véhicule, est survenue sur une artère (Morency, 2011). À volume égal de circulation automobile, les intersections montréalaises avec artère(s) comptent 2,4 fois plus de piétons blessés et 3,5 fois plus d'occupants de véhicules à moteur blessés que les autres intersections (Morency, 2012). Plusieurs recherches ont observé une association significative entre la présence d'artère(s) et le nombre de blessés, mais aucune d'entre elles ne décrit le type de blessures (ex. : TCC) ou la zone anatomique affectée (ex. : tête).

3.2 Exemples de stratégies préventives ciblant l'environnement routier

Pour réduire le nombre de collisions et de personnes blessées ou décédées, les stratégies préventives peuvent cibler différents mécanismes : choix de modes de transport plus sécuritaires (ex. : transports collectifs), réduction de l'exposition aux véhicules motorisés et de la probabilité de conflit (points de rencontre, quasi-collision), amélioration de la visibilité (ex. : dégagement des coins aux intersections), etc. Une recension exhaustive des interventions possibles dépasse le cadre de ce rapport, qui se limitera ici à nommer trois exemples d'interventions pertinentes dans un milieu urbain comme Montréal.

3.2.1 Transports collectifs

Les déplacements effectués en transport collectif sont beaucoup plus sécuritaires qu'en automobile, tant pour les occupants de véhicules que pour les autres usagers, piétons et cyclistes.

Premièrement, toute intervention qui favorise l'usage des transports collectifs plutôt que l'automobile privée tend à améliorer la sécurité puisque l'usage du transport collectif est, de loin, beaucoup plus sécuritaire. Les taux de décès et de blessures par kilomètre parcouru, par déplacement ou par heure de déplacement sont beaucoup plus élevés en automobile qu'en autobus (ETSC, 2003; Beck, 2007; ATSB, 2002; Elvik, 2009). Par exemple, aux États-Unis, la probabilité de décès lors d'un déplacement est 23 fois plus élevée en automobile qu'en autobus (Beck, 2007). À Montréal, selon une étude portant sur 10 grands boulevards, une personne qui se déplace en automobile engendre plus de piétons et de cyclistes blessés, par kilomètre parcouru, qu'une personne qui se déplace en autobus (Morency, 2013; Morency, 2017).

3.2.2 Apaisement de la circulation

La réduction de la vitesse des véhicules par des aménagements appropriés réduit le nombre de décès et de blessures graves pour tous les usagers de la route, incluant les piétons et les cyclistes.

Deuxièmement, la réduction de la vitesse des véhicules par des aménagements appropriés est une stratégie environnementale reconnue efficace depuis plusieurs décennies. À Londres, les zones à 32 km/h (20 mph) ont contribué à réduire les décès et les blessures graves pour tous les usagers de la route, incluant les piétons et les cyclistes (Grundy, 2009). À Vancouver et à Toronto, une vitesse des véhicules inférieure à 30 km/h est associée à une importante (-48 %) réduction du risque de blessures chez les cyclistes (Harris, 2013). À Montréal, les saillies de trottoir implantées aux intersections réduisent significativement le nombre de piétons et d'automobilistes blessés (Cândido, 2017).

3.2.3 Pistes cyclables

Troisièmement, les pistes cyclables permettent de séparer par une barrière physique les cyclistes de la circulation automobile . À l'échelle internationale, les taux de décès de cyclistes les plus faibles sont observés dans les villes qui ont développé de bons réseaux d'infrastructures cyclables (Pucher, 2012; voir Figure 5.1). La présence de pistes cyclables peut significativement réduire les interactions dangereuses aux intersections entre un cycliste et un véhicule motorisé (Zangenehpour, 2016). Une méta-analyse récente n'a pas réussi à quantifier l'effet des infrastructures cyclistes sur le nombre de cyclistes blessés (Mulvaney, 2015). Cependant, d'autres revues systématiques, plus inclusives, ont conclu que les aménagements sécuritaires pour les cyclistes (ex. : pistes cyclables) permettent de réduire le risque de blessures (Reynolds, 2009; Thomas, 2013). Des études canadiennes, réalisées à Vancouver, à Toronto et à Montréal ont observé un effet bénéfique des pistes cyclables sur la sécurité des cyclistes (Harris, 2013; Lusk, 2011; Zangenehpour S, 2016).

3.3 Sources de données pour l'île de Montréal

Pour estimer le nombre de blessés avec TCC ou blessures à la tête sur l'île de Montréal, trois différentes sources de données ont été utilisées : les registres des hospitalisations (MSSS, 2006-2013), des interventions ambulancières (Urgences-santé, 1999-2008) et des rapports d'accident policiers (SAAQ, 2006-2013).

3.3.1 Hospitalisations

Au Québec, le registre des hospitalisations n'inclut que les personnes qui ont été admises à l'hôpital, ce qui exclut les séjours à l'urgence ou les autres consultations en milieu hospitalier. Par conséquent, ce registre n'inclut qu'une minorité des personnes blessées sur le réseau routier. Néanmoins, ce registre est très utile puisqu'il porte sur des personnes hospitalisées, donc blessées gravement, et que les diagnostics médicaux permettent d'identifier la présence de TCC. Une jonction entre le registre des hospitalisations (MSSS, 2006-2013) et celui des rapports d'accident policiers (SAAQ, 2006-2013) a permis d'identifier le lieu des collisions (coordonnées géographiques) à l'origine des hospitalisations. Les deux sources de données ont été liées de manière complètement anonyme à l'aide de variables communes aux deux fichiers (date de l'événement, sexe et âge, type d'usager de la route).

L'analyse a initialement inclus 6 820 hospitalisations d'usagers de la route habitant sur l'île de Montréal. Un rapport d'accident policier a pu être associé à 76 % des piétons hospitalisés, à 70 % des occupants de véhicules hospitalisés et à 46 % des motocyclistes hospitalisés, mais à seulement 19 % des cyclistes hospitalisés. Le faible nombre de cyclistes hospitalisés pour lesquels un rapport d'accident policier a été identifié confirme la sous-estimation du nombre de cyclistes blessés par cette source de données (Langley, 2003). Ensuite, des hospitalisations (n=573) ont été exclues parce que les collisions sont survenues sur une autoroute ou parce que les coordonnées géographiques n'ont pu être trouvées (voir Annexe 4). L'analyse porte sur 2 976 hospitalisations d'usagers de la route habitant sur l'île de Montréal, pour lesquelles les coordonnées géographiques du lieu de collision ont été identifiées, dont 457 (15 %) avec un diagnostic de TCC.

3.3.2 Interventions ambulancières

Les rapports d'interventions ambulancières d'Urgences-santé permettent d'identifier le type d'usager de la route, le site anatomique des blessures (ex. : blessure à la tête) et les coordonnées géographiques (X-Y) de l'intervention. L'usage de ces données a permis l'identification des chutes de cyclistes pour lesquelles il n'y a habituellement pas de rapport policier.

À la DRSP, les rapports d'interventions ambulancières d'Urgences-santé étaient disponibles pour la période du 1er janvier 1999 au 31 juillet 2008. L'analyse porte sur 69 720 interventions ambulancières sur l'île de Montréal pour un piéton, un cycliste, un motocycliste ou un occupant de véhicule blessé, dont 16 099 (23 %) personnes blessées à la tête.

3.3.3 Artères et volumes de véhicules

Dans ce rapport, l'estimation du volume de véhicules est basée sur l'enquête Origine-Destination (O-D) 2008[8], une enquête téléphonique portant sur un échantillon aléatoire et représentatif de ménages (66 100 ménages, 156 700 personnes et 322 800 déplacements en 2008) de la région métropolitaine de Montréal. Cette enquête permet d'estimer les débits quotidiens moyens sur le réseau routier, un jour de semaine d'automne, par l'affectation des déplacements sur le réseau routier qui a été effectuée par la Chaire Mobilité de l'École Polytechnique de Montréal. L'enquête O-D et le processus d'affectation comportent des limites connues : exclusion des jours de fin de semaine et des véhicules commerciaux, variation des trajets affectés sur le réseau routier selon la méthode utilisée. Néanmoins, cette source de données permet de classer les intersections selon le volume de véhicules estimé. Elle a déjà été utilisée pour l'analyse de l'influence des aménagements routiers sur le nombre de blessés aux intersections (Morency, 2012; Morency, 2015). Pour ce rapport, les 17 172 intersections de l'île de Montréal ont été regroupées en quintiles : intersections à volume très faible (n=3 445); faible (n=3 426); moyen (n=3 434); élevé (n=3 432); très élevé (n=3 435).

3.4 TCC, blessures à la tête sur les artères montréalaises

Selon deux sources de données montréalaises, environ les deux tiers des usagers de la route avec un TCC (65 %) ou une blessure à la tête (67 %) ont été blessés sur une artère.

Le tableau 3.1 identifie la proportion des usagers de la route blessés pour lesquels l'événement est survenu sur une artère, telle que définie par le réseau artériel métropolitain[9]. Selon les deux sources de données utilisées, environ les deux tiers des usagers de la route avec un TCC (65 %) ou une blessure à la tête (67 %) ont été blessés sur une artère. Selon les données hospitalières, la majorité des piétons (62 %), des cyclistes (66 %), des motocyclistes (53 %) et des occupants de véhicules (70 %) avec un TCC ont été blessés sur une artère. Selon les données ambulancières, la majorité des piétons (66 %), des motocyclistes (61 %) et des occupants de véhicules (74 %) avec une blessure à la tête ont été blessés sur une artère.

[8] L'enquête O-D 2008 est une réalisation conjointe de l'Agence métropolitaine de transport et des sociétés de transport, avec la participation scientifique du groupe MADITUC de l'École Polytechnique de Montréal.

[9] Communauté métropolitaine de Montréal (2013). Règlement numéro 2013-59 sur l'identification du réseau artériel métropolitain.

Tableau 3.1 : Nombre annuel moyen d'usagers de la route avec un TCC ou une blessure à la tête, sur l'ensemble du réseau routier et sur les artères (île de Montréal)

	Avec traumatisme craniocérébral (Hospitalisations, 2006-2013)			Avec blessure à la tête (Interventions ambulancières, 1999-2008)		
	Ensemble du réseau routier	Sur artère		Ensemble du réseau routier	Sur artère	
		Nombre	(%)		nombre	(%)
Cyclistes	9,5	6,3	66 %	306,7	148,2	48 %
Piétons	29,8	18,5	62 %	289,8	190,7	66 %
Motocyclistes ou cyclomotoristes	1,9	1,0	53 %	30,4	18,5	61 %
Occupants de véhicules à moteur	16,0	11,3	70 %	1 053,1	774,1	74 %
Total	57,1	37,0	65 %	1 679,9	1 131,4	67 %

* Le nombre total d'hospitalisations et d'interventions ambulancières, avant la sélection des TCC et des blessures à la tête, est détaillé à l'Annexe 4.

Ces résultats confirment l'importance de considérer les artères comme des lieux d'intervention prioritaires pour diminuer le fardeau des traumatismes routiers et, plus spécifiquement, pour diminuer le fardeau des TCC et des blessures à la tête sur le réseau routier montréalais.

3.5 TCC, blessure à la tête selon le volume de véhicules aux intersections montréalaises

Aux intersections de l'île de Montréal où il y a un volume très élevé de véhicules (5^{e} quintile), il y a 31 fois plus d'usagers de la route avec un TCC et 30 fois plus d'usagers de la route blessés à la tête qu'aux intersections avec très peu de véhicules (1er quintile).

Parmi les 457 hospitalisations d'usagers de la route avec un TCC pour lesquelles les coordonnées géographiques du lieu de collision ont été identifiées, 355 hospitalisations (78 %) font suite à une collision survenue à une intersection. Parmi les 16 099 interventions ambulancières sur l'île de Montréal pour un usager de la route avec une blessure à la tête, 11 115 interventions (69 %) ont été localisées à une intersection.

Le tableau 3.2 détaille la répartition des usagers de la route avec un TCC ou une blessure à la tête, selon le volume estimé d'automobiles à l'intersection du lieu de collision. Pour les personnes hospitalisées avec un TCC, les collisions sont principalement survenues aux intersections où il y a un volume élevé (4e quintile) ou très élevé (5e quintile) de véhicules, et ce, tant pour les cyclistes (84 %) et les piétons (83 %) que pour les occupants de véhicules (84 %). Pour la grande majorité (81 %) des personnes blessées à la tête qui ont bénéficié d'une intervention ambulancière, l'événement est survenu aux intersections avec un volume élevé (4e quintile) ou très élevé (5e quintile) de véhicules.

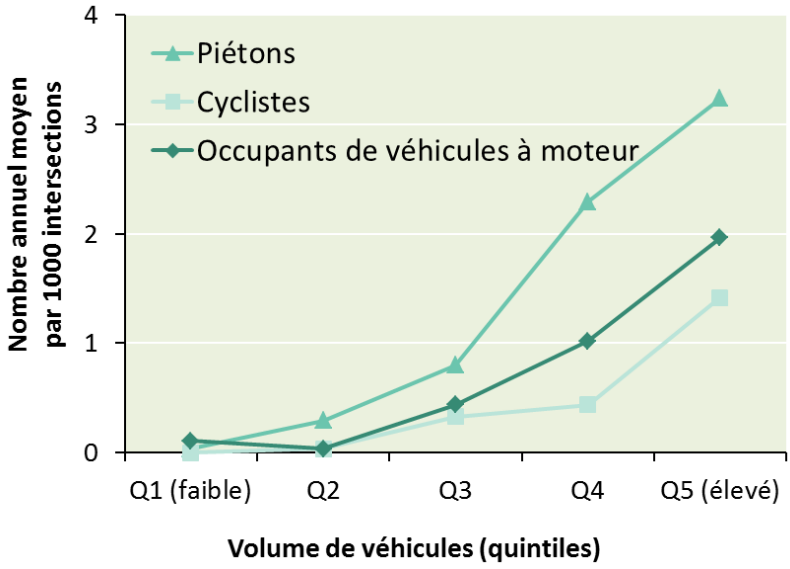
Tableau 3.2 : Nombre d'usagers de la route avec un TCC ou une blessure à la tête, selon le volume estimé de véhicules à l'intersection (île de Montréal)*

		Volume estimé d'automobiles à l'intersection* (quintiles)					
		Très faible (Q1)	Faible (Q2)	Moyen (Q3)	Élevé (Q4)	Très élevé (Q5)	**Ratio Q5/Q1**
Avec traumatisme craniocérébral (nombre annuel d'hospitalisations)	Cyclistes	0	1	9	12	39	-
	Piétons	1	8	22	63	89	89
	Motocyclistes ou cyclomotoristes	2	1	3	3	4	2
	Occupants de véhicules à moteur	3	1	12	28	54	18
	Total	6	11	46	106	186	31
Avec blessure à la tête (nombre annuel d'interventions ambulancières)	Cyclistes	70	155	331	541	894	13
	Piétons	29	94	273	550	1 193	41
	Motocyclistes ou cyclomotoristes	2	17	27	49	98	49
	Occupants de véhicules à moteur	112	229	762	1504	4185	37
	Total	213	495	1 393	2 644	6370	30

* Les 17 172 intersections de l'île de Montréal ont été réparties en quintiles selon le volume de véhicules, qui a été estimé par l'affectation des déplacements mesurés par l'enquête O-D 2008 (Chaire Mobilité, École Polytechnique). Chaque quintile comprend 20 % des intersections. Hospitalisations de 2006 à 2013 (MSSS). Interventions ambulancières du 1er janvier 1999 au 31 juillet 2008 (Urgences-santé). Analyse et production des données : F Tessier, P Morency.

