



HAL
open science

Impacts de l'environnement routier et cyclable sur les conflits vécus par les cyclistes dans la région urbaine de Québec

Jode Bourdeau Lessard, Philippe Apparicio, Marie-Hélène Vandermissen

► To cite this version:

Jode Bourdeau Lessard, Philippe Apparicio, Marie-Hélène Vandermissen. Impacts de l'environnement routier et cyclable sur les conflits vécus par les cyclistes dans la région urbaine de Québec. *RTS. Recherche, transports, sécurité*, 2023, 2023, 31p. 10.25578/RTS_ISSN1951-6614_2023-04. hal-04170046

HAL Id: hal-04170046

<https://hal.science/hal-04170046>

Submitted on 26 Jul 2023

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Impacts de l'environnement routier et cyclable sur les conflits vécus par les cyclistes dans la région urbaine de Québec

The impacts of road and cycling infrastructures on conflicts experienced by cyclists in the Québec City Urban Area

Jode Bourdeau Lessard, Philippe Apparicio, Marie-Hélène Vandermissen

© Univ Gustave Eiffel 2023

Résumé Bien que la pratique du vélo utilitaire procure de multiples bénéfices individuels et collectifs, elle est aussi associée à des risques de conflits, de blessures et de décès. En effet, l'exposition des cyclistes au trafic routier les rend particulièrement vulnérables. Cette étude s'intéresse aux conflits – événements sans collision – vécus par les cyclistes dans la région de Québec. L'objectif est double : évaluer l'occurrence de dix types de conflits cyclistes et identifier les types d'axes routiers et cyclables ayant un effet significatif sur les conflits. Pour ce faire, une collecte de données a été réalisée avec des vélos instrumentés (caméras et GPS) durant cinq jours en septembre 2019, avec un total de 1 741 km et de 102 heures. L'analyse des vidéos a permis d'identifier 470 conflits. La construction de trois modèles généralisés additifs logistiques a révélé les effets des types de routes et d'aménagements cyclables sur la probabilité d'un conflit avec un véhicule motorisé, une personne à pied et un autre vélo. Il en ressort que la présence d'une bande

cyclable sur rue augmente significativement la probabilité d'un conflit avec un véhicule (stationné temporairement) ou avec des personnes marchant dans la bande cyclable. De nombreux conflits se produisent sur les pistes cyclables, soit avec un véhicule à l'intersection d'une voie routière (en l'absence d'un passage cyclable peint au sol), soit le long des pistes cyclables empruntées par des personnes qui marchent ou qui courent.

Mots-clés : cyclistes, conflits, aménagement cyclable, étude quasi naturalistique, modèle généralisé additif

Abstract Although utilitarian cycling offers numerous benefits individually and collectively, it also is associated with risks of conflicts, injuries, and death. In fact, cyclists are particularly vulnerable when exposed to road traffic. This study is interested in conflicts –events without collisions– experienced by cyclists in Quebec City and Lévis. The objective of this research is double: evaluate the occurrence of all ten types of cyclist-centered conflicts and identify the type of road, cycling infrastructure, and other urban planning decisions that have a significant effect on conflicts. To do so, we collected data with equipped bikes (cameras and GPS) for five days in September 2019, for a total of 1 741 km and 102 hours of video. The video analysis has identified 470 conflicts. The construction of three logistic regression generalized additive models (GAM) revealed the effects of the type of route and cycling infrastructure on the probability of having a conflict with a motor vehicle, a pedestrian, or another cyclist. Results show that standard bike lanes on streets significantly increase the probability of a conflict with a motor vehicle (temporarily parked) or with a pedestrian (walking in the bike lane). Numerous conflicts happen on cycleways, either with a vehicle at an intersection (without a cycleway painted on the ground), or with pedestrians walking or running in the cycleway.

Jode Bourdeau Lessard (✉)
Département de géographie, Université Laval,
Pavillon Abitibi-Price, 2405, rue de la Terrasse,
Québec (Québec), G1V 0A6, Canada
Courriel : jode.bourdeau-lessard.1@ulaval.ca

Philippe Apparicio (✉) * Auteur de correspondance
Département de géomatique appliquée, Université de Sherbrooke,
2500, boulevard de l'Université,
Sherbrooke (Québec), J1K 2R1, Canada
Courriel : Philippe.Apparicio@USherbrooke.ca

Marie-Hélène Vandermissen (✉)
Département de géographie, Université Laval,
Pavillon Abitibi-Price, 2405, rue de la Terrasse,
Québec (Québec), G1V 0A6, Canada
Courriel : Marie-Helene.Vandersmissen@ggr.ulaval.ca

Keywords: cyclists, conflict, bicycle infrastructure, quasi-naturalistic study, generalized additive model.

1. Introduction

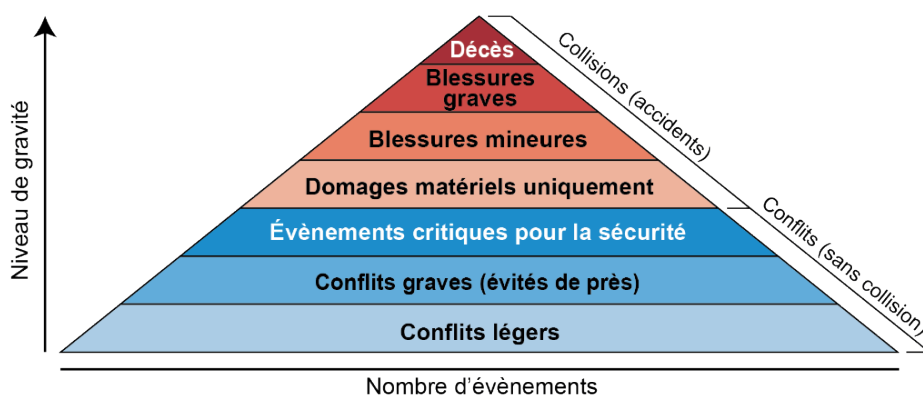
Les bénéfices de la pratique du vélo en ville sont nombreux : elle contribue à améliorer la santé physique et mentale et à réduire les coûts de santé, la pollution atmosphérique et sonore et la congestion routière [1-3]. Par contre, elle est associée à des risques pour la santé, du fait de l'exposition aux bruits routiers, aux polluants atmosphériques et au trafic routier [4]. En effet, les cyclistes sont particulièrement vulnérables sur la route et s'exposent à des risques de conflits, de blessures et de décès [5]. Ces risques représentent d'ailleurs les principaux facteurs décourageant l'utilisation du vélo utilitaire en ville [6]. Il n'est donc pas étonnant que la sécurité des cyclistes constitue un champ de recherche très actif en sécurité routière.

Les collisions entre les cyclistes et les autres usagers de la route – surtout ceux en véhicules motorisés – ont été largement analysées à partir de données indirectes provenant principalement des hôpitaux et des services de police [6-8]. Une fois géolocalisés, il est alors possible d'identifier les zones d'accumulation d'accidents impliquant des cyclistes dans une ville donnée [9-11], mais aussi d'identifier les caractéristiques de l'environnement routier ayant un impact significatif sur le risque de collision [7, 11].

Au Canada, plusieurs études utilisant des données d'accidents ont démontré que le risque de blessures varie significativement selon les types d'intersections et les types d'axes empruntés par les cyclistes [7, 12-14]. À Toronto et Vancouver, Harris *et al.* [12] signalent qu'une intersection entre deux rues locales est associée à un risque un cinquième plus faible comparativement à une intersection entre deux rues principales. Aussi, ce risque diminue de moitié aux intersections entre des axes où la vitesse de circulation est limitée à 30 km/h ou moins, tandis qu'il augmente de 7 fois lorsque le cycliste circule en sens opposé du trafic routier. Concernant les accidents en dehors des intersections, les pistes cyclables protégées et les rues locales réduisent considérablement le risque de blessure (rapports de cote de 0,05 et 0,04), tandis que les bandes cyclables et les voies protégées n'ont aucun effet protecteur ou aggravant significatif [12]. L'effet protecteur des pistes cyclables est confirmé dans deux autres études, l'une à Toronto et Vancouver (risque de blessure d'un dixième plus faible comparativement à des rues majeures sans infrastructure cyclable et avec places de stationnement) [13] et l'autre à Montréal (risque relatif d'accident par kilomètre de 0,72 comparativement aux rues sans aménagement cyclable) [7].

Bien que pertinente, cette approche basée sur des données secondaires comprend deux principales limites. Premièrement, le nombre d'accidents est souvent sous-estimé puisque les collisions avec des blessures mineures sont rarement reportées [7, 15, 16]. Deuxièmement, les accidents surviennent beaucoup moins souvent que les conflits, ce qui renvoie à la fameuse pyramide des risques d'Heinrich [17, 18] (figure 1).

Figure 1 Pyramide des risques d'Heinrich revisitée pour le cyclisme



1.1. Approches méthodologiques pour analyser les conflits des cyclistes

Un conflit est un événement sans collision défini comme « une interaction entre un vélo et un véhicule motorisé, une personne à pied ou un autre vélo, et où au moins l'une des personnes impliquées doit changer de vitesse ou de

direction pour éviter l'autre » [19] (p. 4, traduction libre). Parmi les conflits sans collision, bien que les conflits légers ne soient pas des quasi-accidents, ils occasionnent une gêne et peuvent contribuer au sentiment d'inquiétude des cyclistes [20], surtout lorsqu'ils impliquent un véhicule motorisé.

Quatre principales approches sont mobilisées pour analyser les conflits en milieu urbain : enquêtes auprès de cyclistes [21, 22], observations à des sites fixes [14, 23-30], études naturalistiques [31-33] et études quasi naturalistiques [19, 34-37] avec des vélos instrumentés de caméras et de GPS.

Premièrement, le recours aux enquêtes est très utile pour comprendre les perceptions des cyclistes sur différents aménagements cyclables. Sans surprise, il en ressort que les aménagements cyclables protégés, c'est-à-dire séparant les cyclistes du trafic routier, sont perçus comme plus sécuritaires [21]. Bien qu'intéressante, cette approche ne porte pas habituellement sur les conflits, mais plutôt sur le sentiment de sécurité des cyclistes.

Deuxièmement, l'observation à des sites fixes est surtout et avant tout mobilisée pour analyser les conflits aux intersections, soit avec des observateurs sur le terrain [27, 29], soit avec des vidéos extraites de caméras fixes et analysées manuellement ou automatiquement [14, 23-26, 28]. L'intérêt d'une telle approche est multiple : repérer le ou la partenaire du conflit (différents types de véhicules motorisés, personne à pied, autre cycliste) [23, 27, 30], évaluer le niveau de sévérité des conflits, notamment en fonction du temps estimé avant la collision [14, 24, 37], identifier différents types de conflits selon la trajectoire du véhicule (véhicule tournant à droite, véhicule tournant à gauche, véhicule provenant d'une rue perpendiculaire) [23, 28, 37] et analyser les conflits aux intersections comprenant une piste cyclable en fonction de sa configuration [23, 24]. Par exemple, une étude danoise a montré que les traversées cyclables peintes au sol diminuent significativement le nombre de conflits [23]. En résumé, les études d'observation visent à collecter des données à un endroit spécifique (quasi uniquement des intersections) et occultent ainsi les conflits se produisant hors des intersections.

Troisièmement, afin de combler cette lacune, les études naturalistiques sont mobilisées pour repérer tous les conflits vécus par des cyclistes durant leurs parcours habituels [31-33]. Elles offrent ainsi des informations sur la fréquence de différents conflits : dépassements dangereux [38], risques d'emportierage [39], conflits selon le mode de déplacement de l'autre personne impliquée (à pied, à vélo, en véhicule motorisé) [32], etc. Bien qu'intéressante, cette approche requiert beaucoup d'équipements (vélos, caméras, GPS, appareil mesurant la distance latérale de sécurité, etc.) [40] et de personnes participantes puisque ces dernières réalisent souvent des trajets relativement courts (en temps et en kilomètres) durant la journée.

