

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CENTRE – URBANISATION CULTURE SOCIÉTÉ

LA PRATIQUE DU VÉLO D'HIVER À MONTRÉAL
Freins, leviers, risques perçus et observés.

Par

David CARPENTIER-LABERGE

Maîtrise en études urbaines

Thèse présentée pour obtenir le grade de

Philosophiae doctor, Ph.D.

Doctorat en études urbaines

Automne 2024

Cette thèse intitulée

LA PRATIQUE DU VÉLO D'HIVER À MONTRÉAL

Freins, leviers, risques perçus et observés.

est présentée par

David CARPENTIER-LABERGE

a été évaluée par un jury composé de

Marie-Soleil CLOUTIER, INRS, directrice de recherche

Philippe APPARICIO, Université de Sherbrooke, codirecteur de recherche

Dominic VILLENEUVE, Université Laval, examinateur externe

Florence PAULHIAC, examinatrice interne, Université du Québec à
Montréal

Morgan MOUTON, INRS, examinateur inter

RÉSUMÉ

Il est reconnu qu'un transfert modal vers les déplacements à vélo génère de nombreux bénéfices, tant au niveau sociétal qu'individuel, tel que la réduction du trafic routier, la diminution de la pollution atmosphérique, sonore et des gaz à effet de serre, et a des retombées positives sur la santé physique et mentale chez les cyclistes. En croissance depuis plusieurs années à Montréal, les déplacements à vélo en hiver sont très peu documentés. Une proportion importante de la littérature sur les déplacements utilitaires à vélo trois saisons (printemps, été, automne) porte sur l'influence de l'environnement bâti. Or, de nombreuses autres variables, notamment les conditions météorologiques et l'appartenance à différents groupes de population, sont également déterminantes. Par ailleurs, à notre connaissance, aucune recherche ne porte sur l'accessibilité au réseau cyclable en hiver, et sur de potentielles situations d'iniquité en transport exacerbées durant cette saison. De plus, les risques spécifiques au vélo d'hiver et les particularités associées à cette pratique n'ont jusqu'à ce jour pas été étudiés.

L'objectif principal de cette thèse est de documenter les particularités de la pratique du vélo d'hiver à Montréal. Prenant la forme de trois articles scientifiques, il s'agit d'examiner la question suivante : dans quelle mesure les freins, leviers et risques perçus et observés influencent la pratique du vélo d'hiver à Montréal?

Le premier article a pour objectif de documenter la variété des usagers, d'identifier les risques et bénéfices perçus et de décrire les facteurs du sentiment d'inquiétude du vélo d'hiver. Les données primaires issues de quatre groupes de discussion permettent d'obtenir des informations sur différents thèmes identifiés dans la littérature représentant des potentiels motivations et obstacles à la pratique du vélo d'hiver. Les cyclistes ont été sondés sur la fréquence et le motif des déplacements durant l'année et lors de la saison hivernale, le nombre approximatif de kilomètres effectué par semaine, les caractéristiques précises des différents trajets, notamment l'accessibilité aux infrastructures cyclables, les avantages et inconvénients individuels et collectifs des déplacements, la représentation du cyclisme hivernal et les risques associés aux déplacements à vélo durant l'hiver. Le deuxième article a pour objectif de recenser les risques réels à partir d'une collecte mobile de données primaires et vise à mettre en relation ces risques observés avec les risques perçus par les cyclistes dans leurs déplacements en vélo d'hiver à Montréal. Ces données primaires proviennent de l'enregistrement vidéo des déplacements de dix cyclistes à l'aide d'un capteur installé sur les vélos, et d'entretiens semi-dirigés réalisés à la toute fin de la collecte de données. Elles permettent d'analyser avec les personnes participantes les

potentielles disparités entre les risques perçus et observés. L'objectif du dernier article de la thèse est d'évaluer l'accessibilité au réseau cyclable hivernal dans la ville de Montréal. Il s'agit également de vérifier si les iniquités d'accès aux réseaux cyclables sont ou non exacerbées en hiver, comparativement aux autres saisons. Des mesures d'accessibilité sont évaluées et mises en relation avec les groupes de population identifiés dans la littérature comme étant en situation d'iniquités en transport, soit les enfants de 0 à 14 ans, les personnes âgées de 65 ans et plus, les individus avec un faible revenu, les minorités visibles et les personnes s'identifiant comme femmes.

D'après les résultats, les obstacles au vélo d'hiver varient grandement selon l'expérience des cyclistes. Plus les cyclistes se déplacent à vélo l'hiver, moins les risques perçus sont importants, fréquemment construits autour de croyances erronées sur une pratique encore considérée comme marginale. Des difficultés d'accès à l'information sur les déplacements à vélo l'hiver renforcent l'image d'une pratique téméraire et entravent le transfert modal. Selon les risques observés et ceux perçus par les cyclistes, les déplacements à vélo l'hiver n'engendrent pas de risques supplémentaires, comparativement aux autres saisons, nécessitant toutefois une préparation plus importante. Cependant, des iniquités d'accessibilité à un réseau cyclable adapté à l'hiver sont vécues par certains groupes de population et accentuées durant l'hiver. Le dernier chapitre aborde l'ensemble des enjeux soulevés dans les trois articles, présente les limites de la thèse et propose des perspectives de recherche futures.

Mots-clés : Vélo d'hiver, transport actif, équité en transport, accidents, conflits, perception des risques, sentiment d'inquiétude.

ABSTRACT

It is well known that a modal shift towards bicycle travel generates numerous benefits, both societal and individual, such as reduced road traffic, reduced air, noise and greenhouse gas pollution, and positive repercussions on cyclists' physical and mental health. Although cycling in winter has been increasing in Montreal for a number of years, it remains largely undocumented. Much of the literature on utilitarian cycling in the spring, summer and autumn focuses on the influence of the built environment. However, many other variables, such as weather conditions and belonging to different population groups, are also decisive. Furthermore, to our knowledge, no research has been conducted on the accessibility of the cycling network in winter, and on potential transport inequities exacerbated during this season. In addition, the specific risks and particularities associated with winter cycling have not yet been studied.

The main objective of this thesis is to document the particularities of winter cycling in Montreal. Taking the form of three scientific articles, the aim is to examine the following question: to what extent do perceived and real risks, barriers and opportunities influence winter cycling in Montreal?

The objective of the first article is to document the variety of users, identify the perceived risks and benefits, and describe the factors behind the feeling of worry about winter cycling. Primary data from four focus groups provide information on various themes identified in the literature as potential motivators and barriers to winter cycling. Cyclists were questioned on the frequency and purpose of trips throughout the year and during the winter season, the approximate number of kilometres cycled per week, the specific characteristics of the various trips, in particular accessibility to cycling infrastructure, the personal and collective advantages and disadvantages of cycling, the perception of the cyclist and the risks associated with winter cycling. The aim of the second article is to identify actual risks based on a mobile collection of primary data, and to relate these observed risks to the risks perceived by cyclists in their winter cycling trips in Montreal. These primary data come from video recordings of the trips of ten cyclists using a sensor installed on their bikes, and from semi-directed interviews carried out at the very end of the data collection. This data enables the analysis of potential disparities between perceived and observed risks with the participants. The aim of the final article in the thesis is to evaluate the accessibility of the winter cycling network in the city of Montreal. It also aims to verify whether or not inequities to cycling networks are exacerbated in winter, compared to other seasons. Accessibility measures were evaluated and related to population groups identified in the literature as experiencing inequities in

terms of accessibility to cycling infrastructures, such as children aged 0 to 14, people aged 65 and over, low-income individuals, visible minorities and women.

According to the results, barriers to winter cycling vary greatly according to cyclists' experience. The more cyclists travel by bike in winter, the lower are the perceived risks, frequently built around misconceptions about a practice still considered marginal. Difficult access to information on winter cycling reinforces the image of a reckless practice and obstructs the modal shift. According to the risks observed and those perceived by cyclists, winter cycling does not involve any additional risks compared with other seasons, although it does require more preparation. However, inequalities in access to a winter-adapted cycling network are experienced by certain population groups and increased during winter. The final chapter addresses all the issues raised in the three articles, presents the limitations of the dissertation, and proposes future research perspectives.

Keywords: Winter cycling, active transportation, transport equity, accidents, conflicts, risk perception, worry.

AVANT-PROPOS

Une importante augmentation des déplacements à vélo est observable dans les villes d'Amérique du Nord au cours des dernières décennies. Simultanément, de nombreuses recherches ont étudié les différents déterminants de cette pratique. Une proportion importante de la littérature scientifique sur les déplacements à vélo en ville démontre le rôle crucial de la présence d'infrastructures cyclables dans le transfert modal vers le vélo. Les sujets d'étude portent fréquemment sur la variété des infrastructures cyclables, leur performance en matière de sécurité, leur distribution et les enjeux d'accessibilité dans la ville. Les résultats de ces recherches témoignent fréquemment de la concentration des infrastructures cyclables dans les quartiers centraux habités par une population socioéconomiquement aisée. Plusieurs groupes de population sont ainsi exposés à des risques supplémentaires dus à l'absence d'un réseau cyclable sécuritaire et ont des opportunités sociales et économiques plus limitées. Constat étonnant, très peu de recherches ont évalué l'influence des déterminants mentionnés ci-dessus dans des conditions météorologiques associées aux villes nordiques, soit des températures extrêmes et des précipitations de neige. Pourtant, un nombre grandissant de cyclistes fait le choix de continuer à se déplacer en vélo à Montréal l'hiver venu. Les quelques études sur le vélo d'hiver réitèrent l'importance accordée à la présence d'un réseau cyclable protégé et bien entretenu. Cependant, les questions de l'accessibilité à ce réseau hivernal, les iniquités que peuvent vivre certains groupes de population et la variété des autres freins et leviers à cette pratique n'ont à ce jour pas été étudiées. Cette thèse a donc pour objectif de documenter les particularités de la pratique du vélo d'hiver à Montréal et de combler le manque de connaissances sur cette pratique durant la saison hivernale.

REMERCIEMENTS

La réalisation de cette thèse a été rendue possible grâce au support de nombreuses personnes. J'aimerais tout d'abord remercier l'équipe de direction de ma recherche, Marie-Soleil Cloutier et Philippe Apparicio. Merci Philippe pour un encadrement hors pair, une disponibilité constante, et pour le partage de précieux conseils et connaissances tout au long du processus. Je voudrais également remercier mon collègue Andrés avec qui nous avons passé de nombreuses heures à tester les premières versions du capteur 1M+. Andrés s'est assuré que le capteur soit prêt pour le début de ma collecte de données, ce qui a nécessité un travail intensif, et je lui en suis extrêmement reconnaissant.

Finalement, j'aimerais remercier Anna pour ses précieuses relectures et son support, Camille pour sa présence constante et mes parents pour leur soutien inconditionnel.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux	xi
Liste des figures	xi
Introduction	1
Chapitre 1. Revue de la littérature : freins et leviers de la pratique du vélo	6
1.1 La pratique du vélo : environnement bâti, accessibilité et conditions météorologiques.....	6
1.1.1 <i>Environnement bâti</i>	6
1.1.2 <i>Équité en transport : accessibilité au réseau cyclable</i>	11
1.1.3 <i>Conditions météorologiques</i>	14
1.2 Bienfaits et risques pour la santé	17
1.2.1 <i>Les bienfaits pour la santé associés à la pratique du vélo</i>	17
1.2.2 <i>Exposition à la pollution atmosphérique et sonore</i>	18
1.3 Pratique du vélo et groupes de population	21
1.3.1 <i>Les représentations associées au cyclisme urbain</i>	21
1.3.2 <i>La pratique du vélo selon l'âge</i>	23
1.3.3 <i>Le cyclisme utilitaire chez les personnes s'identifiant comme femmes</i>	25
1.3.4 <i>Inégalités pour les groupes de populations racisées</i>	28
1.3.5 <i>Population à faible revenu</i>	31
1.4 Risques et perceptions du risque	32
1.4.1 <i>Risques et accidents</i>	32
1.4.2 <i>Perception du risque</i>	35
1.5 Contribution de la thèse à la littérature sur le vélo d'hiver	39
1.5.1 <i>Problématique et question de recherche</i>	44
1.5.2 <i>Cadre conceptuel</i>	45
1.5.3 <i>Organisation de la thèse</i>	47
1.6 Conclusion	50
Chapitre 2 : Article 1 - Freins et leviers de la pratique du vélo d'hiver à Montréal selon la perspective de cyclistes	51

2.1 Introduction	52
2.2. Revue de littérature sur la pratique du vélo d'hiver.....	53
2.2.1. <i>Conditions hivernales et appropriation de la nordicité</i>	53
2.2.2. <i>Importance de l'entretien des infrastructures cyclables</i>	54
2.2.3. <i>Importance de l'équipement</i>	55
2.2.4. <i>Profils des cyclistes d'hiver</i>	55
2.2.5. <i>Perception des risques et sentiment d'inquiétude</i>	56
2.3. Cadre conceptuel et question de recherche	57
2.4. Méthodologie	58
2.4.1. <i>Territoire d'étude</i>	58
2.4.2. <i>Posture épistémologique</i>	59
2.4.3. <i>Recrutement</i>	60
2.4.4. <i>Profil des personnes participantes</i>	60
2.4.5. <i>Analyse des données</i>	61
2.5. Résultats.....	62
2.5.1. <i>Habitudes de déplacement : une pratique surtout utilitaire privilégiant des trajets sécuritaires</i>	62
2.5.2. <i>Bénéfices du vélo d'hiver : une pratique motivée par la santé et le bien-être</i>	64
2.5.3. <i>Représentation du cyclisme hivernal : une communauté majoritairement masculine</i> 65	
2.5.4. <i>Freins et risques associés au vélo d'hiver</i>	66
2.5.5. <i>Sentiment d'inquiétude et perception du risque</i>	68
2.6. Discussion et conclusion.....	69
2.6.1. <i>Retour sur les bénéfices de la pratique du vélo d'hiver</i>	69
2.6.2. <i>Retour sur les conditions météorologiques et le déneigement : implications pour les urbanistes</i>	70
2.6.3. <i>Déconstruction des mythes et des réalités entourant le vélo d'hiver</i>	71
2.6.4. <i>Retour sur les aspects identitaires du vélo d'hiver</i>	71
2.6.5. <i>Retour sur le sentiment d'inquiétude et les risques perçus</i>	71

Chapitre 3 : Article 2 – Évaluation des risques perçus et observés du vélo d’hiver à Montréal	73
3.1. Introduction	74
3.2. Revue de littérature sur les risques du vélo d’hiver	75
3.2.1 Les risques d’accident à vélo	75
3.2.2 <i>Mesures alternatives aux données sur les collisions</i>	76
3.2.3 <i>Perception du risque et sentiment d’inquiétude</i>	77
3.3. Cadre conceptuel et question de recherche	79
3.4. Méthodologie	80
3.4.1 <i>Territoire d’étude</i>	80
3.4.2 <i>Posture épistémologique</i>	80
3.4.3 <i>Recrutement</i>	81
3.4.4 <i>Profil des personnes participantes</i>	81
3.4.5 <i>Protocole d’identification des risques du vélo d’hiver</i>	82
3.4.6 <i>Analyse des données</i>	83
3.5. Résultats	85
3.5.1 <i>Risques identifiés par les cyclistes</i>	85
3.5.2 <i>Les risques observés par les chercheurs</i>	86
3.5.3 <i>Évaluation des risques du vélo d’hiver selon l’échelle de Likert à quatre points</i>	88
3.5.4 <i>Perception du risque et sentiment d’inquiétude</i>	89
3.6. Discussion et conclusion	91
3.6.1 <i>Retour sur les risques réels du vélo d’hiver</i>	91
3.6.2 <i>Les particularités du vélo d’hiver</i>	92
3.6.3 <i>S’adapter à la pratique du vélo d’hiver : les variables de la perception du risque et du sentiment d’inquiétude comme outils</i>	93
Chapitre 4: Article 3 – Accessibility to the winter cycling network in Montreal: a transport equity diagnosis	94
4.1 Introduction	96
4.2 Literature review	97

4.2.1 Cycling Infrastructures.....	97
4.2.2 Accessibility and equity in transport.....	98
4.2.3 Groups of population and cycling.....	98
4.3 Data and methods.....	99
4.3.1 Study area.....	99
4.3.2 Cycling and road networks.....	99
4.3.3 Population data.....	100
4.3.4 Evaluating the cycling network and the winter protected cycling network accessibility	100
4.3.5 Evaluating transport inequities.....	101
4.4 Results.....	102
4.4.1 Mapping the accessibility to cycling network and winter protected cycling network..	102
4.4.2 Evaluating transport inequities.....	104
4.5 Discussion.....	106
4.6 Conclusion.....	108
Chapitre 5 : Synthèse et discussion des résultats.....	110
5.1 Retour sur les principaux résultats.....	110
5.1.1 Rappel des résultats des trois articles.....	110
5.2 Contribution de la thèse sur l'étude de la pratique du vélo dans les villes nordiques.....	115
5.3 Principaux enjeux soulevés dans cette thèse.....	117
5.3.1 La déconstruction d'un imaginaire collectif : l'approche particulière des cyclistes durant la saison froide.....	117
5.3.2 La pratique du vélo d'hiver est-elle réellement plus risquée?.....	120
5.3.3 Équité en transport : qui a accès aux infrastructures cyclables hivernales?.....	122
5.3.4 Limites et pistes de recherche.....	124
BIBLIOGRAPHIE.....	127

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Principales données climatiques durant l'hiver à Montréal (valeurs moyennes)	59
Tableau 2. Données sur la composition des groupes de discussion focalisée	61
Tableau 3. Données sur la composition de l'échantillon	82
Tableau 4. Risques analysés dans le logiciel Vifeco.....	84
Tableau 5. Risques vécus par les cyclistes et observés par les chercheurs	85
Tableau 6. Fréquence et inquiétude face aux risques vécus selon une échelle de Likert	88
Table 7. Cycling network, City of Montreal, 2023.....	102
Table 8. Univariate statistics for the sociodemographic variables and accessibility measures, DAs, City of Montreal	104
Table 9. Means of accessibility measures for the four groups studied and the rest of the population (weighted t-test)	105
Table 10. Seemingly unrelated regression models	106

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Cadre conceptuel de la thèse	47
Figure 2. Cadre conceptuel de l'article 1	58
Figure 3. Cadre conceptuel de l'article 2	80
Figure 4. Protocole d'identification des risques du vélo d'hiver	83
Figure 5. Captures vidéo des neuf types de risques	87
Figure 6. Cycling Network and Winter protected Cycling Network, Montreal City, 2023.....	100
Figure 7. Network distance to the nearest section of cycling network at the dissemination area level, City of Montreal.....	103
Figure 8. Cycling network length within 2.5 and 5 km at the dissemination area level, City of Montréal	103

INTRODUCTION

En études urbaines, le terme « durable » est abondamment employé, parfois de manière plus ou moins rigoureuse (Cervero, Guerra et Al 2017). Empruntée au rapport de Brundtland en 1987, la ville durable constitue un espace où la population répond à ses besoins sans compromettre la qualité de vie des générations futures (Cervero, Guerra et Al 2017). Il est prévu que d'ici 2030, 65 % de la population mondiale vivra dans un environnement urbain; cette croissance concerne majoritairement les ménages à faibles et moyen revenus (Fisher et al. 2017). Il est alors primordial de répondre aux besoins de ces populations et de promouvoir des milieux de vie sains, de limiter les activités anthropiques polluantes et d'assurer des développements urbains durables qui minimisent les effets aux changements climatiques grâce à des mesures d'adaptation et de réglementation (Fisher et al. 2017). Les émissions de gaz à effet de serre (GES) générées par les véhicules motorisés sont grandement responsables du réchauffement climatique et représentent un levier d'action crucial pour limiter ce phénomène (Giles-Corti et al. 2010). Il est en effet convenu que la croissance des émissions attribuable au transport routier et aérien est incompatible avec l'atteinte d'objectifs d'atténuation des changements climatiques (Woodcock et al. 2007).

Les villes dépendantes de l'automobile consomment beaucoup plus d'espace, d'énergies fossiles, et d'habitat naturel que les villes denses et multimodales, et produisent davantage de pollution (Cervero, Guerra et Al 2017 ; Van den Berg, Hartig et Staats 2007). Les mesures gouvernementales pour réduire la pollution de l'air ont fréquemment ciblé les externalités négatives des activités industrielles, alors que les activités de transport motorisé sont également responsables d'une part considérable des émissions de GES (Satterthwaite 1997). Plusieurs évidences démontrent que la réduction de la place de l'automobile en ville a de nombreuses répercussions positives sur l'environnement et la santé publique, mais également sur l'augmentation de l'utilisation d'autres modes de transport durables, tels la marche et le vélo (Cervero, Guerra et Al 2017). La création et l'utilisation de nouvelles ressources énergétiques et de technologies plus « propres » sont nécessaires pour réduire les émissions de GES, mais insuffisantes sans un changement comportemental des habitudes de transport (Woodcock et al. 2007). Les politiques qui promeuvent simultanément ces nouvelles technologies et les transports actifs risquent d'atteindre plus facilement les cibles de réduction des émissions de GES et augmentent considérablement l'état de santé global de la population, ce qui réduit le fardeau sur la santé publique (Giles-Corti et al. 2010).

Les transports actifs, définis comme tout mode de transport qui nécessite une certaine dépense énergétique, souvent associés à la marche et au vélo (Saidla 2018), représentent un potentiel énorme dans la réduction de la pollution urbaine et l'augmentation du niveau de santé de la population (Woodcock et al. 2007). Ce mode de déplacement est l'un des plus économiques, et offre une solution potentielle aux inégalités de mobilité en ville (Verhoeven et al. 2016 ; Gatersleben et Uzzell 2007 ; Litman 2013 ; Irlam 2016 ; Mason, Fulton et McDonald 2015 ; Bonham et Johnson 2015). Les déplacements à vélo ne sont pas un danger important pour les autres usagers de la route et requièrent peu d'investissements pour les infrastructures et l'entretien du réseau comparativement aux véhicules motorisés et le transport en commun (Agarwal et North 2012 ; Woodcock et al. 2007). Ce mode de déplacement à faible consommation est l'un des plus durables, mais aussi l'un des plus performants : il permet des déplacements près de dix fois plus efficaces qu'à la marche (Woodcock et al. 2007 ; Irlam 2016 ; Bonham et Johnson 2015). Il a même été démontré que les cyclistes consomment davantage dans les commerces que les usagers des autres modes de transport et stimulent le commerce local (Rajé et Saffrey 2016). Puisque la planification urbaine a historiquement favorisé les transports motorisés, plusieurs défis se présentent. Les centres urbains denses et multifonctionnels permettent la réalisation d'activités durables, notamment grâce à une variété d'actions en faveur des transports actifs (Satterthwaite 1997 ; Williams 2010 ; Evans et al. 2005).

Outre leurs faibles impacts énergétiques, les transports actifs constituent une solution à des enjeux importants de santé publique liés à l'inactivité physique et à la pollution de l'air. À une échelle planétaire, l'inactivité physique est le second risque comportemental le plus important, après le tabagisme, et représente un facteur de risque très important dans le développement de maladies chroniques, étant responsable de 3 % des décès prématurés (Woodcock et al. 2007 ; WHO 2004). La pollution de l'air correspond au second facteur de risque le plus important sur la pression exercée auprès du système de santé publique à une échelle mondiale (Satterthwaite 1997 ; Woodcock et al. 2007). Les effets sociétaux d'une légère augmentation de l'activité physique, grâce aux transports actifs, seraient considérables (Giles-Corti et al. 2016). Seul le transfert modal des courts déplacements en véhicule motorisé vers un mode de transport actif suffirait pour atteindre le niveau d'activité physique hebdomadaire recommandé (Woodcock et al. 2007). Dans son rapport intitulé *Stratégie mondiale pour l'alimentation, l'exercice physique et la santé*, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) propose quatre objectifs, dont la « réduction des facteurs de risque de maladies non transmissibles liées à une mauvaise alimentation et à la sédentarité par des mesures de santé publique essentielles et par des mesures de promotion de la santé et de prévention de la maladie » (WHO 2004, 4). Parmi ces mesures proposées, les

autorités nationales et locales doivent adopter et prévoir des incitations afin que la marche, le cyclisme et d'autres formes d'exercice physique puissent être pratiqués aisément et en toute sécurité, notamment grâce à une plus grande inclusion des modes de transports non motorisés dans les politiques de transport (WHO 2004). Ces stratégies doivent modifier les normes sociales et les comportements des individus afin d'intégrer l'activité physique à une habitude quotidienne en toute sécurité (WHO 2004). Les déplacements utilitaires à vélo représentent ainsi un énorme potentiel de réduction des émissions de GES générés par le transport et de diminution de la pression sur le système de santé publique en réduisant l'inactivité et la pollution de l'air.

Ces dernières décennies, nous assistons à une augmentation constante de la part modale des déplacements à vélo en Amérique du Nord (Pucher, Buehler et Seinen 2011a). Parallèlement, de nombreuses infrastructures, programmes et politiques sont mis en place pour encourager ces déplacements actifs aux États-Unis et au Canada (Pucher, Buehler et Seinen 2011a). Plus récemment, certaines villes canadiennes se distinguent dans le contexte nord-américain pour leur gestion et la qualité des infrastructures en transport actif (Assunção-Denis et Tomalty 2019). Alors que Vancouver est félicitée pour sa part modale importante en transport actif, et Calgary pour la qualité de ses infrastructures, Montréal est considérée comme l'une des villes les plus agréables en Amérique du Nord pour se déplacer à vélo (Assunção-Denis et Tomalty 2019). Les villes de Montréal et de Vancouver sont d'ailleurs les seules villes nord-américaines parmi les 20 villes du monde les plus adaptées aux déplacements vélo selon le célèbre classement *Copenhagenize* (Copenhagenize 2020). L'indicateur *Bike Score*, élaboré par Winters et al. (Winters et al. 2016) démontre la relation positive entre la présence et la performance de diverses variables dans une ville et la part modale des déplacements actifs. Ainsi, Montréal, Vancouver, Calgary, Saskatoon et Victoria sont considérées comme des villes favorables aux déplacements à vélo (Wang 2017). Cependant, aucune ville canadienne n'a obtenu une mention *Biker's paradise*, soit le classement maximal qui assure et permet des déplacements quotidiens utilitaires et récréatifs à vélo (Wang 2017). Malgré cette croissance de la popularité des déplacements urbains à vélo et la reconnaissance à l'international du réseau cyclable de ces villes canadiennes, une proportion importante des cyclistes opte pour un autre mode de déplacement lorsque les conditions climatiques sont plus difficiles, notamment des températures froides et la présence de neige sur la chaussée (Bergström et Magnusson 2003). Une croissance du cyclisme hivernal permettrait donc d'augmenter la part modale des déplacements durables en ville.