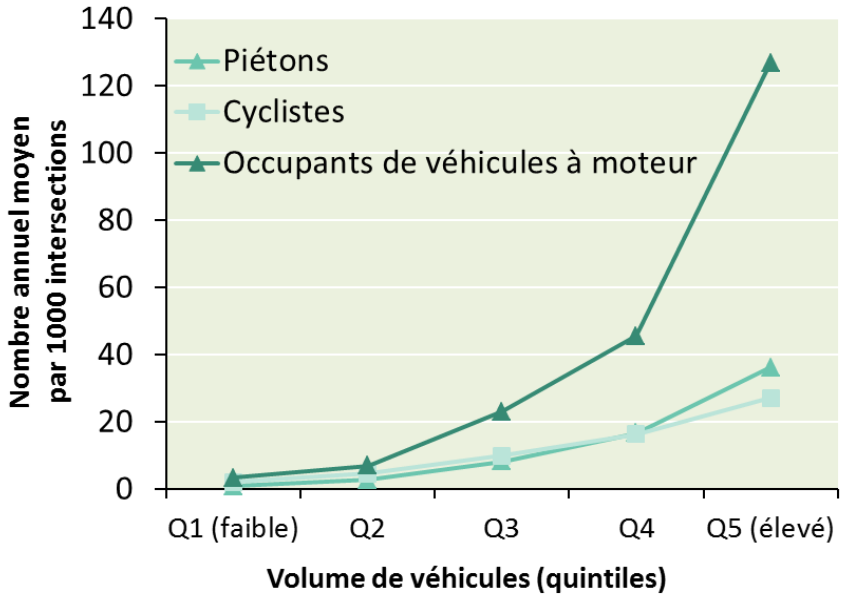
Aux intersections de l'île de Montréal, le nombre moyen de piétons, de cyclistes et d'occupants de véhicules avec un TCC ou blessés à la tête augmente avec le volume de véhicules (Figures 3.3 et 3.4). Aux intersections où il y a un volume très élevé de véhicules (5^{e} quintile), il y a 31 fois plus d'usagers de la route avec un TCC et 30 fois plus d'usagers de la route blessés à la tête qu'aux intersections avec très peu de véhicules (1er quintile)

Figure 3.3 : Nombre annuel moyen d'usagers de la route avec un TCC, selon le volume estimé de véhicules à l'intersection (île de Montréal)*



* Nombre annuel d'hospitalisations (2006-07 à 2013-2014) pour la population habitant la région métropolitaine de Montréal. *Source des données: Mathieu Gagné, INSPQ, 2015.*

Figure 3.4 : Nombre moyen d'usagers de la route avec une blessure à la tête, selon le volume estimé de véhicules à l'intersection (île de Montréal)*



* Les 17 172 intersections de l'île de Montréal ont été réparties en quintiles selon le volume de véhicules, qui a été estimé par l'affectation des déplacements mesurés par l'enquête O-D 2008 (Chaire Mobilité, École Polytechnique). Chaque quintile comprend 20 % des intersections. Interventions ambulancières du 1er janvier 1999 au 31 juillet 2008 (Urgences-santé). *Source des données: Mathieu Gagné, INSPQ, 2015.*

Ces résultats permettent de contextualiser l'occurrence des blessures à la tête et des TCC sur le réseau routier montréalais. D'une part, ils confirment l'influence du volume de véhicules sur le nombre de blessés aux intersections. D'autre part, ils suggèrent que les stratégies environnementales visant une réduction du volume ou de la vitesse des véhicules seraient pertinentes pour réduire les blessures à la tête et les TCC, pour tous les usagers de la route.

3.6 Chutes de cyclistes et véhicules motorisés

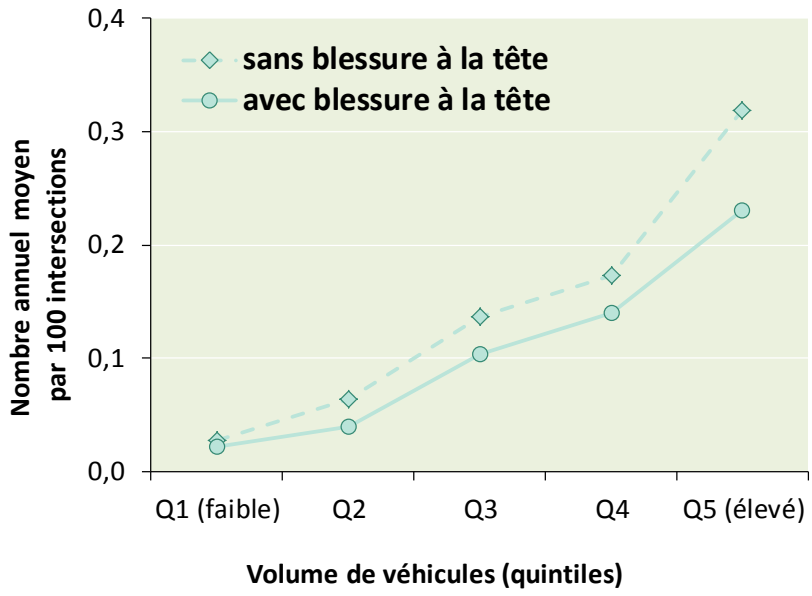
Sur l'île de Montréal, il y a une forte association entre les chutes de cyclistes – avec ou sans blessures à la tête – et le volume de circulation motorisée.

Plusieurs types de collisions peuvent engendrer une blessure à la tête. Pour les cyclistes, deux principaux mécanismes sont généralement considérés : la blessure peut impliquer une chute isolée ou une collision avec un véhicule. Or, une chute peut aussi survenir à la suite d'une quasi-collision avec un véhicule, lorsque la collision est évitée à la dernière minute. En supposant que les chutes de cyclistes n'impliquent pas de véhicules motorisés, des études peuvent grandement sous-estimer l'influence de la circulation motorisée sur les blessures à la tête chez les cyclistes.

Parmi les données ambulancières décrites plus haut, quelques centaines de rapports d'interventions (n=697), dont 413 se rapportant à une intersection de l'île de Montréal, indiquent spécifiquement qu'il s'agit d'une chute de cycliste, sans qu'il n'y est nécessairement eu de collision avec un véhicule à moteur.

La figure 3.5 détaille la répartition des chutes de cyclistes, avec et sans blessure à la tête, selon le volume de véhicules à l'intersection. Aux intersections où il y a un volume très élevé de véhicules (5^{e} quintile), il y a 11 fois plus d'interventions ambulancières pour un cycliste ayant chuté qu'aux intersections avec très peu de véhicules (1er quintile). L'association observée entre le nombre de chutes de cyclistes et le volume de véhicules à l'intersection est similaire pour les cyclistes avec et sans blessures à la tête (Figure 3.5). Ces résultats suggèrent qu'en milieu urbain les chutes de cyclistes aux intersections impliquent fréquemment des véhicules motorisés. Une hypothèse alternative pourrait impliquer la géométrie des routes avec des volumes élevés de véhicules, par exemple la largeur totale de la chaussée – liée à la vitesse des véhicules – ou le manque d'espace disponible pour la circulation des cyclistes.

Figure 3.5 : Nombre annuel moyen d'interventions ambulancières pour un cycliste blessé à la suite d'une chute, selon le volume estimé de véhicules à l'intersection (île de Montréal)



* Les 17 172 intersections de l'île de Montréal ont été réparties en quintiles selon le volume de véhicules, qui a été estimé par l'affectation des déplacements mesurés par l'enquête O-D 2008 (Chaire Mobilité, École Polytechnique). Chaque quintile comprend 20 % des intersections. Interventions ambulancières du 1er janvier 1999 au 31 juillet 2008 (Urgences-santé). Le type d'usager de la route (cycliste) et le mécanisme de production de la blessure (chute) ont été identifiés via l'information inscrite par les ambulanciers sur le rapport d'intervention préhospitalière.

4 PORT DU CASQUE À VÉLO, LOI ET BLESSURES À LA TÊTE

Le port du casque à vélo ne prévient pas la collision ou la chute. Il ne protège ni des blessures cervicales ni des blessures au tronc ou au bassin.

Cette section porte sur le port du casque à vélo, son usage et les comportements associés, ainsi que sur l'effet protecteur du casque sur les blessures à la tête. A priori, il est préférable de porter un casque lorsqu'on circule à vélo. Cependant, il importe de noter qu'un équipement de protection individuelle (ÉPI) tel que le casque ne prévient pas l'événement, par exemple la collision entre un véhicule motorisé et un cycliste.

Évidemment, un casque à vélo ne protège aucunement des blessures cervicales, ni des blessures au tronc ou au bassin. Ainsi, lors d'un décès de cycliste sur la rue St-Denis à Montréal en 2015, le coroner a explicitement mentionné que « compte tenu du mécanisme du traumatisme, porter un casque n'aurait rien changé à la situation »[10]. À Montréal, à l'Hôpital général de Montréal, la majorité des cyclistes hospitalisés avec un TCC (TBI : traumatic brain injuries) étaient polytraumatisés (Dagher, 2015). Avec ou sans casque, la probabilité de blessures graves – et de TCC – reste intimement liée à la nature de l'événement et à la quantité d'énergie impliquée, par exemple à l'implication d'un véhicule motorisé, à sa masse et à sa vitesse (Rivara, 1997; Bambach, 2013).

4.1 Usage du casque à vélo, à Montréal et au Québec

En l'absence d'une loi, en 2010, 73 % des Québécois de moins de 18 ans portaient toujours (64 %) ou souvent (9 %) le casque à vélo (SAAQ, 2010). Une étude d'observation directe effectuée en 2011 sur l'île de Montréal confirme la proportion élevée du port du casque chez les jeunes cyclistes (73 %) (Grenier, 2013). Le port du casque à vélo est moins fréquent chez les adultes québécois (45 %; SAAQ, 2010) que chez les enfants. Sur l'île de Montréal, le port du casque a été observé chez 34 % des jeunes adultes, 46 % des adultes d'âge moyen et 57 % des personnes âgées (Grenier, 2013). Chez les utilisateurs de vélos en libre-service à Montréal, le port du casque est faible (13 %, Grenier, 2013).

Au Québec, en l'absence d'une loi, la proportion d'enfants de moins de 18 ans qui portent le casque à vélo est similaire (Nouvelle-Écosse) ou supérieure (Ontario) à celle observée dans deux provinces canadiennes après l'implantation d'une LPOCV (Dennis, 2010; SAAQ, 2010; Grenier, 2013).

[10] Rapport d'investigation du coroner A-330547.

4.2 Port du casque et risque de blessures

Le port du casque à vélo est associé à d'autres comportements préventifs, à des comportements sécuritaires à vélo, à une meilleure position socioéconomique et, surtout, à une moindre exposition aux véhicules motorisés et au risque de blessures.

L'usage du casque à vélo varie selon les caractéristiques de la population, le type d'usage du vélo et les contextes. Avant d'explorer l'efficacité du casque et d'une loi (LPOCV) pour prévenir les blessures à la tête, il est pertinent d'explorer l'association possible entre, d'une part, le port du casque et, d'autre part, les comportements à vélo et l'exposition au risque de blessures.

4.2.1 Compensation du risque

Il est bien connu que les stratégies et interventions préventives n'atteignent pas toujours l'objectif visé et peuvent engendrer des effets non désirables. Depuis plusieurs décennies, il y a une controverse concernant une possible « compensation » (ou « homéostasie ») du risque associée au port du casque (Adams, 2001; Thompson, 2001). Selon cette hypothèse, le port du casque modifie le risque perçu de blessures et pourrait être associé à une prise de risque accrue. Ce phénomène a déjà été observé dans d'autres contextes. Par exemple, les freins antiblocages (ABS) ont été associés à une conduite plus rapide et à un freinage au dernier moment (Hedlund, 2000). Pour les cyclistes, quelques études ont observé que le port du casque est associé à une plus grande vitesse, à vélo (Phillips, 2011; Fyhri, 2012). Cependant, l'association n'est pas nécessairement causale, puisque les cyclistes « rapides » utilisent aussi davantage d'équipement non relié à la sécurité (vêtements de cyclistes, cuissards, lunettes et ordinateurs de vélo) (Fyhri, 2012). Ainsi, bien que le phénomène de « compensation du risque » soit bien connu, les évidences concernant le port du casque à vélo sont limitées.

4.2.2 Comportements à vélo

Le port du casque à vélo a été associé à des habitudes de vie favorables à la santé, à une prise de risque moindre ainsi qu'à des comportements sécuritaires à vélo (Klein, 2005; Irvine, 2002; Champagne, 2014). À vélo, par exemple, le port du casque a été associé au signalement de la main avant de tourner (Farris, 1997; Champagne, 2014), à l'usage de vêtements voyants (Teschke, 2012; McGuire, 2000), de lumières (Teschke 2012) et au respect du code de la sécurité routière (Bambach, 2013; Lardelli-Claret, 2003; Bacchieri, 2010; Webman, 2013), incluant la circulation dans le sens du trafic et le respect des feux de circulation (Webman, 2013; Bambach, 2013; Fyhri, 2012). Dans la majorité de ces études, il s'agit de comportements déclarés lors d'enquête et ces associations pourraient résulter en partie d'un biais de déclaration. Cependant, l'analyse des rapports d'accident policiers a aussi associé l'absence de casque, lors d'une collision, à la présence d'infractions et de prise d'alcool par le cycliste (Bambach, 2013).

4.2.3 Position socioéconomique

La position socioéconomique des individus et des quartiers peut, indirectement, refléter le degré d'exposition aux véhicules et au risque de blessures. Au Québec, les taux de mortalité et d'hospitalisations secondaires aux accidents de la route sont fortement associés à la défavorisation matérielle (Hamel et Pampalon, 2002). En milieu urbain il y a davantage de circulation motorisée dans les quartiers pauvres (Gunier 2003; Green 2004; Morency 2012).

Le port du casque à vélo est systématiquement associé à la position socioéconomique. Ainsi, selon de nombreuses études effectuées dans différents contextes, la probabilité d'utiliser le casque à vélo est plus élevée chez les personnes ayant un niveau d'éducation élevé (Dellinger, 2010; Irvine, 2002; Rodgers, 1995; Teschke, 2012; Dennis, 2010) et un revenu élevé (Dellinger, 2010; Harlos, 1999; Irvine, 2002; Klein, 2005; Ritter, 2011; Rodgers, 1995; Teschke, 2012). Le port du casque est moins fréquent chez les ménages à faible revenu et les personnes ayant un niveau d'éducation moins élevé (Dellinger, 2010; Finnoff, 2001; Harlos, 1999). Aux États-Unis, le port du casque est plus élevé pour les Caucasiens que pour les Noirs (DiGuiseppi, 1989; Webman, 2013; Ji, 2006), et les patients qui portent le casque bénéficient davantage d'une assurance santé privée (Webman, 2013).