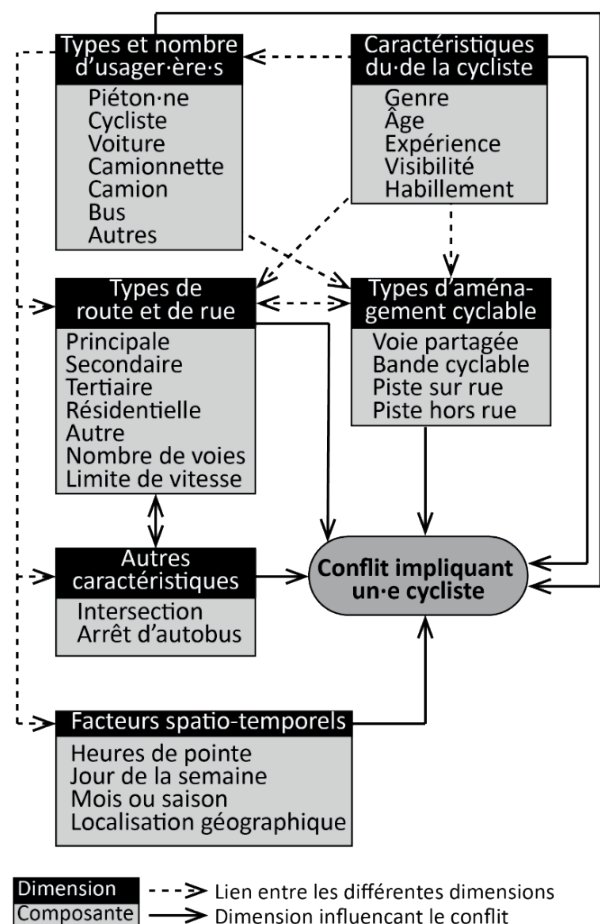
Quatrièmement, les études quasi naturalistiques sont très semblables aux précédentes. Toutefois, la collecte est réalisée par une équipe de recherche (personnes enseignantes ou étudiantes). L'avantage principal est alors de maximiser la couverture de la ville, la couverture

temporelle (jour de la semaine et moment de la journée) et la diversité des environnements traversés puisque les cyclistes vont généralement rouler de 60 à 100 kilomètres par jour [19, 34-37]. Par conséquent, cette approche est mobilisée dans le cadre de cette étude.

1.2. Objectifs et cadre théorique de la recherche

L'étude vise à répondre à deux objectifs spécifiques : 1) évaluer l'occurrence des différents types de conflits vécus par les cyclistes dans la région de Québec et 2) identifier les types d'axes routiers et cyclables concourant à diminuer ou à augmenter significativement la probabilité qu'un ou une cycliste vive un conflit. Pour analyser les conflits impliquant des cyclistes, nous proposons le cadre conceptuel présenté à la figure 2. Les facteurs pouvant influencer la probabilité d'un conflit vécu par un ou une cycliste sont regroupés en six dimensions : types et nombre de personnes empruntant la route, caractéristiques des cyclistes, types de routes et de rues, types d'aménagements cyclables, autres caractéristiques et facteurs spatio-temporels.

Figure 2 Cadre conceptuel avec les différentes dimensions influençant les conflits



2. Méthodologie

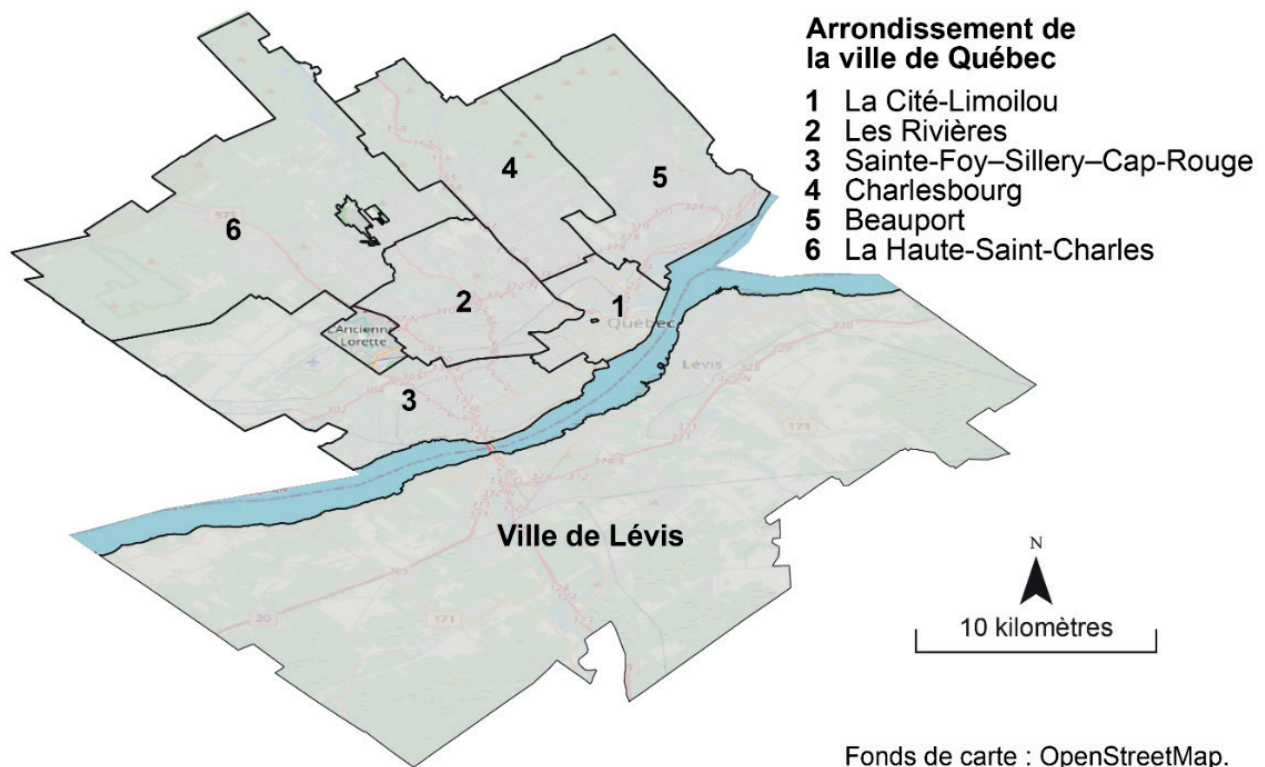
2.1. Justification du territoire d'étude

Les études québécoises sur la sécurité des cyclistes ont quasi uniquement été menées à Montréal [7, 14, 34, 35], à l'exception d'une étude régionale sur la MRC d'Arthabaska [11]. Autrement dit, à notre connaissance, il n'existe pas d'études abordant la question des conflits impliquant des cyclistes dans la ville de Québec, qui est pourtant la deuxième ville la plus peuplée de la province.

Les villes de Québec et de Lévis constituent le terrain d'étude, soit les deux municipalités les plus importantes de la Communauté métropolitaine de Québec (figure 3), avec respectivement 546 424 et 146 080 habitants en 2016 et des superficies de 450 km² et de 191 km² [41]. La ville

de Lévis est adjacente à celle de Québec, mais séparée par le fleuve Saint-Laurent (figure 3). Deux raisons ont motivé le choix de limiter le territoire à l'étude aux villes de Québec et de Lévis; ou, autrement dit, de ne pas retenir celui de région métropolitaine de recensement (RMR) de Québec ou encore celui de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ). D'une part, la part modale du vélo est plus élevée dans ces deux municipalités de la CMQ (tableau S1, matériel supplémentaire). La longueur du réseau cyclable est également plus grande à Québec et à Lévis, respectivement 306 et 323 km [42, 43], nous permettant d'analyser une grande variété d'aménagements, mais aussi les zones avec absence d'aménagement. D'autre part, en raison de la taille de la CMQ (3 408 km²), il aurait été plus chronophage de réaliser une collecte de données primaires à vélo sur le territoire complet de la CMQ.

Figure 3 Territoire d'étude



2.2. Collecte des données primaires sur les conflits

La collecte de données dans les villes de Québec et de Lévis a été effectuée par quatre personnes (un professeur, deux étudiants et une étudiante de 2^e et 3^e cycle) durant cinq jours de semaine de septembre 2019 (3, 5, 6, 9 et 10). Cette période a été choisie afin d'avoir des conditions normales de circulation (retour au travail et aux études après la période des vacances d'été). Chaque cycliste a parcouru environ 100 kilomètres par jour sur des trajets prédéterminés et variés afin d'obtenir un échantillon de tous les types d'axes routiers existant dans la région (à

l'exception des routes rurales). Autrement dit, l'objectif était de maximiser à la fois la couverture spatiale de la région et la diversité des types d'axes empruntés. Pour ce faire, les trajets ont été tracés préalablement avec Google MyMaps. Au total, 1 741 km ont été parcourus à vélo durant 102 heures sur les deux rives du fleuve Saint-Laurent (figure 4) entre 8 h et 19 h (figure 5). Il est à noter que le nombre d'observations est plus limité entre midi et 14 h puisqu'une pause repas et repos était accordée aux cyclistes et qu'il était nécessaire de recharger les appareils.

Figure 4 Trajets effectués à vélo à Québec et à Lévis

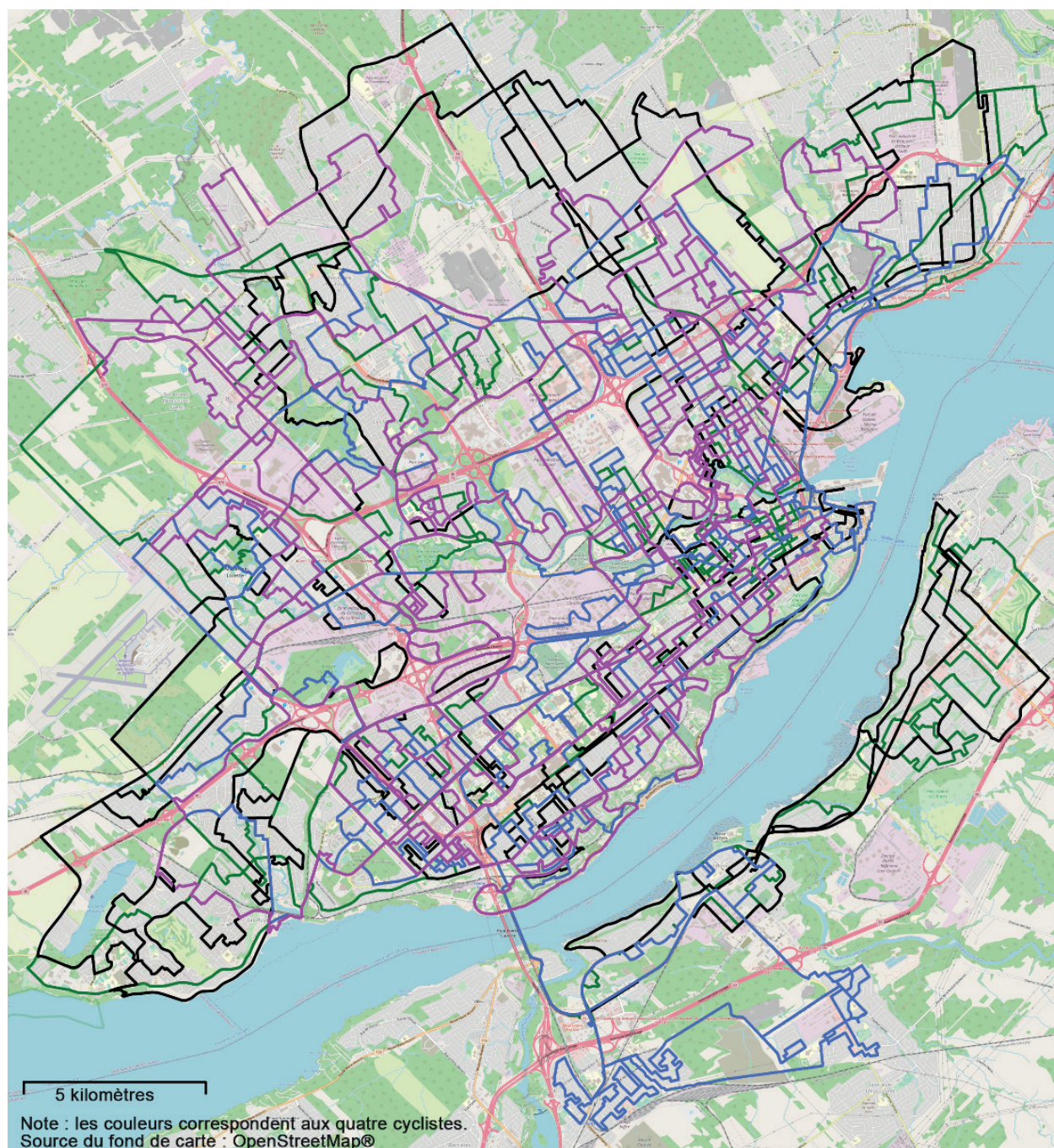
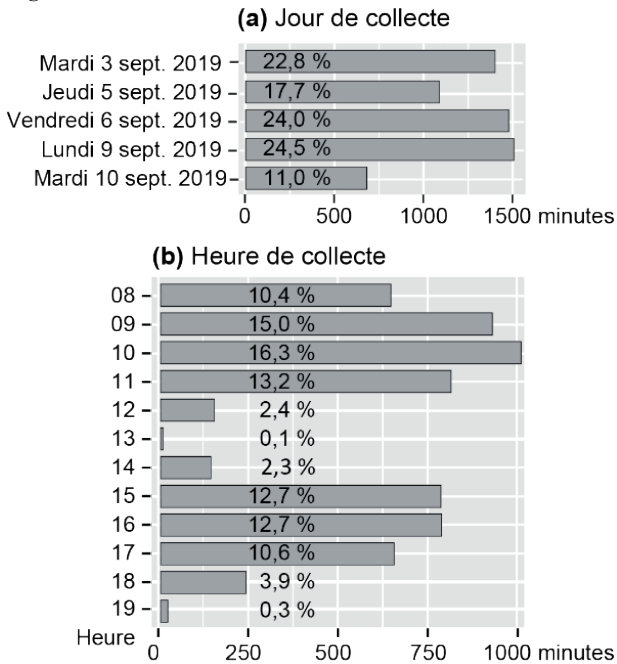


Figure 5 Jours et heures de collecte

Les quatre personnes participantes ont roulé avec des vélos identiques (vélos hybrides Rocky Mountain RC 10 Performance), équipés de quatre appareils : 1) un téléphone cellulaire pour suivre le trajet dans Google MyMaps, 2) une montre GPS (Garmin Forerunner 920 XT) pour enregistrer la localisation géographique chaque seconde, 3) deux caméras d'action (Garmin Virb) afin d'enregistrer une vidéo frontale et une vidéo latérale (vers la gauche du cycliste) du trajet et 4) un appareil à ultrasons Codaxus C3FT pour mesurer la distance latérale de dépassement des véhicules motorisés. Excepté la montre GPS attachée au poignet, tous les appareils sont fixés sur le guidon du vélo.