Il n'en demeure pas moins que nous assistons actuellement à une croissance des déplacements à vélo en hiver depuis quelques années à Montréal. Cette tendance est toutefois peu rapportée

dans la littérature scientifique. À l'inverse, la pratique du vélo d'hiver est abondamment abordée dans la littérature grise : à Montréal, en dix ans, le nombre de cyclistes hivernaux a plus que doublé, avec une augmentation de 159 % entre 2015 et 2017 (Fortier 2018) alors qu'en 2020, une augmentation de 83 % des cyclistes sur les pistes cyclables l'hiver a été observée, comparativement à la moyenne de 2015 à 2019 (Bérubé 2021). En 2021, le taux de rétention des cyclistes durant l'hiver était de 13,6 % (Vélo Québec 2021b). Ces cyclistes ne semblent pas incommodé.e.s par les températures extrêmes, puisqu'en 2017, 65 % des cyclistes hivernaux ont pédalé lors de la journée la plus froide de l'hiver et 70 % ont fait du vélo durant la plus grande tempête de l'année (Fortier 2018). Plusieurs facteurs concourent à cette croissance, tels que le déneigement du réseau cyclable et les programmes d'éducation sur le vélo d'hiver. À l'heure actuelle, 80 % du réseau cyclable montréalais est déneigé (seulement 30 % de cette proportion représente des pistes cyclables protégées par des éléments physiques) (Ville de Montréal 2023c). Ainsi, des améliorations au réseau cyclable accessible en hiver sont observées annuellement, tel que le déneigement de 2,5 kilomètres du Canal de Lachine, qui a été demandé depuis près d'une décennie par divers acteur.rice.s et militant.e.s (Bourque 2020). Quant à l'organisme sans but lucratif Vélo-Québec, il a élaboré une boîte à outils, accessible en ligne, pour se préparer à l'hiver en vélo, et présente une cartographie des infrastructures cyclables accessibles en hiver de certaines villes, comme Montréal, Québec, Gatineau et Granby (Vélo Québec 2020).

Malgré la popularité croissante des déplacements à vélo en hiver qui reste encore limitée, un transfert modal plus important permettrait de contribuer considérablement à l'atteinte de certains objectifs pour une mobilité plus durable. Le plan stratégique de la collectivité de Montréal élaboré en 2021 a pour objectif de réduire de 55 % les GES d'ici 2030 et de devenir carboneutre d'ici 2050 (Ville de Montréal 2021). Une augmentation de la part modale des déplacements en hiver permettrait par ailleurs d'atteindre plusieurs cibles mentionnées dans le troisième plan de développement durable de la ville de Montréal, tel que la norme canadienne de qualité de l'air ambiant en matière de concentration de particules fines dans l'air, une part modale de 55 % des transports actifs à l'heure de pointe matinale, et la réduction de la sédentarité de la population de l'île de Montréal (Ville de Montréal 2016). La seconde orientation du *Plan-cadre-vélo : Montréal, ville cyclable*, présente l'importance d'une conversion du réseau cyclable montréalais en un réseau accessible et sécuritaire en toute saison, d'un déneigement efficace et de l'élaboration de normes spécifiques au vélo d'hiver (Ville de Montréal 2017). Ainsi, il est fort probable que cette communauté de cyclistes hivernaux sera de plus en plus importante au cours des prochaines années, et qu'une planification urbaine quatre saisons incluant ce nouveau mode de déplacement sera nécessaire afin de soutenir un changement modal vers le vélo. Cette étude présente les

différents éléments qui influencent la pratique du vélo d'hiver à Montréal, dans le but de contribuer à l'avancement scientifique dans la recherche sur le transport actif en hiver qui reste à ce jour assez limitée.

CHAPITRE 1. REVUE DE LA LITTÉRATURE : FREINS ET LEVIERS DE LA PRATIQUE DU VÉLO

Ce premier chapitre propose une synthèse de la littérature scientifique en lien avec la pratique du vélo d'hiver. Les thèmes abordés dans cette section correspondent aux freins et leviers relatifs à la pratique du vélo en milieu urbain. Les deux premières sections présentent l'influence de l'environnement bâti, de l'accessibilité au réseau cyclable et des conditions météorologiques, les bienfaits pour la santé associés aux déplacements à vélo et les externalités négatives dues à l'exposition à la pollution atmosphérique et sonore. Dans la troisième section, la pratique du vélo en ville est étudiée selon la perspective des différents groupes de population fréquemment sous-représentés dans ce mode de transport, définis selon l'âge, le sexe, l'appartenance à un groupe de population racisé et le statut socio-économique. Dans la quatrième section, les résultats des recherches sur les risques et les accidents à vélo sont discutés, et le concept de la perception du risque attribuable aux déplacements à vélo est mobilisé en fonction des risques observables recensés. Finalement, la dernière section du chapitre présente la contribution de cette thèse à la recherche scientifique, la question de recherche, la présentation des objectifs et l'organisation de la thèse qui inclue un survol des trois articles scientifiques.

1.1 La pratique du vélo : environnement bâti, accessibilité et conditions météorologiques

1.1.1 Environnement bâti

La littérature qui traite de l'influence de l'environnement bâti sur la pratique du vélo en milieu urbain est abondante. Plusieurs dimensions définissent cet environnement bâti. La principale dimension mentionnée dans la recherche correspond aux infrastructures routières, et plus précisément à la présence d'infrastructures cyclables. La forme des voies routières est déterminante, et peut être évaluée à travers un ratio entre la hauteur des bâtiments et la largeur des voies routières, ou le recul des façades des bâtiments par rapport aux routes, entre autres (Fraser et Lock 2011). Une forme plus « humaine », qui minimise la place de l'automobile, favorise sans surprise les déplacements à vélo (Fraser, 2002). Les limites de vitesse et l'intensité du trafic routier sur la route sont également des éléments déterminants pour des trajets favorables aux

déplacements à vélo (Chen, Zhou et Sun 2017). Il est donc important d'évaluer la hiérarchie des voies routières et le nombre d'intersections sur un trajet pour comprendre l'influence du réseau routier sur l'utilisation du vélo (Orellana et Guerrero 2019).

Selon Winters et al. (2013), nombreux sont les cyclistes qui effectuent des détours afin d'emprunter un itinéraire plus adapté au vélo, fréquemment composé de pistes cyclables, de marquage au sol, et de mesures d'atténuation du trafic routier. L'extension du réseau cyclable représente la principale mesure mise en œuvre en Amérique du Nord pour assurer les déplacements sécuritaires et permettre une augmentation de la part modale du vélo (Pucher, Buehler et Seinen 2011a). La littérature scientifique soutient cette forte corrélation entre l'étendue du réseau cyclable et le nombre de cyclistes sur les routes (Chen, Zhou et Sun 2017 ; Pucher, Buehler et Seinen 2011a ; Handy et al. 2002 ; Fraser et Lock 2011 ; Winters et al. 2013). Une recherche effectuée dans 74 villes américaines a démontré que l'investissement dans la densification des infrastructures cyclables est le facteur le plus important pour augmenter le nombre de déplacements à vélo en ville (Schoner et Levinson 2014). Par exemple, entre 2007 et 2014, la ville de Boston a augmenté l'étendue de son réseau cyclable de 0,05 à 148 kilomètres et la part modale des déplacements à vélo est passée de 0,9 % à 2,4 % (F. E. Pedroso et al. 2016). L'étude réalisée par F. E. Pedroso et al. (2016) révèle de surcroît que les risques de blessures en vélo ont diminué de 14 % annuellement entre 2009 et 2012 grâce au développement du réseau cyclable. Toutefois, le développement des infrastructures cyclables en Amérique du Nord s'est principalement fait par l'aménagement de voies cyclables non protégées (bandes cyclables et voies partagées) (Pucher, Buehler et Seinen 2011a). Montréal n'échappe à cette tendance : Houde et al. (2018) rapportent dans leur analyse de l'extension du réseau cyclable sur 25 ans que l'augmentation de 271 % du réseau cyclable est composée d'une proportion importante de voies cyclables. En 2016, ces dernières représentaient toujours plus de la moitié des infrastructures cyclables de la ville (Houde, Apparicio et Séguin 2018).

Pourtant, les pistes cyclables en site propre sont fréquemment préférées par les cyclistes puisque ces dernières sont complètement séparées du trafic motorisé, plus confortables et perçues comme étant plus sécuritaires (Pucher, Buehler et Seinen 2011a). La confiance des cyclistes en ce type d'infrastructure tend à être nettement supérieure, pourvu que ce réseau soit continu (Hull et O'Holleran 2014). Winters, Zanotto et Butler (2019) ont développé une nomenclature commune des infrastructures cyclables canadiennes qui s'inscrit dans un contexte de santé publique, *the Canadian Bikeways Comfort and Safety* (Can-BICS). Ce système de classification évalue les infrastructures cyclables en fonction de leur performance en matière de sécurité (nombre

d'accidents et de blessures selon les types d'infrastructures) et selon le niveau de confort attribué par les cyclistes. Cinq types d'infrastructures sont regroupés en trois types de voies cyclables. Les voies cyclables à haut niveau de confort, caractérisées par un faible niveau de stress ressenti et confortables pour la majorité des cyclistes, regroupent les pistes cyclables protégées en bordure et isolées du réseau routier ainsi que les voies cyclables dans un réseau routier résidentiel. Ensuite, les voies cyclables avec un niveau moyen de confort sont définies par un degré de stress ressenti moyen et sont confortables pour certaines personnes, elles incluent les pistes multifonctionnelles isolées du réseau routier. Finalement, les voies cyclables avec un faible niveau de confort, caractérisées par un niveau de stress ressenti élevé et confortables pour peu de personnes incluent les bandes cyclables (marquage au sol sur le réseau routier avec un trafic important). Ce type d'outils proposé par Winters, Zanotto et Butler (2019) est extrêmement pertinent dans une approche de santé publique et permet d'évaluer l'accessibilité des différentes catégories de voies cyclables selon les territoires à l'étude. Les chercheurs ont évalué les différents types d'infrastructures dans les dix subdivisions de recensement les plus peuplées du Canada, regroupant plus de 50 % de la population. Les résultats démontrent que les voies cyclables avec un haut niveau de confort représentent 23 % des infrastructures cyclables au Canada, alors que 24 % sont des voies cyclables d'un confort moyen et 28 % des voies cyclables avec un faible niveau de confort. 26 % sont des infrastructures qui ne sont pas comptabilisées dans la classification Can-BICS, soit des voies non pavées et des voies partagées. Ainsi, selon cet outil, plus de 50 % des voies cyclables au Canada ont un faible niveau de confort ou moins. Cependant, l'évaluation du réseau cyclable avec une classification adaptée aux conditions hivernales au Canada n'a à ce jour pas été réalisée.

Un décalage existe donc entre les mesures mises en place par les différentes administrations et les préférences et exigences des cyclistes. Ceci s'explique entre autres par la différence de coût entre l'aménagement d'une piste cyclable en site propre et de voies cyclables (Pucher, Buehler et Seinen 2011a). De plus, les éléments qui réduisent l'intensité du trafic routier (dos d'âne, signalisation et marquage au sol) et la présence de stationnement pour vélo sont des infrastructures qui influencent positivement l'usage du vélo (Chen, Zhou et Sun 2017 ; Pucher, Buehler et Seinen 2011a).

Par ailleurs, la densité est une dimension importante de l'environnement bâti qui influence la pratique du vélo. Les environnements avec des densités élevées de population (nombre de personnes par unité spatiale de mesure) et d'emplois (pourcentage de la superficie d'espace attribué au travail dans un îlot) accueillent des volumes de déplacements à vélo plus importants

(Fraser et Lock 2011 ; Orellana et Guerrero 2019). Cette densité est fréquemment associée à une autre dimension qu'est la mixité fonctionnelle du sol. Cette mixité se définit comme la proximité de différentes fonctions dans un territoire défini. Une mixité qui favorise les déplacements à vélo regroupe plusieurs éléments tels que la présence d'espaces de bureaux, de commerces, de développements résidentiels, de lieux de culture et de divertissement, d'édifices gouvernementaux et d'établissements scolaires dans un même périmètre (Chen, Zhou et Sun 2017 ; Winters et al. 2013 ; Fraser et Lock 2011).

La connectivité du réseau routier et cyclable constitue également une dimension importante de l'environnement bâti. Cette connectivité se définit comme la distance d'un parcours entre une origine et une destination, et de la disponibilité d'alternatives pour se rendre efficacement à la destination finale (Fraser et Lock 2011). Pour évaluer cette dimension, il est possible de comptabiliser entre autres le nombre d'intersections sur une superficie déterminée, ou le ratio des distances parcourues en lignes droites entre deux points et la distance totale du réseau entre ces lieux (Fraser et Lock 2011). Une densité élevée et une grande mixité fonctionnelle sont également fréquemment associées à une bonne connexion du réseau routier et ainsi à des distances assez réduites entre les activités, ce qui encourage les déplacements à vélo (Chen, Zhou et Sun 2017).

Les qualités esthétiques de l'environnement ont également des répercussions sur les déplacements à vélo. Les caractéristiques attrayantes regroupent entre autres la qualité du design des bâtiments, la présence de décoration sur ces bâtiments, l'aménagement paysager, les espaces verts et la proximité à des plans d'eau tels des ruisseaux, rivières et lacs (Fraser et Lock 2011 ; Chen, Zhou et Sun 2017). La topographie influence également le nombre de cyclistes sur la route. Un pourcentage élevé de parcours avec des dénivelés est associé à une plus faible présence des cyclistes sur la route (Chen, Zhou et Sun 2017 ; Winters et al. 2013 ; Orellana et Guerrero 2019).

Le peu de littérature sur les éléments facilitateurs de l'environnement bâti spécifiques au vélo d'hiver précise l'importance des pistes cyclables en site propre, incorporées dans un réseau cyclable performant, avec des commodités aux destinations finales (douches, stationnement intérieur pour les vélos) (Shirgaokar et Gillespie 2016). À l'inverse, la perception du trafic routier représente l'un des principaux obstacles de l'environnement sur la pratique du vélo d'hiver (Gervais et al. 2023). Les voies partagées ne sont pas recommandées en hiver puisque le déneigement se fait en bordure des routes, et les cyclistes se retrouvent avec un espace de circulation très limité (Shirgaokar et Gillespie 2016). De plus, il est important de minimiser l'insécurité sur la route, entre autres grâce à un éclairage efficace sur les pistes cyclables et une

bonne signalisation du réseau (Bullock 2017). Comme présenté précédemment, la majorité des infrastructures cyclables sont des voies cyclables (bandes ou voies partagées) plutôt que des pistes en site propre (Houde, Apparicio et Séguin 2018), ce qui accentue davantage ce décalage durant la saison hivernale et représente un frein important aux déplacements à vélo en hiver. Comme pour les déplacements à vélo durant les trois autres saisons, le réseau cyclable doit être d'une difficulté raisonnable (dénivelé), attractif et plaisant (aménagement paysager, bordures vertes) (Bullock 2017). Les auteur.rice.s précisent que ces installations favorables aux déplacements à vélo en hiver doivent être accompagnées d'une éducation à l'ensemble des usager.ère.s de la route sur ce mode de déplacement (Shirgaokar et Gillespie 2016).

De nombreux chercheur.euse.s ont tenté de proposer des indicateurs qui regroupent plusieurs éléments des dimensions présentées ci-dessus pour évaluer les environnements favorables ou non aux déplacements à vélo en ville. Jennifer Dill (2004) propose un indicateur qui évalue la connectivité du réseau pour les cyclistes et les piéton.ne.s, inspiré de nombreuses recherches antérieures. L'autrice cite des variables telle la longueur d'un lot, sa superficie, la densité de ce dernier, la densité des intersections (nombre d'intersections par unité d'analyse), la densité des routes (ratio des voies routières sur un territoire défini), la connectivité des intersections, le type de quadrillage et la direction des voies piétonnes et cyclables (Dill 2004). Lowry et Loh (2017) ont proposé un indicateur similaire d'évaluation de la connectivité du réseau cyclable. Cet indicateur inclut le potentiel de la destination (lieu de travail dense, quartier résidentiel ou multifonctionnel), la structure physique du réseau, l'étendue des pistes cyclables en site propre, la tolérance aux externalités négatives du trafic routier et la possibilité d'effectuer des trajets longue distance (Lowry et Loh 2017).

Winters et al. (2013) ont élaboré un indicateur de *bikeability*, qui incorpore, entre autres, l'évaluation de la connectivité du réseau présenté précédemment, et permet ultimement d'évaluer et de comparer la performance d'une ville afin de se déplacer à vélo. L'indicateur modélise cinq variables; la première étant la présence d'installations favorables à la pratique du vélo (mesures d'atténuation du trafic, marquage au sol, entre autres) (Winters et al. 2013). L'indicateur inclut également l'évaluation de la connectivité (densité des intersections), de la topographie (présence de dénivelés dans les parcours), l'utilisation du sol (les déplacements à vélo sont plus favorables dans les secteurs commerciaux, scolaires, et la présence de bureau de travail) et finalement la présence de voies cyclables en site propre, qui est très déterminante pour les déplacements à vélo (Winters et al. 2013). Krenn et al. (2015) ont élaboré un indicateur de *bikeability* similaire, qui modélise six variables, soit la densité des infrastructures cyclables, la présence de voie cyclable

en site propre, la présence d'artères principales sans voies cyclables parallèles, la densité d'espaces verts et aquatiques, la topographie et la mixité fonctionnelle.

1.1.2 Équité en transport : accessibilité au réseau cyclable

Dans de nombreuses villes américaines, le développement du système de transport s'est principalement fait autour des véhicules motorisés, au détriment des piétons, des cyclistes et des usagers du transport en commun (Gössling 2016). La présence de voies routières importantes a des répercussions négatives sur la qualité de vie des résidents au niveau de la sécurité, de la santé et de la pérennité du quartier (Boisjoly et Yengoh 2017). Les concepts de justice en transport et d'équité en transport, réfèrent donc à une distribution juste (équitable) des impacts, positifs et négatifs, de projets et de politiques de transport (Dixit et Sivakumar 2020 ; Gössling 2016 ; Di Ciommo et Shifan 2017). Cunha et Silva (2023) ajoutent à cette définition l'importance de répondre aux besoins des groupes de populations marginalisés et de tenter de réduire les barrières auxquelles font face ces personnes. Gössling (2016) divise le concept d'équité en transport en trois dimensions, soit les injustices liées à l'exposition, telles que des accidents ou la pollution atmosphérique et sonore, les injustices d'espace (distribution et accessibilité à des infrastructures) et des injustices de temps (variation dans la valorisation du temps de déplacement, priorités de trafic).

La présence d'un réseau de transport inclusif, tel que le vélo, permet une meilleure accessibilité à des services essentiels, tels que les écoles et les hôpitaux, à des opportunités d'emplois (Blue 2014) et à la présence de commerces variés (Boisjoly et Yengoh 2017 ; Dixit et Sivakumar 2020). Le vélo représente une alternative de déplacement à faible coût et un potentiel important dans un système de transport plus inclusif, permettant la réduction des émissions de GES et la congestion des voies routières (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021). Cependant, les bénéfices associés aux déplacements à vélo ne sont souvent pas distribués également au sein d'une ville, affectant particulièrement certains groupes de population (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021) (Gössling 2016 ; Cunha et Silva 2022 ; Winters et al. 2010 ; Boisjoly et Yengoh 2017).

Les quartiers bien desservis en réseau cyclable offrent davantage d'opportunités et de bénéfices tels qu'un état de santé global supérieur, attribuable à l'exercice physique associé aux déplacements à vélo (Pucher, Dill et Handy 2010 ; Standen et al. 2021), à la présence d'un réseau de vélos libre-service plus développé (Duran-Rodas et al. 2020) et à un meilleur accès à une variété de services (Cunha et Silva 2022). À l'inverse, les quartiers ayant une moins bonne

accessibilité aux infrastructures cyclables constituent des environnements plus propices aux accidents et aux blessures associées au trafic routier (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021 ; Sanchez, Stolz et Ma 2004 ; Houde, Apparicio et Séguin 2018), ainsi qu'à une forte exposition à la pollution atmosphérique et sonore créée par la présence d'un réseau de transport dominé par la voiture (Apparicio et al. 2018b ; Houde, Apparicio et Séguin 2018 ; Hansmann, Grabow et McAndrews 2022). Rodrigue et al. (2023) ont évalué l'accessibilité au Réseau express vélo (REV) à Montréal. Les premières phases de ces pistes cyclables protégées ont été réalisées dans des quartiers où la densité des infrastructures cyclables sécuritaires était déjà plus élevée, au détriment des quartiers socioéconomiquement plus démunis comme Montréal-Nord (Rodrigue et al. 2023).

L'évaluation de l'accessibilité au réseau cyclable doit prendre en considération la qualité des infrastructures cyclables et la connectivité de ces dernières lors des déplacements. Par exemple, la présence de voies cyclables n'est pas suffisante si elles sont discontinues et que des mesures d'atténuation de vitesses sont inexistantes (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021 ; Hansmann, Grabow et McAndrews 2022). Il est admis que certains types d'infrastructures répondent mieux aux critères d'une accessibilité sécuritaire à un réseau cyclable. Alors que les pistes cyclables en sites propres sont considérées très sécuritaires, les bandes cyclables sur des voies routières sont les infrastructures les moins performantes en terme de sécurité (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021). Le développement des infrastructures cyclables se fait généralement en fonction de leur demande, soit des quartiers denses avec des distances courtes entre les origines et les destinations (Cervero 2002) dont une proportion importante des personnes résidentes est déjà cycliste (Winters et al. 2010). De plus, bien que le développement d'un réseau cyclable sécuritaire dans des quartiers socioéconomiquement défavorisés augmente la mobilité et l'accessibilité à des services de base, aux commerces et à des opportunités d'emploi, une peur grandissante réside dans les effets de gentrification de telles mesures dans un quartier (Houde, Apparicio et Séguin 2018 ; Ibsen et Olesen 2018). Cette hypothèse reste cependant à ce jour empiriquement injustifiée. Une étude effectuée à Montréal démontre l'indépendance entre le développement d'infrastructures cyclables et différentes variables de gentrification, alors qu'à l'inverse, la gentrification de quartiers cause effectivement une augmentation des infrastructures cyclables (Kiani et al. 2023). Une autre étude réalisée dans 46 villes américaines expose des résultats similaires, soit l'association entre des unités spatiales gentrifiées et l'augmentation du réseau cyclable, et l'indépendance de la relation inverse (Morrison 2021).

Une meilleure accessibilité aux infrastructures cyclables sécuritaires est observée dans les quartiers les plus aisés (Cunha et Silva 2023), affectant de façon disproportionnée l'exposition des groupes de population socioéconomiquement démunis à des enjeux de sécurité et d'opportunités (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021 ; Pistoll et Goodman 2014). La littérature soutient que de manière générale, les enfants, les personnes âgées (Houde, Apparicio et Séguin 2018 ; Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021), les individus avec un faible revenu, les personnes en situation de handicap, les personnes immigrantes et les personnes racisées ont potentiellement une accessibilité plus restreinte à un réseau performant de transport en commun ou aux infrastructures de transport actif (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021 ; Boisjoly et Yengoh 2017). Plusieurs de ces personnes sont en effet dépendantes aux mesures alternatives de déplacement, moins coûteuses que la voiture (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021).

Afin d'atteindre les objectifs d'une équité en transport, il est nécessaire d'inclure la dimension personnelle des individus et la composition des quartiers pour comprendre les besoins réels d'une population (Dixit et Sivakumar 2020). Pourtant, malgré la connaissance des enjeux sociaux de la planification du système de transport, cette dimension est extrêmement marginale dans le processus de planification (Boisjoly et Yengoh 2017). Une revue systématique des interventions en transport pour augmenter l'état de santé globale de la population a révélé que la très grande majorité de ces mesures ne prennent pas en considération les besoins spécifiques des groupes de population les plus affectés par les iniquités en transport, mais ont davantage une approche décisionnelle horizontale (Hansmann, Grabow et McAndrews 2022). Le concept d'équité en transport se doit d'inclure le motif du déplacement dans la planification en fonction des différents groupes de population (Boisjoly et Yengoh 2017). Des études aux États-Unis démontrent que le processus de planification des systèmes de transport exclue presque systématiquement les personnes immigrantes et les minorités visibles alors que ces groupes de population se déplacent proportionnellement plus en vélo que les autres individus (Stehlin et Tarr 2017 ; Barajas 2020). Une étude effectuée à Montréal par Boisjoly et Yengoh (2017) a analysé le processus participatif de deux plans locaux de transport, démontrant que les paradigmes traditionnels de planification sont un frein important à l'inclusion des différents groupes de population dans l'élaboration des interventions en transport. Puisque le processus de planification inclut presque uniquement des professionnel.le.s et élu.e.s, l'équité en transport est grandement compromise en excluant les groupes de populations les plus dépendants d'une bonne accessibilité à un système de transport actif sécuritaire (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021).