4.2.4 Exposition au risque

Peu d'études ont directement mesuré l'exposition au risque de blessures, selon l'usage du casque à vélo. À Montréal, la prévalence du port du casque est plus élevée sur les pistes cyclables séparées de la circulation et dans les parcs que sur les routes (Grenier, 2013). Cette association a déjà été rapportée auparavant en Montérégie (Farley, 1996) et aux États-Unis (DiGuiseppi, 1989), par des observations directes (Farley, 1996; DiGuiseppi, 1989) et par des entrevues téléphoniques (Rodgers, 1995). Selon une étude montréalaise, parmi les cyclistes hospitalisés avec un TCC, le mécanisme le plus fréquent pour les cyclistes sans casque est une collision avec un véhicule à moteur, tandis que le mécanisme le plus fréquent pour les cyclistes avec un casque est une chute, sans collision avec un véhicule (Dagher, 2015). Ces constats peuvent varier selon le contexte et selon le pays. Selon une étude rétrospective australienne (New South Wales), comparativement aux cyclistes portant un casque, les cyclistes qui ne portaient pas de casque roulaient davantage hors du réseau routier (*footpath*), hors des boulevards (*Highway or freeway*) et dans les zones de 50 km/h et moins (Bambach, 2013).

Cette section a décrit la présence de différences systématiques entre les populations de cyclistes avec et sans casque. L'usage du casque à vélo s'inscrit dans un ensemble de comportements sécuritaires. Il est fortement associé à la position socioéconomique et semble aussi lié à une moindre exposition aux véhicules motorisés.

4.3 Port du casque et blessures à la tête

L'absence de certitudes ne devrait pas avoir préséance sur le principe de précaution, ni sur l'adoption de comportements individuels préventifs. Il est préférable de porter un casque lorsqu'on circule à vélo.

Une revue exhaustive de l'effet potentiel du casque à vélo sur les blessures à la tête dépasse le cadre de ce rapport. De nombreuses études, en laboratoire ou épidémiologiques, ont observé un effet protecteur, mais de nombreuses questions subsistent. Par exemple, il est plausible que l'effet protecteur du casque varie selon le type de casque, le type d'événement, la quantité d'énergie impliquée (ex. : une chute vs une collision avec un camion lourd), et aussi selon le type de blessures considérées. Néanmoins, l'absence de certitude ne devrait pas avoir préséance sur le principe de précaution ni sur l'adoption de comportements individuels préventifs.

4.3.1 Études en laboratoire

Deux études récentes permettent d'illustrer la diversité des devis et des méthodes utilisées. Par l'usage de mannequins, une étude biomécanique (Cripton, 2014) a estimé que le casque réduit de beaucoup les forces transmises à la tête lors d'un impact frontal. Dans cette étude, le casque est associé à une diminution de la probabilité de blessures graves à la tête lors d'impacts faible ou modéré (ex. : chute de 1 m ou 2 m), mais cet effet protecteur n'est pas observé lors d'un impact impliquant un plus grand transfert d'énergie (ex. : chute de 3 m). Une étude de simulation sur ordinateur (Fahlstedt, 2016), basée sur trois chutes de cyclistes qui ont entraîné un TCC, a conclu que l'usage du casque aurait réduit la probabilité de commotion, de blessure au cerveau et de fracture du crâne (Fahlstedt, 2016). Ces deux études ne mesurent pas l'effet du casque en situation réelle, lors d'une collision avec un véhicule, mais elles permettent de préciser le mécanisme et les conditions d'efficacité du casque.

4.3.2 Études épidémiologiques

Il y a un consensus dans la littérature épidémiologique autour d'un effet protecteur du casque à vélo pour les blessures à la tête. Cependant, l'effet protecteur pourrait être surestimé, parce que l'exposition différentielle au risque de blessures n'est pas prise en compte.

Il y a un consensus dans la littérature épidémiologique autour d'un effet protecteur du casque à vélo pour les blessures à la tête (Thompson, 2009; Olivier, 2016). Cependant, les limites des méthodologies utilisées, l'ampleur de l'effet et le type de blessures prévenues restent des enjeux discutés (Curnow, 2003; Curnow, 2005; Curnow, 2006; Curnow, 2007; Cummings, 2006; Joseph, 2014; Joseph 2016; Olivier, 2016; Robinson, 2006; Robinson, 2007; Hagel, 2006).

Aucune étude ne mesure vraiment, de manière prospective, le taux d'incidence de TCC chez les cyclistes avec et sans casque. Selon une analyse Cochrane rassemblant des études cas-témoins[11] (Thompson, 2009), le port du casque à vélo diminuerait le risque de blessures à la tête de 63 à 88 %. Or, dans ces études cas-témoin, l'estimation de l'effet protecteur du casque à vélo pourrait être biaisée, puisque la sous-population de cyclistes qui portent le casque n'a pas nécessairement la même exposition au risque, ni les mêmes comportements, que la sous-population des cyclistes qui ne portent pas le casque. Selon les constats effectués dans les sections précédentes, la position socioéconomique, les comportements à vélo et l'exposition au risque sont des « facteurs de confusion » plausibles, pouvant entraîner une surestimation de l'effet protecteur du casque dans les études cas-témoins. Dans ces études, les analyses ne prennent pas en compte l'exposition au risque de blessures et, sauf exception (Bambach, 2013), elles ignorent les autres comportements sécuritaires associés au port du casque. À cet égard, les résultats de l'étude de Bambach sont plutôt paradoxaux puisque, par exemple, le port du casque y est associé à une collision survenue dans les zones de 50 km/h et plus, sur les boulevards, mais à une probabilité plus faible de blessures graves ailleurs qu'à la tête (Bambach, 2013)[12].

À l'échelle d'une population, l'augmentation du port du casque à vélo ne se reflète pas nécessairement dans les taux d'incidence d'hospitalisations de cyclistes ayant une blessure à la tête. Une augmentation importante du port du casque chez les cyclistes ne s'est pas toujours traduite par une réduction majeure du nombre d'hospitalisations de cyclistes avec traumatisme crânien (Ji, 2006; Walter, 2011; Robinson, 2006). Par exemple, en Australie (New South Wales), en 1991, le port du casque est passé d'environ 20 % à plus de 70 %, mais le taux *per capita* d'hospitalisations de cyclistes ayant une blessure à la tête est resté similaire, avant et après cette augmentation (respectivement 1,08 hosp./100 000 h. et 1,04 hosp./100 000 h., 18 mois avant et après l'implantation de la loi) (Walter, 2011)[13].

[11] Les études « cas-témoins » comparent le port du casque parmi des cyclistes blessés à la tête (les « cas ») et parmi des cyclistes non blessés à la tête (les « contrôles »).

[12] Dans l'étude publiée par Bambach (2013), respectivement 7,3 % des cyclistes avec casque et 9,5 % des cyclistes sans casque ont une blessure grave ailleurs qu'à la tête. Selon ces données brutes, le port du casque à vélo aurait un effet protecteur estimé à 25 % (OR=0,75, IC95 % : 0,62-0,92) sur les blessures graves ailleurs qu'à la tête, ce qui est peu plausible et illustre la présence possible d'un biais dans les études cas-témoins.

[13] Données illustrées dans l'article de Walter, 2011 et, tel que décrit dans Walter, 2013, disponibles à : http://handle.unsw.edu.au/1959.4/50858.

4.3.3 Variations internationales

Dans les pays industrialisés où le risque de décès pour les cyclistes est le plus faible, le port du casque est faible ou inexistant.

À l'échelle des populations, la variation internationale du risque de blessures graves ne peut vraisemblablement pas s'expliquer par le port du casque. Dans les pays industrialisés où le risque de décès pour les cyclistes est le plus faible (ex. : Pays-Bas, Danemark, Allemagne), le port du casque est faible ou inexistant. Aux Pays-Bas, le risque de décès par kilomètre parcouru est 5 fois plus faible qu'aux États-Unis, et seulement environ 1 % des adultes et 3 à 5 % des enfants portent le casque à vélo (Pucher 2003; Pucher 2008). Le port du casque est très fréquent à Sydney (75 % in New South Wales, Bambach, 2013) et à Melbourne (75 %, Karkhaneh, 2006), mais le taux de décès de cyclistes y est beaucoup plus élevé qu'à Amsterdam ou à Copenhague (Pucher, 2012). Ces associations sont de simples corrélations, de nature écologique (à l'échelle de villes ou de pays) et ne permettent pas d'évaluer l'effet spécifique du casque à vélo. Cependant, elles suggèrent que d'autres facteurs contextuels sont bien plus importants que le port du casque (ex. : le réseau d'infrastructures cyclables, voir Figure 5.1).

4.4 Loi et port du casque à vélo

Dans les années 1990, l'Australie (1991) et la Nouvelle-Zélande (1994) ont implanté une LPOCV pour toute la population. Aux États-Unis, plusieurs états et comtés ont aussi adopté une loi, dont la Californie (1994, enfants de moins de 18 ans), la Floride (1997, enfants de moins de 16 ans) et l'Oregon (1994, enfants de moins de 16 ans)[14]. Au Canada, plusieurs provinces ont adopté une LPOCV visant l'ensemble de la population (1995, Nouveau-Brunswick; 1996, Colombie-Britannique; 1997, Nouvelle-Écosse; 2003, Île du Prince-Édouard) ou les enfants de moins de 18 ans (1995, Ontario; 2002, Alberta; 2013, Manitoba).

La majorité des études qui évaluent les effets d'une loi (LPOCV) présentent une augmentation de la proportion de jeunes cyclistes qui portent un casque à la suite d'un ensemble de mesures, incluant la promotion du port du casque et l'adoption d'une loi (Karkhaneh, 2006; Karkhaneh, 2011). Cette augmentation est plus marquée où la prévalence du port du casque est faible avant l'adoption d'une loi (Karkhaneh, 2006; Karkhaneh, 2011). Une loi sur le port obligatoire du casque n'aurait pas (Gilchrist, 2000; Hagel, 2006) ou peu (Ji, 2006; Karkhaneh, 2006) d'effet démontré sur le port du casque chez les cyclistes adultes. Néanmoins, une augmentation du port du casque chez les cyclistes adultes a été observée en Australie (Walter, 2011) et en Nouvelle-Zélande (Scuffham, 2000), après l'implantation de la loi.

[14] Selon www.helmets.org, consulté le 14 juillet 2016.

Aucune des études ne permet de distinguer l'effet d'une loi (LPOCV) de l'effet des autres mesures, non législatives, souvent associées à l'implantation d'une loi.

Aucune de ces études ne permet de distinguer l'effet d'une loi (LPOCV) de l'effet des autres mesures non législatives réalisées simultanément, telles que les campagnes de sensibilisation et la distribution de casque. L'implantation d'une loi est habituellement soutenue par d'autres mesures (Karkhaneh, 2006; Gilchrist, 2000) qui ont déjà été démontrées efficaces pour augmenter le port du casque. Des mesures non législatives de promotion du port du casque (ex. : interventions communautaires, distribution de casque) peuvent significativement augmenter le port du casque à vélo chez les enfants (Royal, 2008; Owen, 2012; Spinks, 2005; Farley, 1996). De plus, une telle loi semble peu sanctionnée (Karkhaneh, 2006). Par exemple, à Edmonton, une augmentation du port du casque a été observée en dépit d'une faible distribution de constats d'infraction (16 en 2003, 48 en 2004) (Hagel, 2006).

Par ailleurs, l'effet présumé d'une loi a surtout été mesuré à court terme (Gilchrist, 2000; Hagel, 2006; Karkhaneh , 2011). En Ontario, six ans après l'adoption de la loi (LPOCV), la proportion de jeunes cyclistes portant le casque était revenue à la proportion observée auparavant (Macpherson, 2006; Robinson, 2007).

Enfin, il est à noter que lors de l'implantation d'une loi (LPOCV), une augmentation de la proportion de cyclistes portant le casque peut être attribuable à deux phénomènes bien distincts : les cyclistes qui ne portaient pas le casque : i) portent désormais le casque ou ii) ont cessé de faire du vélo (de Jong, 2012).

4.5 Loi et blessures à la tête

Plusieurs études portant sur les effets d'une LPOCV n'ont décrit que de simples tendances temporelles, sans population de contrôle, et sont habituellement exclues des revues systématiques (Macpherson, 2010; Leblanc, 2002). Les populations exposées à une LPOCV ont été comparées à différents types de population de contrôle : les adultes, lorsque la loi ne s'applique qu'aux enfants (Ji, 2006; Wesson, 2008); les cyclistes hospitalisés sans blessures à la tête (Walter, 2011); les piétons (Karkhaneh, 2013); au Canada, les provinces sans LPOCV (Macpherson, 2002; Dennis, 2013; Teschke, 2015). Seulement quelques études récentes ont pris en compte les tendances historiques des taux d'hospitalisations (Dennis, 2013) et l'usage du vélo (Teschke, 2015). Aucune étude comparant les populations exposées à une LPOCV à des populations de contrôle n'a pris en considération les contextes (ex. : réseau routier, voies cyclables, etc.) et une possible exposition différentielle à la circulation motorisée.

4.5.1 Comparaisons avec les cyclistes adultes

Lorsque la loi ne s'applique qu'aux enfants, certaines études ont utilisé la population adulte comme population de contrôle (Ji, 2006; Wesson, 2008). À San Diego (Californie), en dépit d'une forte augmentation du port du casque à la suite de l'adoption de la LPOCV, les hospitalisations de cyclistes blessés gravement à la tête n'ont pas diminué de façon significative, tant chez les enfants que chez

les adultes (Ji, 2006). En Ontario, après l'adoption de la LPOCV ciblant les enfants, la réduction des taux de mortalité de cyclistes (avec ou sans blessure à la tête) a été plus grande chez les jeunes (-55 % chez les 1 à 15 ans) que chez les adultes (-3 % chez les 16 ans et plus) (Wesson, 2008).

4.5.2 Comparaisons avec les cyclistes ou les piétons sans blessures à la tête

En Australie (New South Wales), après l'implantation d'une loi en 1991, l'usage du casque a beaucoup augmenté, mais le taux per capita de cyclistes blessés à la tête est resté stable jusqu'en 2006.

En Australie (New South Wales), la LPOCV a été implantée en 1991 dans un contexte de forte réduction d'hospitalisations (1989-1992) de piétons et de cyclistes (Walter, 2011). Selon les analyses de Walter, dans les 18 mois suivant l'implantation de la loi, le ratio d'hospitalisations avec une blessure à la tête – comparativement aux hospitalisations liées à des blessures aux bras ou aux jambes – a significativement diminué pour les cyclistes, mais pas pour les piétons (Walter, 2011). Des articles subséquents détaillent des limites possibles de ces analyses (Rissel, 2012; Walter 2013) et une étude réalisée sur une plus longue période (1991-2010; Olivier, 2013) a confirmé les résultats observés précédemment par Walter.