Chaque matin, les horloges des différents appareils étaient synchronisées afin de pouvoir fusionner les données de l'ensemble des dispositifs avec l'heure précise (HH:MM:SS). Tous les soirs, les données étaient enregistrées sur un ordinateur et les appareils étaient rechargés, pour être réinstallés sur les vélos avant le départ le lendemain matin. L'étude a été approuvée par le comité d'éthique en recherche de l'Institut national de la recherche scientifique (CER 19-509).

2.3. Identification des conflits

Une revue de littérature sur les conflits vécus par les cyclistes a permis d'identifier et de retenir dix types de conflits pour cette étude [23, 27, 29-32, 34, 35, 37-39, 44, 45] : 1) conflit avec un ou une autre cycliste, 2) conflit avec une personne à pied, 3) dépassement latéral dangereux, 4) même voie tournant à droite, 5) voie opposée tournant à gauche, 6) voie perpendiculaire, 7) stationnement illégal, 8) porte de véhicule, 9) autres conflits et 10) erreur du ou de la cycliste. Il est à noter que les six conflits, numérotés de 3 à 8 ci-dessus, impliquent

tous un véhicule motorisé. La description détaillée des dix types de conflits, appuyée d'illustrations, est reportée au tableau S2 du matériel supplémentaire.

L'analyse des vidéos, reconnue comme une technique permettant l'identification très détaillée des conflits [19], a été utilisée dans le cadre de cette étude. Concrètement, pour repérer les conflits sur les 102 heures de vidéos enregistrées lors de la collecte, nous avons utilisé le logiciel libre VIFECO [46]. Ce logiciel permet d'annoter manuellement des vidéos à partir d'une typologie préalablement définie par l'utilisateur et d'exporter les résultats dans un fichier au format *json*. L'analyse des vidéos a été réalisée en trois phases afin d'optimiser le processus d'identification des conflits :

1. L'analyse de dix vidéos choisies aléatoirement (de 20 à 60 minutes chacune) a été effectuée par deux personnes (première auteure et second auteur). Cette première phase a permis d'améliorer le guide de comptage des conflits sur les vidéos.
2. Une fois le guide de comptage finalisé, deux analystes (première auteure et une étudiante de 1^{er} cycle en géographie) ont visionné individuellement l'ensemble des vidéos.
3. La troisième phase a consisté à évaluer la concordance entre les comptages des deux analystes et à corriger les cas discordants. La concordance totale entre les deux analystes s'est avérée élevée (taux d'accord de 81,2 %). Tous les conflits (concordants et discordants) ont été visionnés une nouvelle fois par les deux analystes et un membre expert (second auteur). Cette opération a permis de valider tous les cas concordants et surtout de corriger les cas discordants.

Les fichiers *json* extraits de VIFECO [46] ont ensuite été appariés aux traces GPS (un point par seconde) sur la base de l'heure précise (HH:MM:SS) et exportés au format *Shapefile*.

2.4. Données secondaires sur les réseaux routiers et cyclables

Puisque le type d'axe emprunté peut augmenter ou diminuer la probabilité qu'un ou une cycliste ait un conflit, nous avons extrait les données spatiales sur les réseaux routiers et cyclables d'OpenStreetMap (OSM) [47]. En effet, à partir des champs *Highway* et *Cycleway* des données gratuites d'OSM, il est possible d'identifier les types d'axes (primaire, secondaire, tertiaire, résidentiel, voie de desserte, chemin piétonnier, piste cyclable hors rue, etc.) et les types d'infrastructures cyclables sur rue (voie cyclable protégée sur rue, bande cyclable, voie partagée) empruntés par les cyclistes lors de la collecte. Les définitions des types de rues et d'infrastructures cyclables sont reportées aux tableaux S3 et S4 du matériel supplémentaire. Les traces GPS ont été ensuite appariées spatialement au réseau OSM à l'aide

d'un script Python [48]. Brièvement, le script permet de déplacer le point GPS vers le tronçon le plus proche et d'ajouter au *Shapefile* les champs *Highway* et *Cycleway* d'OSM.

2.5. Modélisation des conflits

Afin de vérifier si l'occurrence ainsi que le type de conflit varient selon les types de rues et d'aménagements cyclables, nous avons construit trois modèles généralisés additifs (GAM) de type logistique [49] dans le logiciel R [50] avec le *package* MGCV [51]. Signalons d'emblée qu'en raison des faibles effectifs de certaines catégories de conflits, nous avons regroupé les dix catégories en fonction du type du mode de déplacement utilisé par la personne impliquée. Ainsi, les variables dépendantes pour ces trois modèles sont respectivement les conflits impliquant un véhicule motorisé ($n = 150$), une personne à pied ($n = 248$) et un autre vélo ($n = 55$).

Concernant les observations du modèle, nous avons utilisé les conflits répertoriés sur les vidéos (événements de conflits) et d'autres points des trajets choisis au hasard pour lesquels aucun conflit n'a été répertorié (événements de référence). Tel que proposé récemment [34], le processus de modélisation comprend trois étapes :

1. La sélection aléatoire de deux fois plus d'événements de référence que de conflits afin d'éviter que le jeu de données ne soit déséquilibré.
2. La répétition de la première étape (1 000 itérations). Nous obtenons ainsi 1 000 jeux de données. Sur chacun d'eux, nous calculons un modèle de régression généralisé additif. Ce processus correspond ainsi à une technique de *bootstrap*.
3. À partir des 1 000 modèles, nous avons calculé la moyenne des rapports de cote et leurs intervalles de confiance à 95 % (percentiles 2,5 % et 97,5 % des rapports de cote). De la même façon, nous avons calculé les moyennes des statistiques d'ajustement de modèle (AIC, R^2 ajusté et pourcentage de la déviance expliquée), ainsi que les intervalles de confiance à 95 %.

Plusieurs types de variables indépendantes ont été introduites dans le modèle, certaines de contrôle, d'autres explicatives, et ce, avec des effets soit linéaires, soit non linéaires (tableau 1).

Premièrement, l'occurrence et le type de conflit peuvent varier selon les cyclistes (genre, expérience, type de conduite, etc.). Par conséquent, les identifiants des quatre cyclistes membres de l'équipe de recherche sont introduits comme une variable nominale de contrôle (effet linéaire). Aussi, la vitesse du vélo est introduite sous la forme d'une *spline* (effet non linéaire).

Deuxièmement, l'occurrence et les types de conflits peuvent varier dans le temps et l'espace. Concernant le temps, il est possible que les conflits soient plus fréquents certains jours de la semaine et à certaines périodes, notamment durant les heures de pointe. Concernant l'espace, il est probable que les conflits varient en fonction des caractéristiques de l'environnement urbain et soient plus nombreux dans certains secteurs de la ville (notamment les quartiers centraux dans lesquels la circulation routière est habituellement plus dense). Par conséquent, la journée est introduite dans le modèle comme une variable nominale de contrôle (effet linéaire). À l'instar de travaux récents [34, 35, 52], le moment de la journée (minutes écoulées depuis 8 h du matin) et les coordonnées géographiques ($s(x,y)$) sont introduits dans le modèle comme des variables de contrôle sous forme de *splines* (effets non linéaires).

Troisièmement, une fois ces facteurs contrôlés, nous évaluons l'effet des variables explicatives, soit le type d'axe routier (primaire, secondaire, tertiaire, résidentiel, piste cyclable hors rue) et le type d'aménagement cyclable (piste cyclable protégée sur rue, bande cyclable, voie partagée) emprunté par le ou la cycliste.

Tableau 1 Variables introduites dans les trois modèles généralisés additifs logistiques

Type	Nom	Dimension	Famille	Effet
Dépendante	Conflit impliquant un véhicule motorisé	--	Dichotomique	
	Conflit impliquant un ou une autre cycliste		Dichotomique	
	Conflit impliquant une personne à pied		Dichotomique	
Contrôle	Identifiant de la personne participante	FC	Nominale	Linéaire
	Vitesse du vélo	FC	Continue	Non linéaire
	Jour de la semaine	FST	Nominale	Linéaire
	Moment de la journée	FST	Continue	Non linéaire
	Localisation géographique	FST	Continue	Non linéaire
Explicative	Type d'axe routier	FR	Nominale ^a	Linéaire
	Type d'aménagement cyclable	FIC	Nominale ^b	Linéaire

FC : facteurs associés aux cyclistes. **FST** : facteurs spatiotemporels. **FR** : facteurs associés aux types de rues. **FIC** : facteurs associés aux types d'infrastructures cyclables. ^a Modalités : route primaire, route secondaire, route tertiaire, voie de desserte (service), rue résidentielle, chemin piétonnier, chemin générique, route non classée. ^b Modalités : piste cyclable (hors rue), voie cyclable protégée sur rue, bande cyclable sur rue, voie partagée.

Signalons qu'il aurait été possible d'introduire d'autres variables explicatives relatives au réseau routier : présence d'un arrêt d'autobus, zone scolaire ou zone de 30 km/h, indicateurs de densité du trafic (débits journaliers moyens annuels [DJMA] ou encore indicateurs de trafic en temps réel en comptant sur les vidéos le nombre de véhicules croisés). À cela s'ajoutent bien d'autres indicateurs relatifs à l'environnement urbain : densité populationnelle, densité d'emplois, mixité fonctionnelle du sol, densité du réseau routier, etc. Toutefois, l'introduction de ces indicateurs dans les modèles n'a pas été faite par souci de parcimonie. Autrement dit, cela aurait pu entraîner une surspécification du modèle. Aussi, nous supposons que ces caractéristiques de l'environnement urbain qui varient souvent fortement dans l'espace sont en grande partie captées par la *spline* spatiale ($s(x,y)$) et que leurs effets simples ne sont pas assez forts pour être introduits linéairement sous la forme de plusieurs variables [34, 35, 52].

3. Résultats

3.1. Occurrence des différents types de conflits

Avant d'analyser les résultats des modèles, nous proposons ici une brève exploration des données sur les conflits.

Parmi les dix types de conflits retenus (tableau 2), ceux avec une personne à pied représentent la majorité des conflits observés ($n=246, 52,34\%$), suivis de ceux avec un autre vélo ($n=55, 11,70\%$) et avec un véhicule motorisé venant d'une voie perpendiculaire ($n=48, 10,21\%$). Les autres catégories de conflits représentent chacune moins de 10 % de l'ensemble des conflits. Nous avons répertorié également 66 dépassements dangereux (à moins d'un mètre) sur un total de 3179 dépassements, soit un dépassement dangereux tous les 48 dépassements. Malheureusement, l'appareil Codaxus, mesurant la distance de dépassement, n'a pas enregistré de valeurs durant le quart des trajets. Par conséquent, les dépassements dangereux ne seront pas intégrés dans les analyses subséquentes, étant donné que leur couverture spatiale et temporelle est différente de celle des autres conflits répertoriés. Autrement dit, durant la période de collecte des données, 470 conflits ont été identifiés, soit un conflit toutes les 13,1 minutes ou un conflit tous les 3,7 kilomètres. La localisation de l'ensemble des conflits est présentée à la figure 6 tandis que la localisation des conflits selon le type est illustrée aux figures S1 à S3 du matériel supplémentaire.