1.1.3 Conditions météorologiques

De plus, les conditions météorologiques sont des facteurs très déterminants pour la pratique du vélo et particulièrement durant la saison hivernale. Ces conditions recensées dans la littérature sur le vélo trois saisons sont la température de l'air, le nombre d'heures d'ensoleillement, la durée prévue des précipitations et à la vitesse du vent (Thomas, Jaarsma et Tutert 2013 ; Böcker et Thorsson 2014 ; Brandenburg, Matzarakis et Arnberger 2007 ; Hong, McArthur et Stewart 2020 ; Mathisen, Annema et Kroesen 2015). Elles affectent beaucoup plus les déplacements récréatifs que les déplacements utilitaires (les déplacements avec une destination précise, tel le lieu de travail, l'école, l'épicerie, etc.) (Thomas, Jaarsma et Tutert 2013 ; Böcker et Thorsson 2014). Une étude effectuée aux Pays-Bas avance même que 80% des fluctuations quotidiennes de la présence des vélos sur la route s'expliquent par ces conditions météorologiques (Thomas, Jaarsma et Tutert 2013). Brandenburg, Matzarakis et Arnberger (2007) précisent que la température de l'air est plus déterminante que les précipitations dans le choix du vélo comme mode de déplacement. Un parallèle pourrait potentiellement être effectué ici avec l'influence des précipitations de neige sur la pratique du vélo d'hiver. Certains facteurs font cependant varier l'effet des conditions météorologiques sur le vélo utilitaire. La durée des déplacements est grandement déterminante, les trajets les plus courts n'étant généralement que très peu affectés par les conditions météorologiques (Böcker et Thorsson 2014). Le choix d'utiliser le vélo pour se déplacer dépend également de la perception de la température de l'air par les cyclistes. L'étude de Brandenburg, Matzarakis et Arnberger (2007) précise que l'expérience récente des conditions météorologiques, soit les six derniers jours, jumelées aux conditions actuelles, incluant les facteurs météorologiques cités précédemment, ont un effet considérable sur les déplacements à vélo. Böcker et Thorsson (2014) ont par ailleurs démontré dans une étude réalisée à Rotterdam aux Pays-Bas que malgré une température enregistrée de l'air similaire, celle-ci est perçue comme plus favorable par les individus dans des conditions ensoleillées plutôt qu'en présence de nuages et de vent. Les résultats d'une étude réalisée par Goldmann et Wessel (2021) auprès de trente villes allemandes témoignent de l'importance de la résilience d'une population aux fluctuations des conditions météorologiques. Les villes dotées d'une culture du vélo et d'une part modale élevée de déplacements en vélo sont fréquemment plus imperméables aux divers facteurs météorologiques tels que la pluie et le vent (Goldmann et Wessel 2021).

Malgré la grande influence des conditions météorologiques sur les déplacements à vélo dans des conditions non hivernales, très peu de recherches analysent l'effet des conditions

météorologiques extrêmes associées au vélo d'hiver. Pourtant, il est fort probable que cette influence soit encore plus déterminante que durant les autres saisons.

Les rares recherches sur le vélo d'hiver démontrent que malgré les croyances populaires, des températures froides, pouvant aller jusqu'à 20 degrés sous le point de congélation, ne représentent pas une nuisance importante pour les cyclistes d'hiver initié.e.s (Amiri et Sadeghpour 2015). À l'inverse, une étude réalisée à Montréal témoigne que malgré le développement du réseau cyclable hivernal, les températures extrêmes de l'hiver montréalais représentent toujours un frein important pour les cyclistes (Rodrigue et al. 2023). L'élément principal favorisant les déplacements hivernaux en vélo est un déneigement efficace des rues et des pistes cyclables, même si les risques de chutes sont connus (Bergström et Magnusson 2003 ; Amiri et Sadeghpour 2015). Un équipement adapté à la saison hivernale est nécessaire pour assurer des déplacements sécuritaires dans ces conditions météorologiques (Flynn et al. 2012). Brièvement abordé dans la littérature scientifique, l'équipement propice au vélo d'hiver est cependant bien couvert dans la littérature grise. Il est ainsi fréquemment recommandé d'avoir de bonnes lumières pour maximiser la visibilité, de posséder des pneus avec des crampons ou des clous, de bien graisser les pièces qui peuvent rouiller, et tout dépendant du temps d'entretien accordé au vélo et de la difficulté des déplacements, de posséder un vélo avec le moins de pièces possible (Vélo Québec 2021a ; Bilodeau 2019 ; MEC 2021). L'importance accordée aux connaissances de la mécanique des vélos en hiver particulièrement peut représenter dans certains cas un frein au cyclisme utilitaire dans des conditions extrêmes (Lubitow 2017).

En outre, l'expérience des cyclistes influence grandement l'effet des conditions météorologiques sur l'utilisation du vélo de manière utilitaire. Les cyclistes peu expérimenté.e.s sont 2,5 fois plus enclins à ne pas utiliser le vélo lorsqu'il y a des précipitations de pluie, et ce ratio passe à 4 lorsqu'il s'agit de précipitations de neige (Motoaki et Daziano 2015). Cette expérience est liée à des facteurs psychologiques et sociodémographiques qui seront présentés ultérieurement. Hong, McArthur et Stewart (2020) ont constaté dans leurs recherches à Glasgow (Écosse) que la fréquentation des infrastructures cyclables est nettement plus variable en fonction des conditions climatiques, comparativement à la fréquentation des autres voies routières par les cyclistes. Puisque les personnes cyclistes moins expérimentées ont tendance à privilégier les pistes cyclables, ce type d'infrastructure est alors peu fréquenté lorsque les conditions météorologiques sont défavorables, ce qui corrobore les résultats de Motoaki et Daziano (2015) sur la corrélation entre l'expérience et la tolérance aux conditions météorologiques non favorables au cyclisme identifiées dans la littérature (Hong, McArthur et Stewart 2020). L'environnement bâti a également

une influence sur l'impact des conditions climatiques. Les centres urbains sont moins affectés par les fluctuations de température, de par la création de microclimats (Helbich, Böcker et Dijst 2014). Durant les périodes froides, les centres urbains denses permettent des températures plus clémentes (à l'abri du vent) grâce à la présence de « canyons urbains » entre les façades des hauts édifices, et ce particulièrement le matin et le soir (Helbich, Böcker et Dijst 2014). De plus, durant les périodes chaudes, les ombres créées par les bâtiments permettent des températures plus agréables que dans les lieux plus ouverts (Helbich, Böcker et Dijst 2014). Cette densité permet également une plus courte distance entre les destinations, ce qui est plus favorable à une rétention des cyclistes, peu importe les conditions météorologiques (Goldmann et Wessel 2021). Dans un contexte de changements climatiques et de la multiplication d'événements météorologiques extrêmes, il est primordial que les villes priorisent l'atténuation de ces effets, notamment à l'aide du cadre bâti, sur le système de transport, et particulièrement pour le transport actif (Mathisen, Annema et Kroesen 2015). Ainsi, le sous-thème des conditions météorologiques dépend également des politiques de transport et de l'environnement bâti.

Il est ici intéressant de faire un parallèle entre le concept de nordicité proposé par Louis-Edmond Hamelin et la relation des cyclistes hivernaux aux conditions météorologiques de cette saison. Ce concept fait référence à l'état perçu, réel, vécu et même inventé, de la zone froide sise à l'intérieur de l'hémisphère boréal (Hamelin 2000). Cette relation au climat nordique est potentiellement une composante identitaire importante des Québécois.e.s (Chartier 2011). L'étude de la nordicité s'intéresse à tous les thèmes tant naturels qu'humains qui peuvent conduire à la compréhension des faits, des idées et des interventions dans les hautes latitudes (Hamelin 2006). Hamelin développe ce concept au niveau de la nordicité mentale, soit l'État de Nord qui se loge dans l'imaginaire puis se manifeste d'une façon expresse ou non dans les opinions, attitudes, interventions et activités (Hamelin 2000 ; Chartier 2011). Certaines personnes ont une vision plutôt négative de l'hiver alors que d'autres sont fières de cette saison et adaptent leurs activités en conséquence, telles que la pratique du hockey extérieur et du ski (Chartier 2011). La pratique du vélo d'hiver peut ainsi constituer une forme d'appropriation des conditions météorologiques de cette saison, et une fierté dans le choix de ce mode de déplacement. Cette fierté peut être associée à une composante identitaire des cyclistes et représenter un élément central de la culture du cyclisme hivernal. Ces concepts seront abordés dans les sections qui suivent.

Les différents indicateurs pour évaluer les villes favorables aux déplacements à vélo regroupent ainsi fréquemment les variables relatives à la forme urbaine présentées ci-dessus. Or, d'autres facteurs méritent d'être pris en considération, notamment le contexte socioéconomique et culturel

des différentes villes. Plusieurs inégalités raciales et de genre existent dans les déplacements à vélo, et il est primordial de prendre en considération les risques perçus par les individus plutôt que l'unique minimisation des risques considérés comme réels dans la création des infrastructures. L'élaboration d'indicateurs d'évaluation des villes favorables aux déplacements à vélo est donc très complexe, et se doit d'incorporer plusieurs dimensions autres que l'environnement bâti. Ces autres variables sont présentées ci-dessous.

1.2 Bienfaits et risques pour la santé

1.2.1 Les bienfaits pour la santé associés à la pratique du vélo

L'inactivité physique et l'obésité comptent parmi les plus grands risques de mortalité et représentent 11 % des décès au niveau mondial (Saidla 2018 ; Raustorp et Koglin 2019). Tout dépendant de la distance et de l'intensité en dépense énergétique, le vélo utilitaire a des bienfaits pour la santé, particulièrement pour les personnes en forme physique moyenne (Oja et al. 2011 ; Woodcock et al. 2007). L'incorporation de l'activité physique au mode de vie grâce au vélo utilitaire, permet par exemple de réduire considérablement les risques associés à l'inactivité, tels que les maladies cardio-vasculaires, la haute pression, le diabète, le surpoids et l'obésité (Oja et al. 2011 ; Giles-Corti et al. 2016 ; Raustorp et Koglin 2019).

De nombreuses études ont démontré les bienfaits d'un changement modal vers les transports actifs sur la santé publique. Une recherche néo-zélandaise avance qu'un changement modal de 5 % du nombre de kilomètres effectués avec un véhicule motorisé vers le vélo représenterait une diminution annuelle de 116 décès attribuables à l'inactivité physique et l'obésité, 5,6 décès évités, dus à la pollution de l'air, et une augmentation potentielle de 5 décès causés par des accidents de la route en vélo, pour une population de 4 millions d'habitant.e.s en 2011 (Lindsay, Macmillan et Woodward 2011). Depuis une perspective économique, la diminution de ces décès représente une économie annuelle d'environ 200 millions de dollars néo-zélandais (Lindsay, Macmillan et Woodward 2011). Johansson et al. (2017) ont quant à eux démontré qu'un transfert modal de l'automobile vers le vélo pour l'ensemble des résident.e.s de Stockholm vivant à moins de trente minutes de vélo de leur lieu de travail représenterait une diminution de 449 décès prématurés sur la population totale de 2,2 millions d'individus. L'efficacité d'un tel transfert modal serait près de deux fois plus efficace qu'une taxe à la congestion (Johansson et al. 2017). Une étude effectuée par Qiu et He (2018) à Beijing présente des constats similaires et affirme que 75 % des

déplacements en ville effectués avec un vélo libre-service plutôt qu'en voiture représentent une diminution annuelle de 225 600 tonnes de consommation de carburant et une économie sur le système de santé publique de 2421 millions de Yens. Une autre étude effectuée dans six villes européennes a également démontré qu'en général, un transfert modal des courts déplacements en ville de l'automobile vers le vélo diminue la pollution atmosphérique, le nombre de décès annuel qui en découle, et entraîne des économies pour le système de santé (Rojas-Rueda et al. 2016). Tout en reconnaissant la transférabilité limitée de ces statistiques, attribuable aux différents contextes socioéconomiques des territoires à l'étude, ces multiples recherches démontrent la tendance générale d'une réduction des décès et d'économies substantielles attribuables à un transfert modal vers le vélo.

Ces bienfaits pour la santé représentent l'une des motivations principales mentionnées par les cyclistes d'hiver (Bergström et Magnusson 2003). En conformité avec les recommandations de l'Organisation mondiale de la Santé, les municipalités devraient donc d'élaborer des politiques de transport favorables à la santé telle que la promotion du vélo en hiver, et doivent mettre l'emphase sur l'éducation aux populations de ces bienfaits sur la santé grâce à une dépense énergétique dans les déplacements quotidiens (De Nazelle et al. 2011 ; Rojas-Rueda et al. 2016 ; Raustorp et Koglin 2019).

1.2.2 Exposition à la pollution atmosphérique et sonore

Malgré les bienfaits pour la santé, les cyclistes sont exposé.e.s à de la pollution atmosphérique et sonore (Papon et al. 2017). Cette exposition est associée à une augmentation des risques de problèmes de santé tels que l'asthme, les bronchites, les maladies cardiovasculaires, le cancer du poumon l'infarctus du myocarde et la mortalité (MacNaughton et al. 2014 ; Hertel et al. 2008). Il a été démontré que les cyclistes et les piéton.ne.s sont davantage exposé.e.s à ces polluants que les autres usager.ère.s de la route, notamment pour les particules ultrafines et le carbone noir (Spinazzè et al. 2015). Par exemple, une étude récente effectuée à Montréal en heures de pointe démontre que les cyclistes sont exposé.e.s à un niveau sonore de 68,8 décibels, comparativement à 66,8 pour les automobilistes, et que la quantité de dioxyde d'axe (NO₂) inhalée est plus de trois fois supérieure pour les cyclistes (Apparicio et al. 2018a). Les auteur.rice.s concluent que les cyclistes font ainsi face à une iniquité environnementale : ils sont plus exposés à des nuisances, que par ailleurs ils ne contribuent pas à produire. De plus, la concentration de carbone noir dans

l'air est encore plus importante durant la saison hivernale (Dekoninck, Botteldooren et Panis 2015). La concentration de NO₂ à Montréal est pratiquement deux fois plus élevée durant l'hiver qu'en été (Crouse, Goldberg et Ross 2009 ; Gourджи 2018), souvent à l'origine des épisodes de smog hivernal.

Certaines situations et aménagements font varier l'exposition à ces polluants. Les déplacements à l'extérieur des heures de pointe, et particulièrement le matin, réduisent l'exposition aux polluants atmosphériques (Spinazzè et al. 2015 ; Hertel et al. 2008). Le choix du type de route emprunté par les cyclistes influence par ailleurs grandement les effets de la pollution atmosphérique. De manière générale, les grandes voies routières avec un trafic important, les canyons urbains et les intersections sont associées à une plus grande exposition aux polluants atmosphériques (MacNaughton et al. 2014). Les recherches de Hertel et al. (2008) à Copenhague au Danemark ont étudié cette variation de l'exposition aux polluants atmosphériques selon le type de voies. Les auteurs ont évalué l'écart d'exposition entre le trajet le plus court, incluant fréquemment des voies avec une exposition plus élevée aux pollutions, et le trajet minimisant cette exposition, potentiellement plus long. Les effets sont variables, mais l'exposition est réduite de 54 % à 67 % en empruntant un itinéraire à faible exposition, avec une durée de trajet supérieure en moyenne de 15 % à celui le plus court (Hertel et al. 2008). MacNaughton et al. (2014) ont étudié les variations de l'exposition aux polluants atmosphériques entre les pistes et les bandes cyclables dans la ville de Boston aux États-Unis. Les pistes cyclables sont significativement moins exposées à la présence de polluants tels que carbone noir et le dioxyde d'azote, et ce malgré un trafic automobile pouvant potentiellement être plus important le long de ce type d'infrastructure (MacNaughton et al. 2014). Ces résultats s'expliquent par le fait que les pistes cyclables sont davantage en retrait du réseau automobile que les bandes cyclables, ce qui permet la dilution des polluants, et puisque les barrières physiques délimitant les pistes cyclables agissent comme barrières aux polluants (MacNaughton et al. 2014). Un autre avantage des pistes cyclables, comparativement aux bandes cyclables dans la ville de Boston, correspond à l'évitement de plusieurs intersections importantes qui sont fréquemment très polluantes. En effet, ces intersections sont réduites de 12 % en empruntant les pistes cyclables plutôt que les bandes cyclables (MacNaughton et al. 2014). Broach et Bigazzi (2017) ont étudié l'effet d'emprunter des détours pour minimiser la fréquentation de voies routières considérées comme polluantes à Portland, Oregon aux États-Unis. En général, les cyclistes font des détours qui sont entre 7 % et 12 % plus longs que le chemin le plus court. Selon leurs résultats, ces détours permettent d'éviter

les artères les plus polluées, mais les cyclistes n'empruntent malgré tout pas suffisamment de pistes cyclables en site propre isolées des voies routières. Ainsi, cette exposition prolongée aux polluants atmosphériques causée par les détours est supérieure à l'exposition associée aux trajets les plus courts. Une réduction de l'exposition est plutôt favorisée par le développement d'un réseau dense de pistes cyclables en site propre (Broach et Bigazzi 2017).

Pour ce qui est de la pollution sonore, le type de voie, d'intersection, le nombre de camions et le nombre de voies automobiles influencent le niveau de bruit (Apparicio et al. 2016b). Ainsi, la création d'itinéraires alternatifs et la consolidation d'un réseau cyclable assez isolé des grandes voies routières peuvent diminuer l'exposition à la pollution sonore (Dekoninck, Botteldooren et Panis 2015). La création de ces voies réservées permet des déplacements rapides (la durée du trajet peut être un frein à l'utilisation du vélo, tel que présenté précédemment), avec des niveaux d'exposition à de la pollution atmosphérique et sonore plus faibles, ce qui pourrait ultimement augmenter la part modale du vélo au détriment d'un véhicule motorisé (Apparicio et al. 2016b). La création de barrières vertes et la présence importante de végétation permettent ainsi une réduction de la pollution sonore et de la pollution de l'air (Apparicio et al. 2016b ; Gourджи 2018 ; Fisher et al. 2017).

À l'heure actuelle, les effets à long terme de l'exposition aux polluants atmosphériques dus aux déplacements en vélo ne sont pas établis (Broach et Bigazzi 2017 ; MacNaughton et al. 2014). Il est toutefois admis que selon les données disponibles, les répercussions de cette exposition aux polluants atmosphériques et sonores sont inférieures aux externalités positives d'une augmentation de l'activité physique, notamment pour le nombre de décès prématurés et pour les coûts de santé publique (Lindsay, Macmillan et Woodward 2011 ; Rojas-Rueda et al. 2016 ; Sun et al. 2020 ; Fisher et al. 2017). L'activité physique améliore la capacité cardio-respiratoire, même dans des circonstances où l'exposition aux polluants est importante. Les effets bénéfiques de la réduction de la mortalité associés à l'activité physique ne sont pas significativement affectés par un environnement urbain davantage pollué, et la réduction des risques de développer de l'asthme et des maladies chroniques pulmonaires sont également indépendantes du niveau de pollution de l'environnement urbain lors de l'exercice d'activité physique (Fisher et al. 2017 ; Rojas-Rueda et al. 2016).

1.3 Pratique du vélo et groupes de population

Les caractéristiques sociodémographiques sont également déterminantes lors du choix du mode de transport, notamment pour l'utilisation du vélo en ville. D'ordre général, en Amérique du Nord, les femmes, les personnes plus âgées, et les individus avec de jeunes enfants ont tendance à opter pour un autre mode de déplacement (Chen, Zhou et Sun 2017). De plus, les personnes avec des revenus très bas ou très élevés, celles avec un faible niveau d'éducation scolaire ont également tendance à éviter les déplacements à vélo (Chen, Zhou et Sun 2017 ; Winters et al. 2007 ; Branion-Calles et al. 2019). Ce sont majoritairement les personnes avec des revenus moyens à élevés qui choisissent de se déplacer à vélo, puisque ces personnes sont souvent plus sensibles aux bienfaits pour la santé de cette pratique (Chen, Zhou et Sun 2017). Le peu de littérature sur le vélo d'hiver stipule que la proportion d'hommes en vélo sur la route durant la saison hivernale est considérablement plus importante. Par exemple, à Calgary, les hommes ont une présence près de cinq fois plus importante que les femmes (Amiri et Sadeghpour 2015). Les recherches de Gervais et al. (2023) au Québec corroborent ces résultats, soit la prépondérance d'homme blanc d'âge moyen et de revenu élevé sur les routes en vélo l'hiver. Il est primordial de prendre en considération la surreprésentation de ce profil dans l'étude du cyclisme hivernal. Cette réalité peut créer une barrière psychologique pour tout autre individu qui ne se reconnaît pas dans ces critères, notamment les femmes, les personnes racisées, les personnes âgées et les individus en surpoids (Lubitow 2017). La section qui suit aborde l'expérience variable de la pratique du vélo selon les différents groupes de population cités précédemment.

1.3.1 Les représentations associées au cyclisme urbain

La littérature portant sur les barrières aux déplacements à vélo en ville s'intéresse particulièrement à l'optimisation des infrastructures cyclables (notamment par l'aménagement de pistes cyclables en site propre), la topographie, la connexion du réseau, et l'étude du contexte social (expérience, perception du risque) (Lubitow, Tompkins et Feldman 2019). Cependant, les inégalités de genre et de race dans la pratique du vélo constituent également des barrières très importantes.

Tel que présenté par Horton et al. (2016), le cyclisme est associé à une pluralité de représentations. La compréhension du processus décisionnel de ces déplacements actifs

nécessite donc la façon dont les populations qui optent pour un autre mode de déplacement perçoivent et se représentent la pratique du vélo. En premier lieu, un certain mode de vie peut être associé au cyclisme urbain. Les entretiens effectués par Steinbach et al. (2011) à Londres ont révélé que plusieurs participant.e.s associent le stéréotype du cycliste à une personne sensible aux questions environnementales, assez indépendante, avec des idéologies plutôt de gauche, par exemple. Il a également été démontré à plusieurs reprises que l'auto-identification comme cycliste est intrinsèquement liée à la fonction utilitaire des déplacements à vélo (Lois, Moriano et Rondinella 2015 ; Murtagh, Gatersleben et Uzzell 2012 ; Aldred 2013). Ces représentations peuvent altérer le sentiment de légitimité et la confiance des autres cyclistes qui ne sont pas des hommes blancs de classe moyenne ou des personnes ayant ce mode de vie (Steinbach et al. 2011). Dans leur étude menée à Vienne, Füssl et Haupt (2017) décrivent quatre profils de la personne cycliste selon différentes attitudes individuelles. Le premier profil inclut des individus accordant une grande importance aux comportements écoresponsables, anticonsuméristes, progressistes, des valeurs dans lesquelles s'inscrit la pratique du vélo. Le second type d'individus agit à titre de représentant.e du cyclisme sécuritaire et des bonnes pratiques sur la route, et tente de démontrer que ces usager.ère.s sont aussi responsables et légitimes que les autres. Le troisième profil correspond aux « spécialistes ». Ces individus accordent de l'importance aux aspects techniques du vélo et possèdent fréquemment beaucoup d'équipements adaptés à une multitude de situations (vélo spécialisé, bagages à vélo, vêtement en lycra). Finalement, les « justicier.ère.s » tentent de démontrer les avantages et la supériorité du vélo sur les autres modes de déplacement et peuvent parfois avoir une conduite plus téméraire pour démontrer leur expertise sur la route (Füssl et Haupt 2017 ; Steinbach et al. 2011). Cette typologie s'inscrit cependant dans un contexte culturel spécifique qui ne s'applique pas à l'ensemble de la population.

Dans l'imaginaire collectif, le cyclisme urbain peut également être associé à une pratique dangereuse et téméraire, comme démontré par le service de la messagerie à vélo étudié par (Fincham 2007). Ces cyclistes, facilement identifiables par leur tenue, sont associés à un mode de vie marginal, à l'extérieur des normes du marché économique et de la société (Fincham 2007). Ce statut alternatif des messenger.ère.s à vélo serait alors transposé sur la route avec une conduite plus dangereuse et inconvictionnelle (Fincham 2007). Les autres représentations du cyclisme urbain ne sont peut-être pas aussi extrêmes que dans le cas des messenger.ère.s à vélo, mais ont malgré tout des répercussions importantes sur l'utilisation du vélo en ville.

1.3.2 La pratique du vélo selon l'âge

Les effets bénéfiques des déplacements à vélo pour les personnes âgées sont nombreux et bien documentés dans la littérature. Ce mode de transport permet de soutenir la mobilité de cette population, offre une indépendance dans les déplacements et augmente l'état de santé global (Engbers et al. 2018 ; Hair et al. 2015 ; Huy et al. 2008). Une recherche effectuée par Huy et al. (2008) en Allemagne auprès de plus de 2000 personnes âgées de 50 à 70 ans soutient que l'utilisation quotidienne du vélo réduit de 20 % les risques de problèmes médicaux tels qu'un taux élevé de cholestérol, de l'hypertension, du diabète, des problèmes d'obésité, des maladies cardiovasculaires et orthopédiques.

Cependant, cette population est plus susceptible de vivre des accidents et des blessures graves sur la route. Selon les recherches de Engbers et al. (2018), les risques de blessures sont trois fois plus élevés par kilomètre effectué à vélo pour les personnes âgées de 65 ans et plus, comparativement à une population d'âge moyen, et les risques d'hospitalisation sont quatre fois plus élevés. Les risques d'accidents fatals sont 17 fois plus importants pour les personnes cyclistes âgées de plus de 75 ans (Engbers et al. 2018). Hair et al. (2015) présentent des résultats similaires dans leurs recherches, notamment que les risques d'accident pour les personnes âgées sont 3,2 fois plus élevés pour chaque kilomètre effectué en vélo et que les risques d'hospitalisation pour les cyclistes de plus de 75 ans sont quatre fois plus élevés. Les risques de chutes sont 2,5 fois plus importants si les cyclistes ont un trouble de santé mentale et 1,8 fois plus élevés si le niveau de confiance de ces personnes lors des déplacements est faible (Hair et al. 2015). La condition physique et mentale de cette population est ainsi grandement déterminante dans les risques associés aux déplacements à vélo (Hair et al. 2015).