Après l'implantation d'une loi (LPOCV), une diminution du ratio d'hospitalisations avec une blessure à la tête a aussi été observée en Californie (Lee, 2005) et en Alberta (Karkhaneh, 2013). En Alberta, bien que la loi ne s'applique qu'aux enfants, la diminution du ratio a aussi été observée pour les cyclistes adultes, mais pas pour les piétons (Karkhaneh, 2013). En Californie, à la suite de l'implantation d'une loi (LPOCV), la diminution du ratio d'hospitalisations avec une blessure à la tête serait limitée aux milieux non urbains. En milieu urbain, il y a eu une augmentation statistiquement significative de la proportion de cyclistes blessés à la tête parmi l'ensemble des jeunes cyclistes hospitalisés (Lee, 2005).

Ces études utilisent un indicateur d'effet (le ratio de blessures à la tête) qui fluctue d'une année à l'autre[15] et il peut varier selon d'autres facteurs que l'usage du casque (Rissel, 2012; Robinson, 2007; Olivier, 2013). De plus, cet indicateur est peu utile dans une perspective de santé des populations. En Australie (New South Wales), quelques mois après l'implantation d'une loi en 1991, l'usage du casque a beaucoup augmenté (Walter, 2011) et le ratio de cyclistes blessés à la tête a diminué (Walter, 2011; Olivier, 2013), mais le taux *per capita* de cyclistes blessés à la tête est resté stable jusqu'en 2006. La diminution du taux *per capita* de cyclistes blessés à la tête qui a été observée après 2006, soit 15 ans après l'implantation de la loi (LPOCV), serait associée à l'implantation d'infrastructures cyclables (Olivier, 2013).

[15] Par exemple, pour les piétons, qui ont été utilisés comme groupe de comparaison dans certaines études, la proportion d'usagers de la route hospitalisés avec un diagnostic de blessure à la tête varie grandement dans la RMR de Montréal : pour les jeunes piétons (de 0 à 17 ans), elle est passée de 53 % en 2008, à 67 % en 2009, à 53 % en 2011, à 79 % en 2012; pour les piétons adultes (18 ans et plus), elle est passée de 29 % en 2009, à 39 % en 2010, à 31 % en 2011, à 41 % en 2012 (analyse par P Morency; source des données : M Gagné, INSPQ, 2015).

4.5.3 Au Canada, comparaisons entre les provinces

Lorsqu'on compare les provinces canadiennes, l'évolution du taux *per capita* d'hospitalisations de cyclistes avec blessure à la tête n'est pas significativement différente dans les provinces avec et sans loi (LPOCV).

Au Canada, où la loi ne s'applique qu'à certaines provinces, des études ont utilisé la population des provinces sans LPOCV comme groupe de contrôle (Macpherson, 2002; Dennis, 2013; Teschke, 2015). De 1994 à 1998, la réduction du taux *per capita* d'hospitalisations de jeunes cyclistes (5-19 ans) a été plus grande dans les provinces ayant adopté une LPOCV (-45 %) que dans les provinces sans LPOCV (-27 %) (Macpherson, 2002). De 1994 à 2003, une autre étude canadienne a confirmé l'évolution différentielle du taux d'hospitalisations de cyclistes blessés à la tête, entre les provinces avec et sans LPOCV, pour les enfants de moins de 18 ans (-54 % vs -33 %) et pour les adultes (-26 % vs stable) (Dennis, 2013). Cependant, dans cette même étude, lorsque les analyses prennent en compte la tendance historique (*baseline trends*), l'effet présumé d'une LPOCV disparaît, c'est-à-dire qu'une telle loi n'influence pas significativement l'évolution des hospitalisations de cyclistes blessés à la tête, qui décline dans toutes les provinces canadiennes. Ainsi, les lois provinciales (LPOCV) ciblant toute la population ou uniquement les enfants de moins de 18 ans n'auraient aucun effet significatif sur l'évolution des taux d'hospitalisations de cyclistes blessés à la tête.

Une étude récente a estimé le taux d'incidence d'hospitalisations de cyclistes (2006-2012) par 100 millions de déplacements à vélo pour chacun des territoires et provinces du Canada (Teschke, 2015). Selon cette étude, les taux d'hospitalisations de cyclistes avec blessures à la tête – par déplacement – ne sont pas influencés par la présence d'une loi obligeant le port du casque à vélo, ni par la proportion de la population qui porte un casque à vélo. Les études précédentes visant à évaluer l'effet d'une loi (LPOCV) sur les blessures à la tête n'avaient pas mesuré ou pris en compte le volume de cyclisme dans les populations comparées.

Ainsi, au Canada, les premières études avaient mesuré un effet possible des lois provinciales (LPOCV) sur les taux d'hospitalisations. Cependant, les études plus récentes qui prennent en compte les tendances temporelles, historiques (Dennis, 2013) et le volume de déplacements à vélo (Teschke, 2015) ne démontrent pas de différence entre les provinces canadiennes avec et sans loi (LPOCV).

5 USAGE DU VÉLO

Depuis plusieurs années, l'inactivité physique est devenue un enjeu et une priorité de santé publique à Montréal comme dans l'ensemble du Canada. Les transports actifs, incluant l'utilisation du vélo, génèrent plusieurs bénéfices pour la santé (deNazelle, 2011). Au Canada, il a été estimé que, pour la période 2006-2011, seulement 1,3 % des déplacements sont effectués à vélo, une proportion qui varie de 0,23 % à Terre-Neuve et Labrador à 2,05 % en Colombie-Britannique (Teschke, 2015). Il est bien connu que la proportion de personnes qui se rendent au travail à vélo est très faible dans les villes du Canada (Montréal, 2,4 %; Toronto, 1,7 %; Vancouver, 3,7 %), des États-Unis (Chicago 1 %; Portland 6 %) et de l'Australie (Melbourne, 1,3 %; Sydney, 0,7 %) (Pucher, 2008).

5.1 Loi, port du casque et volume de cyclisme

Les lois sur le port obligatoire du casque à vélo ont été adoptées dans des contextes de stagnation ou de déclin de l'usage du vélo. Les pays industrialisés où l'usage du vélo est le plus fréquent ont misé sur d'autres stratégies.

En théorie, il suffit qu'une très faible proportion de cyclistes cesse de faire du vélo à la suite de l'implantation d'une loi (LPOCV) pour annuler les bénéfices éventuels liés à la prévention des traumatismes crâniens (de Jong, 2012; Sieg, 2016).

Les lois sur le port obligatoire du casque à vélo (LPOCV) en Australie (Robinson, 1996), en Nouvelle-Zélande (Clarke, 2014) et au Canada (Dennis, 2010) ont été adoptées dans un contexte de stagnation ou de diminution de l'usage du vélo. Les études ayant tenté d'estimer l'impact d'une LPOCV sur l'usage du vélo ont utilisé des devis avant-après, avec ou sans groupe contrôle (Karkhaneh, 2011; Dennis, 2010; Carpenter, 2011; Clarke, 2012; Macpherson, 2001). Certaines études ont procédé par comptage à des sites d'observations (comptage variant de 64 à 270 sites) et d'autres ont analysé des données provenant d'enquêtes nationales au Canada et aux États-Unis (ex. : Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes; Behavioral Risk Factor Surveillance System). D'une manière générale, les résultats de ces études permettent de constater la stagnation ou le déclin de l'usage du vélo, sans que ces tendances puissent nécessairement être attribuées à la loi (LPOCV) (Macpherson, 2001; Dennis, 2010).

Il est notoire que dans les pays industrialisés où l'usage du vélo est le plus fréquent – et le plus sécuritaire (ex. : Pays-Bas, Danemark, Allemagne) –, le port du casque est rare et il n'y a aucune obligation de porter le casque à vélo (Pucher, 2003; Pucher, 2008). Est-il possible d'augmenter significativement le volume de cyclisme, dans un contexte où le port du casque est obligatoire ? Possiblement, mais les villes et pays « à succès » ont misé sur d'autres stratégies.

5.2 Environnements et pistes cyclables

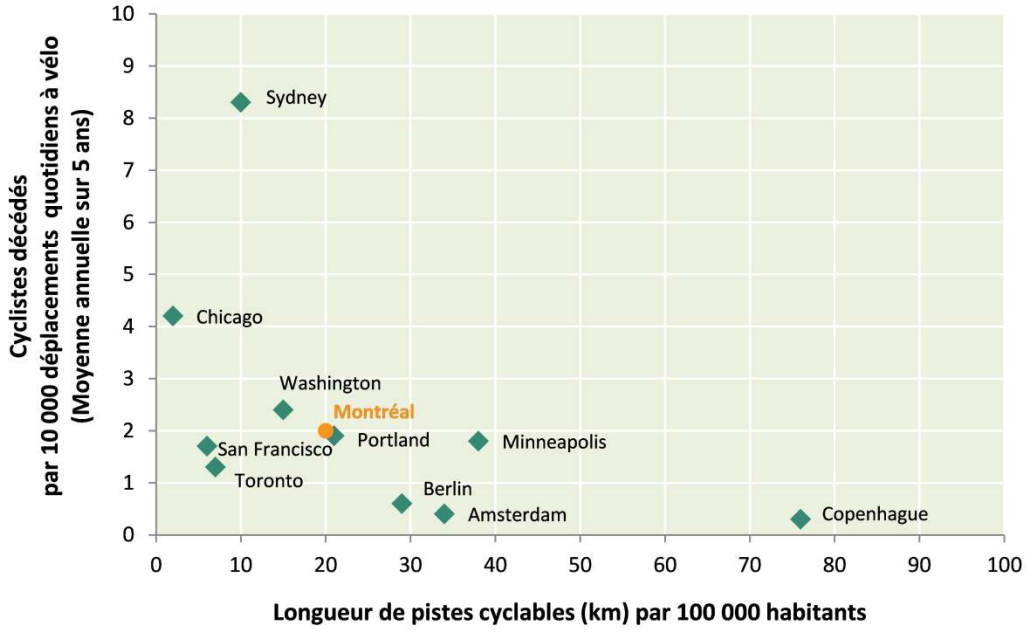
Les stratégies environnementales permettent de concilier deux objectifs de santé publique : promouvoir les transports actifs et réduire les blessures.

Plusieurs stratégies peuvent contribuer à augmenter l'usage du vélo, incluant une forme urbaine (densité, mixité) et des environnements favorables (voies cyclables, apaisement de circulation, vélos en libre-service) (Pucher, 2012; Robitaille, 2016; de Nazelle, 2011). Pour les cyclistes, la séparation de la circulation automobile ou un faible volume de véhicules motorisés sont positivement associés au confort durant le trajet (Li, 2012). L'implantation de pistes cyclables peut augmenter l'usage du vélo (Pucher, 2010). Selon Pucher & Buehler, aucune ville européenne ou nord-américaine n'a atteint un haut niveau de cyclisme sans un réseau étendu de voies cyclables séparées de la circulation automobile (Pucher, 2012). À Montréal, le développement du réseau cyclable (Zahabi, 2016) et l'implantation des vélos en libre-service BIXI en 2009 (Fuller, 2013) ont contribué à un engouement récent pour le vélo urbain. Or, l'adoption d'une loi (LPOCV) ciblant les adultes peut nuire aux programmes de vélos en libre-service déjà implantés ou en voie d'être implanté.

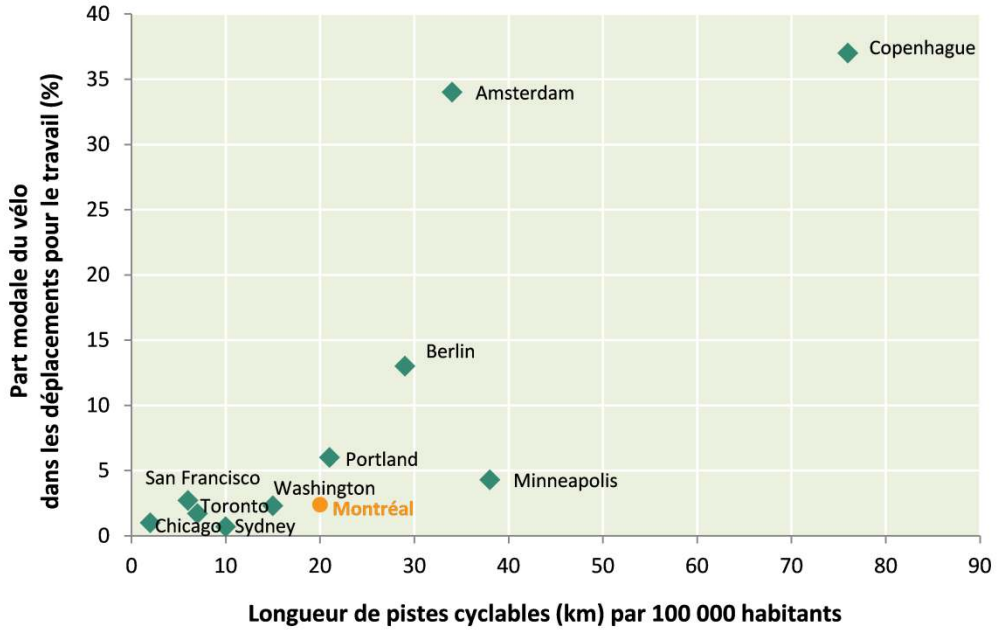
Dans une ville, toutes choses étant égales par ailleurs, plus il y a de cyclistes et de kilomètres parcourus à vélo, plus il y a de cyclistes blessés. Cependant, il est bien connu que l'augmentation du nombre de cyclistes blessés est non linéaire (Elvik, 2009); il est par exemple estimé que les villes où l'usage du vélo est deux fois plus fréquent ont environ 32 % plus de cyclistes blessés (Jacobsen, 2003). Ainsi les villes où il y a davantage de vélos ont des taux de blessures ou de décès plus faibles par déplacement ou par kilomètre parcouru à vélo. Ce phénomène, connu sous le terme de « Safety in numbers » (Jacobsen, 2003), pourrait s'expliquer par la qualité du réseau cyclable et la sécurité des aménagements routiers. D'une part, les villes ayant davantage de voies cyclables ont un taux de décès par déplacement plus faible (Figure 5.1a). D'autre part, l'usage du vélo y est plus fréquent (Figure 5.1b). Le lien logique causal pourrait bien être « Safety, then numbers » : la sécurité des infrastructures cyclables incite au cyclisme.

Figure 5.1 : Taux de décès, part modale du vélo et infrastructures cyclables dans 11 villes de différents pays

a) taux de décès



b) part modale du vélo



* Source des données: Pucher J., Buehler R. City Cycling. 2012. Analyse par Morency P. et Dubé A.S.