Tableau 2 Occurrence des conflits selon leur type

Type de conflits	N	%
Conflit avec une personne à pied	246	52,34
Conflit avec un ou une autre cycliste	55	11,70
Voie perpendiculaire	48	10,21
Stationnement illégal	42	8,94
Porte de véhicule ouverte	26	5,53
Erreur du ou de la cycliste	15	3,19
Même voie tournant à droite	14	2,98
Voie opposée tournant à gauche	12	2,55
Autres conflits	12	2,55
Sous-total	470	100,00
Dépassement dangereux	66	

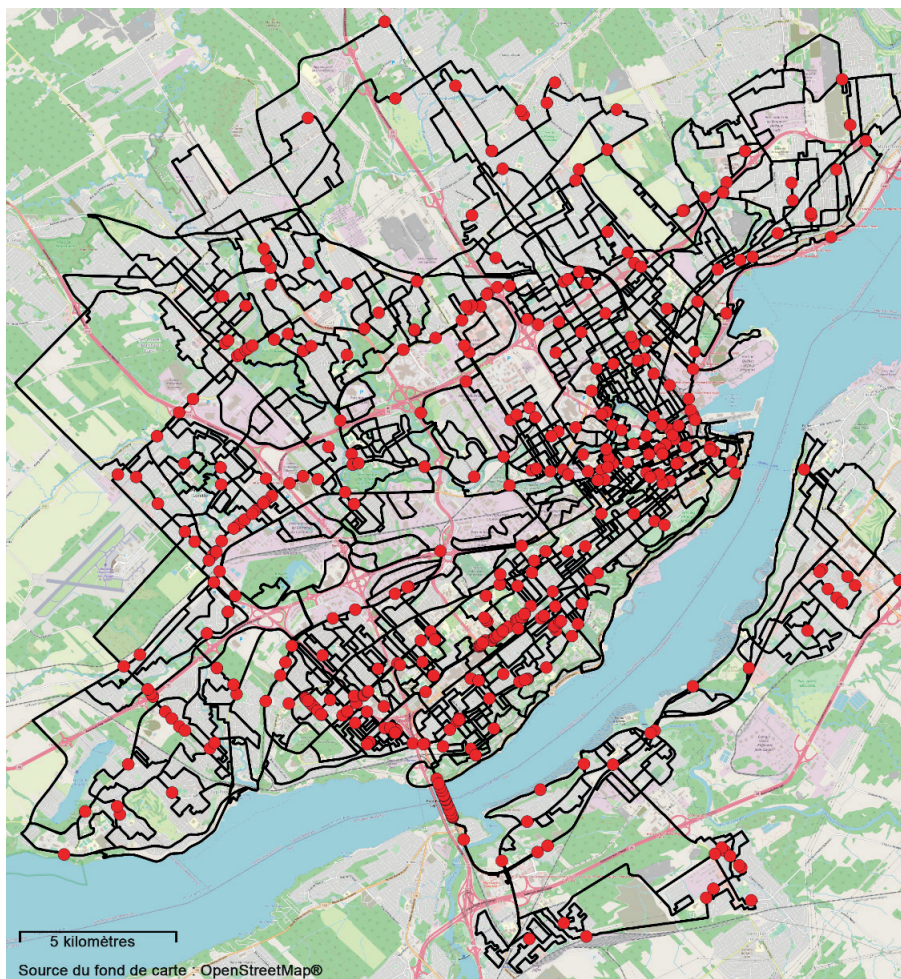
Afin d'analyser les fréquences des conflits selon le type d'axe ou d'aménagement cyclable emprunté, un ratio a été calculé comme suit :

$$r_p = \frac{T_p}{N_p} \quad [1]$$

avec T_p étant le nombre de minutes roulées par les personnes participantes sur un type d'axe ou d'aménagement cyclable p (par exemple, une route secondaire) et N_p étant le nombre de conflits répertoriés sur ce type d'axe ou de voie cyclable. La valeur du ratio r_p représente ainsi un conflit toutes les n minutes. Plus sa valeur est faible, plus les conflits sont fréquents et inversement. Ces ratios sont reportés au tableau 3.

La route primaire est l'endroit où la valeur du ratio est la plus élevée, soit un conflit toutes les 36 minutes, ce qui signifie qu'il y a proportionnellement moins de conflits sur ce type d'axe, suivi de près par les voies de desserte (service) et les routes secondaires (28,0 et 26,5 minutes). Par contre, les conflits sont plus fréquents sur les routes tertiaires et les rues résidentielles (respectivement un conflit toutes les 11,52 et 15,71 minutes).

Les voies cyclables protégées sur rue (1,91 minute), les bandes cyclables (5,55 minutes), les pistes cyclables hors rue (7,55 minutes) et les voies partagées (15,09 minutes) présentent les ratios les plus faibles. Il y a donc proportionnellement plus de conflits sur les aménagements cyclables que sur les axes routiers. Cela s'explique par le fait que les conflits avec des personnes à pied ou à vélo sont plus fréquents sur les infrastructures cyclables que sur les axes routiers. Or, ces deux types de conflits représentent 64,68 % de l'ensemble des conflits.

Figure 6 Trajets (1 741 kilomètres) et conflits répertoriés (n = 470)**Tableau 3** Occurrence des conflits selon le type d'axe routier et d'aménagement cyclable

Type d'axe routier ou type de voie cyclable	Trajets		Conflits		
	Minutes	%	Conflits	%	Ratio
Route primaire	324	5,27	9	1,91	36,00
Route secondaire	954	15,53	36	7,66	26,50
Route tertiaire	991	16,14	86	18,30	11,52
Voie de desserte (service)	56	0,91	2	0,43	28,00
Rue résidentielle	2577	41,95	164	34,89	15,71
Chemin piétonnier	223	3,63	42	8,94	5,31
Chemin générique	25	0,41	0	0,00	0,00
Route non classée	11	0,17	1	0,21	11,00
Piste cyclable (hors rue)	982	15,99	130	27,66	7,55
Voie cyclable protégée sur rue	63	1,03	33	7,02	1,91
Bande cyclable sur rue	583	9,48	105	22,34	5,55
Voie partagée	166	2,70	11	2,34	15,09

3.2. Résultats de la modélisation

3.2.1 Qualité d'ajustement des trois modèles

Les résultats des trois modèles de régression sont reportés dans le tableau 4. Les statistiques de qualité d'ajustement

signalent que les modèles complets expliquent une part non négligeable de déviance totale et surtout bien supérieure à la partie expliquée par les modèles incluant uniquement les variables de contrôle. Cela souligne l'apport important des variables explicatives relatives aux types de rues et d'aménagements cyclables

empruntés. Les modèles pour les conflits avec d'autres cyclistes et avec les personnes à pied (B et C) sont plus performants que le modèle de conflits avec les véhicules motorisés (A). Cela signifie que la probabilité qu'il y ait un conflit avec un véhicule motorisé est plus complexe à expliquer et dépend certainement d'autres facteurs qui ne sont pas intégrés dans le modèle. Il est aussi possible qu'un conflit avec un véhicule motorisé se produise dans

des circonstances beaucoup plus aléatoires que celui avec un autre vélo ou celui avec une personne à pied. Quoiqu'il en soit, les modèles permettent de révéler plusieurs associations significatives intéressantes entre la présence d'un conflit selon le mode de transport de l'autre personne impliquée et les variables explicatives relatives aux types d'axes routiers et aux types d'aménagements cyclables sur rue.

Tableau 4 Résultats des trois modèles généralisés additifs (logistiques) selon le mode de transport de l'autre personne impliquée

	Véhicule (modèle A)		À pied (modèle B)		Vélo (modèle C)	
	Rapport de cote		Rapport de cote		Rapport de cote	
	Moy.	IC (95 %) ^a	Moy.	IC (95 %) ^a	Moy.	IC (95 %) ^a
Constante	0,245	[0,162–0,398]	0,440	[0,310–0,643]	0,055	[0,016–0,200]
Variabiles de contrôle						
Termes linéaires						
Lundi	Réf.		Réf.		Réf.	
Mardi	1,171	[0,760–1,780]	0,860	[0,625–1,192]	1,637	[0,616–4,451]
Jeudi	1,065	[0,646–1,825]	0,905	[0,590–1,386]	3,021	[0,949–10,121]
Vendredi	1,571	[0,994–2,467]	0,809	[0,567–1,139]	0,684	[0,242–2,030]
ID1	Réf.		Réf.		Réf.	
ID2	0,809	[0,509–1,236]	0,692	[0,484–0,995]	2,006	[0,563–6,160]
ID3	1,147	[0,756–1,700]	0,976	[0,684–1,402]	2,448	[0,728–7,738]
ID4	0,993	[0,642–1,500]	0,551	[0,377–0,793]	1,495	[0,367–5,719]
Termes non linéaires (<i>splines</i>)						
s(Vitesse km/h) – nœuds	1,339	[1,000–2,354]	2,863	[2,359–3,316]	1,062	[1,000–1,737]
s(Vitesse km/h) – valeur de <i>p</i>	0,530	[0,110–0,965]	0,002	[0,000–0,010]	0,598	[0,124–0,972]
s(Passed8AM) – nœuds	1,451	[1,000–3,229]	1,280	[1,000–2,411]	1,233	[1,000–2,954]
s(Passed8AM) – valeur de <i>p</i>	0,073	[0,001–0,361]	0,216	[0,009–0,801]	0,354	[0,022–0,926]
s(X,Y) – nœuds	3,270	[2,000–6,873]	10,422	[2,497–7,847]	5,811	[2,000–11,794]
s(X,Y) – valeur de <i>p</i>	0,188	[0,004–0,617]	0,282	[0,003–0,771]	0,230	[0,008–0,675]
Variabiles explicatives						
Rue résidentielle	Réf.		Réf.		Réf.	
Piste cyclable hors rue	1,262	[0,877–1,909]	4,292	[3,141–6,011]	2,280	[0,926–6,480]
Chemin piétonnier	0,964	[0,481–2,051]	0,951	[0,450–2,157]	12,983	[2,525–77,168]
Route primaire	0,499	[0,278–0,974]	0,190	[0,104–0,327]	0,962	[0,178–7,857]
Route secondaire	0,584	[0,358–0,982]	0,186	[0,114–0,291]	– ^b	– ^b
Route tertiaire	1,324	[0,880–2,018]	0,417	[0,274–0,643]	0,476	[0,111–2,049]
Aucun aménagement cyclable sur rue	Réf.		Réf.		Réf.	
Piste cyclable sur rue	36,506	[6,956–205E4]	54,979	[19,00–250,82]	– ^b	– ^b
Bande cyclable	7,052	[4,376–11,913]	7,529	[4,907–12,060]	10,606	[2,002–76,119]
Voie partagée	1,821	[0,940–4,724]	1,807	[0,978–4,204]	– ^b	– ^b
Qualité d'ajustement						
Modèle avec les variables de contrôle uniquement						
R ²	0,024	[0,001–0,063]	0,123	[0,084–0,165]	0,522	[0,421–0,617]
Déviante expliquée (%)	0,040	[0,019–0,079]	0,130	[0,095–0,165]	0,508	[0,388–0,611]
Modèle complet						
R ²	0,175	[0,127–0,222]	0,254	[0,209–0,299]	0,548	[0,447–0,651]
Déviante expliquée (%)	0,166	[0,127–0,208]	0,244	[0,203–0,285]	0,535	[0,436–0,657]

^a Intervalle de confiance à 95% du rapport de cote.

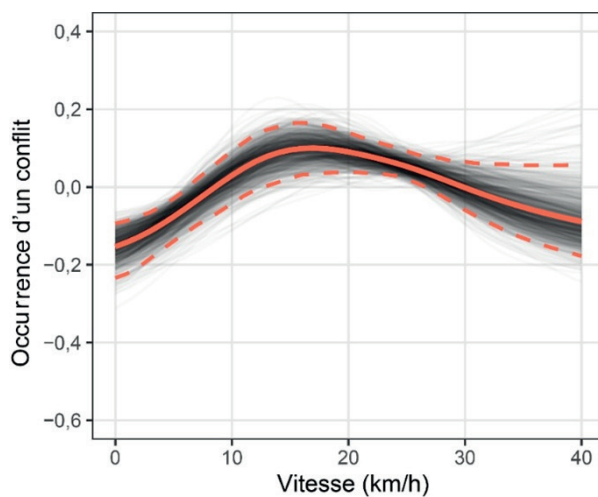
^b Aucun conflit avec une autre personne à vélo n'a été répertorié sur les rues secondaires, les pistes cyclables sur rue et les voies partagées. Par conséquent, ces types d'axes n'ont pas été inclus ni dans la sélection des événements de référence ni dans le modèle C.