Selon l'étude réalisée par Leden, Johansson et Rosander (2008) chez les personnes âgées de 65 ans et plus, les principaux motifs aux déplacements à vélo chez ce groupe de population sont l'exercice physique, l'aspect ludique associé au vélo, l'indépendance et la facilité de ces déplacements. La grande majorité des déplacements a comme motif de faire des achats dans les commerces, mais également de visiter des ami.e.s et d'effectuer des balades récréatives ou pour se rendre à un lieu de loisir (Leden, Johansson et Rosander 2008 ; Hair et al. 2015). La principale raison pour laquelle ce groupe de population laisse de côté le vélo à certains moments et opte pour un autre mode de déplacement correspond aux conditions de la route, particulièrement

lorsque la chaussée est glissante (Leden, Johansson et Rosander 2008 ; Hair et al. 2015). L'étude de Leden, Johansson et Rosander (2008) en Suède précise que les conditions hivernales sont particulièrement déterminantes dans le choix du mode de déplacement chez les personnes âgées de 65 ans et plus. Plus du trois quarts des individus de cette étude ont mentionné les problèmes de déneigement du réseau cyclable et routier et les chutes de neige comme étant des freins importants, et près de la moitié de ces personnes ont précisé que les températures sous zéro degré Celsius représentent un incitatif à utiliser un autre mode de déplacement (Leden, Johansson et Rosander 2008). Plusieurs personnes ont également mentionné les longues distances comme étant un obstacle aux déplacements à vélo en hiver, comparativement aux autres saisons (Leden, Johansson et Rosander 2008). La presque totalité des personnes sondées dans cette étude a par ailleurs précisé privilégier les pistes cyclables en site propre ou protégées lors de leurs déplacements (Leden, Johansson et Rosander 2008). Ces études démontrent ainsi que le développement et l'entretien de ce réseau cyclable en hiver est un levier important aux déplacements à vélo durant cette saison en fonction de l'âge.

Les déplacements à vélo peuvent également être grandement bénéfiques pour les enfants et personnes adolescentes. L'activité physique chez ce groupe de population est un enjeu important, avec une inactivité en croissance et une augmentation de l'obésité au sein de cette population (Kaplan, Nielsen et Prato 2016 ; Pucher et Buehler 2012). Une promotion adéquate du transport actif peut avoir des retombées immédiates sur le niveau de la santé des personnes de moins de 18 ans, tels qu'un meilleur développement cognitif et physique, et d'instaurer des habitudes saines de santé et d'une utilisation de modes de déplacement durables (Kaplan, Nielsen et Prato 2016 ; Pucher et Buehler 2012). Le choix du vélo comme mode de déplacement peut cependant faire face à plusieurs obstacles chez cette population, tels que la distance à parcourir, la densité des intersections routières, l'accessibilité aux infrastructures cyclables, la densité résidentielle et la densité des services et commerces (Kaplan, Nielsen et Prato 2016). Les résultats de l'étude de Houde, Apparicio et Séguin (2018) révèlent qu'à Montréal, le réseau cyclable a plus que doublé depuis plus de deux décennies, alors que l'accessibilité à ce réseau pour les enfants n'a guère augmenté. L'environnement naturel, tel que la présence de dénivelé et les conditions météorologiques, influencent également la pratique du vélo chez les moins de 18 ans (Salmon et al. 2007). Les déplacements à vélo chez les enfants dépendent également de la perception de l'environnement social et physique qu'ont les parents. La perception des potentiels dangers attribuables à l'aménagement et au trafic routier et à la cohabitation avec d'autres personnes

usagères de l'espace public par les parents représente des freins importants aux déplacements à vélo chez les enfants (Salmon et al. 2007 ; Pucher et Buehler 2012). Les interventions pour favoriser les déplacements à vélo chez les jeunes doivent ainsi prendre en considération ces dynamiques entre les parents et les enfants cyclistes.

Comme pour les cyclistes plus âgés, les enfants sont des usag.er.ère.s plus exposé.e.s aux risques associés au vélo (Vansteenkiste et al. 2016). Les aptitudes plus restreintes de manœuvre et de contrôle de l'équipement représentent des facteurs de risques (Houde, Apparicio et Séguin 2018) et le nombre d'accidents n'impliquant pas une autre personne est surreprésenté chez les enfants et les personnes âgées (Juhra et al. 2012). Les accidents sont plus rares dans les pays où les enfants sont nombreux.euses à se déplacer en vélo, ce qui rappelle le concept de la sécurité par le nombre (Pucher et Buehler 2012). Plusieurs mesures peuvent réduire les risques vécus par les jeunes cyclistes et perçus par leurs parents. La diminution de la densité du trafic routier et de la présence de véhicules lourds dans les voies résidentielles (Kaplan, Nielsen et Prato 2016), l'augmentation de l'accessibilité et la connectivité à un réseau cyclable protégé et la présence de stationnements sécuritaires à vélo dans les écoles (Pucher et Buehler 2012) peuvent contribuer à l'augmentation de la part modale des jeunes cyclistes. Les interventions doivent promouvoir la dimension sécuritaire de cette pratique, tant pour les enfants que les parents, et prioriser le développement et l'accessibilité à un réseau cyclable sécuritaire (Brunton et al. 2006).

1.3.3 Le cyclisme utilitaire chez les personnes s'identifiant comme femmes

Les déplacements utilitaires à vélo chez les personnes qui s'identifient comme femmes varient grandement en fonction des pays et des villes. Cette section mobilise les catégories binaires « hommes » et « femmes » telles que rencontrées dans la littérature. Elle reconnaît toutefois l'existence d'identités plurielles et l'importance de complexifier les catégories utilisées en incluant plus largement les minorités sexuelles et de genre.

Au sein des villes favorables aux déplacements à vélo, la variété des cyclistes est représentative de la composition de la société où tant les femmes, les personnes âgées, les enfants, les minorités visibles, que des hommes se déplacent à vélo (Garrard, Handy et Dill 2012 ; Dickinson et al. 2003). Certains pays d'Europe, comme l'Allemagne, le Danemark et les Pays-Bas ont une représentativité exemplaire dans la composition de la société dans les déplacements utilitaires.

Le statut socio-économique des cyclistes est très varié et les femmes sont même légèrement plus nombreuses que les hommes à vélo (Pucher et Buehler 2008). La part modale du cyclisme utilitaire dans ces pays est près de 10 fois plus importante qu'en Amérique du Nord, en Australie et en Angleterre, où les femmes sont d'ailleurs considérablement moins nombreuses que les hommes sur la route (Garrard, Handy et Dill 2012). Cette sous-représentativité des femmes cyclistes, encore plus marquée durant l'hiver, offre un potentiel énorme d'augmentation de la part modale du vélo. La section qui suit présente des explications au nombre moins important de femmes cyclistes dans les pays où la part modale du vélo est très faible.

La littérature sur les freins potentiels au cyclisme pour les femmes est importante. L'environnement social, notamment les obligations familiales encore à ce jour principalement assumées par ces dernières, complexifie leurs déplacements (Steinbach et al. 2011 ; Prati 2018). Les trajets effectués incluent parfois le transport d'individus, tels les enfants vers la garderie, et le transport de biens, tels des achats pour le domicile et la famille, ce qui rend les déplacements à vélo plus difficiles (Schintler, Root et Button 2000 ; Garrard, Rose et Lo 2008 ; Emond, Tang et Handy 2009 ; Dickinson et al. 2003). La responsabilité de ces obligations familiales varie en fonction des ménages et de l'environnement social, mais est tout de même assumée en majorité par les femmes (Emond, Tang et Handy 2009).

L'étude effectuée par Heesch, Sahlqvist et Garrard (2012) à Queensland en Australie révèle que les motivations quant aux déplacements à vélo sont principalement pour des raisons de santé (condition physique, réduction du stress, santé mentale, incorporation de l'activité physique au mode de vie) et pour le plaisir associé à ce mode de déplacement, ces motifs étant sensiblement les mêmes pour les hommes. Bonham et Wilson (2012) ont tenté d'évaluer les raisons de l'utilisation du vélo ou non chez les femmes dans le cycle d'une vie. Les résultats de leur recherche démontrent que la relation n'est pas linéaire, mais circulaire, et dépend de plusieurs « événements marquants » tels qu'un déménagement, l'obtention d'un poste professionnel plus important, des conditions physiques variables. L'utilisation du vélo n'est pas un choix quotidien, mais dépend de plusieurs facteurs qui varient durant le cours d'une vie (Bonham et Wilson 2012).

Selon la littérature scientifique, l'insécurité sur les routes et les conditions routières et météorologiques plus difficiles sont des facteurs très déterminants de la pratique du vélo utilitaire pour les femmes (Broache 2012 ; Prati 2018 ; Heesch, Sahlqvist et Garrard 2012 ; Le et al. 2019). Plusieurs études démontrent que cette insécurité est attribuable aux risques du partage de la route avec les véhicules motorisés et les risques d'agression par les automobilistes et les

personnes présentes dans l'espace public en général (Schintler, Root et Button 2000 ; Garrard, Rose et Lo 2008 ; Emond, Tang et Handy 2009). Le cyclisme utilitaire peut représenter tant une forme *d'empowerment* qu'une source d'anxiété et d'inquiétude (Lubitow, Tompkins et Feldman 2019). Les femmes sont à la fois invisibles et visibles, puisque la vitesse et l'aisance de la circulation dans le trafic leur permettent d'éviter certains risques, alors qu'être une femme sur un vélo représente également une surexposition dans l'espace public à des externalités négatives tels le harcèlement et la violence (Lubitow, Tompkins et Feldman 2019). Alors que la proportion de femmes qui empruntent les infrastructures cyclables en site propre est plus importante que les hommes (Emond, Tang et Handy 2009 ; Dickinson et al. 2003), elles sont toutefois le type de voie préféré tant pour les hommes que les femmes (Le et al. 2019 ; Heesch, Sahlqvist et Garrard 2012). Parmi les rares études sur le genre et le vélo d'hiver, il est convenu que la sous-représentation des femmes est encore plus marquée durant la saison hivernale, principalement due au manque d'infrastructures cyclables sécuritaires accessibles, et à une culture du cyclisme hivernal encore moins inclusive (Nahal et Mitra 2018 ; Twaddle, Hall et Bracic 2010). Ainsi, afin d'augmenter la proportion de femmes cyclistes dans les villes où la part modale de ces déplacements est faible, en hiver comme pour les trois autres saisons, il est primordial d'instaurer des infrastructures cyclables plus sécuritaires, des partenariats avec différents acteur.rice.s politiques pour assurer une meilleure sécurité dans les espaces publics et une éducation aux usager.ère.s des risques réels de ces déplacements durant l'hiver (Dickinson et al. 2003).

Les recherches effectuées par Ravensbergen, Buliung et Laliberté (2019) nuancent l'approche binaire des potentielles variations dans la pratique du vélo selon le genre, exposée dans les paragraphes précédents. Les résultats de la revue systématique réalisée sur les écrits sur le genre, le transport et le vélo démontrent qu'en général, les recherches ont une méthodologie quantitative et portent sur l'identification des différences dans les comportements de transport entre les hommes et les femmes, sur l'aspect récréatif ou utilitaire des déplacements, et sur les barrières auxquelles font face les cyclistes femmes (Ravensbergen, Buliung et Laliberté 2019). L'approche générale du corpus sur le genre et le vélo évalue l'effet du genre sur le choix du mode de transport, la relation inverse n'étant que rarement abordée (Ravensbergen, Buliung et Laliberté 2019). Les auteur.rice.s donnent l'exemple de l'étude de Garrard, Rose et Lo (2008) citée précédemment qui avance que les femmes sont plus sensibles aux effets du trafic routier que les hommes, sans toutefois se questionner sur les raisons d'une telle différence. L'évaluation de l'impact du genre sur le mode de transport sans évaluer la relation inverse est ainsi problématique et peut renforcer des stéréotypes genrés qui représentent eux-mêmes des barrières au cyclisme

pour les femmes (Garrard, Rose et Lo 2008). Il est primordial d'étudier cette relation entre le transport et le genre en fonction du contexte historique et géographique dont les modes de transport influencent des comportements genrés (Ravensbergen, Buliung et Laliberté 2019). Tel qu'avancé dans les études de Shaw et al. (2020) et de Gamble (2019), les différences dans les comportements de transport entre les hommes et les femmes sont issues d'un procédé social et culturel, et la perception des comportements genrés dans les déplacements est établie très tôt dans le développement des enfants. Ravensbergen, Buliung et Laliberté (2019) proposent d'analyser les écarts dans les comportements de déplacement à vélo selon le genre à l'aide de théories féministes, notamment la performativité du genre et l'intersectionnalité. La première théorie présente le genre comme étant une construction sociale, et les auteur.rice.s font le parallèle avec la représentation sociale de la personne cycliste (fréquemment hypermasculine), à laquelle il peut être difficile de s'identifier, et qui nécessite donc une performance dans le genre. La seconde théorie, l'intersectionnalité, démontre que les formes d'oppressions sont multiples (le genre, l'origine ethnique, la classe sociale, etc.) et n'existent pas de manière indépendante (Ravensbergen, Buliung et Laliberté 2019). Ainsi, l'expérience des femmes en vélo est variable selon le statut socio-économique, les origines ethniques, l'âge, la sexualité et les capacités physiques, entre autres. Cette section a présenté les constats généraux sur la relation entre le genre et les déplacements à vélo. L'apport des théories féministes est brièvement abordé, mais est essentiel à l'étude de la pratique du vélo. La présence d'une culture inclusive des déplacements à vélo et des mécanismes de support pour ce mode de déplacement sont des éléments favorables à la diversification des cyclistes en ville (Le et al. 2019). Les recherches académiques se doivent de prendre en considération ces théories en s'inscrivant dans différents contextes sociaux, ce qui peut permettre une meilleure orientation des interventions pour la promotion des déplacements à vélo chez les femmes.

1.3.4 Inégalités pour les groupes de populations racisées

Les inégalités en transport sont liées au fait que les individus sont différents, ont des besoins diversifiés, et que la distribution des bénéfices des déplacements à vélo et les répercussions des autres modes de déplacement affectent de façon inégale certains groupes de population, notamment les personnes racisées (Jahanshahi et al. 2020). Dans un contexte global d'augmentation des investissements en transport actif, tel que l'extension d'un réseau cyclable dans une ville donnée, qui sont les personnes bénéficiant de ces mesures? De nombreuses recherches ont évalué la composition de la population cycliste au sein d'un territoire défini. Aux

États-Unis, la population blanche se déplace près de deux fois plus en vélo que les personnes afro-américaines, hispanophones et asiatiques (Pucher, Buehler et Seinen 2011b). Au Royaume-Uni, ce constat est sensiblement le même avec près de 1,6 fois plus de personnes blanches se déplaçant en vélo (Parkin, Wardman et Page 2007 ; Goodman et Aldred 2018). Au Canada, MacEacheron et al. (2023) ont utilisé les données des recensements depuis 1996 et de l'Enquête nationale auprès des ménages pour tenter de décrire l'évolution de la composition de population cycliste. Les constats sont similaires aux études mentionnées précédemment. Les groupes de personnes racisées se déplaçant en vélo pour aller au travail sont près de deux fois moins nombreux que les personnes blanches (MacEacheron et al. 2023). La revue systématique de littérature effectuée par Jahanshahi et al. (2020) révèle également la présence majoritaire de personnes blanches au sein de la population cycliste dans les pays occidentaux. Il est toutefois remarqué dans les études de MacEacheron et al. (2023) et de Lusk et al. (2017) que le nombre de cyclistes issus des groupes de populations racisées croît à un rythme plus important que chez les personnes blanches. De plus, afin de bien cerner les enjeux de la composition de la population cycliste, il est important de prioriser une approche intersectionnelle, tel qu'expliqué par MacEacheron et al. (2023), puisque les comportements dans le mode de déplacement des individus ne peuvent pas s'expliquer que par une seule caractéristique de leur identité. Les auteurs illustrent ce constat avec les données suivantes : en 2016 au Canada, 0,6 % des femmes racisées utilisaient le vélo comme mode de transport, alors que ce taux est de 1,2 % pour l'ensemble des femmes, et 1,1 % pour les hommes racisés (MacEacheron et al. 2023).

De nombreuses études aux États-Unis ont démontré que les quartiers dans lesquelles résident majoritairement les personnes racisées sont grandement moins bien desservis en infrastructures cyclables (Braun, Rodriguez et Gordon-Larsen 2019 ; Smith, Oh et Lei 2015 ; Ursaki et Aultman-Hall 2015). Lusk et al. (2017) constatent dans leurs recherches à Boston aux États-Unis que la présence d'un réseau cyclable isolé des voitures est davantage réclamée par les groupes de populations racisés comparativement aux personnes blanches et que l'impact quant à l'augmentation du cyclisme au sein des groupes racisés et des personnes à faibles revenus serait considérable. L'accessibilité aux infrastructures cyclables peut certes augmenter la part modale des cyclistes, mais l'unique développement d'un réseau cyclable n'est pas garant d'une diversité de cyclistes (MacEacheron et al. 2023). Tel que présenté dans l'étude de Briseño et al. (2019) à Boston, le cyclisme peut être perçu comme étant une activité « pratiquée par les personnes blanches » et que la construction du réseau cyclable peut être perçue comme un risque de gentrification et de délocalisation pour les personnes racisées. Le titre de l'ouvrage de Melodie

Hoffman (2016), *Bike lanes are white lanes: Bicycle advocacy and urban planning* est très révélateur de ces disparités entre les populations dans la pratique du vélo aux États-Unis. Il est alors essentiel d'instaurer des politiques et des stratégies motivationnelles inclusives pour encourager les déplacements à vélo afin de permettre une potentielle diversité chez les cyclistes (Jahanshahi et al. 2020).

L'affirmation identitaire au cyclisme chez une personne peut être aussi déterminante que l'âge, le genre et l'origine ethnique, et n'est pas accessible de façon égalitaire à l'ensemble de la population (Sherwin, Chatterjee et Jain 2014). Les motifs de santé personnelle, d'écologisme et de militantisme, souvent associés au cyclisme urbain, s'inscrivent dans une certaine culture et contexte sociodémographique, qui ne représente pas la réalité d'une grande partie de la population. Pour certaines personnes, le cyclisme n'est pas un choix qui s'accorde à leurs valeurs, mais un moyen de déplacement relativement accessible économiquement (Steinbach et al. 2011). Pour la communauté afro-américaine aux États-Unis, la pratique du vélo n'est pas associée à une image positive, mais plutôt à un mode de déplacement de seconde classe, puisque « lorsqu'on a réussi, on s'achète une voiture » (Steinbach et al. 2011 ; Braun, Rodriguez et Gordon-Larsen 2019 ; Lubitow, Tompkins et Feldman 2019). En Angleterre, le faible pourcentage de personnes racisées à vélo s'explique également par une association entre le vélo et un statut social inférieur (MacEacheron et al. 2023).

Parmi les autres barrières auxquelles font face les personnes racisées, il a été démontré que cette population est exposée à une plus grande violence sur la route. Aux États-Unis, le racisme systémique se traduit dans les déplacements à vélo par une peur de l'oppression policière, de vivre du harcèlement, des microagressions et autres formes de violence par les autres usagers de la route (MacEacheron et al. 2023). Il a également été démontré à Portland (Oregon) que les personnes racisées sont exposées à un manque de respect plus important dans certains commerces et réparateurs de vélo (Lubitow, Tompkins et Feldman 2019). Les résultats de l'étude de Zimmerman et al. (2015) démontrent qu'aux États-Unis, les personnes afro-américaines et hispaniques ont une probabilité de mourir à vélo 30 % plus élevée que les personnes blanches. Le rapport *Building Equity : race, ethnicity, class and protected bike lanes* présente des résultats similaires, tel que le taux de décès en vélo plus élevé chez les populations hispaniques et afro-américaines que les personnes blanches. La recherche sur les risques du cyclisme ne prend que rarement en considération cette agressivité accrue vécue par la population noire, qui fait face à une rage au volant plus importante, au profilage racial et aux abus des

policiers (Lubitow, Tompkins et Feldman 2019 ; Browne 2015 ; Cresswell et Uteng 2008 ; Dunckel Graglia 2016).

1.3.5 Population à faible revenu

Les études et les résultats sur l'accessibilité au réseau cyclable en fonction du revenu sont intrinsèquement liés à la composition ethnique des quartiers. Toujours selon une approche intersectionnelle, l'analyse du cyclisme sur un territoire donné en fonction du revenu d'une population est ainsi fréquemment liée à la proportion de personnes racisées. Plusieurs études ont évalué spécifiquement l'effet du statut socio-économique sur la pratique du vélo, et les résultats sont variables. Les recherches de Fuller et Winters (2017) dans huit villes au Canada, de Kiani et al. (2024) à Montréal précisément, de Pistoll et Goodman (2014) à Melbourne en Australie, Tucker et Manaugh (2018) à Curitiba au Brésil et Braun, Rodriguez et Gordon-Larsen (2019) dans les 25 plus grandes villes des États-Unis, sont parmi les recherches qui ont démontré une accessibilité réduite dans les quartiers socioéconomiquement démunis. À l'inverse, les études réalisées par Tortosa et al. (2021) en Angleterre et par Dill et Haggerty (2009) à Portland aux États-Unis ont révélé que l'offre d'infrastructures cyclables est plus importante dans les quartiers socioéconomiquement démunis. Dans une étude effectuée dans 29 grandes villes aux États-Unis, Ferencak et Marshall (2021) ont constaté que les quartiers avec une population blanche socioéconomiquement démunie sont mieux desservis en infrastructures cyclables que les quartiers socioéconomiquement démunis habités par des groupes de personnes racisées. Ces quartiers où résident une population majoritairement blanche socioéconomiquement démunie ont par exemple 45,9 % plus d'infrastructures que ceux où vivent des personnes racisées et socioéconomiquement démunies. Cet écart est toutefois expliqué par une grande prédominance de voies partagées qui ne représentent pas des infrastructures cyclables sécuritaires (Ferencak et Marshall 2021). Lusk et al. (2017) présentent des constats similaires dans leur étude auprès de 1537 foyers au Massachusetts aux États-Unis, soit un meilleur accès à des infrastructures cyclables dans les quartiers aisés où réside une population blanche, comparativement aux quartiers socioéconomiquement démunis habités par une population racisée.

Plusieurs interventions permettraient d'augmenter la diversité des cyclistes utilitaires. D'une part, il est important d'élargir les bienfaits du vélo en ville, qui ne représente pas uniquement un mode

de vie écoresponsable mais également un mode de déplacement efficace, économique et sécuritaire (Steinbach et al. 2011 ; Lois, Moriano et Rondinella 2015). Il est également important de démystifier les désavantages perçus du vélo pour inclure une plus grande population, et de représenter une variété de genre et d'origine ethnique dans les publicités et les médias (Steinbach et al. 2011 ; Lois, Moriano et Rondinella 2015). Autrement dit, un manque de représentation des minorités visibles à vélo dans les publicités et les médias renforce une expérience vécue erronée des déplacements à vélo en ville (Lubitow, Tompkins et Feldman 2019). Ces iniquités s'expliquent également par le manque de représentativité dans les postes d'aménagement et d'urbanisme et le manque d'inclusion de ces populations dans les programmes de consultation sur le transport actif (Braun, Rodriguez et Gordon-Larsen 2019). Il est donc nécessaire de créer des infrastructures cyclables sécuritaires dans des quartiers plus défavorisés, de créer et supporter des groupes de cyclistes plus variés, d'offrir de l'information et des programmes d'aide aux cyclistes et à l'entretien des vélos, d'inclure les femmes et les populations minoritaires dans le processus d'élaboration des politiques et aménagements de transport actif, et plus globalement, d'enrayer le racisme systémique et le sexisme dans la société (Lubitow, Tompkins et Feldman 2019). Tel que présenté par Twaddle et al. (2010), cette culture du cyclisme hivernal est potentiellement encore plus exclusive. Il est donc primordial de prendre en considération les inégalités raciales, de genre et de statut socioéconomique dans l'élaboration de politiques et d'infrastructures pour favoriser le cyclisme hivernal.

1.4 Risques et perceptions du risque

1.4.1 Risques et accidents

Plusieurs mesures permettant de réduire l'exposition aux risques ont été présentées précédemment. Il convient alors de discuter succinctement des risques réels encourus par les cyclistes urbains. Ces recherches s'inscrivent dans la discipline de l'accidentologie, qui étudie les causes et conséquences des accidents en transport. Une étude effectuée entre 2006 et 2012 à New York a répertorié l'ensemble des accidents mortels à vélo dans les registres électroniques des décès de la ville, et révèle que ces accidents ont en majorité lieu durant le mois d'août, dans des conditions climatiques normales (Jarvis et Gill 2015). De plus, ces accidents fatals impliquent très majoritairement un véhicule motorisé, durant les heures de pointe. Par conséquent, très peu

d'accidents mortels surviennent sur une piste cyclable (Jarvis et Gill 2015). Par ailleurs, une étude effectuée à Vancouver et Toronto sur les blessures associées aux déplacements à vélo révèle que la majorité des accidents répertoriés dans les registres hospitaliers sont des collisions plutôt que des chutes (Cripton et al. 2015). Près de la moitié de ces accidents impliquent un véhicule motorisé, alors que les collisions avec un autre vélo ou un piéton représentent uniquement 5 % des accidents répertoriés (Cripton et al. 2015). Lusk et al. (2011) ont d'ailleurs démontré en consultant les registres hospitaliers et le recensement de la police qu'à Montréal, la probabilité d'accident est plus faible sur les pistes cyclables, malgré une fréquentation supérieure aux autres routes. À l'inverse, les rues avec un débit routier important, la présence de voitures stationnées et l'absence d'infrastructure cyclable concourent à augmenter cette probabilité (Teschke et al. 2012a). Les constats de ces recherches permettent d'orienter les mesures d'intervention des villes pour minimiser ces accidents.