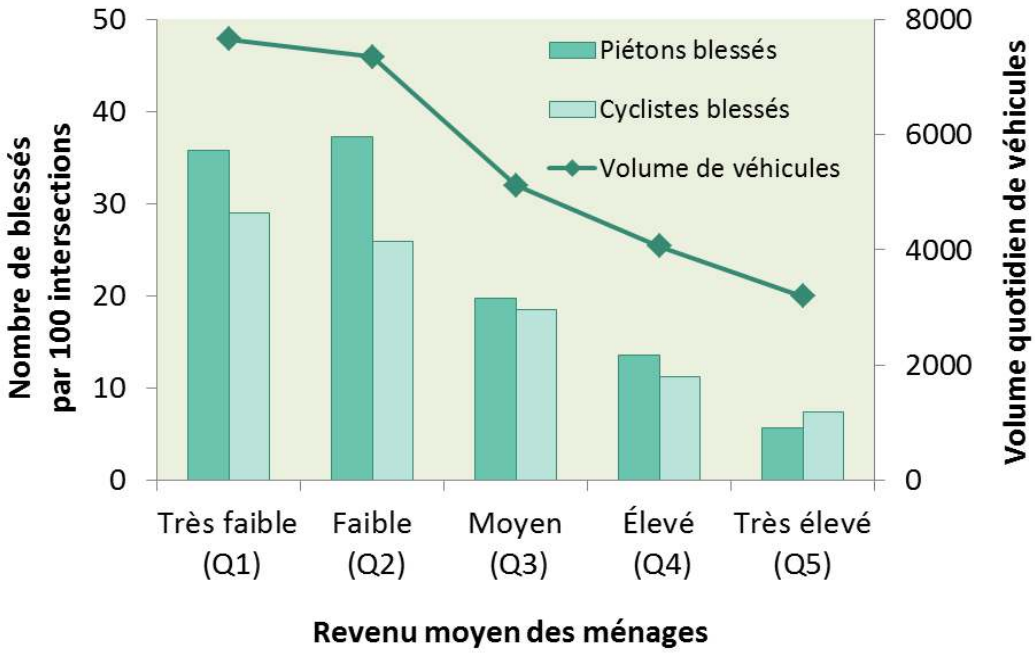
6 INÉGALITÉS SOCIOÉCONOMIQUES

Aux intersections des quartiers pauvres de Montréal, il y a beaucoup plus de véhicules et de personnes blessées qu'aux intersections des quartiers plus riches.

Une perspective de santé publique implique de réduire l'ampleur des problèmes de santé, mais aussi les inégalités reliées à la position socioéconomique. Il est bien connu que l'effet d'une stratégie préventive peut varier selon la position socioéconomique des individus (Frohlich, 2008).

Pour les traumatismes routiers comme pour les autres types de blessures, la position socioéconomique est fortement associée au risque de blessures (Laflamme, 2009; Hamel, 2002). À Montréal, dans les années 1980, les taux de jeunes piétons blessés (6 fois plus) et de jeunes cyclistes blessés (4 fois plus) étaient beaucoup plus élevés chez les enfants des quartiers pauvres que chez ceux des quartiers riches (Dougherty, 1990). À Montréal, il y a six fois plus de piétons blessés et quatre fois plus de cyclistes blessés aux intersections des quartiers pauvres qu'aux intersections des quartiers les plus riches (Morency, 2012) (Figure 6.1).

Figure 6.1 : Nombre de blessés et volume estimé de véhicules aux intersections, selon la position socioéconomique du secteur (île de Montréal)



* Source des données : Morency P., 2012.

6.1 Loi, port du casque et inégalités

Une stratégie préventive basée sur le port du casque à vélo pourrait accroître les écarts observés entre les populations pauvres et riches.

Le port du casque à vélo est fortement associé au niveau d'éducation et de revenu, tant au Canada qu'aux États-Unis (voir section 4.2). En Montérégie, dans les années 1990, un programme d'activités éducatives visant le port du casque à vélo chez des enfants de l'école primaire était trois fois plus efficace dans les municipalités riches que dans les municipalités pauvres (Farley, 1996). À Toronto, l'augmentation du port du casque observée peu après l'adoption de la loi (LPOCV) s'est maintenue pour les enfants des familles à revenu élevé, mais pas pour les enfants de famille à revenu moyen ou faible (Macpherson, 2006). Ainsi, une stratégie préventive basée sur le port du casque à vélo ou sur une loi obligeant le port du casque à vélo (LPOCV) pourrait accroître les écarts observés entre les populations pauvres et riches.

6.2 Volumes de véhicules et apaisement de la circulation

Les stratégies environnementales peuvent diminuer les inégalités observées entre les quartiers.

Le plus grand nombre de piétons et de cyclistes blessés dans les quartiers pauvres s'explique notamment par les volumes de véhicules plus élevés dans ces quartiers (Figure 6.1), ainsi que par la géométrie des routes (ex. : larges artères plus fréquentes) (Morency, 2012). Par conséquent, les stratégies préventives basées sur une réduction globale de la circulation automobile ou sur des aménagements routiers plus sécuritaires peuvent significativement réduire les inégalités observées entre les quartiers. En Angleterre et au pays de Galles, les mesures d'apaisement ont été implantées préférentiellement dans les secteurs les plus pauvres et elles ont contribué à réduire le gradient socioéconomique observé pour les blessures chez les jeunes piétons (Rodgers, 2010; Jones, 2005). Les stratégies environnementales peuvent diminuer les inégalités observées entre les quartiers.

CONCLUSION

Ce rapport a exploré la pertinence d'une approche populationnelle, environnementale, pour la prévention des traumatismes craniocérébraux qui surviennent à la suite d'une collision sur le réseau routier. Les résultats illustrent l'influence du mode de transport utilisé et de l'environnement routier, qui sont partiellement déterminés par les politiques publiques.

Comportements individuels et port du casque à vélo

Pour réduire son risque de blessures lors des déplacements, un individu peut choisir son mode de transport et son trajet, mais il peut aussi adopter des comportements plus sécuritaires en automobile, à pied ou à vélo. Pour améliorer la sécurité routière, il est commun de cibler des facteurs comportementaux tels que la prise d'alcool, l'usage du cellulaire au volant, la distraction, la fatigue ou le port d'un équipement de protection comme le casque à vélo. Les facteurs comportementaux potentiellement associés aux collisions sont nombreux. La part des collisions et des blessures attribuables à chaque facteur peut être grandement surestimée, pour différentes raisons. Primo, la cooccurrence des facteurs individuels est fréquente. Secundo, l'effet d'un facteur comportemental est le plus souvent estimé sans prendre en compte l'ensemble des autres facteurs individuels, le volume d'exposition au risque ou le contexte des déplacements. Il est notoirement complexe d'estimer la part d'un problème de santé attribuable à différents facteurs.

Il est préférable de porter un casque à vélo pour diminuer son risque individuel de blessure à la tête. Néanmoins, la probabilité d'être blessé et de subir une blessure à la tête, pour les cyclistes comme pour les autres usagers de la route, varie d'abord et fondamentalement avec l'exposition aux véhicules motorisés. Selon plusieurs études, l'usage du casque à vélo est associé à d'autres comportements sécuritaires et à une moindre exposition au risque de blessures. Par conséquent, il est plausible qu'une part de l'association statistique observée entre le port du casque et les blessures à la tête soit confondue – ou partiellement expliquée – par les autres comportements sécuritaires à vélo et, surtout, par une exposition différentielle au risque de blessures. Par ailleurs, dans une population, l'augmentation de la fréquence du port du casque ne s'est pas toujours traduite par une diminution du taux de cyclistes blessés à la tête. Selon les études les plus récentes, le taux d'hospitalisation de cyclistes blessés à la tête n'est pas significativement différent dans les provinces canadiennes avec et sans loi sur le port obligatoire du casque à vélo (LPOCV).

En matière de sécurité routière, les programmes de prévention québécois ciblent fréquemment les usagers de la route et les comportements « à risque ». Les stratégies privilégiées peuvent inclure des campagnes de sensibilisation, des programmes d'éducation, des modifications législatives et la sanction des infractions au code de la sécurité routière (CSR). Or, pour améliorer la sécurité de la population montréalaise lors de ses déplacements, et diminuer le fardeau des TCC sur les routes, il serait opportun de privilégier une approche environnementale.

Approche environnementale

Les déplacements automobiles exposent l'ensemble des usagers de la route – piétons, cyclistes, automobilistes – à un risque de collision, de blessures et de TCC. Le taux *per capita* d'hospitalisations avec un diagnostic de TCC varie selon le secteur de résidence : pour les automobilistes, il augmente en fonction des distances moyennes parcourues en automobile; pour les piétons et les cyclistes, il augmente en fonction des distances moyennes parcourues à pied ou à vélo, mais aussi selon l'exposition aux véhicules motorisés.

La répartition des TCC et des blessures à la tête sur le réseau routier confirme les problèmes de sécurité posés par les routes majeures (« artères ») dans un milieu urbain comme Montréal. Aux intersections, le nombre d'automobilistes, de piétons et de cyclistes blessés à la tête ou avec un TCC augmente avec le volume de circulation automobile. Globalement, sur l'île de Montréal, les deux tiers des usagers de la route avec un TCC ou une blessure à la tête sont blessés sur le réseau artériel, soit sur des routes majeures ayant un volume élevé de véhicules. Pour les cyclistes blessés à la tête, même les « chutes » sans collision avec un véhicule surviennent principalement aux intersections ayant un volume de véhicules très élevé, peut-être à la suite d'une collision évitée à la dernière minute.

Pour prévenir les blessures, les stratégies environnementales sont généralement les plus efficaces parce qu'elles peuvent offrir une protection aux individus, peu importe leur âge ou leur niveau d'éducation, sans effort ni action volontaire de la part des personnes exposées. Pour améliorer la sécurité routière, une approche environnementale implique de diminuer l'usage de l'automobile et de protéger la population de l'exposition aux véhicules[16]. Par exemple, selon les principes de la « Vision zéro », les piétons et les cyclistes ne devraient pas être exposés à des véhicules motorisés circulant à plus de 30 km/h, un objectif qui requiert des aménagements spécifiques, dont l'implantation est sous la responsabilité des concepteurs et des gestionnaires des réseaux de transport (Johansson, 2009; Fahlquist, 2006). Pour prévenir les traumatismes routiers, les stratégies environnementales peuvent être déployées à différentes échelles et agir sur différents mécanismes :

- à l'échelle métropolitaine, un développement favorisant la densité et l'usage des transports collectifs vise une réduction à la source du risque de blessures – une diminution des déplacements en automobile – et un transfert vers des modes de transport plus sécuritaires;
- dans les quartiers, l'apaisement de la circulation par des aménagements physiques vise une réduction de la vitesse des véhicules ou de l'exposition aux véhicules;
- sur la chaussée, les aménagements routiers tels que les terre-pleins et îlots centraux où les pistes cyclables visent spécifiquement la protection des piétons et des cyclistes.

[16] Voir avis et mémoires de l'Annexe 2, notamment *Vers l'amélioration de la sécurité routière pour tous,* présenté à la consultation publique de la SAAQ en février 2017.

Dans un mémoire présenté à la consultation publique de la SAAQ en février 2017, le Directeur de la santé publique de Montréal a recommandé que l'amélioration de la sécurité routière s'inscrive d'abord dans une approche environnementale offrant des infrastructures de transport plus sécuritaires. Dans cette perspective, les politiques gouvernementales pourraient viser une réduction de la place dévolue à l'automobile, en particulier dans des quartiers urbains comme les quartiers centraux montréalais. Une réallocation de l'espace et des ressources financières dédiés actuellement à l'automobile en faveur des transports actifs et collectifs serait bénéfique non seulement pour l'amélioration de la sécurité routière, mais aussi pour d'autres problèmes de santé publique associés à la pollution de l'air, à l'inactivité physique, aux gaz à effet de serre (GES), etc.

ANNEXE 1 – SUMMARY

The main objective of this report is to describe the extent and distribution of head injuries associated with road traffic collisions. It also explores the role of prevention strategies, based on data from Montréal. The report summarizes available information on use of bicycle helmets and legislation pertaining to mandatory bicycle helmet use. It addresses issues related to promotion of bicycle use and reduction of the socioeconomic inequalities observed in the distribution of road injuries.

PUBLIC HEALTH AND INJURY PREVENTION

Injuries and property damage caused by road accidents essentially result from a transfer of energy from moving vehicles to people or objects. Reducing injuries at the source could be achieved through decreased car and truck transportation, which would lessen cyclists' and pedestrians' exposure to motor vehicles. Strategies that include reducing car use or lowering speed limits can decrease the incidence of collisions and injuries for all road users.

Environmental strategies can be deployed at different levels:

- Metropolitan area: overall reduction in car use and increase in public transport, a safer option
- Neighbourhoods: appropriate measures to reduce through traffic and speed limits
- Streets or intersections: specific measures targeting cyclists (e.g. cycle tracks) or pedestrians (e.g. medians) to diminish exposure to vehicles on arterials

TRAUMATIC BRAIN INJURIES (TBI) ASSOCIATED WITH TRANSPORTATION

In Québec, hospitalization and death records show that the majority of people with TBI resulting from collisions are motor vehicle users. In the Greater Montréal area, among individuals living in the suburbs and outskirts, most road users hospitalized for TBI are motor vehicle occupants or motorcyclists, whereas among those living in central neighbourhoods, most are pedestrians or cyclists.

ROAD ENVIRONMENT, TBI AND HEAD INJURIES

On the island of Montréal, a majority of pedestrians, cyclists, motorcyclists and vehicle occupants with TBI or head injuries are injured on major roads (arterials). Most road users injured at intersections are involved in accidents at intersections where traffic volume is high (fourth quintile) or very high (fifth quintile). At intersections with very high volumes of traffic (fifth quintile), there are 31 times more road users with TBI and 30 times more road users with head injuries than at very low volume intersections (first quintile). Thus, in Montréal, as elsewhere, the number of road users injured at intersections or in neighbourhoods increases in direct proportion to car traffic volume. Wide arterials are also associated with greater number of injury for all road users.

BICYCLE HELMETS, LEGISLATION AND HEAD INJURIES

It is better to wear a helmet when bicycling. Nonetheless, there are limits to personal protective equipment. Wearing a helmet doesn't prevent falls or collisions, doesn't protect from injuries

elsewhere than to the head, and can have a limited or even no effect in a collision with a heavy truck or a vehicle moving at high speed.

Studies on the effects of legislation mandating helmet use do not make a distinction between the effects of legislation and of additional, non-legislative measures (e.g. awareness campaigns, community actions, giving away helmets), also known to be effective to increase helmet use. Enacting legislation requiring helmet use can be associated with a greater number of cyclists wearing helmets, especially when helmet use is rare. In Québec, in the absence of legislation, the proportion of children wearing bicycle helmets is similar (Nova Scotia) or higher (Ontario) than that observed in two Canadian provinces where laws have been enacted.