Note : les rapports de cote ou les nœuds en gras sont significatifs au seuil de 5 %.

3.2.2 Variables de contrôle pour les trois modèles

Signalons d'emblée qu'aucune variable de contrôle (personne participante, jour de la semaine, moment de la journée, position géographique) n'est significative pour les modèles *véhicule* et *vélo* (A et C, tableau 4). La position géographique n'étant pas significative, cela confirme que l'ajout de variables telles la densité de population et la densité de commerces n'aurait pas été pertinent dans ce cas. En revanche, les effets de la personne participante et de la vitesse sont significatifs au seuil de 5 % pour le modèle *personne à pied* (C). La vitesse du vélo exerce donc une influence positive sur la probabilité d'un conflit avec une personne à pied, surtout entre 10 et 25 km/h (figure 7).

Figure 7 Effet marginal de la vitesse sur l'occurrence d'un conflit avec une personne à pied



lignes rouges : pleine (moyenne pour la spline), pointillée (IC à 95%).
lignes noires : spline pour les 1000 modèles.

3.2.3 Variables explicatives pour les conflits avec un véhicule motorisé

Les rapports de cote et leurs intervalles de confiance à 95 % montrent que certains types d'axes routiers et certains types d'aménagements cyclables sur rue ont un impact significatif sur la probabilité d'un conflit avec un véhicule motorisé (tableau 4, modèle A). Rouler sur une route primaire (RC = 0,50; IC (95 %) = 0,28–0,97) ou sur une route secondaire (RC = 0,58; IC (95 %) = 0,36–0,98) réduit respectivement la probabilité d'un conflit de 50 % et de 58 % comparativement à une rue résidentielle. Cela ne nous informe toutefois pas sur la gravité du conflit, qui pourrait être plus sérieuse sur ces axes majeurs en raison de la vitesse plus importante des véhicules motorisés. Autrement dit, bien que la probabilité de conflit soit plus faible sur les routes primaires, ces dernières ne sont toutefois pas plus sécuritaires pour les cyclistes puisque, si le conflit se termine par une collision avec un véhicule motorisé, le risque de blessures graves risque d'être important, ce qui renvoie en quelque sorte à l'approche populationnelle de Geoffrey Rose visant une réduction

des facteurs de risque pour l'ensemble de la population [53]. À l'inverse, rouler sur une piste cyclable sur rue et sur une bande cyclable augmente respectivement de 37 et de 7 fois la probabilité d'un conflit. Or, les conflits avec les véhicules sur une piste cyclable sur rue sont surtout de type *voie perpendiculaire*; ils se produisent donc à une intersection entre une piste cyclable protégée sur rue et une voie routière perpendiculaire. Quant aux conflits avec un véhicule motorisé sur une bande cyclable, ils sont très majoritairement causés par des stationnements illégaux sur la bande cyclable.

3.2.4 Variables explicatives pour les conflits avec une personne à pied

Les rapports de cote et leurs intervalles de confiance pour le modèle des conflits avec une personne à pied mettent en exergue deux principaux résultats (tableau 4, modèle B). Premièrement, comparativement à une rue résidentielle, rouler sur une route majeure, qu'elle soit primaire (RC = 0,19; IC (95 %) = 0,10–0,33), secondaire (RC = 0,19; IC (95 %) = 0,11–0,29) ou tertiaire (RC = 0,42; IC (95 %) = 0,27–0,64), réduit très fortement la probabilité d'un conflit avec une personne à pied. Cela s'explique certainement par le fait que ces personnes empruntent moins fréquemment ces axes majeurs comparativement aux rues résidentielles, surtout pour la marche récréative. Deuxièmement, la probabilité d'un conflit avec une personne à pied augmente très fortement sur les aménagements cyclables, à hauteur de 55 fois (RC = 55,0; IC (95 %) = 19,00–250,82) sur une piste cyclable sur rue, de huit fois (RC = 7,53; IC (95 %) = 4,91–12,06) sur une bande cyclable et de quatre fois (RC = 4,29; IC (95 %) = 3,14–6,01) sur une piste cyclable hors rue. Cela pourrait s'expliquer certainement par le fait que dans la zone d'étude, de nombreuses personnes utilisent les aménagements cyclables pour de la marche récréative et même utilitaire.

3.2.5 Variables explicatives pour les conflits avec un autre vélo

Pour ce dernier modèle, nous notons qu'emprunter un chemin piétonnier ou une bande cyclable augmente respectivement de 13 et 11 fois la probabilité d'un conflit avec un ou une autre cycliste (tableau 4, modèle C). Signalons que la voie du pont de Québec emprunté par les cyclistes, seule voie empruntable pour les cyclistes entre les deux rives du fleuve Saint-Laurent, est classée comme chemin piétonnier et qu'elle n'est pas assez large pour que deux cyclistes y circulent en sens opposé. Les rapports de cote qui sont égaux à zéro pour les routes secondaires et les voies partagées s'expliquent par le fait que nous n'y avons pas répertorié de conflit.

4. Discussion

À la suite de l'identification des limites de l'étude, la discussion des résultats s'appuiera sur deux tableaux croisés (tableaux S4 et S5, matériel supplémentaire) et sur des photographies extraites des vidéos des trajets. Nous distinguerons les conflits avec les véhicules motorisés (stationnements illégaux, portes ouvertes, intersections avec une traversée cyclable) et ceux avec les autres usagers (personnes à pied dans les voies cyclables et le cas spécifique du pont de Québec) et formulerons plusieurs recommandations.

4.1. Limites de l'étude

Bien que nous ayons choisi une période de collecte avec des conditions de circulation jugées normales (début septembre 2019), les résultats ne s'appliquent qu'à cette période et ne peuvent pas être généralisés à l'ensemble de l'année, et particulièrement à la saison hivernale. Aussi, les données représentent les conditions de circulation et les aménagements cyclables dans la ville de Québec. Bien que ces conditions puissent être relativement similaires à celles d'autres villes du Québec, voire de l'Amérique du Nord, il peut être hasardeux de généraliser les résultats à d'autres villes dans le monde.

Il est possible que l'équipement sur les vélos ait influencé le comportement de certaines personnes. La visibilité des appareils fixés sur le guidon pourrait avoir mené des automobilistes à ralentir ou à laisser plus de place aux cyclistes de peur d'être filmés. Précisons toutefois que ces appareils sont peu visibles d'un véhicule motorisé arrivant à l'arrière des cyclistes.

L'une des forces de notre étude est aussi l'une de ses faiblesses. Nous avons défini dix types de conflits bien détaillés; malheureusement, certains types présentaient des fréquences relativement faibles après les trajets sur le terrain. Par conséquent, il est parfois difficile de tirer des conclusions précises sur chacun des conflits détaillés, puisque nous avons dû les regrouper. Il aurait été intéressant de mener une étude quasi naturalistique sur une période plus longue afin de répertorier un plus grand nombre de conflits. Rappelons toutefois que quatre cyclistes ont roulé 1741 km et recueilli un total de 102 heures de vidéos durant cinq jours. Augmenter le nombre de journées et d'heures de collecte aurait nécessité l'implication d'autres personnes, ce qui n'était pas possible en raison du nombre limité d'appareils (vélos, caméras, appareils de distance, GPS, etc.). De plus, l'analyse des vidéos pour l'identification des conflits n'est pas automatique et nécessite plusieurs analystes et un nombre colossal d'heures de travail.

Finalement, nous n'avons pas évalué le degré de dangerosité des conflits, ce qui est relativement difficile à mesurer à partir d'une vidéo enregistrée par une caméra fixée sur un vélo en mouvement. Toutefois, une étude

récente [54] a proposé une méthodologie innovante pour qualifier la gravité du conflit en quatre catégories définies selon la sévérité de la manœuvre d'évitement, la distance entre la personne à vélo et l'autre partie impliquée dans le conflit et la vitesse des véhicules (A. conflit grave avec une collision évitée de justesse, B. conflit avec un risque important de collision, C. conflit avec une distance modérée pour éviter une collision, D. conflit sans conséquence immédiate pour la sécurité du cycliste). Dans une étude ultérieure, nous pourrions appliquer cette approche pour qualifier la dangerosité des conflits identifiés. Il conviendrait toutefois de s'assurer de l'obtention d'un bon taux d'accord entre les différents analystes.

4.2. Conflits avec les véhicules motorisés

4.2.1 Les stationnements illégaux dans les bandes cyclables : enjeux de sécurité et d'éducation routières

La quasi-totalité des stationnements illégaux (36 sur 42) a eu lieu sur des bandes cyclables (tableau S6, matériel supplémentaire). Ce résultat corrobore ceux d'une récente étude quasi naturalistique menée à Montréal [34]. Certains conducteurs et certaines conductrices considèrent la bande cyclable comme un endroit propice à un stationnement temporaire de leur véhicule sans trop empiéter sur la voie routière; ce conflit est potentiellement accidentogène puisque les cyclistes sont forcés de sortir de l'infrastructure cyclable et de s'exposer ainsi au trafic routier (figure 8). Aussi, cette manœuvre contribue à augmenter la probabilité d'un dépassement dangereux (à moins d'un mètre) par un véhicule motorisé [35]. Lorsque possible, il conviendrait de convertir les bandes cyclables en pistes cyclables sur rue protégée. Une meilleure éducation et une sensibilisation auprès des conducteurs et des conductrices de véhicules motorisés, combinés à plus de contrôles policiers, contribueraient certainement à réduire le nombre de stationnements illégaux dans les aménagements cyclables.

Figure 8 Exemple de stationnements illégaux répertoriés durant la collecte

4.2.2 La dangerosité des portes ouvertes des véhicules motorisés

Les ouvertures de porte sont rarement considérées dans les études de conflits. Pourtant, elles représentent une forte dangerosité puisque des blessures graves peuvent résulter d'un emportiérage [7, 15, 16]. Nous avons répertorié 26 ouvertures de porte devant les cyclistes participant à la collecte (figure 9). Le visionnement des vidéos a révélé que les cyclistes ont dû faire une manœuvre d'évitement rapide, en s'exposant davantage dans la rue. Sur les 26 conflits, 23 ont eu lieu sur des tronçons sans aménagement cyclable (tableau S6, matériel supplémentaire) et 20 sur des rues résidentielles (tableau S5, matériel supplémentaire). Cette situation

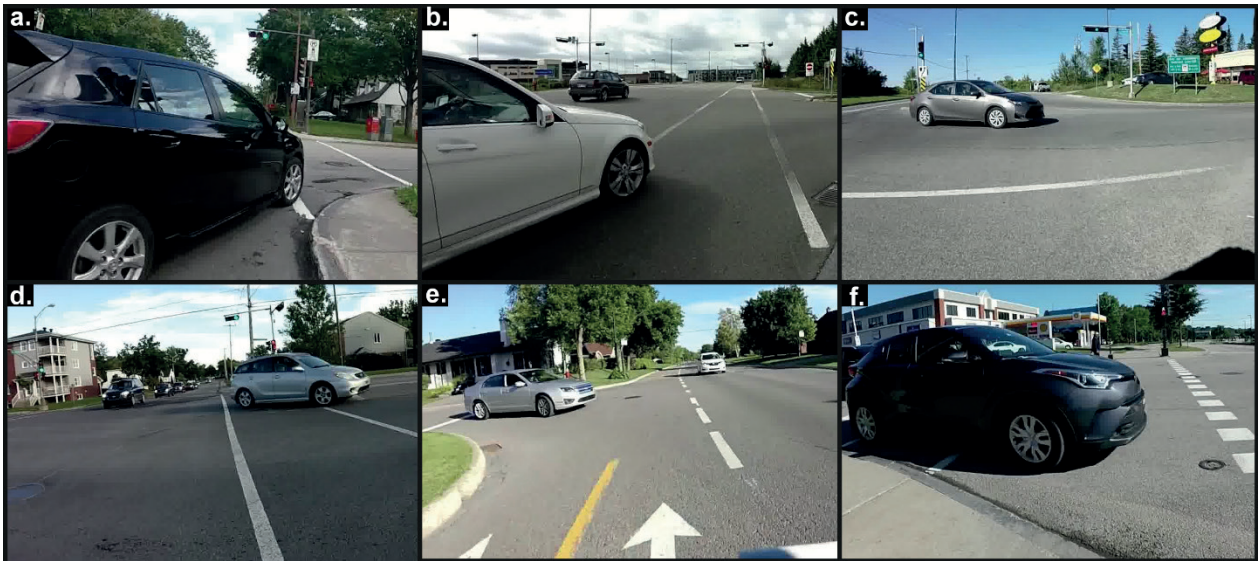
s'explique certainement par le fait que plus de personnes se stationnent dans les rues résidentielles et qu'il n'y a souvent pas d'aménagement cyclable pour protéger les cyclistes. Lorsque possible, il serait alors judicieux d'aménager une infrastructure cyclable, en évitant qu'elle soit à la gauche des stationnements ou collée à ces derniers. Aussi, il faudrait favoriser une meilleure éducation sur les risques d'emportiérage auprès des conducteurs et des conductrices de véhicules motorisés. À cet égard, la méthode du *Dutch Reach* [55, 56] mériterait certainement d'être enseignée dans les cours de conduite automobile, ce que vient d'adopter récemment (avril 2023) la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ).