La quasi-absence de littérature sur le vélo d'hiver ne permet pas d'identifier une tendance sur les risques réels attribuables à cette saison. Une étude effectuée en 2015 et 2016 à Ottawa a répertorié 395 accidents et quasi-accidents à l'aide de sources ouvertes et du recensement de la police, dans le but d'évaluer les risques en fonction du type d'infrastructure utilisé. Parmi ceux-ci, 45 ont eu lieu en hiver entre les mois de novembre et de mars et n'ont démontré aucune tendance selon le type d'infrastructure (Ferster et al. 2021). Une autre étude effectuée à Luleå en Suède précise que le risque de chute en hiver est perçu principalement par les cyclistes d'hiver non initié.e.s, alors que ce type de risque est considérablement moins mentionné par les cyclistes d'hiver expérimenté.e.s (Chapman et Larsson 2021). L'élément principal ressortant des études effectuées sur le vélo d'hiver en Suède (Bergström et Magnusson 2003 ; Paulusson 2015), en Norvège (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019 ; Andenes 2014), en Finlande (Pratte 2011 ; Perala 2000) et au Canada (Amiri et Sadeghpour 2015 ; Godefroy et Morency 2012 ; Bullock 2017) est l'importance attribuée par les cyclistes à l'entretien d'un réseau cyclable sécuritaire accessible en hiver. Puisque les risques de conflits avec les véhicules motorisés sont nettement moins importants sur ce type d'infrastructure qui est priorisé par les cyclistes en hiver, il est pertinent d'évaluer les risques réels du vélo d'hiver qui sont possiblement différents de la pratique du vélo durant les autres saisons.

Un intérêt scientifique grandissant porte sur les mesures alternatives de collisions pour évaluer la sécurité routière (Branion-Calles et al. 2019). Ces mesures concernent une variété de situations vécues par un ou plusieurs usager.ère.s de la route, qui sans manœuvre d'évitement, aurait mené à une collision (Branion-Calles et al. 2019). Elles regroupent le concept de conflit, qui permet

d'étudier les situations problématiques qui ne se concluent pas par un accident. Selon Hunter et al. (1999), ces conflits se définissent comme toute interaction entre un vélo et un véhicule motorisé, un.e piéton.ne, ou un autre vélo, dont au moins un des deux usager.ère.s a dû changer de vitesse ou de direction pour éviter un contact. Dozza et Werneke (2014) incluent au concept de conflit tout obstacle qui nécessite une manœuvre extraordinaire, telle la présence de trous dans la chaussée. Les recherches de Gadsby et Watkins (2020) démontrent que la majorité des conflits correspondent à des intersections problématiques, au passage non prévu d'un.e autre usager.ère devant les cyclistes et au mauvais état des infrastructures routières.

Les quasi-accidents (*near-miss*) représentent une autre mesure substitut d'évaluation des risques sur la route. La littérature ne semble pas offrir une définition universelle de ce concept. Comme pour les conflits, les quasi-accidents représentent une manœuvre d'évitement, un ralentissement brusque, entre différent.e.s usager.ère.s de la route ou entre un.e usager.ère et un obstacle statique (Aldred 2016). Certaines recherches incluent dans ce concept toutes situations considérées comme dangereuses par au moins un.e usager.ère de la route, tel un dépassement dangereux par exemple, même si aucune manœuvre d'évitement n'a été effectuée (Aldred 2016). En reprenant l'analogie d'un iceberg, les quasi-accidents représentent tout ce qui n'est pas visible, sont grandement plus fréquents que les collisions et ont un important potentiel explicatif de la faible part modale des déplacements en vélo (Sanders 2015 ; Aldred 2016, 2013 ; Branion-Calles et al. 2019). Rachel Aldred (2016) propose une typologie intéressante de ces quasi-accidents en fonction de leur fréquence et des sentiments de peur et d'inquiétude leur étant attribués. Premièrement, les éléments qui obstruent le passage et nécessitent un évitement sont les situations les plus fréquentes et rarement attribuées à un sentiment d'inquiétude. La seconde catégorie la plus fréquente de quasi-accidents représente les passages et dépassements difficiles, tels les déplacements à moins d'un mètre, qui sont considérés comme dangereux et effrayants. Troisièmement, les véhicules motorisés qui circulent dans les aménagements cyclistes sont également très fréquents. Au final, ces trois types de conflits représentent plus de 80 % des quasi-accidents vécus par les cyclistes (Aldred 2016). Selon les recherches, ces quasi-accidents sont en majorité vécus par des hommes ayant entre 31 et 51 ans, qui se déplacent au moins une fois par semaine en vélo, durant l'heure de pointe, pour se rendre au travail ou à l'école (Branion-Calles et al. 2019).

La fréquence importante de ces quasi-accidents et la charge émotionnelle attribuée à ces situations, comparativement aux collisions, ont une grande influence sur la perception des risques des déplacements à vélo. La corrélation entre les quasi-accidents et la perception des risques

routiers est ainsi plus importante que les risques attribués aux collisions réelles (Sanders 2015). Cette perception des risques renforce l'idée que les déplacements à vélo sont dangereux, stigmatisés et excentriques (Aldred 2016). Il est important de spécifier que cette peur concerne principalement le partage de la route avec les véhicules motorisés, et est très dépendante des caractéristiques sociodémographiques des cyclistes et de leur expérience, qui seront présentées dans la section suivante (Aldred 2016, 2013).

1.4.2 Perception du risque

Finalement, afin de mettre en relation les risques réels de l'utilisation du vélo en hiver et le nombre de cyclistes sur les routes durant cette saison, il est important d'étudier le concept psychologique de la perception du risque et du concept d'inquiétude (*worry*). Ceux-ci s'inscrivent dans la théorie du comportement planifié, proposée par Icek Ajzen en 1991. Cette théorie démontre que les intentions d'adopter des comportements de tout genre peuvent être prédites avec une grande précision par les attitudes envers ces comportements, des normes subjectives, et la perception du contrôle de ces comportements, qui influencent grandement les comportements réellement adoptés (Ajzen 1991). Jumelée aux comportements adoptés dans le passé, cette approche est fréquemment utilisée pour expliquer des comportements risqués notamment au niveau de la santé des individus (Schmiege, Bryan et Klein 2009). Gervais et al. (2023) ont d'ailleurs démontré dans leur étude au Québec cette corrélation entre les attitudes et la perception du contrôle et les déplacements à vélo en hiver. La perception du risque et l'inquiétude sont ainsi deux concepts qui s'inscrivent dans ce champ d'études, influencent les intentions et orientent les comportements des individus (Schmiege, Bryan et Klein 2009).

Le concept de la perception du risque a été introduit par Paul Slovic en 1987 et a ouvert la voie à de multiples autres chercheurs sur ce thème et les différents éléments qui influencent ce dernier. Dans cet article, l'auteur souligne que la perception n'est pas uniquement le fruit d'un calcul cognitif, mais que les éléments tels la familiarité (au risque), le contrôle (ou l'absence de contrôle), le potentiel catastrophique de la situation, l'équité et le niveau de connaissance du risque, influencent aussi sur la perception du risque, des bénéfices et de l'acceptation de ces derniers (Slovic 1987). La perception du risque dépend également des caractéristiques individuelles, notamment les variables démographiques, l'exposition, l'expérience personnelle, la propension à prendre des risques et la personnalité des individus (Sanders 2015 ; Baron, Hershey et Kunreuther 2000 ; Granié 2011). Ainsi, l'expérience, les distances parcourues et un nombre

important de cyclistes sur les routes vont diminuer la perception du risque (Ul-Abdin, De Winne et De Backer 2019 ; Parkin, Wardman et Page 2007 ; Lehtonen et al. 2016). Le type de route altère également cette perception. Les grandes artères sont considérées très risquées alors que les pistes en site propre sont perçues comme sécuritaires (Winters et al. 2012). La perception du risque s'inscrit donc dans un continuum en fonction des différents facteurs présentés.

La perception du risque varie en fonction du genre et de l'origine ethnique (Finucane et al. 2000). Des exercices d'exposition des faits à une grande variété d'individus dans le but d'obtenir une perception des risques homogène ont été effectués et ne permettent pas d'expliquer la perception du risque, puisque ces faits varient en fonction de la situation socioéconomique et culturelle des individus (Finucane et al. 2000). Le concept de « l'effet de l'homme blanc » permet entre autres d'expliquer cette différence dans la perception des risques. Cette partie de la population a généralement une perception très basse des risques comparativement aux individus qui ne s'identifient pas à ces hommes blancs (Finucane et al. 2000 ; Kahan et al. 2005, 2007). Cet effet est attribuable à une différence dans les attitudes, la confiance, le contrôle, et d'autres facteurs sociopolitiques de cette population (Finucane et al. 2000 ; Kahan et al. 2005, 2007). Les hommes blancs peuvent percevoir des risques moindres puisqu'ils sont davantage impliqués dans divers processus de création, de gestion, de contrôle et de pouvoir (Finucane et al. 2000). À l'inverse, la perception des risques vécue par les femmes et les minorités visibles est accrue puisque leur statut sociétal les place dans une position généralement plus vulnérable, avec un contrôle et des bénéfices réduits (Finucane et al. 2000). Ces hommes blancs valorisent fréquemment la réussite individuelle, l'initiative et l'autorégulation, et ont ainsi une vision très hiérarchique, individuelle et anti-égalitaire alors que les autres individus ont généralement une vision plutôt égalitaire et communautaire (Kahan et al. 2005). Les femmes et les minorités visibles perçoivent des risques plus élevés puisque les hommes blancs mettent en place une variété de moyens pour préserver leur statut socioculturel privilégié (Kahan et al. 2007). Il est tout de même important de spécifier que des variantes existent dans ces différents groupes socioculturels présentés ci-dessus.

La tolérance au risque varie également d'un individu à l'autre. La prise de risque peut même être attractive pour certaines personnes (Heino, van der Molen et Wilde 1996). Les déterminants des comportements risqués ont été grandement étudiés depuis plusieurs décennies. John W. Atkinson (1957) propose trois déterminants qui influencent la motivation chez les individus, soit les attentes, les incitations et les motifs. Le deuxième déterminant, soit les incitations, représente les aspects attrayants (ou non) à une situation, telle la prise de risques par exemple (Atkinson 1957). Heino et al. (1996) présentent le besoin de stimulation comme l'un des incitatifs à cette

prise de risques. Ces individus non seulement tolèrent le risque, mais recherchent des sensations, des expériences, et acceptent les potentiels risques physiques et sociaux (Heino, van der Molen et Wilde 1996). Les personnes à la recherche de sensations fortes sont attirées par des stimuli de hautes intensités, complexes et nouveaux (Heino, van der Molen et Wilde 1996). Ce type de personnalité est grandement déterminé par des variables sociodémographiques tels le genre, l'âge et l'expérience (Heino, van der Molen et Wilde 1996). Les individus qui considèrent que les probabilités de vivre des événements négatifs sont faibles peuvent adopter des comportements plus risqués (Moen 2007). Les hommes, relativement jeunes, ont davantage tendance à rechercher cette prise de risque dans leurs activités (Heino, van der Molen et Wilde 1996 ; Rundmo et al. 2011 ; Kummeneje et Rundmo 2020). C'est donc sans surprise que ces personnes sont surreprésentées dans les accidents routiers (Heino, van der Molen et Wilde 1996 ; Turner, McClure et Pirozzo 2004). En effet, même en contrôlant le facteur de l'expérience, les hommes ont plutôt tendance à dépasser les limites de vitesse dans les comportements de conduite sur les routes (Cobey et al. 2013). Ces derniers enfreignent davantage les règles routières, ce qui peut s'expliquer entre autres par le fait que ces comportements risqués représentent une certaine forme de valorisation attribuée au genre masculin (Cobey et al. 2013). Ces éléments d'analyses peuvent donc être appliqués à l'évaluation des motivations de la pratique du vélo d'hiver. Ces concepts de la perception du risque et de la tolérance à ces situations démontrent une fois de plus les inégalités que vivent les femmes et les populations issues d'une minorité visible quant aux choix du vélo comme mode de déplacement.

Lennart Sjöberg propose un autre concept à la perception du risque, soit l'inquiétude (*worry*). Ce concept, souvent associé et parfois confondu à la perception du risque, a un potentiel explicatif important sur les comportements des individus (Schmiege, Bryan et Klein 2009). Pourtant, les recherches démontrent que la perception du risque et l'inquiétude sont statistiquement indépendantes (Sjöberg 1998). La principale différence entre la perception du risque et l'inquiétude est que cette dernière est associée à une réponse émotionnelle (affective) à une situation négative alors que la perception du risque est un processus cognitif (Sjöberg 1998). Fréquemment, l'inquiétude est plus déterminante que la perception des risques lors de l'évaluation des comportements adoptés (Schmiege, Bryan et Klein 2009 ; Sjöberg 1998). L'inquiétude n'est pas une construction unitaire, mais dépend de plusieurs aspects telles la mémoire, l'imagination, la physiologie et est intrinsèquement liée à l'anxiété (Robichaud, Dugas et Conway 2003 ; Moen 2007). Quatre variables sont incluses dans le modèle psychologique explicatif de l'inquiétude, soit l'intolérance à l'incertitude, une mauvaise gestion des situations problématiques, l'évitement cognitif et les croyances erronées (Ladouceur, Gosselin et Dugas

2000). La première variable, l'intolérance à l'incertitude est la plus déterminante dans la construction de l'inquiétude (Ladouceur, Gosselin et Dugas 2000). Ce sentiment a pour effet de définir les situations ambiguës comme étant menaçantes, dangereuses, d'augmenter la perception du risque de ces situations et de créer des scénarios négatifs dans ces situations incertaines (Ladouceur, Gosselin et Dugas 2000). Cette intolérance aux incertitudes peut être associée aux déplacements à vélo en hiver. Il est possible d'émettre l'hypothèse que l'image excentrique et la nouveauté de cette pratique créent des incertitudes quant aux risques supplémentaires spécifiques à l'hiver.

Ce sentiment dépend grandement des caractéristiques personnelles des individus. De façon générale, les femmes, les personnes plus âgées, et les individus avec de jeunes enfants ont tendance à ressentir un sentiment d'inquiétude plus important (Sjöberg 1998). Les personnes avec des revenus très bas et très élevés, et un faible niveau d'éducation scolaire ont également tendance à s'inquiéter davantage (Sjöberg 1998). Le manque de confiance, et l'influence plus importante de différentes circonstances dans les déplacements chez les femmes, tels l'éclairage, l'heure des déplacements, la présence de travailleur.euse.s, peuvent entre autres expliquer l'inquiétude plus accrue de ces personnes (Robichaud, Dugas et Conway 2003 ; Alm et Lindberg 2000). Il est intéressant de faire le parallèle avec ces mêmes caractéristiques qui sont associées à une plus faible utilisation du vélo utilitaire.

Il a été démontré que l'inquiétude et le choix du mode de transport sont corrélés. Une inquiétude face à un accident est fréquemment associée aux modes de transports privés, notamment la voiture et le vélo, alors qu'une inquiétude face à des situations désagréables est plutôt associée aux modes de transport en commun (Backer-Grøndahl et al. 2009). Ainsi, l'inquiétude vis-à-vis d'un accident est très déterminante dans les comportements d'adaptation des modes de transport privé (Backer-Grøndahl et al. 2009). La sévérité des conséquences d'un accident ou d'un conflit influence principalement les choix modaux des transports actifs, plutôt que le transport en commun ou les transports motorisés (Rundmo et al. 2011). Cette inquiétude est alimentée par les sentiments anticipés attribués aux conséquences négatives plutôt que par le degré de sévérité des accidents (Roche-Cerasi et al. 2013 ; Kummeneje et Rundmo 2020). Ainsi, il a été démontré à de maintes reprises que l'inquiétude est l'une des variables les plus déterminantes dans le choix du mode de transport (Roche-Cerasi et al. 2013 ; Moen 2007 ; Kummeneje et Rundmo 2020). Puisque le sentiment d'inquiétude est un facteur important dans la requête d'instauration de mesures de sécurité additionnelles, il est important que les mesures mises en œuvre soient orientées vers la réduction de la sévérité des conséquences et de la perception de ces dernières

et de la légitimation de la place des cyclistes en ville (Rundmo et al. 2011 ; Kummeneje et Rundmo 2020 ; Moen 2007).

Tandis que les conditions climatiques ne sont pas déterminantes dans de nombreuses villes, elles sont fréquemment écartées des modèles d'évaluation de l'incertitude (Roche-Cerasi et al. 2013). Pourtant, de nombreuses personnes semblent être davantage inquiètes lorsqu'il s'agit de se déplacer durant l'hiver en vélo que durant les autres saisons (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). Ce sentiment accru durant l'hiver peut-être entre autres attribuable à la faible luminosité de cette saison et aux routes glacées et enneigées, ce qui détermine le choix du mode de transport (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). Malgré tout, la sévérité perçue des accidents n'est pas plus importante durant l'hiver (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). Ceci peut s'expliquer par le fait que le type d'accident anticipé ne diffère pas réellement en fonction des saisons (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). La nouveauté et la familiarité de cette pratique peuvent alors expliquer ce sentiment d'inquiétude attribuable à l'hiver, alors que la majorité des individus ont par le passé utilisé le vélo durant les autres saisons (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). Une démystification de cette pratique, des risques, de leur sévérité et de leur occurrence est nécessaire dans l'élaboration de pratiques qui favorisent le vélo d'hiver.

1.5 Contribution de la thèse à la littérature sur le vélo d'hiver

La littérature scientifique sur les freins et leviers aux déplacements à vélo, excluant la saison hivernale, est abondante. Comme démontré dans la première partie, de nombreux facteurs influencent le cyclisme utilitaire. Parmi eux, citons l'environnement bâti et particulièrement le développement d'un réseau cyclable accessible, bien connecté et entretenu tout au long de l'année (Chen, Zhou et Sun 2017 ; Pucher, Buehler et Seinen 2011a ; Winters et al. 2013). Jusqu'à présent la majorité des recherches sur les déplacements à vélo porte sur l'influence de l'environnement bâti et sur l'évaluation de la performance des villes favorables à ce mode de transport grâce à différents indicateurs. Cette tendance est encore plus marquée dans les rares recherches sur le vélo d'hiver. Les recherches de Winters, Zanotto et Butler (2019) proposent une nomenclature commune des infrastructures cyclables canadiennes (Can-BICS) selon leur niveau de sécurité et de confort. À notre connaissance, aucune étude n'a évalué les particularités de la pratique du vélo durant la saison hivernale dans les villes nordiques afin de permettre l'inclusion de nouvelles variables dans une nomenclature commune. Cette thèse a entre autres pour objectif de sonder les cyclistes sur les différences selon les saisons dans l'utilisation des infrastructures

cyclables, ce qui pourrait permettre de parfaire une nomenclature commune incluant les particularités du vélo d'hiver. De plus, malgré l'importance attribuée aux infrastructures cyclables en hiver dans la littérature, aucune recherche n'a évalué l'accessibilité à ce réseau cyclable en hiver. Les potentielles disparités dans l'accessibilité à un réseau cyclable hivernal sécuritaire peuvent permettre l'évaluation des iniquités en transport en hiver, qui n'ont à ce jour, pas été abordées dans la littérature scientifique sur le vélo d'hiver.

Les conditions climatiques sont également importantes dans le processus décisionnel des déplacements à vélo, et particulièrement en hiver où les températures sont froides et les routes enneigées (Thomas, Jaarsma et Tutert 2013). Le déneigement du réseau cyclable, et principalement des pistes cyclables en site propre, semble être l'élément central pour favoriser le cyclisme hivernal (Bergström et Magnusson 2003 ; Amiri et Sadeghpour 2015). Les recherches de Hong, McArthur et Stewart (2020) à Glasgow démontrent la variabilité de la fréquentation des infrastructures cyclables selon les conditions climatiques non hivernales. Les auteur.rice.s précisent que les personnes cyclistes peu expérimentées privilégient ces infrastructures cyclables dans leurs déplacements, et que les conditions climatiques difficiles affectent particulièrement cette population dans le choix du mode de transport (Hong, McArthur et Stewart 2020). L'analyse des parcours privilégiés selon l'expérience des cyclistes réalisée dans cette thèse va permettre d'approfondir les connaissances sur la relation entre les infrastructures routières, cyclables et le niveau d'expérience des cyclistes. Les pollutions sonore et atmosphérique – cette dernière étant accentuée durant l'hiver – peuvent également influencer négativement les déplacements à vélo l'hiver (Crouse, Goldberg et Ross 2009 ; Gourdjji 2018). Il a été prouvé que les pistes cyclables sont significativement moins exposées aux pollutions atmosphériques, ce qui renforce l'importance d'un tel réseau en hiver (MacNaughton et al. 2014). Malgré une exposition plus importante pour les cyclistes aux pollutions atmosphériques et sonores, les effets bénéfiques pour la santé, tant au niveau individuel que sociétal, surpassent les externalités négatives de ces pollutions (Lindsay, Macmillan et Woodward 2011 ; Rojas-Rueda et al. 2016).

L'utilisation du vélo varie également en fonction des différents groupes de population et du contexte socio-économique et culturel de la ville à l'étude. Par exemple, aux États-Unis (Pucher, Buehler et Seinen 2011a), au Royaume-Uni (Parkin, Wardman et Page 2007) et au Canada (MacEacheron et al. 2023), les personnes racisées sont près de deux fois moins nombreuses à vélo que la population blanche. Plusieurs recherches aux États-Unis ont démontré l'existence d'une représentation différente du cyclisme pour les membres de la communauté afro-américaine et parallèlement, des risques accrus vécus par cette population (Steinbach et al. 2011 ; Lubitow,

Tompkins et Feldman 2019 ; Hoffmann 2016). Les femmes sont également moins nombreuses à se déplacer en vélo, ce qui s'explique entre autres par l'environnement social, l'insécurité accrue que vit ce groupe de population, et des responsabilités familiales plus importantes (Steinbach et al. 2011 ; Garrard, Rose et Lo 2008). Cependant, très peu d'études tentent d'expliquer pourquoi plus de femmes préfèrent les infrastructures cyclables, ou pourquoi ces dernières vivent une insécurité plus importante qui pourrait ultimement influencer le choix du mode de transport. De même, rares sont les recherches qui mettent en relation le genre avec d'autres variables identitaires, telles que le statut socio-économique ou l'appartenance à une population racisée (Ravensbergen, Buliung et Laliberté 2019). De plus, alors que les populations socioéconomiquement plus démunies (Fuller et Winters 2017), les personnes âgées (Chen, Zhou et Sun 2017) et les enfants (Salmon et al. 2007) sont également sous-représentés dans la population cycliste, aucune recherche ne semble évaluer les freins et les leviers aux déplacements en vélo d'hiver pour ces différents groupes de population dont les bénéficiaires du vélo sont particulièrement importants.

La fréquence des conflits et quasi-accidents, ainsi que les potentiels contacts et accidents mortels sont d'autres facteurs déterminants du cyclisme utilitaire (Branion-Calles et al. 2019 ; Aldred 2016). À ces risques réels s'ajoute la perception des risques des individus. Ce concept est dépendant des caractéristiques individuelles (âge, genre et origine ethnique), de l'exposition au risque, de l'expérience personnelle, de la propension à prendre des risques et de la personnalité des individus (Slovic 1987 ; Sanders 2015). La tolérance au risque varie également en fonction des différentes populations; certains individus étant même en quête de sensations fortes, parfois attribuables aux déplacements à vélo en hiver (Granié 2011 ; Roch 2019). Finalement, le concept du sentiment d'inquiétude, qui est statistiquement indépendant de la perception du risque, principalement influencé par des composantes émotionnelles plutôt que rationnelles, est spécifique au vélo durant la saison hivernale et déterminant quant à l'utilisation de ce mode de déplacement (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019).