Some studies have attempted to assess the effects of helmet legislation on head injuries in cyclists. In those studies, the indicators of success were ratios of head injuries to arm hospitalizations, for example. In the field of public health, per capita incidence rate is a more common and more useful indicator to determine how a health issue evolves in the population. According to two recent Canadian studies that took into account historical trends and volume of bicycle use, the per capita hospitalization rate of cyclists with head injuries and its evolution over time are not significantly different in Canadian provinces with and without helmet legislation.

CYCLING

There are many health benefits linked to active transportation. Yet, use of bicycles as a mode of transportation is low in cities in Canada, the United States and Australia. Legislation pertaining to mandatory bicycle helmet use has been adopted in contexts where bicycle use is declining or stagnating. Industrialized countries where bicycle use is more common (e.g. Netherlands, Denmark, Germany) have opted for other strategies and helmet use is uncommon and not mandatory. Environmental strategies, including putting in cycle track networks, bring together the public health objectives of promotion of active transportation and injury reduction.

SOCIOECONOMIC INEQUALITIES

Socioeconomic position is strongly associated with risk of road injuries as well as other types of injuries. In Montréal, the higher number of pedestrians and cyclists injured in poor neighbourhoods can be explained by higher volumes of traffic in those neighbourhoods and presence of wide arterials. A prevention strategy based on helmet use could intensify inequalities observed between low- and high-income populations. Conversely, environmental strategies targeting overall reduction in car traffic or safer road infrastructure can significantly reduce those inequalities.

CONCLUSION

Public policy could aim to reduce the space allocated to cars in addition to reducing speed limits on road networks, especially in Montréal's central neighbourhoods. Augmenting the space and funding earmarked for active transportation and public transport would be beneficial to road safety and to other public health issues related to transportation.

ANNEXE 2 – AVIS ET MÉMOIRES DE LA DIRECTION RÉGIONALE DE SANTÉ PUBLIQUE DE MONTRÉAL SUR LES TRANSPORTS OU LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE

Sécurité et véhicules lourds : Vision zéro et approche environnementale. Présenté à la consultation publique montréalaise sur la cohabitation sécuritaire et les véhicules lourds en milieu urbain. P Morency, F Tessier, S Goudreau, C PLante, S Perron, S Tessier. 19 avril 2017

Vers l'amélioration de la sécurité routière pour tous. Présenté à la consultation publique de la SAAQ sur la sécurité routière. P Morency, S Tessier, R Massé, M Drouin, V Duclos, S Goudreau, S Perron, C Plante, F Tessier, LF Tétreault. 36 p., 27 février 2017.

Projet de réseau électrique métropolitain de transport collectif. Présenté au Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE). R Massé, M Drouin, S Perron, LF Tétreault, P Morency, S Paquin, L Drouin, S Goudreau, F Tessier. 30 septembre 2016.

GES, Transports et santé publique. Présenté aux audiences de l'Office de consultation publique de Montréal sur la réduction de la dépendance aux énergies fossiles. LF Tétreault, P Morency, L Drouin, D Kaiser, S Goudreau, C Plante, K Price, A Smargiassi, F Tessier. 9 mars 2016

Transports & santé des populations : un boulevard ou une nouvelle autoroute ? Présenté au Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE) concernant le projet de parachèvement de l'autoroute 19. R Massé, L Drouin, P Morency, LF Tétreault, F Tessier, S Goudreau, C Plante, N King. 22 octobre 2014.

La sécurité des piétons à Montréal : améliorer les aménagements routiers. Présenté à la Commission permanente sur le transport et les travaux publics de la Ville de Montréal. P Morency, F Tessier, F Thérien, J Archambault. 36 p., 2013.

Vélo et partage du réseau routier. Présenté à la Commission permanente sur le transport et les travaux publics de la Ville de Montréal. Morency P, Thérien F, King N. 11 p., 23 novembre 2011.

Mémoire du directeur de la santé publique sur le projet de reconstruction du complexe Turcot. Présenté au Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE). Lessard R, Drouin L, King N, Thérien F, Morency P, Perron S, Paquin S, Smargiassi A. 58 p., 15 juin 2009.

Moderniser la mobilité. Présenté dans le cadre des consultations publiques sur le Projet de modernisation de la rue Notre-Dame: volet intégration urbaine. Drouin L, Thérien F, Morency P., Paquin S., Perron S, King N,. Direction de santé publique, Montréal, 33 p. 6 février 2008.

Pour une approche globale de la sécurité routière- Mémoire sur les projets de loi n^{o} 42 et n^{o} 55. Présenté à la Commission des transports et de l'environnement de l'Assemblée nationale du Québec. Drouin L, Thérien F, Morency P., King N, Perron S, Paquin S. Direction de santé publique, Montréal, 33 p. 5 décembre 2007.

Mémoire sur le Plan de transport de Montréal. Présenté à la Commission de l'agglomération montréalaise sur l'environnement, le transport et les infrastructures. Lessard R, Drouin L, Thérien F, King N, Morency P., Moisan JL, Pinard M. Direction de santé publique, Montréal, 27 p. 29 août 2007.

Mémoire sur le projet de révision du réseau artériel. Présenté à la Commission permanente du Conseil municipal sur le transport, la gestion des infrastructures et l'environnement. Drouin L, Morency P, Thérien F, King N. Direction de santé publique, Montréal, 14 p. 12 avril 2007.

Avis de la Direction de santé publique sur la Charte du piéton. Présenté à la Commission du Conseil municipal de Montréal sur la mise en valeur du territoire, l'aménagement urbain et le transport collectif. Thérien F, Morency P, King N, Drouin L. Direction de santé publique de Montréal, 22 août 2006.

Impacts sur la santé publique du projet de prolongement de l'autoroute 25 entre l'autoroute 440 et le boulevard Henri-Bourassa, et solutions proposées. Présenté au Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE). Lessard R, Drouin L, King N, Morency P, Sicard N, Smargiassi A, Lapierre L. Direction de santé publique de Montréal, 30 p. 13 juin 2005.

ANNEXE 3 – DÉFINITION OPÉRATIONNELLE DE BLESSURE À LA TÊTE ET TRAUMATISME CRANIOCÉRÉBRAL (TCC)

La définition de traumatisme craniocérébral (TCC) utilisée dans ce rapport est détaillée dans un rapport produit par l'INSPQ sur l'évolution des hospitalisations attribuables aux TCC (Gagné, 2012). Les hospitalisations proviennent du registre des hospitalisations (Med-Écho) et seules les hospitalisations attribuables à un accident de transport selon la Classification internationale des maladies (CIM-10 : V01-V99) ont été retenues. Les hospitalisations d'usagers de véhicule hors route ont été exclues. Les traumatismes craniocérébraux (TCC) ont été recherchés à l'aide des codes suivants :

- S060 Commotion cérébrale
- S061 Œdème cérébral traumatique
- S062 Lésion traumatique cérébrale diffuse
- S063 Lésion traumatique cérébrale en foyer
- S064 Hémorragie épidurale
- S065 Hémorragie sous-durale traumatique
- S066 Hémorragie sous-arachnoïdienne traumatique
- S068 Autres lésions traumatiques intracrâniennes
- S069 Lésion traumatique intracrânienne, sans précision
- S020 Fracture de la voûte du crâne
- S021 Fracture de la base du crâne
- S027 Fractures multiples du crâne et des os de la face
- S02.89 Fractures d'autres os du crâne et de la face non précisés
- S029 Fracture du crâne et des os de la face, partie non précisée
- T060 Lésions traumatiques du cerveau et des nerfs crâniens avec lésions traumatiques des nerfs et de la moelle épinière au niveau du cou

L'identification des interventions ambulancières pour une personne blessée à la d'un accident de la route est détaillée dans un rapport précédent de la Direction régionale de santé publique de Montréal (Morency, 2005). La définition de blessure à la tête est basée sur les rapports d'intervention préhospitalière et inclut les blessures toutes les blessures localisées au crâne ou à la face (brûlure, douleur, déformation, saignement, lacération ou plaie pénétrante).

Les données hospitalières pour l'ensemble de la région métropolitaine (section 2) ont été produites par M. Gagné, de l'Institut National de Santé publique. Les données hospitalières et ambulancières localisées sur le réseau routier (section 3) ont été produites par F. Tessier, de la Direction régionale de santé publique de Montréal.

ANNEXE 4 – NOMBRE D'HOSPITALISATIONS ET D'INTERVENTIONS AMBULANCIÈRES LOCALISÉES À L'INTERSECTION

a) Correspondance entre les hospitalisations d'usagers de la route et les rapports d'accident policiers (île de Montréal, 2006-2013)

	Nombre d'hospitalisations*	Hospitalisations avec un rapport policier correspondant		Hospitalisations Exclues (autoroute ou sans X-Y)	Hospitalisations localisées sur le réseau routier
		nombre	*(%)*		
Cyclistes	2296	434	(19 %)	32	402
Piétons	1798	1371	(76 %)	112	1259
Motocyclistes	659	300	(46 %)	69	231
Occupants de véhicules	2067	1444	(70 %)	360	1084
Total	6820	3549	(52 %)	573	2976

* Seules les hospitalisations (2006-2013) d'usagers de la route habitant sur l'île de Montréal sont incluses.

b) Hospitalisations d'usagers de la route (2006-2013) et interventions ambulancières* (1999-2008) aux intersections de l'île de Montréal.

	Hospitalisations localisées sur le réseau routier	Localisées à l'intersection		Interventions ambulancières	Localisées à l'intersection	
		Nombre	(%)		Nombre	(%)
Cyclistes	402	331	(82 %)	9266	6313	(68 %)
Piétons	1259	1027	(82 %)	9411	7123	(76 %)
Motocyclistes	231	176	(76 %)	2375	1546	(65 %)
Occupants de véhicules	1084	834	(77 %)	48668	33415	(69 %)
Total	2976	2368	(80 %)	69720	48397	(69 %)

* Les interventions ambulancières étaient disponibles pour la période du 1er janvier 1999 au 31 juillet 2008 et elles incluent, pour les occupants de véhicules et les motocyclistes, des interventions sur les autoroutes.

BIBLIOGRAPHIE

Adams J. et Hillman M. (2001). The risk compensation theory and bicycle helmets. *Injury Prevention*. 7, p. 89-91.

Association mondiale de la Route (AIPCR). (2003). *Manuel de sécurité routière*.

Australian Transport Safety Bureau (ATSB) (2002). *Cross Modal Safety Comparisons*.

Bacchieri, G., Barros, A J.D., dos Santos, J.V., Gonçalves, H. et collab., Gigante, D.P. (2010). A community intervention to prevent trafic accidents among bicycle commuters. *Revista de Saude Publica*. 44(5), 867-875. doi: 10.1590/S0034-89102010000500012.

Bambach, M.R., Mitchell, R.J., Grzebieta, R.H., Olivier, J. et collab. (2013). The effectiveness of helmets in bicycle collisions with motor vehicles: A case-control study. *Accident Analysis and Prevention*. 53, 78-88. doi: 10.1016/j.aap.2013.01.005.

Beaulne, G. (1991). *Les traumatismes au Québec : Comprendre pour mieux prévenir*. Québec : Publications du Québec.

Beck, L.F., Dellinger, A.M., O'Neil, M.E. (2007). Motor vehicle crash injury rates by mode of travel, United States: Using exposure-based methods to quantify differences, *Am. J. Epidemiol.* 166: 212–218.

Bégin, C., Bélanger-Bonneau, H., Lavoie, M., Lesage, D., Parent, M., St-Laurent M. (2000). *Livre vert sur la sécurité routière au Québec : un défi collectif.* Mémoire du Conseil des directeurs de la santé publique. Conférence des régies régionales de la santé et des services sociaux du Québec.

Blais, É., Lavoie, M., Maurice, P. (2010). Mémoire déposé à la Commission des transports et de l'environnement dans le cadre des consultations sur le projet de loi n^{o} 71, loi modifiant le Code de la sécurité routière et d'autres dispositions législatives. INSPQ. 41 p.

Bueno-Cavanillas, A., et Gálvez-Vargas, R. (2003). Risk compensation theory and voluntary helmet use by cyclists in Spain. I*njury Prevention*. Vol. 9, p.128-132.

Cândido, R.L. (2017). *Évolution du nombre de piétons et d'occupants de véhicules blessés aux intersections à la suite de l'implantation de mesures d'apaisement de la circulation à Montréal*. Mémoire de M. Sc. en santé publique. Université de Montréal.

Carpenter C.S., Stehr M. et collab. (2011). Intended and unintended consequences of youth bicycle helmet laws. *Journal of Law and Economics*. 54(2), 305-324. doi: 10.1086/652902

Champagne, G. (2014). *Associations entre port du casque, comportements sécuritaires à vélo et habitudes de vie*. Département de médecine sociale et préventive. École de santé publique. Université de Montréal.

Clarke, C.F. (2012). Evaluation of New Zealand's bicycle helmet law. *New Zealand Medical Journal*. 125(1349), 60-69.

Clarke, C.F. (2014). Reply to wang et al response to 'evaluation of New Zealand's bicycle helmet law' article. *New Zealand Medical Journal*. 127(1402), 113-116.

Cripton, P.A., Dressler, D.M., Stuart, C.A., Dennison, C.R. et Richards D. (2014). Bicycle helmets are highly effective at preventing head injury during head impact : Head-form accelerations and injury criteria for helmets and unhelmeted impacts. *Accident Analysis and Prevention*. 70, 1-7. Doi : 10-1016/j.aap.2014.02.016.

Cummings P., Rivara F.P., Thompson D.C., Thompson R.S. (2006). Misconceptions regarding case-control studies of bicycle helmets and head injury. *Accident Analysis and Prevention*. 38: 636–643.

Curnow, W.J. (2003). The efficacy of bicycle helmets against brain injury. *Accident Analysis and Prevention*. 35(2), 287-292. doi: 10.1016/S0001-4575(02)00012-X.

Curnow, W. J. (2005). The Cochrane Collaboration and bicycle helmets. *Accident Analysis and Prevention*. 37(3), 569-573. doi: 10.1016/j.aap.2005.01.009

Curnow, W.J. (2006). Bicycle helmets: Lack of efficacy against brain injury. *Accident Analysis and Prevention*. 38(5), 833-834. doi: 10.1016/j.aap.2006.04.007.

Curnow, W.J. (2007). Bicycle helmets and brain injury. *Accident Analysis and Prevention*. 39(3), 433-436. doi: 10.1016/j.aap.2006.09.013.

Dagher, J., Costa, C., Lamoureux, J. et de Guise, E. (2015). Comparative Outcomes of Traumatic Brain Injury from Biking Accidents with or without Helmet Use. *Canadian Journal of Neurological Sciences*. 43(1), 56-64. Doi: https://doi.org/10.1017/cjn.2015.281.

Davies, G.R. et Roberts I. (2014), Is road safety being driven in the wrong direction? *International Journal of Epidemiology*. 1–9. doi: 10.1093/ije/dyu103.

de Jong, P. (2012). The Health Impact of Mandatory Bicycle Helmet Laws. *Risk Analysis,* 32(5), 782-790. doi: 10.1111/j.1539-6924.2011.01785.x.

de Nazelle, A., Nieuwenhuijsen M.J., Antó, J.M., Brauer, M., Briggs D., Braun-Fahrlander, C., et collab. (2011). Improving health through policies that promote active travel: A review of evidence to support integrated health impact assessment. *Environment International*. 37, 766-777.