Figure 9 Exemples d'ouverture de portes répertoriés durant la collecte

4.2.3. Conflits et dangerosité des intersections avec une traversée cyclable : un enjeu de signalisation

À titre de rappel, trois principaux types de conflits ont été répertoriés aux intersections : même voie tournant à droite ($n = 14$, figure 10.a et b), voie opposée tournant à gauche ($n = 12$, figure 10.c et d) et voie perpendiculaire ($n = 48$, figure 10.e et f). Ce dernier type de conflit entre les cyclistes et les véhicules motorisés s'est surtout produit lors de la traversée d'une piste cyclable hors rue ($n = 13$) ou sur rue ($n = 8$) et moins fréquemment lors de la traversée d'une bande cyclable ($n = 6$) (tableaux S5 et S6, matériel supplémentaire), soit une situation

largement documentée dans la littérature [23, 57]. Cette situation se manifeste lorsque les conducteurs ou les conductrices de véhicules motorisés coupent les cyclistes ou simplement les bloquent en s'arrêtant dans la piste cyclable afin d'effectuer un virage (figure 10.c et d). Il est probable que ces personnes n'ont pas connaissance de l'existence d'une piste cyclable traversant l'intersection ou l'oublie tout simplement. Un meilleur aménagement des intersections – entre autres un passage cyclable peint au sol – permettrait certainement de rappeler la présence potentielle de cyclistes à l'intersection et de réduire ainsi considérablement les conflits [23].

Figure 10 Exemple de conflits aux intersections avec une traversée cyclable

4.3. Conflits avec les autres usagers de la route

4.3.1. Conflits entre cyclistes : le mauvais aménagement du pont de Québec

La majorité des 55 conflits entre cyclistes (60 %) sont survenus sur le pont de Québec entre les municipalités de Québec et de Lévis. Les autres occurrences se sont réparties de façon aléatoire sur le territoire d'étude. Aussi, très peu de conflits ont eu lieu sur les aménagements cyclables : six sur des pistes cyclables hors rue, six sur

des bandes cyclables et aucun sur une piste cyclable sur rue ou une voie partagée (tableaux S5 et S6, matériel supplémentaire). Signalons que le passage sur le pont est classifié comme un passage piétonnier sans voie spécifiquement dédiée aux vélos, et qu'il est très étroit de surcroît (figure 11). Le croisement de deux cyclistes roulant en sens inverse (particulièrement en marchant à côté du vélo) devient alors difficile. Cela est d'autant plus regrettable que le pont de Québec est la seule voie permettant de relier à vélo les deux rives du fleuve.

Figure 11 Passage étroit du pont de Québec

4.2.3 Personnes à pied dans les voies cyclables : enjeux d'aménagement et d'éducation

Plus de la moitié des 470 conflits répertoriés ont eu lieu avec des personnes à pied ($n = 246$, 52,34 %), dont 102 sur une piste cyclable hors rue (non multifonctionnelle), 21 sur une piste cyclable sur rue, 44 sur une bande cyclable et 5 sur une voie partagée (tableau S4 et S5, matériel supplémentaire). Ces résultats corroborent ceux d'une récente étude montréalaise ayant démontré que la majorité des conflits entre cyclistes et personnes à pied arrivent sur des aménagements cyclables [34], mais aussi d'autres études avec des vélos instrumentés menées à Valence (Espagne) [19] et à Stockholm (Suède) [58].

Bien que ce type de conflit représente moins de risques qu'avec un véhicule motorisé, il n'en demeure pas moins une source de stress, d'inconfort, voire d'irritant pour les personnes impliquées. Le visionnement des vidéos a permis de repérer quatre principaux cas de figure :

- Une personne marchant dans la rue, la piste ou la bande cyclable sur rue. Elle la préfère au trottoir, souvent localisé de l'autre côté de la rue (figure 12.a et b).
- Une personne marchant dans la rue ou la bande cyclable sur rue en l'absence de trottoir (figure 12.c et d). Dans de nombreux secteurs de banlieue, l'absence de trottoir est courante sur les tronçons routiers. Les personnes marchent dans les bandes et les pistes cyclables, s'y sentant plus protégées des véhicules motorisés. Autrement dit, l'absence de trottoir oblige les personnes à marcher dans la

rue ou dans la zone cyclable lorsque présente. Il s'agit clairement d'un problème d'aménagement. Ce type de conflit est potentiellement accidentogène puisque les cyclistes doivent alors sortir de la bande cyclable. Nous avons observé, dans les vidéos, des situations où le ou la cycliste qui sort de la bande cyclable pour cette raison se fait klaxonner par un véhicule motorisé. Par conséquent, pour les nouveaux développements résidentiels qui planifient des aménagements cyclables, il conviendrait de prévoir des trottoirs afin d'éviter des conflits entre ces deux types de personnes.

– *Le sportif ou la sportive courant dans la piste cyclable (hors rue ou sur rue) ou la bande cyclable* (figure 12.e). Le conflit peut être évité

si la personne reste alerte aux cyclistes et cède le passage lorsque nécessaire. Toutefois, des problèmes de communication sont courants, surtout lorsque les personnes courent avec des écouteurs, ce qui intensifie habituellement la durée du conflit.

– *Un groupe de personnes, principalement à proximité des écoles secondaires, des universités et des arrêts d'autobus* (figure 12.f, g, h). Ces endroits sont souvent propices aux attroupements de personnes qui empiètent sur la piste cyclable, voire la bloquent. Il conviendrait alors d'explorer la possibilité de réaménager certains arrêts d'autobus à proximité des infrastructures cyclables afin de réduire les conflits et de prévenir ainsi les risques d'accident.

Figure 12 Exemples de conflits avec des personnes à pied observés lors des parcours sur le terrain



Éloigner les cyclistes des véhicules motorisés contribue à améliorer leur sécurité [6]. Toutefois, les conflits avec les personnes à pied sur les infrastructures cyclables sont aussi un enjeu de sécurité [34]. Pour permettre une meilleure cohabitation entre les cyclistes et ces personnes, il faudrait s'assurer que les tronçons avec une infrastructure cyclable sont aussi dotés de trottoirs. Notons aussi qu'il y a plusieurs pistes multifonctionnelles (cyclistes et personnes à pied) dans la ville de Québec, ce qui peut habituer ces personnes à emprunter les aménagements cyclables même lorsqu'ils sont exclusifs aux cyclistes.

5. Conclusion

L'objectif principal de cet article était d'analyser les relations entre les types d'axes routiers et d'aménagements cyclables et les types de conflits entre les cyclistes et les autres personnes empruntant la route dans la région urbaine de Québec. Toutes choses étant égales par ailleurs, il en ressort que la présence d'une bande cyclable sur rue augmente significativement la probabilité d'un conflit avec un véhicule motorisé (stationné temporairement) ou avec des personnes (marchant dans la bande cyclable), comparativement à une rue sans aménagement cyclable. Ce constat est encore plus marqué sur les pistes cyclables sur rue avec trois situations et localisations distinctes : aux intersections avec une voie routière pour les conflits avec les véhicules motorisés (principalement en raison

de l'absence d'un passage cyclable peint au sol); le long des pistes cyclables avec des personnes qui marchent ou courent; à proximité d'un arrêt d'autobus desservant un établissement scolaire. À la lumière de ces résultats, bien que plusieurs études antérieures aient démontré l'effet protecteur des pistes cyclables sur le risque d'accident et de blessure, il conviendrait d'analyser la dangerosité des intersections entre les pistes cyclables et les voies routières et de mener d'autres travaux sur la cohabitation entre les cyclistes et les personnes à pied dans la région de Québec. Bien que les conflits entre les cyclistes et les personnes à pied mènent rarement à des collisions et à des blessures graves, il conviendrait de les documenter davantage afin de vérifier s'ils contribuent ou non à augmenter le sentiment d'insécurité des cyclistes, voire à dissuader plusieurs d'emprunter ces axes les séparant du trafic routier. Le recours à des méthodes qualitatives permettrait certainement d'identifier les perceptions respectives de ces trois groupes et d'identifier des pistes de solution pour une meilleure cohabitation.

Remerciements

Nous remercions chaleureusement les quatre cyclistes ayant participé à cette étude.

Financement

Ce projet a été financé par une subvention Savoir du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (435-2019-0796).

Références

- Oja, P., et al., *Health benefits of cycling: a systematic review*. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2011. **21**(4): p. 496-509
- Heesch, K.C., S. Sahlqvist, and J. Garrard, *Gender differences in recreational and transport cycling: a cross-sectional mixed-methods comparison of cycling patterns, motivators, and constraints*. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 2012. **9**(1): p. 1-12
- Mueller, N., et al., *Health impact assessment of active transportation: a systematic review*. Preventive Medicine, 2015. **76**: p. 103-114
- Gossling, S., *Urban transport justice*. Journal of Transport Geography, 2016. **54**: p. 1-9
- 5de Hartog, J.J., et al., *Do the health benefits of cycling outweigh the risks?* Environmental Health Perspectives, 2010. **118**(8): p. 1109-1116
- Reynolds, C.C., et al., *The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature*. Environmental Health, 2009. **8**(1): p. 1-19.
- Lusk, A.C., et al., *Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street*. Injury Prevention, 2011. **17**(2): p. 131-135
- Allen-Munley, C., J. Daniel, and S. Dhar, *Logistic Model for Rating Urban Bicycle Route Safety*. Transportation Research Record, 2004. **1878**(1): p. 107-115
- Kaygisiz, Ö. and G. Hauger, *Network-based point pattern analysis of bicycle accidents to improve cyclist safety*. Transportation Research Record, 2017. **2659**(1): p. 106-116
- Medeiros, R.M., I. Bojic, and Q. Jammot-Paillet, *Spatiotemporal variation in bicycle road crashes and traffic volume in berlin: Implications for future research, planning, and network design*. Future transportation, 2021. **1**(3): p. 686-706
- Cloutier, M.-S., R. Séguin, and N. Saunier, *Environnement routier et blessés cyclistes résultant d'une collision avec un véhicule: quels facteurs de risque dans un milieu régional faiblement densifié?* Cybergeog: European Journal of Geography, 2019. **893**
- Harris, M.A., et al., *Comparing the effects of infrastructure on bicycling injury at intersections and non-intersections using a case-crossover design*. Injury prevention, 2013. **19**(5): p. 303-310
- Teschke, K., et al., *Route infrastructure and the risk of injuries to bicyclists: a case-crossover study*. American journal of public health, 2012. **102**(12): p. 2336-2343
- Stipancic, J., et al., *Investigating the gender differences on bicycle-vehicle conflicts at urban intersections using an ordered logit methodology*. Accident Analysis & Prevention, 2016. **97**: p. 19-27
- Teschke, K., et al., *Bicycling crash circumstances vary by route type: a cross-sectional analysis*. BMC Public Health, 2014. **14**(1): p. 1-10
- Mulvaney, C.A., et al., *Cycling infrastructure for reducing cycling injuries in cyclists*. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2015. **12**(CD010415)
- Marshall, P., A. Hirmas, and M. Singer, *Heinrich's pyramid and occupational safety: A statistical validation methodology*. Safety Science, 2018. **101**: p. 180-189
- Hamann, C.J. and C. Peek-Asa, *Examination of adult and child bicyclist safety-relevant events using naturalistic bicycling methodology*. Accident Analysis & Prevention, 2017. **102**: p. 1-11
- Angel-Domenech, A., et al. *Traffic conflict analysis by an instrumented bicycle on cycle tracks of Valencia*. in *Proceedings of the 3rd International Cycling Safety Conference, Gothenburg, Sweden*. 2014
- Carpentier-Laberge, D. and P. Apparicio, *Freins et leviers de la pratique du vélo d'hiver à Montréal selon la perspective de cyclistes*. RTS-Recherche Transports Sécurité, 2023. **2023**: p. 14p
- Clark, C., et al., *User preferences for bicycle infrastructure in communities with emerging cycling cultures*. Transportation Research Record, 2019. **2673**(12): p. 89-102
- Pokorny, P., R. Pritchard, and K. Pitera, *Conflicts between bikes and trucks in urban areas—A survey of Norwegian cyclists*. Case Studies on Transport Policy, 2018. **6**(1): p. 147-155
- Madsen, T.K.O. and H. Lahrmann, *Comparison of five bicycle facility designs in signalized intersections using traffic conflict studies*. Transportation Research Part F, 2017. **46**: p. 438-450
- van Haperen, W., et al., *Yielding behavior and traffic conflicts at cyclist crossing facilities on channelized right-turn lanes*. Transportation Research Part F, 2018. **55**: p. 272-281