La littérature spécialisée sur la pratique du vélo en hiver est relativement récente et somme toute limitée. Bien évidemment, les terrains d'étude sont rares et circonscrits à des villes nordiques. Le climat rigoureux dans de nombreuses villes canadiennes – précipitations de neige abondantes et très basses températures – en fait des terrains d'étude particulièrement intéressants pour analyser la question des déplacements à vélo durant l'hiver. À Montréal, à notre connaissance, cinq études abordent les freins et leviers de la pratique du vélo d'hiver. Premièrement, Godefroy et Morency (2012) explorent cette thématique à l'aide des données de l'enquête origine-

destination (O-D) remplie par 66 100 foyers. Ils concluent que l'entretien du réseau cyclable en hiver est l'élément principal sur lequel agir pour augmenter la part modale de ces déplacements. Deuxièmement, Miranda-Moreno et al. (2013) ont effectué une étude comparative également à l'aide d'une enquête entre les villes de Montréal et d'Ottawa. Parmi leurs conclusions, les chercheurs renchérissent sur l'importance du déneigement du réseau cyclable en hiver, et précisent que l'âge, le genre et l'expérience sont des variables déterminantes. En effet, les femmes, les personnes plus âgées et les cyclistes moins expérimenté.e.s ont tendance à opter pour un autre mode de déplacement que le vélo en hiver. Ensuite, l'étude de Rodrigue et al. (2023) évalue la perception du REV à Montréal par les cyclistes, en ne s'attardant toutefois pas précisément sur le vélo d'hiver. Les résultats révèlent que ce réseau est implanté dans des quartiers où les infrastructures cyclables sont déjà plus nombreuses, ce qui renforce les inégalités quant à l'accès à des infrastructures cyclables sécuritaires (Rodrigue et al. 2023). Cet exercice n'a pas été effectué spécifiquement sur le réseau cyclable déneigé. Les auteur.rice.s mentionnent par ailleurs brièvement que les conditions climatiques difficiles représentent un frein important au cyclisme hivernal, malgré le développement du réseau accessible en hiver (Rodrigue et al. 2023). Dans une autre optique, dans son mémoire, Marie-Hélène Roch (2019) présente la relation qu'ont les cyclistes d'hiver avec cette saison froide, en mobilisant le concept de nordicité. Les résultats obtenus à l'aide de douze entretiens semi-dirigés et d'ateliers mobiles à vélo présentent la pluralité d'expériences vécues et perçues de l'hiver grâce aux déplacements à vélo. Pour certaines personnes, l'expérience de ces déplacements hivernaux est imaginaire, mythique, alors que pour d'autres, elle est plutôt pragmatique. De plus, ces déplacements procurent fréquemment un bien-être physique ou mental, et représentent une stratégie de résilience ou de contrôle de l'environnement (Roch 2019). Finalement, le questionnaire réalisé auprès de 624 individus dans le cadre des recherches de Gervais et al. (2023) permet d'identifier un profil type de la personne cycliste en hiver au Québec, soit un homme blanc d'âge moyen et de revenu élevé. De plus, cette recherche démontre la relation positive entre les concepts de l'attitude et de la perception du contrôle dans les déplacements à vélo en hiver, qui s'inscrivent dans la théorie du comportement planifié. Cette recherche n'a toutefois pas étudié les concepts de la perception des risques et de l'inquiétude, s'inscrivant dans le même cadre théorique. Finalement, les auteur.rice.s ont identifié la présence de trafic routier comme étant la variable de l'environnement la plus déterminante sur la pratique du vélo d'hiver (Gervais et al. 2023). Constat étonnant, aucune recherche scientifique ne semble porter spécifiquement sur le vélo d'hiver dans la ville de Québec. Dans la littérature grise, signalons toutefois un article d'information paru sur Radio-Canada qui décrit le projet pilote du déneigement d'une piste cyclable d'une longueur de sept kilomètres, tout en insistant sur la

nécessité de mesures supplémentaires pour encourager les déplacements à vélo en hiver (Duval 2020).

Ailleurs au Canada, plusieurs travaux ont aussi été réalisés sur cette thématique. À Toronto, le mémoire de maîtrise de Bullock (2017) présente divers incitatifs au vélo d'hiver identifiés grâce à quatre analyses de cas, soit la présence d'installations (stationnement intérieur, douches accessibles), d'infrastructures cyclables (surtout en site propre), la connectivité et la densité du réseau, et la réduction des nuisances associées au trafic automobile. La densité des infrastructures cyclables en hiver comme levier à la pratique du vélo à Toronto est d'ailleurs corroborée par Nahal et Mitra (2018) dans une étude réalisée à l'aide de 278 questionnaires. À Winnipeg, dans un mémoire de maîtrise, Harris (2013) aboutit sensiblement aux mêmes conclusions que les travaux précédents, soit l'importance de la connectivité et de la qualité du réseau cyclable hivernal; il insiste aussi sur la nécessité d'un soutien politique. Les entretiens menés dans le cadre des travaux sur les villes d'Edmonton (Shirgaokar et Nurul Habib 2018 ; Shirgaokar et Gillespie 2016) et Calgary (Amiri et Sadeghpour 2015 ; Rueter 2007) ont aussi démontré l'importance pour les usager.ère.s d'un réseau cyclable hivernal séparé des voies routières, déneigé, bien connecté, mais aussi de l'éducation des autres usager.ère.s de la route à la présence des cyclistes durant l'hiver. Une étude réalisée à Ottawa (Ferster et al. 2021) a tenté d'évaluer les risques selon les différents types d'infrastructures cyclables, les résultats ne démontrant toutefois pas de tendance durant l'hiver.

Aux États-Unis, quelques villes de taille conséquente ont un climat similaire à Montréal et ont fait l'objet de recherches scientifiques sur le vélo d'hiver. La ville de Minneapolis est fréquemment félicitée pour son réseau cyclable en site propre et sur l'entretien de ce dernier même durant la saison hivernale (Pucher, Buehler et Seinen 2011a). Bongiorno et al. (2019) concluent dans leur recherche la sensibilité des usager.ère.s aux conditions météorologiques extrêmes, tout en stipulant qu'un déneigement efficace du réseau cyclable augmenterait significativement la part modale du vélo d'hiver. À New York, An et al. (2019) soulignent une fois de plus le déneigement des infrastructures cyclables comme l'une des mesures les plus importantes pour encourager ces déplacements à vélo. La recherche de Godavarthy et Taleqani (2017) sur la ville de Fargo (Dakota du Nord) démontre également l'importance de ce déneigement et souligne le potentiel de l'utilisation des vélos libres-services en hiver grâce à un réseau bien éclairé et de l'équipement d'hiver (pneu à crampons) sur les vélos.

La majeure partie des recherches sur le vélo d'hiver ont cependant été menées sur des villes scandinaves. Les recherches effectuées à Gothenburg (Öberg et al. 1996) et Umea (Yang et al.

2020) en Suède notent la forte variation du nombre de cyclistes sur les routes en fonction des précipitations, de la glace, de la neige, de l'obscurité et des températures froides. Les recherches effectuées par Leden, Johansson et Rosander (2008) en Suède également précisent que les personnes âgées sont particulièrement vulnérables aux conditions climatiques hivernales telles que le froid et les précipitations de neige. Les études sur Stockholm présentent l'importance qu'accorde la municipalité aux projets cyclables en faveur d'une meilleure accessibilité et sécurité du réseau, de l'entretien de ce dernier (Nseyo 2018 ; Bergström 2002) et de l'éducation des autres usagers à ces déplacements en hiver (Stigell 2011). Une étude effectuée à Luleå en Suède (Chapman et Larsson 2021) démontre que les risques de chute sont perçus principalement par les cyclistes non initiés mais que la perception de ce type de risque diminue en fonction de l'expérience des cyclistes. Autrement, les conclusions des travaux sur de nombreuses autres villes scandinaves, soit Uppsala (Paulusson 2015), Linköping (Bergström et Magnusson 2003), Oslo (Andenes 2014), Trondheim (Egset et Nordfjærn 2019), Oulo (Pratte 2011 ; Bullock 2017 ; Perala 2000), Jyväskylä (Perala 2000) et Helsinki (Perala 2000) réitèrent l'importance de l'entretien du réseau. Kummeneje et al. (2019) précisent que ces déplacements sont grandement influencés par la perception du risque et le sentiment d'inquiétude chez les individus, ce qui représente l'une des rares recherches qui abordent l'influence de ces concepts dans la pratique du vélo d'hiver. Cette thèse a ainsi comme objectif de contribuer à l'avancement des connaissances sur les risques perçus et observés du vélo d'hiver qui sont jusqu'à ce jour presque inexistantes.

1.5.1 Problématique et question de recherche

En résumé, il se dégage un consensus clair dans les études canadiennes, étasuniennes et scandinaves : le principal levier favorisant la pratique du vélo hivernal est un réseau cyclable bien entretenu (déneigé) et séparé de la circulation automobile. Or, plusieurs des autres variables citées dans la littérature sur le vélo utilitaire n'ont jusqu'à ce jour été que très peu associées aux recherches sur le vélo d'hiver. La présence, la densité et l'entretien du réseau cyclable représentent en effet les thématiques les plus étudiées et le principal angle d'analyse de la pratique du vélo d'hiver, mais aucune recherche ne semble aborder les enjeux d'accessibilité à ce réseau sécuritaire en hiver (iniquités en transport), possiblement exacerbés durant la saison hivernale. Outre l'accessibilité physique, les différents groupes de population ont une relation diversifiée au vélo et une pluralité de représentations du cyclisme et des déplacements à vélo. L'accessibilité physique à un réseau cyclable ne représente pas l'unique barrière à ces

déplacements. L'environnement social et les risques accrus pour des populations autres que les hommes blancs ne semblent toutefois pas avoir été abordés dans la littérature scientifique sur le vélo d'hiver. De plus, il a été démontré que les concepts de la perception du risque et du sentiment d'inquiétude sont très déterminants, mais seule une recherche sur la ville de Trondheim en Norvège, qui regroupe une population d'environ 205 000 habitants (AdminStat 2021), largement inférieure à la ville de Montréal et aux grandes villes américaines en général, a étudié ce lien tout en insistant sur la nécessité de prendre en considération ces concepts dans la mise en œuvre de politiques et de programmes favorisant le vélo d'hiver. De surcroît, aucune recherche n'a évalué les risques réels à vélo en hiver, et sur une potentielle augmentation de ces derniers comparativement aux trois autres saisons. À cela, s'ajoute l'absence dans la littérature scientifique de l'évaluation d'une possible disparité entre les risques perçus et réels qui pourrait grandement orienter les interventions et programmes pour encourager les déplacements à vélo en hiver.

La problématique de cette recherche s'inscrit donc dans ce courant d'étude sur le vélo d'hiver, s'inspire des nombreuses autres recherches effectuées sur les freins et leviers de la pratique du vélo durant les autres saisons et tente de répondre à ces lacunes dans la littérature scientifique sur le vélo d'hiver. Pour ce faire, l'objectif principal de cette recherche est de documenter les particularités de la pratique du vélo d'hiver à Montréal. À partir d'une approche scientifique mixte, prenant la forme de trois articles scientifiques, il s'agit d'examiner la question suivante : dans quelles mesures les freins, leviers et risques perçus et observés influencent la pratique du vélo d'hiver à Montréal ? Cinq objectifs principaux en découlent :

1. Évaluer l'accessibilité au réseau cyclable hivernal dans la ville de Montréal.
2. Documenter la variété des cyclistes.
3. Identifier les risques et bénéfices perçus.
4. Décrire les facteurs du sentiment d'inquiétude du vélo d'hiver.
5. Recenser les risques réels.

1.5.2 Cadre conceptuel

Le cadre conceptuel de cette recherche regroupe des éléments de la littérature scientifique sur les freins et les leviers aux déplacements à vélo, tant en hiver que durant les autres saisons. La section qui suit présente les principaux concepts et les différentes variables identifiées dans la littérature qui sont susceptibles d'influencer les déplacements à vélo en hiver à Montréal.

Les risques associés au vélo d'hiver correspondent, au partage de la route avec les véhicules motorisés et les autres usagers, à l'état parfois critique de la route (présence de neige et de glace), à la fréquence des conflits et des quasi-accidents, et aux potentielles blessures et accidents mortels. Cette exposition aux risques dépend des caractéristiques du trajet à vélo – distance parcourue, environnement bâti, présence d'infrastructures cyclables (connectivité, accessibilité), du trafic routier, des conditions météorologiques et de la présence d'aménagement aux destinations finales. Combinées aux caractéristiques individuelles (âge, genre, situation familiale, revenu, niveau d'éducation, état de santé global, conscience écologique) et aux inégalités de race et de genre que vivent certains groupes de population, ces variables influencent la perception des risques qu'ont les individus des déplacements à vélo en hiver.

Cette perception des risques est également influencée par les bénéfices individuels, collectifs et les politiques de transport actif. Les bénéfices individuels représentent les améliorations de la condition physique et mentale générale des individus, et de l'image positive que projette le mode de vie responsable associé au cyclisme. Au niveau collectif, les bénéfices sont la diminution de la congestion routière et la réduction des émissions de GES.

Ainsi, l'ensemble de ces variables citées précédemment influence la perception des risques, qui elle-même est déterminée par le niveau d'expérience à vélo, la tolérance au risque, la motivation des pairs et le sentiment d'inquiétude. Ultimement, cette perception des risques détermine l'utilisation du vélo comme mode de déplacement en hiver. La figure 1 ci-dessous schématise ces concepts et leurs relations.

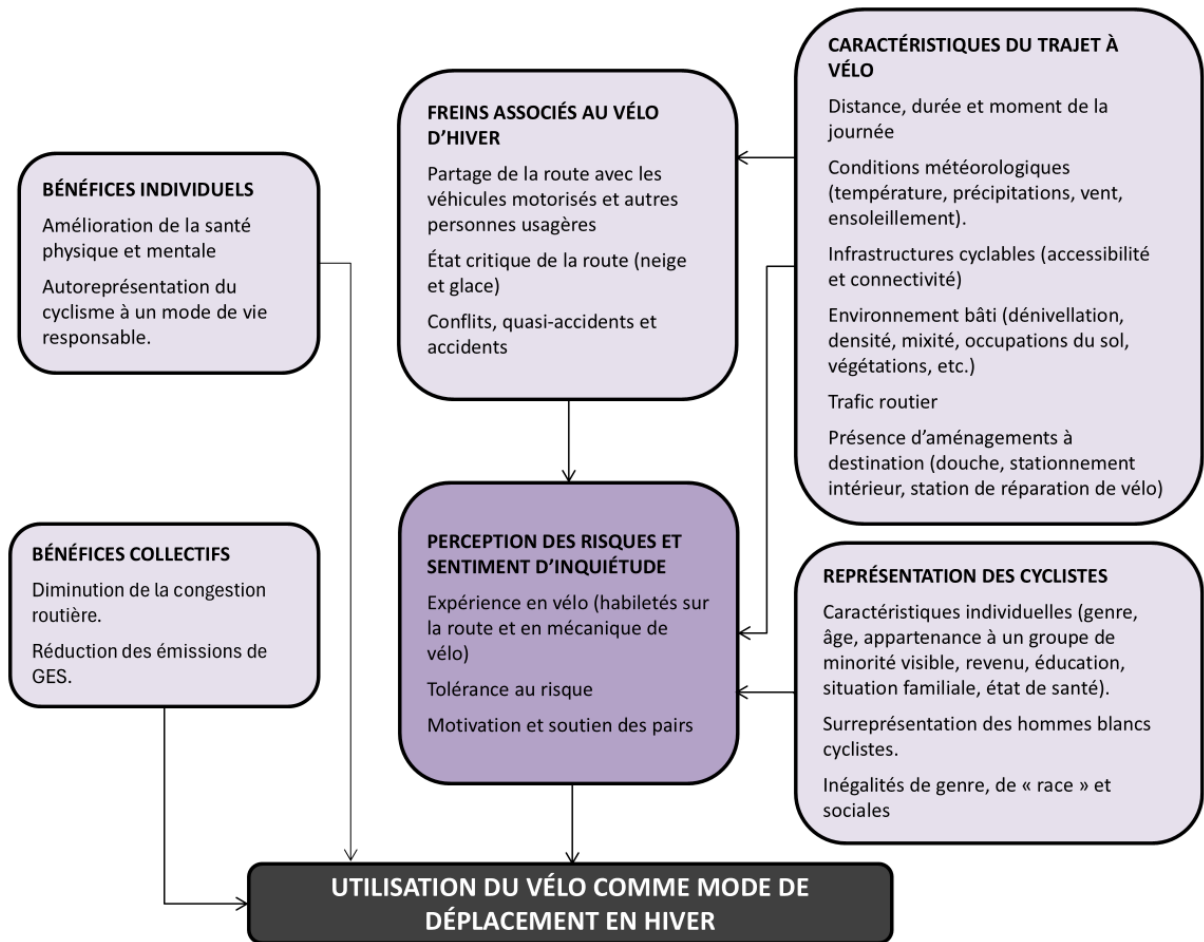


Figure 1. Cadre conceptuel de la thèse

1.5.3 Organisation de la thèse

Cette thèse comprend trois articles scientifiques publiés dans des revues à comité de lecture permettant de répondre aux cinq objectifs décrits ci-dessous. Les questions de recherche, la méthodologie, les résultats et une discussion sommaire sont présentés dans chacun de ces articles.

Article 1 : Freins et leviers de la pratique du vélo d'hiver à Montréal selon la perspective des cyclistes

Le premier article de cette thèse s'attarde à la pratique du vélo spécifique à la saison hivernale et répond aux objectifs deux, trois et quatre, soit de documenter la variété des cyclistes, d'identifier les risques et bénéfices perçus et de décrire les facteurs du sentiment d'inquiétude du vélo d'hiver.

Ces groupes de discussion permettent la triangulation des résultats de l'accessibilité au réseau cyclable du premier article, issu d'une méthode quantitative, en fonction de différents types de cyclistes et groupes de population. De plus, la méthode qualitative des groupes de discussion donne lieu à l'évaluation de l'importance des freins et leviers autres que l'accessibilité identifiée dans la littérature et potentiellement très déterminants dans les déplacements à vélo durant l'hiver.

Les données primaires issues des quatre groupes de discussion permettent d'obtenir des informations sur différents thèmes identifiés dans la littérature qui représentent des potentiels motivations et obstacles à la pratique du vélo d'hiver, tel que la fréquence de l'utilisation du vélo durant l'année, et lors de la saison hivernale si tel est le cas. Il s'agit également d'obtenir des informations sur un nombre approximatif de kilomètres effectué par semaine (Ul-Abdin, De Winne et De Backer 2019) et les différentes utilisations du vélo (occasionnelle, lors des jours de congé, plusieurs fois par mois et par semaine) (Parkin, Wardman et Page 2007). Ensuite, en s'inspirant de la typologie proposée par Teschke (2012a), le type de route utilisé et privilégié est discuté. Il est également question des caractéristiques précises des différents trajets, telles la fréquence des intersections et la présence de tournants abrupts, la disponibilité, la connectivité et la qualité des infrastructures cyclables, entre autres (Branion-Calles et al. 2019). Les avantages et inconvénients personnels et collectifs des déplacements à vélo sont également évalués (Branion-Calles et al. 2019). Il est aussi question de la représentation de la personne cycliste, et des potentielles iniquités en fonction des différents groupes de population, suivis d'une discussion autour des résultats du premier article sur les iniquités dans l'accessibilité au réseau cyclable hivernal. Finalement, différentes mises en situation sont présentées et discutées afin d'évaluer les risques et la perception de ces derniers.

Article 2 : Évaluation des risques perçus et observés du vélo d'hiver à Montréal

Le deuxième article produit dans le cadre de cette étude vise à mettre en relation les risques réels observés et les risques perçus par les cyclistes dans leurs déplacements en vélo l'hiver à Montréal. Cet article répond au cinquième objectif de la recherche, soit de recenser les risques réels à partir d'une collecte mobile de données primaires, lors des trajets à vélo des participant.e.s. Encore une fois, en ayant recours au procédé de triangulation des données, il est possible de mettre en relation les risques identifiés par les cyclistes dans les groupes de discussion avec les risques identifiés par les chercheurs dans l'analyse des déplacements grâce à des enregistrements vidéo. Des entretiens semi-dirigés ont été réalisés à la toute fin de la collecte de données, permettant d'analyser avec les participant.e.s les potentielles disparités entre les

risques perçus et observés dans l'éventualité de cibler les mesures et les interventions nécessaires pour encourager les déplacements à vélo en hiver.

Les données primaires correspondent à l'enregistrement vidéo des déplacements de dix cyclistes à l'aide du capteur 1M+ (Henaou, Apparicio et Maignan 2021). Les fichiers vidéo sont ensuite traités sur le logiciel libre Vifeco, élaboré par le LAEQ (Apparicio, Maignan et Gelb 2020). La méthode d'analyse vidéo grâce au logiciel Vifeco est très cohérente avec les objectifs de recherche. Elle permet d'identifier et de quantifier les risques manuellement dans le logiciel grâce aux indicateurs. Ces indicateurs sont créés en fonction des concepts et situations potentiellement dangereuses identifiés dans la littérature.

Article 3 : Accessibilité au réseau cyclable hivernal à Montréal : un diagnostic d'équité en transport

Le troisième article devait initialement être produit en premier. Cependant, afin d'utiliser les données du recensement de 2021, et puisque des contraintes dues à la saisonnalité lors de la collecte de données ont précipité la réalisation des deux autres articles, l'évaluation de l'accessibilité au réseau cyclable hivernal dans la ville de Montréal, qui répond à l'objectif 1, a été effectuée en dernier. Le deuxième objectif est de vérifier si les iniquités aux réseaux cyclables sont ou non exacerbées en hiver, comparativement aux autres saisons. Cet exercice d'évaluation des iniquités d'accessibilité aux infrastructures cyclables en hiver n'a jamais été effectué précédemment.

Ce dernier article aborde les enjeux d'équité en transport sous la deuxième dimension proposée par Gössling (injustices d'espace) et s'attarde à la distribution et l'accessibilité aux infrastructures cyclables dans la ville de Montréal en hiver et durant les autres saisons (Gössling 2016). L'évaluation de l'équité en transport grâce à une méthodologie qui mobilise des mesures d'accessibilité est fréquente dans la littérature scientifique (Mora, Truffello et Oyarzún 2021 ; Rodrigue et al. 2023). Ces mesures d'accessibilité seront mises en relation avec les groupes de population identifiés dans la littérature comme étant en situation d'iniquités en termes d'accessibilité aux infrastructures cyclables, soit les enfants, les personnes âgées (Houde, Apparicio et Séguin 2018 ; Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021), les individus avec un faible revenu, les personnes immigrantes et les personnes racisées (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021 ; Boisjoly et Yengoh 2017 ; Braun, Rodriguez et Gordon-Larsen 2019 ; S. K. Parker, Hinson et Porter 2021).

1.6 Conclusion

Dans ce premier chapitre, quatre thèmes regroupant les freins et leviers de la pratique du vélo trois saisons et du vélo d'hiver ont été présentés, soit l'environnement bâti et les conditions météorologiques, les bienfaits et les risques pour la santé, la pratique du vélo selon les groupes de population et les risques perçus et observés. La majorité des recherches ont démontré l'importance de la présence d'un réseau cyclable protégé et entretenu tout au long de l'année, sans toutefois évaluer les potentiels enjeux d'accessibilité à ces infrastructures en hiver et les besoins spécifiques des différents groupes de population. Les risques réels et perçus du vélo d'hiver non d'ailleurs pas été étudié dans la recherche scientifique. Les chapitres suivants présentent successivement les trois articles réalisés dans le cadre de cette thèse. Le dernier chapitre ouvre une discussion sur les principaux enjeux soulevés dans ces trois articles.

CHAPITRE 2 : ARTICLE 1 - FREINS ET LEVIERS DE LA PRATIQUE DU VÉLO D'HIVER À MONTRÉAL SELON LA PERSPECTIVE DE CYCLISTES

Formulaire d'inclusion d'un article dans une thèse de doctorat

1. Identification de l'étudiant

Nom, Prénom : CARPENTIER-LABERGE, David

2. Description de l'article

Titre :	Freins et leviers de la pratique du vélo d'hiver à Montréal selon la perspective de cyclistes
Nom des auteurs :	Carpentier-Laberge David et Philippe Apparicio
Revue avec comité de lecture	Recherche Transport Sécurité (RTS)
État du cheminement :	<input checked="" type="checkbox"/> Publié date de publication : 26/04/23
Résumé. Des études récentes soutiennent l'importance d'un réseau cyclable protégé et déneigé pour encourager les déplacements à vélo en hiver. Toutefois, d'autres facteurs – conditions météorologiques, caractéristiques du trajet, caractéristiques individuelles, perception des risques et du sentiment d'inquiétude, etc. – potentiellement déterminants sur le choix et la pratique du vélo d'hiver restent, à ce jour, peu explorés. Cette recherche vise à documenter les freins et les leviers de la pratique du vélo d'hiver à Montréal selon la perspective des cyclistes et en fonction de leur niveau d'expérience. Les données primaires sont issues de quatre groupes de discussion focalisée avec 41 cyclistes. L'analyse des données a permis d'identifier plusieurs facteurs déterminants au vélo d'hiver. Les bienfaits pour la santé mentale sont des facteurs motivationnels importants. Les températures froides n'affectent pas cette pratique, pourvu qu'un réseau cyclable sécuritaire et déneigé soit accessible. Une culture du vélo d'hiver et un fort sentiment d'appartenance à une communauté, majoritairement composée d'hommes, caractérisent ce mode de transport. L'équipement et son entretien représentent des obstacles importants. La difficulté d'accès à l'information relative à cette pratique, particulièrement sa logistique, complexifie la transition vers le vélo d'hiver tout en augmentant le sentiment d'inquiétude et les risques perçus, particulièrement chez les personnes non pratiquantes ou débutantes.	

3. Contribution de chaque coauteur

Coauteur	Description de la contribution
David Carpentier-Laberge	Revue de littérature, collecte et structuration des données, rédaction de l'article.
Philippe Apparicio (Directeur)	Révision des données, participation à la structuration, nombreuses révisions de l'article.

4. Déclaration

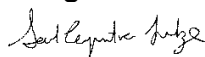
À titre de coauteur de l'article mentionné ci-haut, j'autorise David Carpentier-Laberge à intégrer l'article dans sa thèse de doctorat.

Coauteur(e)

Signature

Date

David Carpentier-Laberge



26-04-2023

Philippe Apparicio



26-04-2023

2.1 Introduction

Depuis deux décennies, nous assistons à une croissance de la pratique du vélo en Amérique du Nord (Pucher, Buehler et Seinen 2011b), bien que la part modale du vélo demeure faible comparativement à certaines villes européennes (Garrard, Handy et Dill 2012 ; Pucher et Buehler 2008 ; Egset et Nordfjærn 2019). Parallèlement, une variété d'infrastructures, de programmes et de politiques sont mis en place pour encourager les déplacements actifs aux États-Unis et au Canada (Pucher, Buehler et Seinen 2011b). Montréal n'échappe pas à cette tendance et est d'ailleurs considérée comme l'une des villes les plus agréables en Amérique du Nord pour se déplacer à vélo (Assunção-Denis et Tomalty 2019).