Dellinger, A. M., Kresnow, M. J. et collab. (2010). Bicycle helmet use among children in the United States: the effects of legislation, personal and household factors. *J Safety Res*. 41(4), 375-380. doi: 10.1016/j.jsr.2010.05.003

Dennis, J., Potter, B., Ramsay, T., et collab., Zarychanski, R. (2010). The effects of provincial bicycle helmet legislation on helmet use and bicycle ridership in Canada. *Injury Prevention*. 16(4), 219-224. doi: 10.1136/ip.2009.025353.

Dennis, J., Ramsay, T., Turgeon, A. F., Zarychanski, R. et collab. (2013). Helmet legislation and admissions to hospital for cycling related head injuries in Canadian provinces and territories: Interrupted time series analysis. *BMJ (Online)*. 346(7912). doi: 10.1136/bmj.f2674.

Diguiseppi, C.G., Rivara, F.P., Koepsell, T.D., Polissar, L. et collab. (1989). Bicycle Helmet Use by Children: Evaluation of a Community-wide Helmet Campaign. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*. 262(16), 2256-2261. doi: 10.1001/jama.1989.03430160078034.

Dougherty, G., Pless, B., et Wilkins, R. (1990). Social class and the occurrence of traffic injuries and deaths in urban children. *Can J Public Health*. 81: 204-209.

Douglas M.J., Watkins S.J., Gorman D.R., Higgins M. (2011). Are cars the new tobacco? *Journal of Public Health*. (33): p. 160–169. doi:10.1093/pubmed/fdr032.

Drouin L., Morency P., King N., Thérien F., Lapierre L., Gosselin C. (2006). *Le transport urbain, une question de santé*. Agence de la santé et des services sociaux; direction de santé publique: Montréal. 132 p.

Drouin L., Thérien F., Morency P., King N, Perron S., Paquin S. (2007). *Pour une approche globale de la sécurité routière- Mémoire sur les projets de loi n^{o} 42 et n^{o} 55*. Présenté à la Commission des transports et de l'environnement, Assemblée nationale du Québec. Direction de santé publique, Montréal, 33 p. 5 décembre.

Drouin L., Morency P., Tétreault L.F., Tessier F., Goudreau S., Plante C., King N. (2014). Transports et santé des populations : un boulevard ou une nouvelle autoroute ? Présenté au Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE) concernant le projet de parachèvement de l'autoroute 19. R Massé, 22 octobre.

Drouin L., Morency P., Thérien F., King N. (2007). *Mémoire sur le projet de révision du réseau artériel. Présenté à la Commission permanente du Conseil municipal sur le transport, la gestion des infrastructures et l'environnement*. Direction de santé publique, Montréal, 14 p., présenté le 12 avril.

Drouin L., Thérien F., Morency P., King N., Perron S., Paquin S. (2007). *Pour une approche globale de la sécurité routière- Mémoire sur les projets de loi n^{o} 42 et n^{o} 55*. Présenté à la Commission des transports et de l'environnement de l'Assemblée nationale du Québec. Direction de santé publique, Montréal, 33 p., 5 décembre.

Drouin L., Thérien F., Morency P., Paquin S., Perron S., King N. (2008). *Moderniser la mobilité*. Présenté dans le cadre des consultations publiques sur le Projet de modernisation de la rue Notre-Dame : volet intégration urbaine. Direction de santé publique, Montréal, 33 p., 6 février.

Dumbaugh, E., et Rae, R. (2009). Safe Urban Form: Revisiting The Relationship Between Community Design And Traffic Safety. *Journal of the American Planning Association*. 75(3), 309-329.

Elvik R. (2012). Speed limits, enforcement and health consequences. *Ann Rev Public Health*. (33) :2.1-2.14.

Elvik, R. (2009). The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport. *Accid Anal Prev*. 41(4):849-55.

European Transport Safety Council (ETSC) (2003). *Transport Safety Performance in the EU* - A Statistical Overview.

Ewing, R. et Dumbaugh, E. (2009). The built environment and traffic safety: A review of empirical evidence. *Journal of Planning Literature*. 23: 347-367.

Fahlquist, J.N., (2006). Responsibility ascriptions and vision zero. *Accident Analysis and Prevention.* 38: 1113-1118.doi:10.1016/j.aap.2006.04.020

Fahlstedt, M. Halldin, P. et Kleiven, S. (2016). The protective effect of a helmet in three bicycle accidents – A finite element study. Accident Analysis and Prevention 91, 135-143. Doi : 10.1016/j.aap.2016-02-025.

Farley, C., Haddad, S., Brown, B. et collab. (1996). The effects of a 4-year program promoting bicycle helmet use among children in Quebec . *American Journal of Public Health*. 86(1), 46-51.

Farris, C., Spaite, D.W., Criss, E.A., Valenzuela, T.D., Meislin, H.W. et collab. (1997). Observational Evaluation of Compliance With Traffic Regulations Among Helmeted and Nonhelmeted Bicyclists. *Annals of Emergency Medicine*. 29(5), 625-629. doi: 10.1016/S0196-0644(97)70251-8.

Finnoff, J.T., Laskowski, E.R., Altman, K.L. et Diehl, N. N. (2001). Barriers to Bicycle Helmet Use. *Pediatrics*. 108 (1), 1-7.

Frohlich, K.L. et Potvin, L. (2008). Transcending the known in public health practice: The inequality paradox: The population approach and vulnerable populations. *Am J Public Health*. 98:216-221.

Fuller D., Gauvin L., Kestens Y., Daniel M., Fournier M., Morency P., Drouin L. (2013). Impact evaluation of a public bicycle share program on cycling: A case example of BIXI in Montreal, Canada. *American Journal of Public Health*. Mar;103(3):e85-92. doi: 10.2105/AJPH.2012.300917. Epub 2013 Jan 17.

Fuller, D., Morency, P. (2013). A Population approach to transportation planning: Reducing exposure to motor-vehicles. *Journal of Environmental and Public Health*. 5 p. doi: 10.1155/2013/916460

Fyhri, A., Bjornskau, T., Backer-Grondahl, A. et collab. (2012). Bicycle helmets - A case of risk compensation? Transportation Research Part F. *Traffic Psychology and Behaviour*, 15(5), 612-624. doi: 10.1016/j.trf.2012.06.003.

Gagné M., Robitaille Y., Légaré G., Goulet C., Tremblay B., St-Laurent D., (2012). *Évolution des hospitalisations attribuables aux traumatismes craniocérébraux d'origine non intentionnelle au Québec*. Québec: Institut National de santé publique, 2012.

Gilchrist, J., Schieber, R.A., Leadbetter, S., Davidson, S.C. (2000). Police enforcement as part of a comprehensive bicycle helmet program. *Pediatrics.* 106(1), 6-9.

Goldacre B, Spiegelhalter D. (2013). Bicycle helmets and the law. Canadian legislation had minimal effect on serious head injuries. *BMJ*, 346:f3817 doi: 10.1136/bmj.f3817.

Green, R.S., Smorodinsky, S., Kim, J.J., McLaughlin, R., et Ostro, B. (2004). Proximity of California public schools to busy roads. *Environ Health Perspect*. 112: 61-66.

Grenier, T., Deckelbaum, D. L., Boulva, K., Drudi, L., Feyz, M., Rodrigue, N., Razek, T. (2013). A descriptive study of bicycle helmet use in Montreal, 2011. *Canadian Journal of Public Health*. 104(5).

Grundy, C., Steinbach, R., Edwards, P., Green, J., Armstrong, B., et Wilkinson, P. (2009). Effect of 20 mph traffic speed zones on road injuries in London, 1986-2006: controlled interrupted time series analysis. *BMJ*. 339: b4469.

Gunier, R.B., Hertz, A., Von Behren, J., et Reynolds, P. (2003). Traffic density in California: socioeconomic and ethnic differences among potentially exposed children. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 13: 240-246.

Haddon, W., Jr. (1973). Energy damage and the ten countermeasure strategies. *J Trauma*. 13: 321-331.

Haddon, W., Jr. (1980). Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public Health Rep*, 95: 411-421.

Hagel B.E. (2006). Arguments against helmet legislation are flawed. *BMJ*, 332:725-6.

Hagel, B.E., Rizkallah, J.W., Lamy, A., Belton, K L., Jhangri, G.S., Cherry, N., Rowe, B.H. et collab. (2006). Bicycle helmet prevalence two years after the introduction of mandatory use legislation for under 18 year olds in Alberta, Canada. *Injury Prevention*. 12(4), 262-265. doi: 10.1136/ip.2006.012112

Hamel, D., Pampalon, R. (2002). Traumatismes et défavorisation au Québec. Québec : Institut national de santé publique (INSPQ).

Harlos, S., Warda, L., Buchan, N., Klassen, T. P., Koop, V.L., Moffatt, M.E.K. et collab. (1999). Urban and rural patterns of bicycle helmet use: Factors predicting usage. *Injury Prevention*. 5(3), 183-188. doi: 10.1136/ip.5.3.183.

Harris M.A., Reynolds C.C.O., Winters M., Cripton P.A., Shen H., Chipman M. et collab. (2013). Comparing the effects of infrastructure on bicycling injury at intersections and non-intersections using a case–crossover design. *Injury Prevention*. doi:10.1136/injuryprev-2012-040561.

Hedlund, J. (2000). Risky business : safety regulations, risk compensation, and individual behavior. *Injury Prevention*. 6(2), 82-89. Doi:10.1136/ip.6.2.82.

Irvine, A. (2002). Bicycle helmet-wearing variation and associated factors in Ontario teenagers and adults. *Canadian Journal of Public Health*. 93(5), 368-373.

Jacobsen, P.L., 2003. Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Inj Prev*. 9:205-209.

Ji, M., Gilchick, R.A., Bender, S. J.et collab. (2006). Trends in helmet use and head injuries in San Diego County: the effect of bicycle helmet legislation. *Accid Anal Prev*. 38(1), 128-134. doi:10.1016/j.aap.2005.08.002

Johansson R. (2009). Vision Zero-Implementing a policy for traffic safety. *Safety Science.* 47: 826-831. doi:10.1016/j.ssci.2008.10.023

Johnston I. (2004). Reducing injury from speed related road crashes. *Inj Prev*. 10(5):257-259.

Jones, S.J., Lyons, R.A., John, A., et Palmer, S.R. (2005). Traffic calming policy can reduce inequalities in child pedestrian injuries: database study. *Inj Prev*. 11: 152-156.

Joseph, B., Pandit, V., Zangbar, B., Amman, M., Khalil, M., O'Keeffe, T., Rhee, P. (2014). Rethinking bicycle helmets as a preventive tool: a 4-year review of bicycle injuries. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 40(6), 729-732. doi:10.1007/s00068-014-0453-0

Joseph, B., Pandit, V., Zangbar, B., Rhee, P. (2016). Response for letter to the editor « Rethinking bicycle helmets as a preventive tool: A 4-year review of bicycle injuries ». *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 42, 337-338. doi: 10.1007/s00068-016-0653-x

Karkhaneh, M., Kalenga, J.C., Hagel, B.E., Rowe, B. H et collab. (2006). Effectiveness of bicycle helmet legislation to increase helmet use: A systematic review. *Injury Prevention*. 12(2), 76-82. doi: 10.1136/ip.2005.010942.

Karkhaneh, M., Rowe, B.H., Duncan Saunders, L., Voaklander, D., et collab., Hagel, B. (2011). Bicycle helmet use after the introduction of all ages helmet legislation in an Urban Community in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Public Health*. 102(2), 134-138.

Karkhaneh, M., Rowe, B.H., Duncan Saunders, L., Voaklander, D., Hagel, B.E. (2013). Trends in head injuries associated with mandatory bicycle helmet legislation targeting children and adolescents. *Accident Analysis and Prevention*. 59, 206-2012.

Kindig D, Stoddart G. (2003) What is population health? *Am J Public Health*. 93(3):380-383.

Klein, K., Thompson, D., Scheidt, P., Overpeck, M., Gross, L., et collab. (2005). Factors associated with bicycle helmet use among young adolescents in a multinational sample. *Injury Prevention*. 11(5), 288-293. doi: 10.1136/ip.2004.007013

Laflamme, L., Burrows, S., Hasselberg, M. (2009). *Socioeconomic differences in injury risks; A review of findings and a discussion of potential countermeasures*. World Health Organization (WHO). 136 p.

Langley, J.D., Dow N, Stephenson S, Kypri K. (2003). Missing cyclists. *Inj Prev*. 9:376-379.

Lardelli-Claret, P., de Dios Luna-del-Castillo, J., Jiménez-Moleón, J. J., García-Martín, M., LeBlanc, J. Beattie, T.L. et Culligan, C. (2002). Effect of legislation on the use of bicycle helmets. *Canadian Medical Association Journal*. 166 (5): 592-595.

Lee, B.H-Y., Schoefer, J.L. et Koppelman, F.S. (2005). Bicycle safety helmet legislation and-bicycle-related non-fatal injuries in California. *Accident analysis and prevention.* 37(1), 93-102. Doi : 10.1016/j.aap.2004-07-001.

Lessard, R., Drouin, L., King, N., Morency, P., Sicard, N., Smargiass, A., Lapierre, L. (2005). *Impacts sur la santé publique du projet de prolongement de l'autoroute 25 entre l'autoroute 440 et le boulevard Henri-Bourassa, et solutions proposées*. Présenté au Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE). Direction de santé publique de Montréal, 30 p. 13 juin 2005.

Lessard, R., Drouin, L., King, N., Thérien, F., Morency, P., Perron, S., Paquin, S., Smargiassi, A. (2009). *Mémoire du directeur de la santé publique sur le projet de reconstruction du complexe Turcot*. Présenté au Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE). 58 p., 15 juin 2009.

Lessard, R., Drouin, L., Thérien, F., King, N., Morency, P., Moisan, J.L., Pinard, M. (2007). *Mémoire sur le Plan de transport de Montréal. Présenté à la Commission de l'agglomération montréalaise sur l'environnement, le transport et les infrastructures*. Direction de santé publique, Montréal, 27 p. 29 août 2007.

Li Z., Wang, W., Liu, P., Ragland, D.R. (2012). Physical environments influencing bicyclists' perception of comfort on separated and on-street bicycle facilities Zhibin. *Transportation Research Part D*. 17:256-261.

Lusk, A.C., Furth, P.G., Morency P., Miranda-Moreno, L.F., Willett, W.C., Dennerlein, J.T. (2011). Risk of injury for bicycling on cycle tracks vs in the street. *Injury Prevention*. Apr;17(2):131-5. Epub 2011 Feb 9.

Macpherson A, Spinks A. (2010). *Bicycle helmet legislation for the uptake of helmet use and prevention of head injuries*. Cochrane Database of Systematic Reviews, doi:10.1002/14651858.CD005401.pub3.