25. van der Horst, A.R.A., et al., *Traffic conflicts on bicycle paths: A systematic observation of behaviour from video*. Accident Analysis & Prevention, 2014. **62**: p. 358-368
26. Włodarek, P. and P. Olszewski, *Traffic safety on cycle track crossings—traffic conflict technique*. Journal of Transportation Safety & Security, 2020. **12**(1): p. 194-209
27. Haworth, N., A. Schramm, and A.K. Debnath, *An observational study of conflicts between cyclists and pedestrians in the city centre*. Journal of the Australasian College of Road Safety, 2014. **25**(4): p. 31-40
28. Phillips, R.O., et al., *Reduction in car-bicycle conflict at a road-cycle path intersection: Evidence of road user adaptation?* Transportation Research Part F, 2011. **14**(2): p. 87-95
29. Conway, A., et al., *Characteristics of multimodal conflicts in urban on-street bicycle lanes*. Transportation Research Record, 2013. **2387**(1): p. 93-101
30. Tageldin, A. and T. Sayed, *Developing evasive action-based indicators for identifying pedestrian conflicts in less organized traffic environments*. Journal of Advanced Transportation, 2016. **50**(6): p. 1193-1208
31. Dozza, M. and J. Werneke, *Introducing naturalistic cycling data: What factors influence bicyclists' safety in the real world?* Transportation Research Part F, 2014. **24**: p. 83-91
32. Schleinitz, K., et al., *Conflict partners and infrastructure use in safety critical events in cycling - Results from a naturalistic cycling study*. Transportation Research Part F, 2015. **31**: p. 99-111
33. Petzoldt, T., et al., *Traffic conflicts and their contextual factors when riding conventional vs. electric bicycles*. Transportation Research Part F, 2017. **46**: p. 477-490
34. Jarry, V. and P. Apparicio, *Ride in Peace: How Cycling Infrastructure Types Affect Traffic Conflict Occurrence in Montréal, Canada*. Safety, 2021. **7**(3): p. 63
35. Henao, A. and P. Apparicio, *Dangerous overtaking of cyclists in Montréal*. Safety, 2022. **8**(1): p. 16
36. Kassim, A., K. Ismail, and Y. Hassan. *A methodology for measuring the severity of cyclist/motor vehicle conflicts at signalized intersections*. in *Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering 2013: Know-How - Savoir-Faire, CSCE 2013, May 29, 2013 - June 1, 2013*. 2013. Montréal, QC, Canada: Canadian Society for Civil Engineering
37. Kassim, A., K. Ismail, and Y. Hassan, *Automated measuring of cyclist-motor vehicle post encroachment time at signalized intersections*. Canadian Journal of Civil Engineering, 2014. **41**(7): p. 605-614
38. Beck, B., et al., *How much space do drivers provide when passing cyclists? Understanding the impact of motor vehicle and infrastructure characteristics on passing distance*. Accident Analysis & Prevention, 2019. **128**: p. 253-260
39. Lawrence, B.M., et al., *Cyclist exposure to the risk of car door collisions in mixed function activity centers: A study in Melbourne, Australia*. Traffic Injury Prevention, 2018. **19**(sup1): p. S164-S168
40. Gadsby, A. and K. Watkins, *Instrumented bikes and their use in studies on transportation behaviour, safety, and maintenance*. Transport Reviews, 2020. **40**(6): p. 774-795
41. Statistique Canada, *Recensement de 2016*. 2017, Ottawa: Statistique Canada
42. Ville de Lévis, *Profil statistique de Lévis*. 2018, Québec: Ville de Lévis
43. Ville de Québec, *Vision des déplacements à vélo*. 2016, Québec: Ville de Québec
44. Guo, F., et al., *Evaluating the relationship between near-crashes and crashes: Can near-crashes serve as a surrogate safety metric for crashes?* 2010, Blacksburg, VA: Virginia Polytechnic Institute and State University
45. Dozza, M., et al., *How do drivers overtake cyclists?* Accident Analysis & Prevention, 2016. **88**: p. 29-36
46. Apparicio, P., D. Maignan, and J. Gelb, *VIFECO: an open-source software for counting features on a video*. Journal of Open Research Software, 2021. **9**(7)
47. Contributors OpenStreetMap, *OpenStreetMap*. www.openstreetmap.org, 2022
48. Apparicio, P., J. Gelb, and M.-È. Mathieu, *Un atlas-web pour comparer l'exposition individuelle aux pollutions atmosphériques et sonore selon le mode de transport*. Cybergeo: European Journal of Geography, 2019
49. Apparicio, P. and J. Gelb, *Chapitre 11 : Modèles généralisés additifs*, in *Méthodes quantitatives en sciences sociales : un grand bol d'R*. 2022, FabriqueREL et Institut national de la recherche scientifique: Montréal
50. Team R Core, *R: A language and environment for statistical computing*. 2022, Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing
51. Wood, S.N., *Generalized additive models: an introduction with R*. 2006: chapman and hall/CRC
52. Gelb, J. and P. Apparicio, *Cyclists' exposure to air and noise pollution, comparative approach in seven cities*. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 2022. **14**: p. 100619
53. Rose, G., *Sick individuals and sick populations*. International Journal of Epidemiology, 2001. **30**(3): p. 427-432
54. Rahman, Z., et al., *Using crowd sourcing to locate and characterize conflicts for vulnerable modes*. Accident; analysis and prevention, 2019. **128**: p. 32-39
55. Large, D., M. Choo, and R. Houghton. *Validating 'Dutch Reach': A Preliminary Evaluation of Far-Hand Door Opening and its Impact on Car Drivers' Head Movements*. in *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Semantic Computing, ICSC*. 2018
56. Dutch reach project. 2022 07-11-2022]; Available from: <https://www.dutchreach.org/>
57. Fournier, N., et al., *Accounting for drivers' bicycling frequency and familiarity with bicycle infrastructure treatments when evaluating safety*. Accident Analysis & Prevention, 2020. **137**: p. 105410
58. Gustafsson, L. and J. Archer, *A naturalistic study of commuter cyclists in the greater Stockholm area*. Accident Analysis & Prevention, 2013. **58**: p. 286-298

Matériel supplémentaire de l'article intitulé Impacts de l'environnement routier et cyclable sur les conflits vécus par les cyclistes dans la région urbaine de Québec

Tableau S1 Population et part modale de la bicyclette dans les 28 municipalités de la CMQ	19
Tableau S2 Définition et illustration des dix types de conflits retenus pour l'étude.....	20
Tableau S3 Les principaux types de rues associés au champ Highway d'OpenStreetMap.....	23
Tableau S4 Les types de voies cyclables associés au champ Cycleway d'OpenStreetMap.....	25
Figure S1 Conflits avec des véhicules motorisés	26
Figure S2 Conflits avec des véhicules motorisés (suite)	27
Figure S3 Conflits avec d'autres personnes empruntant la route.....	28
Tableau S5 Tableau croisé entre les types de conflits et d'axes	29
Tableau S6 Tableau croisé entre les types de conflits et d'aménagements cyclables sur rue	30

Tableau S1 Population et part modale de la bicyclette dans les 28 municipalités de la CMQ

Municipalité	Population (2019)	Superficie (km ²)	Part modale du vélo (2016) ^a
Agglomération de Québec			
Québec	546 424	453,26	1,7
L'Ancienne-Lorette	16 677	7,7	0,8
Saint-Augustin-de-Desmaures	19 388	85,8	0,5
Lévis			
Lévis	146 080	447,5	0,7
MRC de La Jacques-Cartier			
Fossambault-sur-le-Lac	2 099	11,2	0,0
Lac-Beauport	7 945	62,2	0,9
Lac-Delage	702	1,6	0,0
Lac-Saint-Joseph	262	33,3	0,0
Sainte-Brigitte-de-Laval	8 092	108,3	0,0
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	8 093	119,7	0,3
Saint-Gabriel-de-Valcartier	3 578	435,3	0,7
Shannon	6 308	63,5	0,6
Stoneham-et-Tewkesbury	9 134	668,5	0,3
MRC de La Côte-de-Beaupré			
Beaupré	3 807	22,7	0,6
Boischatel	8 148	20,0	0,5
Château-Richer	4 303	232	0,5
L'Ange-Gardien	3 823	52,6	0,5
Sainte-Anne-de-Beaupré	2 861	62,5	0,8
Saint-Ferréol-les-Neiges	3 424	84,02	0,0
Saint-Joachim	1 400	42,3	1,5
Saint-Tite-des-Caps	1 434	130,0	0,0
Saint-Louis-de-Gonzague-du-Cap-Tourmente	2	0,50	ND
MRC de L'Île-d'Orléans			
Sainte-Famille	919	50,7	0,0
Sainte-Pétronille	1 067	4,3	0,0
Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	559	29,0	0,0
Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	1 190	43,5	0,0
Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	1 790	34,9	1,3
Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans	2 004	32,3	0,0

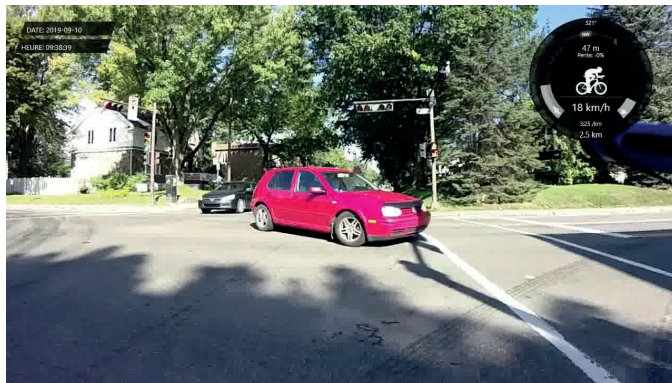
^a La part modale est calculée uniquement pour les déplacements domicile-travail (recensement de 2016 de Statistique Canada). Tableau créé à partir des informations de la Communauté métropolitaine de Québec (2019) et du recensement 2016 (Statistique Canada, 2017).

Tableau S2 Définition et illustration des dix types de conflits retenus pour l'étude

Définition	Illustration
<p>Conflit avec un ou une cycliste.</p> <p>Il se produit lorsque le ou la cycliste doit faire une manœuvre d'évitement soudaine (ralentissement, changement de trajectoire, arrêt) pour éviter une collision avec un autre vélo. Il peut y avoir différentes situations. Par exemple, un vélo arrivant d'une voie perpendiculaire ou d'un dépassement coupant la route, le ou la cycliste devant faire un arrêt ou un changement de direction brusque (manœuvre soudaine et imprévisible) ou lorsqu'il y a une irritation visible alors que le vélo allant dans la direction opposée dépasse le ou la cycliste [1]. Changer de voie pour dépasser un vélo n'est pas un conflit, si ce changement ne requiert pas une manœuvre soudaine.</p>	
<p>Conflit avec une personne à pied.</p> <p>Il se définit par une collision imminente si les deux personnes continuent leur chemin à la même vitesse et dans la même direction [2,3]. Le conflit est répertorié lorsque le vélo doit ralentir, arrêter ou dévier de sa trajectoire afin d'éviter une collision avec la personne à pied ne se trouvant pas à un endroit où il y a une priorité piétonnière, comme dans une traverse piétonnière, un trottoir ou un sentier pédestre. Si la personne à pied se retire du chemin ou fait une manœuvre permettant au vélo de continuer son chemin à la même vitesse, dans une zone où il a priorité, ce ne sera pas considéré comme un conflit. Nous simplifions donc délibérément au point de vue du vélo [2]. Si le vélo ralentit pour laisser passer une personne à pied dans une zone où il y a une priorité piétonnière, ce ne sera pas un conflit et si le vélo ne laisse pas la place alors que la personne a priorité, ce sera considéré comme une erreur du ou de la cycliste.</p>	
<p>Dépassement latéral dangereux.</p> <p>Selon des études et les lois en vigueur, il se produit lorsque le véhicule motorisé effectue un dépassement latéral d'un ou d'une cycliste à moins d'un mètre dans une zone où la vitesse permise est de 50 km/h et moins, et à moins de 1,5 mètre lorsque la limite de vitesse est de plus de 50 km/h [4].</p>	<p>D3_JL_2019-09-03_TRAJET02_SIDE.mp4</p> 
<p>Même voie tournant à droite.</p> <p>Le conflit avec un véhicule étant dans la même voie et tournant à droite se produit lorsqu'un véhicule motorisé coupe la voie au vélo en tournant à droite alors qu'il allait dans la même direction, obligeant l'un des deux à faire une manœuvre d'évitement, à ralentir soudainement ou à arrêter pour éviter une collision [5-7]. Cela s'applique aussi lorsqu'un véhicule coupe la voie du vélo en se plaçant vers la droite pour se stationner [5].</p>	

Voie opposée tournant à gauche.