Les bénéfices individuels et collectifs de la pratique du vélo en ville sont aujourd'hui bien connus. Ce mode de déplacement est l'un des plus durables, notamment grâce à l'absence d'émission de gaz à effet de serre (GES) durant l'utilisation, représentant un potentiel énorme dans la réduction de la pollution atmosphérique et sonore et l'augmentation du niveau de santé de la population (Woodcock et al. 2007 ; Börjesson et Eliasson 2012 ; Heinen, Maat et Van Wee 2011 ; Spinazzè et al. 2015 ; Apparicio et al. 2016a). En effet, l'incorporation de l'activité physique au mode de vie, grâce au vélo utilitaire, permet de réduire considérablement les risques associés à l'inactivité, tels que les maladies cardio-vasculaires, l'hypertension artérielle, le diabète, le surpoids et l'obésité (Oja et al. 2011 ; Giles-Corti et al. 2016 ; Raustorp et Koglin 2019). Il est également admis que la pratique du vélo utilitaire réduit le stress et l'anxiété et qu'elle a conséquemment un effet bénéfique sur la santé mentale (Taylor, Sallis et Needle 1985 ; Avila-Palencia et al. 2017).

Toutefois, la pratique du vélo en ville est associée à des risques et des enjeux de sécurité largement documentés (Jarvis et Gill 2015 ; Branion-Calles et al. 2019 ; Teschke et al. 2012b). Il existe aujourd'hui un certain consensus dans la littérature stipulant que la majorité des conflits et des accidents se produisent à des intersections problématiques, lors d'un passage non prévu d'un véhicule motorisé devant le ou la cycliste ou encore sur des sections routières ou cyclables en mauvais état (Aldred 2016 ; Gadsby et Watkins 2020). Inversement, une étude montréalaise a démontré que la probabilité d'accident diminue en empruntant les pistes cyclables, malgré une fréquentation supérieure sur ces pistes que sur les autres types de routes (2011).

En résumé, les freins et les leviers de la pratique du vélo dans les villes du Nord sont bien connus. Par contre, ils ont été peu explorés pour le vélo hivernal, en croissance à Montréal comme dans plusieurs villes scandinaves (Bergström et Magnusson 2003 ; Bullock 2017 ; Kummeneje, Ryeng

et Rundmo 2019). Par conséquent, l'objectif est de comprendre les facteurs influençant la pratique du vélo d'hiver à Montréal.

2.2. Revue de littérature sur la pratique du vélo d'hiver

Dans cette section, nous présentons les résultats de certaines recherches qui portent spécifiquement sur les facteurs déterminants de la pratique du vélo d'hiver, regroupés selon les thèmes suivants : les conditions météorologiques, l'entretien des aménagements cyclables, l'importance de l'équipement, les profils des cyclistes, leurs perceptions des risques et leur sentiment d'inquiétude.

2.2.1. Conditions hivernales et appropriation de la nordicité

Les conditions météorologiques sont des facteurs très déterminants quant à la pratique du vélo. Une étude effectuée aux Pays-Bas sur le cyclisme au printemps, à l'été et à l'automne démontre que 80 % des fluctuations quotidiennes de la présence des vélos sur la route s'expliquent par les conditions météorologiques (Thomas, Jaarsma et Tutert 2013). Les principaux facteurs déterminants sont la température de l'air, le nombre d'heures d'ensoleillement, la durée prévue des précipitations et la vitesse du vent (Thomas, Jaarsma et Tutert 2013). Malgré la grande influence des conditions météorologiques sur les déplacements à vélo dans des conditions non hivernales, très peu de recherches analysent l'effet des conditions météorologiques extrêmes associées au vélo d'hiver. L'expérience des cyclistes influence grandement l'effet de ces dernières sur l'utilisation du vélo de manière utilitaire. Une étude menée avec les membres de l'Université Cornell dans l'État de New York démontre que les cyclistes qui ont peu d'expérience choisissent de prendre leur vélo 2,5 fois moins souvent lorsqu'il y a des précipitations de pluie, et ce ratio passe à 4 lorsqu'il s'agit de précipitations de neige (Motoaki et Daziano 2015). Une étude effectuée à Calgary (Canada) corrobore ces résultats, en précisant cependant que des températures pouvant aller jusqu'à 20 degrés sous le point de congélation ne représentent pas une nuisance importante pour les cyclistes d'hiver qui ont de l'expérience (Amiri et Sadeghpour 2015).

L'environnement bâti exerce une influence sur les conditions météorologiques. Les centres urbains sont moins affectés par les fluctuations de température, en raison de la présence de microclimats (Helbich, Böcker et Dijst 2014). Durant les périodes froides, les températures sont

souvent plus clémentes dans les centres-villes, car plus denses, notamment grâce à la présence de « canyons urbains » entre les façades des hauts édifices (Helbich, Böcker et Dijst 2014). Autrement dit, le milieu urbain serait un micro-environnement plus propice à la pratique du vélo d'hiver.

Il est intéressant de faire un parallèle avec le concept de nordicité mentale proposé par Louis-Edmond Hamelin et la relation qu'ont les cyclistes d'hiver avec les conditions météorologiques auxquelles ils ou elles s'exposent (Hamelin 2000). Ce concept réfère à « l'État de Nord » qui se loge dans l'imaginaire et se manifeste dans les opinions, les attitudes, les interventions et les activités des individus (Hamelin 2000 ; Chartier 2011). Certaines personnes ont une vision plutôt négative de l'hiver alors que d'autres sont fières de cette saison et adaptent leurs activités en conséquence, avec par exemple la pratique du hockey extérieur et du ski (Chartier 2011). Le vélo d'hiver constituerait ainsi une forme d'appropriation des conditions météorologiques et occasionnerait une fierté liée à ce mode de déplacement en hiver. Cette fierté peut être associée à une composante identitaire des cyclistes et représenter un élément central de la culture du cyclisme hivernal.

2.2.2. Importance de l'entretien des infrastructures cyclables

Quelques recherches sur le vélo d'hiver effectuées dans les villes de Luleå et Linköping en Suède (Bergström et Magnusson 2003), à Oulu en Finlande (Pratte 2011) et à Calgary et Edmonton au Canada (Amiri et Sadeghpour 2015 ; Shirgaokar et Gillespie 2016), démontrent que l'élément principal favorisant les déplacements hivernaux en vélo est un déneigement efficace des rues et des pistes cyclables, même si les risques de chutes sont connus. Les voies partagées avec les véhicules motorisés ne sont pas recommandées durant l'hiver puisque le déneigement se fait en bordure des routes, et les cyclistes se retrouvent avec un espace de circulation très limité (Shirgaokar et Nurul Habib 2018). De plus, il est important de minimiser l'insécurité sur la route, entre autres grâce à un éclairage efficace sur les pistes cyclables et à une bonne signalisation du réseau, et de limiter la dénivellation du réseau cyclable hivernal, en priorisant le développement des infrastructures cyclables hivernales sur des parcours avec un faible dénivelé (Bullock 2017).

2.2.3. Importance de l'équipement

Un équipement adapté à la saison hivernale est nécessaire pour assurer des déplacements sécuritaires à vélo dans ces conditions météorologiques difficiles (Flynn et al. 2012). Brièvement abordé dans la littérature scientifique, l'équipement propice au vélo d'hiver est cependant bien couvert dans la littérature grise au Québec et dans les pays scandinaves. Il est fréquemment recommandé d'avoir de bonnes lumières pour maximiser la visibilité, de posséder des pneus avec des crampons ou des clous et de bien graisser les pièces pour éviter la corrosion liée à l'épandage de sel et d'abrasifs de voirie. Selon le temps d'entretien accordé au vélo et la difficulté des déplacements, il convient aussi de posséder un vélo avec le moins de pièces possible (Vélo Québec 2021a ; Bilodeau 2019 ; MEC 2021 ; Bikurious 2022). L'anticipation de l'importance associée aux connaissances particulières de la mécanique des vélos en hiver représente alors, pour certaines personnes, un frein majeur (Lubitow 2017).

2.2.4. Profils des cyclistes d'hiver

D'ordre général, il est admis qu'en Amérique du Nord, les femmes, les personnes plus âgées, et les individus avec de jeunes enfants ont tendance à opter pour un autre mode de déplacement que le vélo durant le printemps, l'été et l'automne (Chen, Zhou et Sun 2017). De plus, les individus ayant des revenus très bas ou très élevés, ainsi que ceux avec un faible niveau d'éducation scolaire ont également tendance à éviter les déplacements à vélo (Chen, Zhou et Sun 2017 ; Winters et al. 2007 ; Branion-Calles et al. 2019). À l'inverse, certains pays d'Europe, comme l'Allemagne, le Danemark et les Pays-Bas, ont une représentativité exemplaire dans la composition de la société dans les déplacements utilitaires à vélo. Le statut socio-économique des cyclistes est très varié et les femmes sont même légèrement plus nombreuses que les hommes à vélo (Pucher et Buehler 2008). Or, les rares études canadiennes sur le genre et le vélo d'hiver, menées à Toronto (Nahal et Mitra 2018) et à Calgary (Twaddle, Hall et Bracic 2010), signalent que la sous-représentation des femmes est encore plus marquée durant la saison hivernale, principalement due au manque d'infrastructures cyclables sécuritaires accessibles et à une culture du cyclisme hivernal moins inclusive.

2.2.5. Perception des risques et sentiment d'inquiétude

À ces éléments déterminants de la pratique du vélo d'hiver, s'ajoutent la perception des risques et le sentiment d'inquiétude chez les cyclistes trois ou quatre saisons, renvoyant ainsi à ces deux concepts. Premièrement, le concept de la perception des risques par les individus s'inscrit dans la théorie psychologique du comportement planifié (Ajzen 1991). La perception du risque, des bénéfices et de l'acceptation de ces derniers n'est pas uniquement le fruit d'un calcul cognitif, mais dépend également d'éléments tels que la familiarité (au risque), le contrôle (ou l'absence de contrôle), le potentiel catastrophique de la situation, l'équité et le niveau de connaissance du risque (Slovic 1987). Ce concept dépend également des caractéristiques individuelles (âge, genre et origine ethnique), de l'exposition au risque, de l'expérience personnelle, de la propension à prendre des risques et de la personnalité des individus (Slovic 1987 ; Sanders 2015). La tolérance au risque varie également en fonction des différentes populations; certains individus étant même en quête de sensations fortes, parfois attribuables aux déplacements à vélo en hiver (Granié 2011 ; Roch 2019).

Deuxièmement, le concept du sentiment d'inquiétude (*worry*), qui a également un potentiel explicatif important sur les comportements des individus, est complémentaire à la perception du risque (Schmiege, Bryan et Klein 2009). La principale différence entre la perception du risque et l'inquiétude est que cette dernière est associée à une réponse émotionnelle (affective) à une situation négative alors que la perception du risque est un processus cognitif (Sjöberg 1998). Quatre variables sont incluses dans le modèle psychologique explicatif de l'inquiétude, soit l'intolérance à l'incertitude, une mauvaise gestion des situations problématiques, l'évitement cognitif et les croyances erronées (Ladouceur, Gosselin et Dugas 2000). Comme pour la perception du risque, ce sentiment dépend grandement des caractéristiques personnelles des individus. De façon générale, les femmes, les personnes plus âgées et les individus avec de jeunes enfants ont généralement un sentiment d'inquiétude plus important (Sjöberg 1998), soit des groupes de population sous-représentés chez les cyclistes d'hiver (Nahal et Mitra 2018 ; Twaddle, Hall et Bracic 2010). Plus spécifiquement, il a été largement démontré que l'inquiétude est l'un des facteurs les plus déterminants dans le choix du mode de transport (Roche-Cerasi et al. 2013 ; Moen 2007 ; Kummeneje et Rundmo 2020). Cette inquiétude est alimentée par les sentiments anticipés attribués aux conséquences négatives plutôt que par le degré de sévérité des accidents (Roche-Cerasi et al. 2013 ; Kummeneje et Rundmo 2020). Kummeneje, Ryeng et Rundmo (2019) signalent d'ailleurs que l'inquiétude joue un rôle primordial dans la décision de pratiquer le vélo d'hiver. Les résultats de leur recherche précisent que le sentiment accru

d'insécurité durant cette saison est entre autres attribuable à la faible luminosité de cette saison et aux routes glacées et enneigées (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). Malgré tout, la sévérité perçue des accidents n'est pas plus importante durant l'hiver (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019).

2.3. Cadre conceptuel et question de recherche

À la lecture des écrits sur la pratique du vélo d'hiver dans les villes canadiennes, scandinaves et étasuniennes, le principal levier favorisant la pratique du vélo hivernal est un réseau cyclable bien entretenu, déneigé et séparé de la circulation automobile. Si l'influence de plusieurs facteurs – conditions météorologiques, caractéristiques du trajet, caractéristiques individuelles, perception des risques et du sentiment d'inquiétude, etc. – sur le choix du vélo trois saisons comme mode de transport a été largement explorée, cela reste encore, à ce jour, embryonnaire pour le vélo d'hiver. Citons toutefois une étude menée à Trondheim en Norvège qui démontre que la perception du risque et du sentiment d'inquiétude sont très déterminants dans la pratique du vélo d'hiver (Rundmo et al. 2011). Ses auteurs concluent d'ailleurs en insistant sur la nécessité de prendre en considération ces deux concepts dans la mise en œuvre de politiques et de programmes favorisant le vélo d'hiver. Avec 205 000 habitants (AdminStat 2021), Trondheim est néanmoins une ville moyenne peu comparable à Montréal (1,7 million d'habitants en 2021) (Ville de Montréal 2022). Une analyse de l'influence des conditions météorologiques et de l'équipement spécifique au vélo d'hiver est également nécessaire afin de comprendre les facteurs motivationnels et les barrières à la pratique du vélo d'hiver.

L'objectif principal de cette étude est de documenter la variété de freins et de leviers liée à la pratique du vélo d'hiver à Montréal selon la perspective des cyclistes et en tenant compte de leur niveau d'expérience du vélo d'hiver. À la figure 2, le cadre conceptuel identifie les potentiels facteurs déterminants de la pratique du vélo d'hiver qui sont mobilisés dans cette recherche.

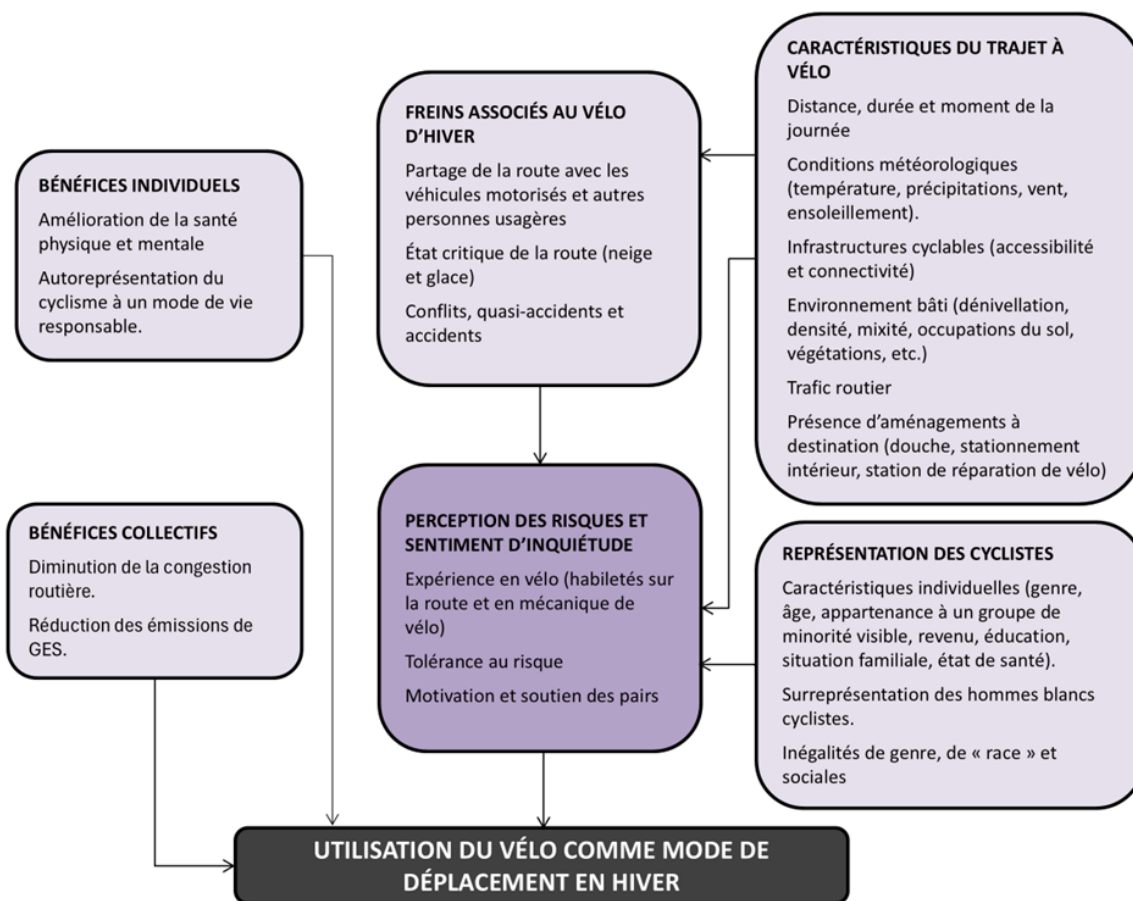


Figure 2. Cadre conceptuel de l'article 1

2.4. Méthodologie

2.4.1. Territoire d'étude

Le territoire d'étude correspond à la ville de Montréal. À notre connaissance, aucune étude ne porte sur les freins et leviers de la pratique du vélo d'hiver dans cette ville. Pourtant, la littérature grise sur le vélo d'hiver à Montréal démontre une croissance considérable de sa popularité. En dix ans, le nombre de cyclistes d'hiver a plus que doublé, avec une augmentation de 159 % entre 2015 et 2017 (Fortier 2018). En 2020, une augmentation de 83 % des cyclistes sur les pistes cyclables l'hiver a été relevée, comparativement à la moyenne de 2015 à 2019 (Bérubé 2021). En 2021, la part modale du vélo dans la Ville de Montréal était de 3,42% (Statistique Canada 2022), avec un taux de rétention des cyclistes durant l'hiver de 13,6% (Vélo Québec 2021b). Avec une population de 1,76 million d'habitants, une densité populationnelle de 4 833 hab./hm² (Statistique

Canada 2022) et des hivers rigoureux (tableau 1), la ville de Montréal est un terrain d'étude idéal pour approfondir les connaissances sur le vélo d'hiver.

Tableau 1. Principales données climatiques durant l'hiver à Montréal (valeurs moyennes)

Mois	Température (C°)	Jours avec chute de neige (n)	Neige (cm)
Novembre	1,6	6	22
Décembre	-6,3	13	48
Janvier	-10,2	16	52
Février	-8,4	12	43
Mars	-2,3	9	36
Avril	5,7	3	13

Source : Ville de Montréal (Ville de Montréal 2022).

2.4.2. Posture épistémologique

La méthode des groupes de discussion est l'une des plus adaptées à l'approfondissement exploratoire d'un sujet de recherche et l'identification des potentielles inégalités sociales (O. Nyumba et al. 2018). Les groupes de discussion sont fréquemment jumelés à une méthode quantitative et permettent d'expliquer différentes données issues de ces méthodes (Sagoe 2012). La littérature scientifique démontre effectivement que cette méthode est particulièrement pertinente lorsqu'il s'agit d'évaluer la perception qu'ont les individus sur un sujet et de comprendre les motivations à certains comportements (O. Nyumba et al. 2018 ; Sagoe 2012). Cette méthode qualitative des groupes de discussion focalisée (Krueger 2014) retenue dans cette recherche s'inscrit dans une posture épistémologique du réalisme critique (Venkatesh, Brown et Sullivan 2016 ; McEvoy et Richards 2006). Cette posture soutient l'existence d'une certaine réalité, qui est cependant comprise de manière imparfaite et probable (Venkatesh, Brown et Sullivan 2016). Il est impossible d'appréhender complètement cette réalité, puisqu'elle est biaisée par la perception des personnes chercheuses et des théories mobilisées (McEvoy et Richards 2006 ; Scott 2007). Les régularités constantes sont possibles en fonction des circonstances et du système dans lesquels elles s'inscrivent (McEvoy et Richards 2006). Ainsi, les résultats peuvent être transposés dans d'autres circonstances, mais dépendent du contexte socio-économique, démographique, politique et culturel, entre autres, ce qui fait référence à la transférabilité contextuelle des résultats (UNIL 2020 ; Venkatesh, Brown et Sullivan 2016).

2.4.3. Recrutement

Le recrutement des personnes participantes s'est principalement effectué sur différents groupes de cyclistes sur le réseau social Facebook. Des appels à la participation ont été lancés sur plusieurs pages Facebook sur le vélo d'hiver et le vélo trois saisons, regroupant des dizaines de milliers d'abonné.e.s. Les personnes intéressées ont été invitées à partager l'appel de recrutement dans leur réseau de cyclistes respectif afin de compléter l'échantillon. L'utilisation de Facebook permet d'atteindre un grand nombre d'individus, mais peut représenter un biais dans le recrutement causé par une potentielle homogénéité au sein de ces groupes sur ce réseau social. Des motivations et intérêts communs à s'affilier à des groupes Facebook de vélo d'hiver peuvent définir un certain profil type des cyclistes qui diffère du reste des cyclistes d'hiver. Dans la mesure du possible, la personne responsable du recrutement (premier auteur) a tenté de maximiser la variété des personnes pratiquant le vélo d'hiver à Montréal. L'étude a été approuvée par le comité d'éthique en recherche de l'Institut national de la recherche scientifique (CER 21-631).

2.4.4. Profil des personnes participantes

La méthode des groupes de discussion focalisée a permis d'obtenir les données primaires mobilisées dans cette étude. L'échantillon est composé de 41 personnes, divisées en quatre groupes de discussion. Les groupes ont été créés en fonction de l'expérience des cyclistes en vélo d'hiver et en tentant de varier le plus possible le profil sociodémographique des personnes participantes. La grande majorité des cyclistes est âgée de 25 à 34 ans (73,2 %). Plus du tiers s'identifie comme étant des femmes (contre 65,9 % d'hommes). Aussi, 95 % des personnes ont déclaré ne pas appartenir à une minorité visible et 80 % d'entre elles possèdent un diplôme universitaire. Concernant l'expérience à vélo, le premier groupe (A) est composé à 100 % de cyclistes qui ne font pas de vélo d'hiver. Le recrutement de ce groupe (A) s'est réalisé entre autres grâce à la publication d'appels à la participation sur des associations et groupes de cyclistes non spécifiques à la saison hivernale. Le profil des cyclistes du groupe A varie entre des individus n'ayant aucun intérêt pour le vélo d'hiver à d'autres avec un fort intérêt pour cette pratique. Pour le second groupe (B), près du tiers de cyclistes ont déjà effectué un hiver à vélo et 60 % d'un à cinq hivers. Quant au troisième groupe (C), il comprend majoritairement des cyclistes ayant entre une et cinq années d'expérience en vélo d'hiver. Finalement, le dernier groupe (D) est composé en majorité de cyclistes qui ont plus de cinq années d'expérience (73 %). En résumé, le groupe

A n'a jamais pratiqué le vélo d'hiver, tandis que le niveau d'expérience (en termes de nombre d'hivers de pratique) est croissant des groupes B à D. On notera également que seule la composition selon les groupes d'âge est diversifiée pour le groupe des cyclistes qui ont beaucoup d'expérience (D). Finalement, malgré la volonté d'inclure une grande variété de profils sociodémographiques, le nombre limité de personnes intéressées au projet de recherche n'a pas permis d'atteindre cet objectif.

Tableau 2. Données sur la composition des groupes de discussion focalisée

	Groupe				
	Tous	A	B	C	D
Nombre de personnes participantes	41	10	11	9	11
Âge					
15-24 ans	4,9 %	10,0 %	9,0 %	0,0 %	0,0 %
25-34 ans	73,2 %	90,0 %	82,0 %	89,0 %	36,0 %
35-44 ans	9,7 %	0,0 %	9,0 %	-	27,0 %
45-54 ans	4,9 %	0,0 %	0,0 %	11,0 %	10,0 %
55-64 ans	7,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	27,0 %
Genre					
Féminin	34,1 %	40,0 %	36,0 %	22,0 %	36,0 %
Masculin	65,9 %	60,0 %	64,0 %	78,0 %	64,0 %
Minorité visible					
Oui	2,4 %	10,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Non	95,2 %	90,0 %	91,0 %	100,0 %	100,0 %
Préfère ne pas répondre	2,4 %	0,0 %	9,0 %	0,0 %	0,0 %
Plus haut niveau de scolarité					
Secondaire	4,9 %	0,0 %	18,2 %	0,0 %	0,0 %
Diplôme d'études collégiales	4,9 %	0,0 %	18,2 %	0,0 %	0,0 %
Diplômes d'études supérieures spécialisées	4,9 %	10,0 %	0,0 %	11,0 %	0,0 %
Baccalauréat	29,3 %	40,0 %	27,3 %	44,5 %	10,0 %
Maîtrise	39,0 %	40,0 %	27,3 %	44,5 %	46,0 %
Doctorat	7,3 %	10,0 %	9,0 %	0,0 %	10,0 %
Préfère ne pas répondre	9,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	34,0 %
Expérience à vélo en hiver					
Aucune	24,4 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1 an	7,3 %	0,0 %	30,0 %	0,0 %	0,0 %
1 à 5 ans	39,0 %	0,0 %	60,0 %	67,0 %	27,0 %
Plus de 5 ans	29,3 %	0,0 %	10,0 %	33,0 %	73,0 %

2.4.5. Analyse des données

Les questions ont été créées à partir des éléments du cadre conceptuel représentant les freins et les leviers des déplacements à vélo (figure 2). Cinq thèmes principaux ont été abordés avec les cyclistes : 1) les habitudes de déplacement, 2) les caractéristiques des trajets, 3) les bénéfices individuels et collectifs, 4) la représentation du cyclisme hivernal et 5) les risques et les freins associés au vélo d'hiver.