Macpherson, A.K., Macarthur, C., To, T.M., Chipman, M.L., Wright, J.G., et coll., Parkin, P.C. (2006). Economic disparity in bicycle helmet use by children six years after the introduction of legislation. *Injury Prevention*. 12(4), 231-235. doi:10.1136/ip.2005.011379.

Macpherson, A. K., Parkin, P. C., et collab., To, T. M. (2001). Mandatory helmet legislation and children's exposure to cycling. *Injury Prevention*, 7(3), 228-230. doi:10.1136/ip.7.3.228

Macpherson, A. K., To, T. M. Macarthur, C., To, T. M., Chipman, M. L., Wright, J. G. (2002). Impact of Mandatory Helmet Legislation on Bicycle-Related Head Injuries in Children: A Population-Based Study. *Pediatrics*. 110 (5):1-5.

Massé, R., Drouin, M., Perron, S., Tétreault, L.F., Morency, P., Paquin, S., Drouin, L., Goudreau, S. Tessier, F., (2016). *Projet de réseau électrique métropolitain de transport collectif.* Présenté au Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE) le 30 septembre.

McGuire, L. et Smith, N. (2000). Cycling safety: Injury prevention in Oxford cyclists. *Injury Prevention.* 6(4), 285-287. Doi:10.1136/ip.6.4.285.

Minikel E. (2012). Cyclist safety on bicycle boulevards and parallel arterial routes in Berkeley, California. *Accident Analysis and Prevention*. (45):241– 247.

Miranda-Moreno, L.F., Morency, P., Geneidy, A. (2011). The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian-vehicle collision occurrence at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention*. Sep;43(5):1624-34. Epub Apr.

Morency, P., Archambault, J., Cloutier, M.S., Tremblay, M., Plante, C. (2015). Major urban road characteristics and injured pedestrians: A representative survey of intersections in Montréal (Canada). *Canadian Journal of Public Health.* Oct;106(6):e388-94. doi: 10.17269/cjph.106.4821.

Morency, P., Cloutier, M.S. (2005). *Distribution géographique des blessés de la route sur l'île de Montréal; cartographie pour les 27 arrondissements*. Direction de santé publique de Montréal, 158 p.

Morency, P., Cloutier, M.S. (2006). From targeted "black spots" to area-wide pedestrian safety. *Injury Prevention*. Dec;12(6):360-4.

Morency, P., Gauvin, L., Plante, C., Fournier, F., Morency, C. (2011). Analyse désagrégée des facteurs environnementaux associés au nombre d'enfants. *Cahiers de Géographie du Québec*. Dec:55(156):449-468.

Morency, P., Gauvin, L., Plante, C., Fournier, F., Morency, C. (2012). Neighbourhood Social Inequalities in Road Traffic Injuries: A Multilevel Analysis Showing the Influence of Traffic Volume and Road Design. *American Journal of Public Health*. June;102(6):1112-1119. Epub 2012 Apr 19.

Morency, P., Grondines, J., Pépin, F., Tessier, F., Archambault, J. (2013). *Comparaison de la sécurité des déplacements en automobile et en autobus de la STM*. 48e Congrès de l'Association québécoise du transport et des routes (AQTR), 25 mars.

Morency, P., Pépin, F., Tessier, F., Strauss, J., Morency, C., Plante, C., Grondines J. (2017). Traveling by bus instead of car on urban major roads: Safety benefits for vehicle occupants, pedestrians and cyclists. Transportation Research Board (TRB) 96th annual meeting. Paper number 17-01216. January 10.

Morency, P., Tessier, S., Massé, R., Drouin, M., Duclos, V., Goudreau, S., Perron, S., Plante, C., Tessier, F., Tétreault, L.F. (2017). *Vers l'amélioration de la sécurité routière pour tous*. Présenté à la consultation publique de la SAAQ sur la sécurité routière. 36p., 27 février 2017.

Morency, P., Thérien, F., King, N. (2011). *Vélo et partage du réseau routier*. Présenté à la Commission permanente sur le transport et les travaux publics de la Ville de Montréal. 11 p., 23 novembre.

Morency, P., Archambault, J., Cloutier, M.S., Tremblay, M., Plante, C., Dubé, A.S. (2013). *Sécurité des piétons en milieu urbain : enquête sur les aménagements routiers aux intersections*. Agence de la santé et des services sociaux, Direction de santé publique, Montréal, 34 p.

Morency, P., Tessier, F., Thérien, F., Archambaul,t J. (2013). *La sécurité des piétons à Montréal : améliorer les aménagements routiers*. Présenté à la Commission permanente sur le transport et les travaux publics de la Ville de Montréal. 36 p.

Morency, P., Tessier, F., Goudreau, S., Plante, C., Perron, S., Tessier, S. (2017). *Sécurité et véhicules lourds : Vision zéro et approche environnementale*. Présenté à la consultation publique montréalaise sur la cohabitation sécuritaire et les véhicules lourds en milieu urbain. P. 19 avril.

Morency, P. (2010). *Potentiel d'une approche populationnelle orientée vers la reconfiguration des environnements urbains pour améliorer la sécurité des piétons* (Thèse de doctorat). Département de médecine sociale et préventive, Université de Montréal.

Mulvaney, C.A., Smith, S., Watson, M.C., Parkin, J., Coupland, C., Miller, P., McClintock, H. (2015). *Cycling infrastructure for reducing cycling injuries in cyclists*. Cochrane Database of Systematic Reviews(12). doi: 10.1002/14651858.CD010415.pub2

Olivier, J., Walter, S.R., Grzebieta R.H. (2013). Long term bicycle related head injury trends for New South Wales, Australia following mandatory helmet legislation. *Accident Analysis and Prevention*. 50:1128– 1134.

Olivier, J. et Creighton, P. (2016). Bicycle injuries and helmet use : a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Epidemiology*. 1-15. Doi:10.1093/ije/dyw153.

Owen, R., Kendrick, D., Mulvaney, C., Coleman, T., Royal, S. (2012). *Non-legislative interventions for the promotion of cycle helmet wearing by children*. Cochrane Database of Systematic Reviews. doi: 10.1002/14651858.CD003985.pub3.

Phillips, R.O., Fyhri, A., Sagberg, F. (2011). Risk compensation and bicycle helmets. *Risk Analysis*. 31(8):1187-1195.

Pucher, J. et Buehler R. (2012). City Cycling.

Pucher J, Dill J, Handy, S. (2010). Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. *Preventive medicine*. Suppl 1:S106-25. doi:10.1016/j.ypmed.2009.07.028. Epub 2009 Sept. 16.

Pucher, J. et Buehler, R. (2008). Making cycling irresistible : Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews*. 28(4), p. 495-528. Doi:10.1080/01881640701806612.

Pucher, J., Dijkstra, L. et collab. (2003). Promoting Safe Walking and Cycling to Improve Public Health: Lessons from The Netherlands and Germany. *American Journal of Public Health*. 93(9), p. 1509-1516.

Reynolds, Conor C.O., Harris, M. Anne, Teschke, Kay, Cripton, Peter A., et collab., Winters, Meghan. (2009). The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature. *Environmental Health*. 8, 47-47. doi:10.1186/1476-069X-8-47

Rissel, C. (2012). The impact of compulsory cycle helmet legislation on cyclist head injuries in New South Wales, Australia: A rejoinder. *Accident Analysis and Prevention.* 45,107-109. doi:10.1016/j.aap.2011.11.017

Ritter, N., Vance, C. et collab. (2011). The determinants of bicycle helmet use: Evidence from Germany. *Accident Analysis and Prevention*. 43(1), p.95-100. doi: 10.1016/j.aap.2010.07.016

Rivara, F.P., Thompson, D.C., Thompson, R.S. (1997) Epidemiology of bicycle injuries and risk factors for serious injury. *Injury Prevention*. (3):110–114.

Roberts, I. Wentz. R., Edwards. P. (2006). Car manufacturers and global road safety: a word frequency analysis of road safety documents. *Inj Prev*. 12(5):320-322.

Robinson, D.L. (2007). Bicycle helmet legislation: Can we reach a consensus? *Accident Analysis and Prevention*. 39(1),86-93. doi:10.1016/j.aap.2006.06.007

Robinson, D. L. (2006). No clear evidence from countries that have enforced the wearing of helmets. *BMJ*. 332:722–5.

Robinson, D.L. (1996). Head injuries and bicycle helmet laws. *Accident Analysis and Prevention*. 28(4)463-475. doi:10.1016/0001-4575(96)00016-4

Robitaille, É., Bellingeri, F. Nauroy, E. (2016). *Liens entre les caractéristiques de l'environnement bâti et la pratique sécuritaire du vélo : synthèse de connaissances*. Québec : Institut national de santé publique (INSPQ).

Rodgers, S.E., Jones, S.J., Macey, S.M. (2010). Using geographical information systems to assess the equitable distribution of traffic-calming measures: translational research. *Injury Prevention*. 16:7-11

Rodgers, G.B. (1995). Bicycle helmet use patterns in the United states. A description and analysis of national survey data. *Accident Analysis and Prevention*. 27(1)43-56. doi:10.1016/0001-4575(94)00044-M

Rose, G. (1992). *The strategy of preventive medicine*. Oxford University Press.

Rose, G. (1985). Sick individuals and sick populations. *Int J Epidemiol.* 14:32-38.

Royal, S., Kendrick, D., Coleman, T. (2008). Non-legislative interventions for the promotion of cycle helmet wearing by children. Cochrane Database of Systematic Reviews. doi: 10.1002/14651858.CD003985.pub2.

Schuurman, N., Cinnamon, J., Crooks, V.A., & Hameed, S.M. (2009). Pedestrian injury and the built environment: an environmental scan of hotspots. *BMC Public Health*, 9(233).

Scuffham, P., Alsop, J., Cryer, C., Langley, J. D.et collab. (2000). Head injuries to bicyclists and the New Zealand bicycle helmet law. *Accid Anal Prev*. 32(4), 565-573.

Sieg, G. (2016). Costs and benefits of a bicycle helmet law for Germany. *Transportation*. 43:935-949.

Sivak M. (2009). Mechanisms involved in the recent large reductions in US road fatalities. *Inj Prev*. 15:205-206. doi:10.1136/ip.2009.021964

Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). (2010) *Sondage sur le port du casque protecteur à vélo*.

Spinks, A., Turner, C., McClure, R., Acton, C. et Nixon, J. (2005). Community-based programmes to promote use of bicycle helmets in children aged 0 – 14 years: A systematic review. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*. 12:3, 131-142, doi: 10.1080/1566097042000265764.

Strauss, J., Miranda-Moreno, L.F., Morency, P. (2013). Cyclist Activity and Injury Risk Analysis at Signalized Intersections: A Bayesian Modeling Approach. *Accident Analysis & Prevention*. Oct;59:9-17. doi:10.1016/j.aap.2013.04.037.

Strauss, J., Miranda-Moreno, L.F., Morency, P. (2014). Multimodal injury risk analysis of road users at signalized and non-signalized intersections. *Accident analysis and prevention*. Oct;71:201-9. doi:10.1016/j.aap.2014.05.015.

Teschke, K., Harris, M. A., Reynolds, C.C.O., Winters, M., Babul, S., Chipman, M., Cripton, P.A. (2012). Route infrastructure and the risk of injuries to bicyclists: A case-crossover study. *American Journal of Public Health*. 102(12), 2336-2343. doi:10.2105/AJPH.2012.300762.

Teschke, K., Koehoorn, M., Shen, H., Dennis, J. et collab. (2015). Bicycling injury hospitalisation rates in Canadian jurisdictions: Analyses examining associations with helmet legislation and mode share. *BMJ Open*. 5(11). doi: 10.1136/bmjopen-2015-008052.

Tétreault, L.F., Morency, P., Drouin, L., Kaiser, D., Goudreau, S., Plante, C., Price, K., Smargiassi, A., Tessier, F. (2016). *GES, Transports et santé publique*. Présenté aux audiences de l'Office de consultation publique de Montréal sur la réduction de la dépendance aux énergies fossiles. 9 mars.

Thérien, F., Morency, P., King, N., Drouin. L. (2006). *L'Avis de la Direction de santé publique sur la Charte du piéton*. Présenté à la Commission du Conseil municipal de Montréal sur la mise en valeur du territoire, l'aménagement urbain et le transport collectif. Direction de santé publique de Montréal, 22 août.

Thomas, B. DeRobertis, M. (2013). The Safety of urban cycle tracks : A review of the litterature. *Accident Analysis & Prevention*. 52:219-227.

Thompson, D.C., Rivara, F. et Thompson, R. (2009). *Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists*. The Cochrane Collaboration.

Thompson, D.C., Thompson, F.P. et Rivara, F.P. (2001). Risk compensation theory should be subject to systematic reviews of the scientific evidence. *Injury Prevention*. 7(2), 86-88. Doi :10.1136/ip.7.2.86.

Walter, S.R., Olivier, J., Churches, T., Grzebieta, R. et collab. (2011). The impact of compulsory cycle helmet legislation on cyclist head injuries in New South Wales, Australia. *Accident Analysis and Prevention*. 43(6), 2064-2071. doi:10.1016/j.aap.2011.05.029

Walter, S. R., Olivier, J., Churches, T., Grzebieta, R. (2013). The impact of compulsory cycle helmet legislation on cyclist head injuries in New South Wales, Australia : A response. Accident Analysis and Prevention, 52, 204-209.

Webman, R., Dultz, L.A., Simon, R.J., Todd, S.R., Slaughter, D., Jacko, S., Frangos, S.G. (2013). Helmet use is associated with safer bicycling behaviors and reduced hospital resource use following injury. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 75(5), 877-881. doi:10.1097/TA.0b013e3182a85f97

Wesson, D.E., Stephens, D., Lam, K., Parsons, D., Spence, L., Parkin, P.C. et collab. (2008). Trends in pediatric and adult bicycling deaths before and after passage of a bicycle helmet law. *Pediatrics*. 122(3), 605-610. doi: 10.1542/peds.2007-1776

Winston, F.K., Rineer, C., Menon, R., Baker, S.P. 1999. The carnage wrought by major economic change: ecological study of traffic related mortality and the reunification of Germany. *BMJ*. 318(7199):1647-1650.

Woodcock, J., Alfred, R. (2008). Cars, corporations, and commodities: Consequences for the social determinants of health. *Emerging Themes in Epidemiology*. 5:4 doi:10.1186/1742-7622-5-4

Zahabi, S.A.H., Chang, A., Miranda-Moreno, L.F., Patterson, Z. (2016). Exploring the link between the neighborhood typologies, bicycle infrastructure and commuting cycling over time and the potential impact on commuter GHG emissions. *Transportation Research Part D*. 47 : 89-103.

Zangenehpour, S., Strauss, J., Miranda-Moreno, L., Saunier, N. (2016). Are signalized intersections with cycle tracks safer? A case–controlstudy based on automated surrogate safety analysis using video data. *Accident Analysis and Prevention*. 86:161–172.

Centre intégré
universitaire de santé
et de services sociaux
du Centre-Sud-
de-l'Île-de-Montréal

Québec