Le conflit avec un véhicule étant dans la voie opposée et tournant à gauche se produit lorsqu'un véhicule motorisé allant dans la direction opposée coupe la voie du vélo en tournant à gauche, obligeant l'un des deux à faire une manœuvre d'évitement, à ralentir soudainement ou à arrêter pour éviter une collision [5-7].



Voie perpendiculaire.

Il se produit lorsqu'un véhicule situé dans une voie perpendiculaire empiète la voie du vélo ou la coupe, obligeant l'un des deux à faire une manœuvre d'évitement, à ralentir soudainement ou à arrêter pour éviter une collision [5].



Stationnement illégal.

Il se produit lorsqu'un véhicule motorisé est stationné (moteur en marche ou non) dans une voie réservée aux cyclistes, peu importe le type de véhicule motorisé (commercial ou particulier), forçant le ou la cycliste à dévier de sa trajectoire et à possiblement sortir de la voie réservée, pouvant l'exposer à la circulation [8].



Porte de véhicule.

Le conflit concernant une porte de véhicule se produit lorsqu'une personne ouvre la porte de son véhicule devant un ou une cycliste, risquant ainsi de l'emportiérer [1]. Ce conflit est parfois manquant dans les études de conflits ou exclu lorsque l'analyse est effectuée à une intersection [9]. Nous considérons qu'il peut y avoir un lien avec l'aménagement cyclable, puisque certains règlements municipaux permettent un stationnement de voiture directement à côté d'une bande cyclable. Pour être compté comme conflit, la porte du véhicule doit être ouverte au moment où le ou la cycliste passe à côté du véhicule.



Autres conflits.

Cette catégorie inclut les conflits visibles, mais qui sont inclassables dans une autre catégorie. Cette catégorie a aussi été créée pour faciliter l'analyse des vidéos, et peut être utilisée lorsqu'il y a un doute sur la catégorisation de l'évènement. Cela rend plus facile le repérage des évènements dans les vidéos et facilite les processus de vérification et de validation par une autre personne.



Erreur du ou de la cycliste.

Lorsque le ou la cycliste commet une erreur contrevenant au Code de la sécurité routière, menant à un conflit ayant pu être évité, par exemple en ne cédant pas le passage à une personne ou à un véhicule ayant la priorité, ou en ne faisant pas un arrêt obligatoire. Il peut y avoir des erreurs de décision, de réaction et d'observation [10].



Note : cycliste passant sur une lumière rouge, alors que les voitures commencent à avancer.

Tableau S3 Les principaux types de rues associés au champ Highway d’OpenStreetMap

Route primaire (primary) : route importante reliant de grandes villes ou des artères principales au sein des villes.

Ex. : Boulevard Laurier



Route secondaire (secondary) : route n’étant pas majeure, mais faisant un lien entre des routes importantes.

Ex. : Chemin Sainte-Foy



Route tertiaire (tertiary) : route reliant des villages ou des quartiers dans une grande ville.

Ex. : Chemin Saint-Louis



Rue **résidentielle** (residential) : route dans une zone résidentielle ou y accédant, n’ayant pas un trafic important.

Ex. : Boulevard Johnny-Parent



Voie de desserte (service) : voie utilisée pour accéder à un bâtiment, une ruelle, un stationnement ou tout autre service.

Ex. : Avenue Edmond-Rostand



Chemin piétonnier (footway, pedestrian) : zone réservée majoritairement pour les personnes à pied, aucun véhicule motorisé n’y étant autorisé.

Ex. : Avenue des Sciences-Humaines



Chemin générique (*path*) : un chemin ouvert au public, mais non destiné aux véhicules motorisés (sauf indication contraire).



Route non classée (unclassified, none) : route moins importante que la route tertiaire et qui n'est pas située dans une zone résidentielle. C'est une route bitumée et accessible aux véhicules motorisés. Elle peut relier des routes plus importantes.

Ex. : Rue de la Foresterie




Piste cyclable (hors rue) (cycleway) : voie réservée aux cyclistes, séparée de la voie routière.

Ex. : Piste cyclable du Parc Linéaire de la Rivière Saint-Charles



Source : Contributeurs Wiki Openstreetmap (2021 b). Crédits photos : Google Street Maps (2021).

Tableau S4 Les types de voies cyclables associés au champ Cycleway d’OpenStreetMap

Type de voie cyclable	Illustration
<p>Voie cyclable protégée (track) : voie cyclable séparée de la zone routière par un obstacle physique, mais suivant celle-ci. Ce type de voie correspond ainsi à une piste cyclable protégée sur rue.</p>	
<p>Bande cyclable (lane) : voie réservée aux cyclistes, délimitée par des lignes tracées au sol, sur les côtés de la route.</p>	
<p>Voie partagée (shared lane) : voie partagée entre les cyclistes et les véhicules motorisés, identifiée par des pictogrammes de vélos au sol.</p>	

Source : Contributeurs Wiki Openstreetmap (2021a).
 Les photos sont extraites des vidéos enregistrées durant la collecte.

Figure S1 Conflits avec des véhicules motorisés**a. Voie perpendiculaire (n = 48)****b. Stationnement illégal (n = 42)****c. Porte de véhicule (n = 26)****d. Même voie tournant à droite (n = 14)**

Figure S2 Conflits avec des véhicules motorisés (suite)

e. Voie opposée tournant à gauche (n = 12)



f. Autres conflits (n = 12)



Figure S3 Conflits avec d'autres personnes empruntant la route**a. Conflits avec un·e piéton·ne (n = 248)****b. Conflits avec un vélo (n = 55)****c. Erreur du ou de la cycliste (n = 15)**

Tableau S5 Tableau croisé entre les types de conflits et d'axes

N % en ligne % en colonne	Type de rues								Total (ligne)
	Primaire	Secondaire	Tertiaire	Voie de desserte	Rue résidentielle	Chemin piétonnier	Route non classifiée	Piste cyclable hors rue	
Avec une personne à pied	4 1,63 44,44	16 6,50 44,44	28 11,38 32,56	0 0,00 0,00	92 37,40 56,10	4 1,63 9,52	0 0,00 0,00	102 41,46 78,46	246 52,34
Avec un ou une autre cycliste	1 1,82 11,11	0 0,00 0,00	6 10,91 6,98	1 1,82 50,00	7 12,73 4,27	33 60,0 78,5	1 1,82 100,0	6 10,91 4,62	55 11,70
Même voie tournant à droite	2 14,29 22,22	3 21,43 8,33	5 35,71 5,81	0 0,00 0,00	3 21,43 1,83	0 0,00 0,00	0 0,00 0,00	1 7,14 0,77	14 2,98
Voie perpendiculaire	1 2,08 11,11	6 12,5 16,67	9 18,75 10,47	1 2,08 50,00	17 35,42 10,37	1 2,08 2,38	0 0,00 0,00	13 27,08 10,00	48 10,21
Stationnement illégal	1 2,38 11,11	1 2,38 2,78	29 69,05 33,72	0 0,00 0,00	7 16,67 4,27	2 4,76 4,76	0 0,00 0,00	2 4,76 1,54	42 8,94
Porte de véhicule ouverte	0 0,00 0,00	1 3,85 2,78	4 15,38 4,65	0 0,00 0,00	20 76,92 12,20	1 3,85 2,38	0 0,00 0,00	0 0,00 0,00	26 5,53
Voie opposée tournant à gauche	0 0,00 0,00	4 33,33 11,11	2 16,67 02,33	0 0,00 0,00	5 41,67 3,05	0 0,00 0,00	0 0,00 0,00	1 8,33 0,77	12 2,55
Autres conflits	0 0,00 0,00	2 16,67 5,56	2 16,67 2,33	0 0,00 0,00	6 50,00 3,66	1 8,33 2,38	0 0,00 0,00	1 8,33 0,77	12 2,55
Erreur du ou de la cycliste	0 0,00 0,00	3 20,00 8,33	1 6,67 1,16	0 0,00 0,00	7 46,67 4,27	0 0,00 0,00	0 0,00 0,00	4 26,67 3,08	15 3,19
Total (colonne)	9 1,91	36 7,66	86 18,30	2 0,43	164 34,89	42 8,94	1 0,21	130 27,66	470

Tableau S6 Tableau croisé entre les types de conflits et d'aménagements cyclables sur rue

N % en ligne % en colonne	Type d'aménagements cyclables sur rue				Total (ligne)
	Aucun	Piste cyclable sur rue	Bande cy- clable	Voie partagée	
Avec une personne à pied	176 71,54 54,83	21 8,54 63,64	44 17,89 41,90	5 2,03 45,45	246 52,34
Avec un ou une autre cycliste	49 89,09 15,26	0 0,00 0,00	6 10,91 5,71	0 0,00 0,00	55 11,70
Même voie tournant à droite	8 57,14 2,49	0 0,00 0,00	6 42,86 5,71	0 0,00 0,00	14 2,98
Voie perpendiculaire	31 64,58 9,66	8 16,67 24,24	6 12,50 5,71	3 6,25 27,27	48 10,21
Stationnement illégal	4 9,52 1,25	1 2,38 3,03	36 85,71 34,29	1 2,38 9,09	42 8,94
Porte de véhicule ouverte	23 88,46 7,17	0 0,00 0,00	2 7,69 1,90	1 3,85 9,09	26 5,53
Voie opposée tournant à gauche	8 66,67 2,49	2 16,67 6,06	2 16,67 1,90	0 0,00 0,00	12 2,55
Autres conflits	9 75,00 2,80	1 8,33 3,03	1 8,33 0,95	1 8,33 9,09	12 2,55
Erreur du ou de la cycliste	13 86,67 4,05	0 0,00 0,00	2 13,33 1,90	0 0,00 0,00	15 3,19
Total (colonne)	321 68,30	33 7,02	105 22,34	11 2,34	470

Références du matériel supplémentaire

1. Schleinitz, K.; Petzoldt, T.; Franke-Bartholdt, L.; Krems, J.F.; Gehlert, T. Conflict partners and infrastructure use in safety critical events in cycling - Results from a naturalistic cycling study. *Transportation Research Part F* **2015**, *31*, 99-111, doi:10.1016/j.trf.2015.04.002
2. Haworth, N.; Schramm, A.; Debnath, A.K. An observational study of conflicts between cyclists and pedestrians in the city centre. *Journal of the Australasian College of Road Safety* **2014**, *25*, 31-40
3. Tageldin, A.; Sayed, T. Developing evasive action-based indicators for identifying pedestrian conflicts in less organized traffic environments. *Journal of Advanced Transportation* **2016**, *50*, 1193-1208, doi:10.1002/atr.1397
4. SAAQ. Bilan routier 2020 : faits saillants. Société de l'assurance automobile du Québec: Québec, 2021
5. Phillips, R.O.; Bjornskau, T.; Hagman, R.; Sagberg, F. Reduction in car-bicycle conflict at a road-cycle path intersection: Evidence of road user adaptation? *Transportation Research Part F* **2011**, *14*, 87-95, doi:10.1016/j.trf.2010.11.003
6. Kassim, A.; Ismail, K.; Hassan, Y. A methodology for measuring the severity of cyclist/motor vehicle conflicts at signalized intersections. In Proceedings of Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering 2013: Know-How - Savoir-Faire, CSCE 2013, May 29, 2013 - June 1, 2013, Montreal, QC, Canada; pp. 1536-154.
7. Madsen, T.K.O.; Lahrmann, H. Comparison of five bicycle facility designs in signalized intersections using traffic conflict studies. *Transportation Research Part F* **2017**, *46*, 438-450, doi:10.1016/j.trf.2016.05.008.8. Wenneman, A. Commercial vehicle operations in urban areas: identifying policies to reduce negative impact.
9. Lusk, A.C.; Furth, P.G.; Morency, P.; Miranda-Moreno, L.F.; Willett, W.C.; Dennerlein, J.T. Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street. *Injury Prevention* **2011**, *17*, 131-135, doi:10.1136/ip.2010.028696
10. Pokorny, P.; Pritchard, R.; Pitera, K. Conflicts between bikes and trucks in urban areas—A survey of Norwegian cyclists. *Case Studies on Transport Policy* **2018**, *6*, 147-155, doi:10.1016/j.cstp.2017.11.010