Ensuite, une liste prédéfinie de codes a été élaborée au préalable en se basant sur la littérature scientifique (Linneberg et Korsgaard 2019). Le principe de la Méthode Comparaison Continue (MCC) permet d'analyser le matériau en deux étapes. Cette première étape consiste à comparer les codes à l'intérieur d'un même groupe de discussion pour identifier les inconsistances, les difficultés et des éléments saillants (Boeije 2002). Cette première étape permet ensuite d'élaborer un arbre ou une grille de codage et de fragmenter les séances en codes (Boeije 2002). Il est important de mentionner qu'un consensus n'est pas nécessairement établi lors des groupes de discussions. Il s'agit plutôt d'identifier les points de vue et positions qui sont fréquemment partagés par la majorité des participants (A. Parker et Tritter 2006). La seconde étape représente la comparaison entre les entretiens d'un même groupe. Le but est donc d'identifier ces mêmes similarités, inconsistances, difficultés et faits saillants, mais entre différents entretiens. En fonction de la similarité et de la régularité des informations, des modèles sont établis pour analyser les données dans le but d'identifier et d'élaborer de nouveaux concepts et leurs interactions (Linneberg et Korsgaard 2019). La liste initiale de codes n'est pas rigide et s'inspire du principe d'abduction qui combine une approche inductive avec une approche déductive. Cette méthode permet de comparer, mais également d'établir des combinaisons, de les interpréter, et de faire des liens avec des concepts (Boeije 2002).

2.5. Résultats

2.5.1. Habitudes de déplacement : une pratique surtout utilitaire privilégiant des trajets sécuritaires

Les personnes participantes ont été sondées sur les caractéristiques de leurs trajets, mais aussi sur les potentielles différences entre les déplacements en hiver et pendant les autres saisons. La très grande majorité de leurs déplacements à vélo en hiver sont effectués en heures de pointe, avec un objectif utilitaire (travail, école, achats), alors que les parcours récréatifs sont beaucoup plus fréquents durant les autres saisons. L'itinéraire le plus rapide est fréquemment privilégié au printemps, à l'été et à l'automne. À l'inverse, durant l'hiver, plusieurs personnes mentionnent faire des détours afin de rejoindre les pistes cyclables qu'elles jugent plus sécuritaires lorsqu'elles sont déneigées. Les citations qui suivent témoignent de cette variation en fonction des saisons.

« J'ai, comme pas mal de monde ont dit, plus tendance à choisir les pistes cyclables et les endroits où il y a des infrastructures cyclables l'hiver, que ça ne me dérange pas de prendre mon temps, puis

faire plusieurs arrêts pour me rendre sécuritairement à un endroit, *versus* l'été, je vais être plus chaotique dans mon choix de rue, d'endroits pour me rendre à destination » (groupe B, cycliste 5).

« Moi, j'ai définitivement pas les mêmes trajets l'été et l'hiver. De façon générale, l'été je vais vraiment éviter les pistes cyclables, surtout durant les heures de pointe, alors que l'hiver, je les recherche expressément » (groupe C, cycliste 3).

Le réseau express vélo (REV), soit un réseau de pistes cyclables protégées et déneigées, représente un élément facilitateur aux déplacements en hiver pour la majorité de l'échantillon. Plusieurs ont observé une grande différence dans leurs déplacements avant et après l'aménagement de ce réseau en 2019.

« En fait, j'habite sur Saint-Denis, donc le REV, moi, ça a vraiment beaucoup amélioré ma qualité de vie en tant que cycliste, donc REV matin et soir, puis c'est vraiment beaucoup plus efficace et agréable » (groupe B, cycliste 7).

En revanche, les bandes cyclables sont considérées comme dangereuses par plusieurs et les parcours avec une dénivellation importante sont évités l'hiver.

« J'utilise quand même Saint-Urbain (bande cyclable) pour me rendre jusqu'au centre-ville parce que ça m'évite un petit détour, mais je considère cette bande cyclable comme étant plutôt dangereuse, il faut être téméraire parce que les voitures roulent vite » (groupe B, cycliste 3).

« C'est sûr que je vais essayer de penser à mon affaire pour ne pas me ramasser dans une super grosse côte descendante en hiver, surtout si je suis vraiment chargé » (groupe C, cycliste 4).

L'accessibilité à un réseau cyclable sécuritaire et déneigé varie en fonction des différents quartiers de la ville. Sans surprise, les cyclistes ont rapporté que les quartiers centraux sont mieux desservis en infrastructures cyclables hivernales.

« C'est sûr que c'est un peu décevant quand tu quittes les quartiers un peu centraux... Des fois, dans le Sud-Ouest, on est un peu moins gâtés pour ça, puis des fois ton trajet, il faut que tu te promènes le long des axes parce que sinon c'est pas long que t'es limité » (groupe C, cycliste 8).

« J'habite sur Saint-Denis, donc pour moi, c'est l'hyper proximité du réseau entretenu l'hiver. Mais je pense que si j'essaie de me mettre dans la peau de quelqu'un qui n'habite pas à côté d'une infrastructure entretenue l'hiver, je pense que ce n'est pas évident. Si on veut justement être inclusif dans la pratique du vélo d'hiver, je pense qu'il va être important d'avoir des infrastructures qui sont jugées un peu pépères pour certains » (groupe B, cycliste 7).

Concernant les conditions météorologiques, la pluie verglaçante et la visibilité réduite due à la diminution des heures d'ensoleillement ont été mentionnées par quelques cyclistes, sans pourtant être un frein majeur à leur pratique du vélo d'hiver. Aussi, les températures froides ne semblent pas les affecter.

« Moi, je dirais que le risque numéro 1 c'est la pluie verglaçante, mais ça je pense que tu ne t'en sors pas, que tu sois à pied, ou que tu sois en auto, ça affecte tout le monde en fait » (groupe C, cycliste 5).

« J'ai eu froid toute ma vie en hiver, puis depuis que je fais du vélo d'hiver je n'ai plus froid, tu pédales » (groupe D, cycliste 6).

« Moi je trouve qu'il n'y a pas de mauvais temps, il y a juste du mauvais linge » (groupe D, cycliste 2).

Bien que l'entièreté du réseau ne soit pas déneigée, les personnes participantes semblent en général satisfaits du déneigement à l'exception des bandes cyclables. Les enjeux de sécurité relatifs à cet aménagement cyclable sont ainsi décuplés durant l'hiver.

« Ce qui me surprend, c'est le peu d'attention qui est donnée aux bandes cyclables, qui sont directement à droite des voitures en circulation, qui en fait servent de stockage de la neige, donc les cyclistes se retrouvent à se débrouiller un peu avec le reste des automobiles » (groupe B, cycliste 11).

2.5.2. Bénéfices du vélo d'hiver : une pratique motivée par la santé et le bien-être

Les personnes participantes ont ensuite été invitées à discuter des bénéfices individuels et collectifs de la pratique du vélo d'hiver. Sur le plan individuel, l'indépendance, l'autonomie et l'efficacité des déplacements en vélo d'hiver ont été mentionnées par la quasi-totalité des cyclistes d'hiver.

« Je ne le (en parlant du vélo d'hiver) fais pas tant parce que j'aime ça, mais parce que [...] je gagne tellement de temps sur mes trajets. J'ai pas froid, je ne stresse pas, c'est juste la comparaison (avec les autres modes de transport) qui fait que c'est vraiment agréable » (groupe C, cycliste 9).

Les économies relatives aux coûts associés au transport ont également été mentionnées par plus de la moitié des cyclistes d'hiver, qui confirment que, malgré un certain investissement initial, il est plus économique de se déplacer en vélo l'hiver qu'en transport en commun ou en automobile. Finalement, les bienfaits pour la santé, tant physique que mentale, et la facilité d'intégrer l'activité physique quotidiennement au mode de vie sont des avantages partagés par la grande majorité des personnes participantes. Aussi, plusieurs cyclistes soulignent l'aspect déprimant de l'utilisation des transports en commun en hiver et, à l'inverse, valorisent la dimension quasi méditative des déplacements en vélo.

« Il y a aussi un certain bénéfice psychologique, mental, quand je fais du vélo, je ne pense pas à mes problèmes, ça crée de l'espace mental, sans être de la méditation là, quand je suis dans le trafic, je suis très concentré sur ce que je fais, mais ça m'aide à mettre les choses en place » (groupe B, cycliste 3).

« C'est une manière de faire de l'entraînement tout en étant utile là, c'est tes déplacements, d'une part, puis ça change les idées d'une autre, t'es moins dans tes idées et tu es plus dans l'immédiat, dans ton entourage » (groupe C, cycliste 7).

Par contre, les bénéfices collectifs ont été rarement mentionnés lors des discussions. Lorsqu'ils sont abordés, ils le sont toujours sous l'angle du faible impact environnemental de ce mode déplacement.

2.5.3. Représentation du cyclisme hivernal : une communauté majoritairement masculine

La perception populaire du vélo d'hiver renvoie l'image d'une mobilité « casse-cou » et « téméraire » (Beauplat 2020 ; Boutros 2019); toutefois, cela est confirmé par une seule personne participant à l'étude.

« Le vélo d'hiver, c'est perçu encore comme quelque chose d'un peu casse-cou, il faut passer sur une certaine partie de sa sécurité parce que... on n'en est pas encore au point de se dire que le vélo d'hiver c'est un truc normal et que si on laisse les pistes ouvertes, les bixis [vélos en libre-service à Montréal], les gens lambdas vont faire du vélo d'hiver quoi » (groupe B, cycliste 11).

Par contre, plusieurs signalent que la pratique du vélo d'hiver utilitaire est majoritairement masculine tout en ayant conscience des barrières plus importantes auxquelles les femmes cyclistes doivent faire face.

« Au final, je me rends compte qu'il y a peu de femmes en proportion, versus l'été. [...] Juste notre forum (fait référence au groupe de discussion) en ce moment est bien représentatif de ça aussi. Je pense que les femmes en général, quand on va dans un milieu de travail, il y a comme plus d'exigences d'être habillées, de ne pas arriver, j'sais pas comment dire, en *dry fit*. En vélo d'hiver c'est quand même difficile, puis tu arrives, tu te déshabilles et voilà, c'est comme un *step* de plus je dirais » (groupe D, cycliste 11).

« Je pense qu'en tant qu'homme, c'est sûr que j'ai ce privilège là quand j'arrive au travail et que ma chemise est pleine de sueur, hum c'est correct, je m'assoie et je commence à travailler. Ça sèche ou je change ma chemise et ça prend 2 secondes, donc ouais je ressens qu'en tant qu'homme blanc *straight*, aucune barrière à l'accès de faire du vélo d'hiver » (groupe D, cycliste 8).

Plusieurs rapportent également une certaine culture identitaire du vélo d'hiver avec un fort sentiment d'appartenance.

« Je trouve que la communauté de vélo d'hiver, en tout cas, j'ai l'impression d'avoir un meilleur sentiment d'appartenance avec le vélo d'hiver qu'avec le vélo d'été à Montréal » (groupe C, cycliste 2).

2.5.4. Freins et risques associés au vélo d'hiver

Les personnes participantes ont identifié plusieurs freins relatifs à la pratique du vélo d'hiver, principalement en lien avec l'équipement. Leurs perceptions varient toutefois selon le niveau d'expérience. Au sein du groupe ne le pratiquant pas (A), plusieurs témoignent de la difficulté de trouver de l'information sur le vélo d'hiver. Elles se questionnent beaucoup au sujet du budget initial qui doit être alloué à l'équipement nécessaire.

« Je trouve qu'il n'y a pas une place [...] où quelqu'un va te dire : c'est ça qu'il faut faire si tu veux faire du vélo d'hiver, ça te coûte tant... Il y a un manque d'information à savoir si je dois mettre quelque chose sur la chaîne, comment s'habiller, équiper son vélo aussi » (groupe A, cycliste 4).

« Quand tu commences puis qu'il n'y a personne qui en fait beaucoup autour de toi, des fois tu prends des conseils à gauche puis à droite, mais t'es pas certain. Et tu testes certains trucs, fait que moi, les freins (obstacles) que j'ai trouvés au départ, c'était de trouver le *setup* qui me convenait à moi » (groupe3, cycliste 3).

Par contre, au sein des trois groupes le pratiquant, l'acquisition du matériel nécessaire à la pratique du vélo d'hiver et son usure rapide sont très souvent mentionnés.

« La chose principale qui est différente avec l'été, c'est l'équipement que ça prend. Justement, on parlait de bonnes bottes, de bons gants, des pneus d'hiver. Moi j'ai un vélo que pour l'hiver, mon vélo d'été ne verra jamais la couleur du sel. Ça prend de l'équipement! » (groupe B, cycliste 3).

« Je trouve que les vélos se détériorent à une vitesse grand V quand je fais du vélo d'hiver [...]. Puis j'ai un vélo spécifique pour ça, et je le range, mais j'ai beaucoup de problèmes » (groupe B, cycliste 5).

Aussi, les cyclistes signalent qu'une certaine logistique contraignante est nécessaire et le temps de préparation et de nettoyage de l'équipement ainsi que le stationnement pour les vélos en hiver restent des freins importants pouvant limiter sa pratique. L'enjeu du stationnement au lieu de travail semble étonnamment moins déterminant.

« Moi j'ai fait un espace dans la maison pour stocker le vélo en dedans, sinon, pour laisser un vélo barré (vérrouillé), l'hiver dehors, je connais quelqu'un que son cadenas a juste comme gelé et il n'a jamais été capable de le sortir » (groupe B, cycliste 1).

« Un des trucs moi qui m'arrête ou qui m'a arrêté un hiver une fois, c'est en laissant mon vélo barré (verrouillé) dans la rue; il s'est fait ramasser par une déneigeuse [...]. Je suis obligé de le monter trois étages chez nous à chaque fois, fait que le manque d'infrastructure pour, pour les vélos d'hiver ça peut arrêter... » (groupe3, cycliste 9).

« C'est sûr qu'à l'université, j'ai la chance d'avoir un stationnement souterrain, mais je ne sais pas si, dans le sens qu'avant j'en avais pas puis je le faisais pareil, donc c'est le fun, mais ça n'a pas comme changé mes habitudes » (groupe C, cycliste 6).

Les dangers que représentent les nids-de-poule dissimulés sous la neige sont une préoccupation rapportée par plusieurs cyclistes. D'autres évoquent plus largement les risques de chutes et de perte de contrôle.

« Il y a tout le temps un moment durant l'hiver où que je me pogne (prends) un vrai nid-de-poule; ma roue est brisée, ça m'est arrivé comme une ou deux fois » (groupe B, cycliste 5).

« Puis, en fait, la seule débarque (chute) à vélo importante que j'ai prise dans ma vie, c'était un nid-de-poule caché par de la neige sur la rue Rachel... je me suis étalé... » (groupe C, cycliste 3).

« Par contre, je l'admets, il y a des risques. En été, j'ai jamais chuté. En hiver, j'admets que j'ai eu des chutes, surtout ces dernières années où on combine neige, pluie, glace... Souvent, il y a eu de la glace en dessous de la neige fraîche... » (groupe D, cycliste 2).

Les conflits avec d'autres personnes sur la route ont également été abordés lors des groupes de discussion. Près de la moitié des personnes participantes ont affirmé vivre plusieurs conflits en hiver, particulièrement avec les véhicules motorisés durant les journées où les routes sont plus glissantes (surtout durant ou juste après une tempête de neige).

« L'hiver, j'évite le trafic, parce que quand on n'est pas séparé des voitures, pour l'avoir connu sur [la rue] Bellechasse, les voitures qui te frôlent, qui ne te font pas attention alors que tu as une stabilité qui est moindre, je trouvais ça parfois, parfois dangereux... Mais en hiver, j'ai l'impression qu'ils ont moins de visibilité, moins de temps de réaction aussi » (groupe C, cycliste 1).

À l'inverse, certaines considèrent que les personnes en véhicules motorisés sont plus vigilantes et respectueuses en hiver et qu'elles commencent à s'habituer à leur présence sur la route.

« Les automobilistes commencent à être plus habitués de voir des cyclistes un peu partout, il y a donc un peu plus de, de respect qui se bâtit avec tout ça » (groupe B, cycliste 4).

« Je suis d'accord, il y a comme un respect supplémentaire » (groupe B, cycliste 5).

2.5.5. Sentiment d'inquiétude et perception du risque

Malgré tout, leur sentiment d'inquiétude est plus important l'hiver que l'été. Il est d'ailleurs davantage exprimé dans le premier groupe composé de cyclistes ne faisant pas de vélo d'hiver.

« Si j'avais à faire du vélo d'hiver, ça serait systématiquement les pistes cyclables, je pense, parce que pour le reste, ça me fait trop peur en hiver » (groupe1, cycliste 10).

Au sein des trois autres groupes, plusieurs évoquent les croyances erronées au sein de la population qui limitent la pratique du vélo d'hiver.

« J'ai l'impression que le frein c'est plus mental : que les gens se disent pour ne pas faire du vélo d'hiver, ça va être trop froid, ça va être trop dur, tu sais, un hiver normal ici, il y a peut-être 5-6 jours que c'est vraiment dégueulasse de rouler... mais à part de ça, à Montréal, les trois quarts des pistes sont entretenus, on roule sur l'asphalte de toute façon » (groupe B, cycliste 6).

« Mais je trouve que c'est beaucoup moins difficile que ce que les gens se le représentent, il y a peut-être 5-6-7 journées dans l'hiver où que c'est trop dur pour rien, mais le reste du temps, non. C'est vraiment facile, tu as plus chaud qu'autre chose » (groupe B, cycliste 3).

Il n'en demeure pas moins que le sentiment d'inquiétude est influencé par les caractéristiques personnelles des individus. Plusieurs personnes s'identifiant comme femme témoignent d'un niveau de confiance supérieur dans leurs déplacements en vélo d'hiver, comparativement aux autres modes de déplacement.

« Peut-être que c'est une perception de femme en milieu urbain, mais je suis beaucoup plus en sécurité sur mon vélo, notamment en hiver quand il fait nuit plus tôt, au moins je suis tranquille sur mon vélo quand il fait nuit plutôt que de marcher » (groupe B, cycliste 10).

La perception du risque est également accentuée durant la saison hivernale lors des déplacements à vélo, surtout pour le groupe de cyclistes qui ne pratiquent pas le vélo d'hiver.

« [...] le risque vécu n'est peut-être pas plus accentué l'hiver, mais le risque perçu il l'est... mais je ne sais pas s'il y a plus d'accidents ou plus de collisions, ou peut-être plus de collisions à basse vitesse je ne sais pas trop » (groupe A, cycliste 2).

Les deux composantes de la perception du risque les plus discutées lors des séances sont le niveau de connaissance des risques et le contrôle de ces derniers. Pour plusieurs cyclistes, plus le niveau d'expérience est faible, plus la connaissance des risques est limitée et la perception des risques du vélo d'hiver est augmentée.

« Je pense que ça serait très exploratoire mon approche (de faire du vélo d'hiver). Ce que tout le monde dit, la présomption que c'est vraiment dangereux, bien j'ai aucune idée, alors je ne sais pas

ce qu'il va arriver. Moi, je vais essayer un peu, et je vais sûrement utiliser les pistes cyclables » (groupe A, cycliste 3).

Pour les cyclistes d'hiver, cette connaissance du risque évolue en fonction du nombre de saisons à vélo. L'expérience témoigne ainsi d'une plus grande connaissance des risques et d'une diminution de la perception de ces derniers.

« Il faut que tu t'habitues que ça glisse, que tu t'habitues à freiner d'avance » (groupe B, cycliste 3).

« J'ai l'impression que c'est dangereux quand on se dit qu'il faut en faire tous les jours. [...] S'il y a plein de glace, une journée froide après une journée chaude où il y a de la glace partout, [...] on se donne le droit de ne pas en faire » (groupe D, cycliste 11).

Le fait d'être en contrôle lors des déplacements semble très important, tant pour les personnes qui envisagent le vélo d'hiver que celles déjà expérimentées. Limiter les incertitudes et les imprévus diminue leurs perceptions des risques. Plus spécifiquement, le commentaire suivant démontre l'importance de penser aux itinéraires en hiver pour éviter toutes surprises malvenues.

« Je m'apprête à faire ma première saison à vélo en hiver, si tout se passe bien. J'ai déjà réfléchi à mon trajet, vraiment chaque rue et tout » (groupe A, cycliste 8).

« En fait, il y a une chose que je fais en hiver que je ne fais pas en été, c'est d'essayer de prendre le plus souvent possible les mêmes chemins, parce que je sais les *spots* à éviter, dangereux. L'été, je m'en fous un peu plus parce que les trous tu les vois, il n'y a pas de plaque de glace, c'est plus simple. L'hiver, je fais vraiment plus attention » (groupe B, cycliste 3).

2.6. Discussion et conclusion

2.6.1. Retour sur les bénéfices de la pratique du vélo d'hiver

Les principaux avantages des déplacements en vélo d'hiver sont les bienfaits pour la santé, tant physique que mentale, ce qui corrobore les résultats de Bergström et Magnusson (Bergström et Magnusson 2003) dans les villes de Luleå et de Linköping en Suède. En effet, ces bienfaits sur la santé mentale semblent encore plus importants pour les cyclistes durant une période où la sédentarité est plus fréquente et l'ensoleillement est réduit. Par contre, notre étude a aussi révélé d'autres bénéfices dont l'indépendance, l'autonomie et l'efficacité dans les déplacements, qui font référence au concept de la vélonomie, représentant le développement d'une autonomie à vélo en général (compétences en général qui permettent une indépendance dans les déplacements à vélo, incluant la réparation de vélo) (Abord de Chatillon et Eskenazi 2022). En soi, ces avantages

ne sont pas propres au vélo d'hiver. Cependant, cette autonomie réduit le temps d'attente dans les transports en commun et minimise le froid ressenti puisque l'inertie est remplacée par une dépense énergétique.

2.6.2. Retour sur les conditions météorologiques et le déneigement : implications pour les urbanistes

Plusieurs de nos résultats corroborent ceux de travaux menés dans d'autres villes canadiennes (Calgary, Edmonton et Toronto) (Amiri et Sadeghpour 2015 ; Shirgaokar et Gillespie 2016 ; Nahal et Mitra 2018) et scandinaves (Bergström et Magnusson 2003 ; Pratte 2011). Premièrement, les températures très froides ne sont pas un obstacle à la pratique du vélo d'hiver. Cependant, les changements brusques de température, entraînant par exemple de la pluie verglaçante, le sont. Ce constat déconstruit donc l'imaginaire populaire que les températures sont trop froides pour se déplacer en vélo durant l'hiver.

Deuxièmement, l'élément principal favorisant les déplacements hivernaux en vélo est un déneigement efficace des rues et des pistes cyclables, même si les risques de chutes sont connus. À Montréal, les opérations de déneigement consistent à l'épandage de sel et de pierre concassée dès que la chaussée et les trottoirs sont glissants, au déblayage de la neige à partir d'une accumulation de 2,5 centimètres, et au chargement vers un dépotoir à neige à partir d'une accumulation de 10 à 15 centimètres (Ville de Montréal 2023a). Il est important de préciser que les cyclistes d'hiver n'apprécient pas les bandes cyclables et les voies partagées à Montréal, trop proches du trafic et souvent encombrées suite aux passages des déneigeuses, soit une situation déjà mise en exergue à Edmonton (Shirgaokar et Nurul Habib 2018).

En termes d'implications pour les urbanistes souhaitant développer un réseau cyclable hivernal, il convient alors de s'assurer que les pistes cyclables sont bien déneigées et déglacées et s'assurer que les rues avec des bandes cyclables sont bien dégagées lors des opérations de déneigement. Il est important de minimiser l'insécurité sur la route, entre autres grâce à un éclairage efficace sur les pistes cyclables et une bonne signalisation du réseau hivernal (Bullock 2017). Toutes ces mesures permettraient ainsi de favoriser l'équité et la diversité dans la pratique du vélo d'hiver (2003 ; 2015).

2.6.3. Déconstruction des mythes et des réalités entourant le vélo d'hiver

Dans l'imaginaire collectif, plusieurs mythes entourent la pratique du vélo d'hiver : « trop froid, trop dangereux, trop compliqué! ». Tel que signalé précédemment, le froid ne semble pas problématique, à condition d'avoir un équipement adapté. Concernant la dangerosité, les pertes de contrôle et les chutes sont plutôt rares selon les personnes participantes et la cohabitation avec les véhicules motorisés ne semble pas plus problématique que durant les autres saisons. Ce dernier constat est toutefois à nuancer puisque les cyclistes favorisent les voies protégées. En résumé, ces constats ne reflètent nullement l'image « casse-cou » souvent associée aux cyclistes d'hiver. Par contre, la logistique particulière du vélo d'hiver est une réalité confirmée par les personnes participantes à travers le temps de préparation supplémentaire (comparativement à un déplacement similaire l'été), le nettoyage, l'entretien et la réparation et surtout l'entreposage et le stationnement du vélo aux lieux d'origine et de destination. Or, chez les cyclistes qui envisagent le vélo d'hiver, l'accès à l'information sur cette logistique propre au vélo d'hiver semble difficile et constitue ainsi une barrière importante.

2.6.4. Retour sur les aspects identitaires du vélo d'hiver

L'analyse des résultats a démontré plusieurs aspects identitaires importants. Premièrement, le vélo d'hiver permet une reconnexion avec l'hiver, renvoyant ainsi au concept de nordicité de Louis-Edmond Hamelin (Hamelin 2000). Deuxièmement, les cyclistes d'hiver ont un fort sentiment d'appartenance à une communauté, se manifestant par des rapports sociaux (interactions, échanges, solidarité, entraide) bien plus fréquents l'hiver que durant les autres saisons. Troisièmement, la communauté cycliste hivernale montréalaise est composée très majoritairement d'hommes blancs de 25 à 34 ans souvent hautement scolarisés, ce qui corrobore d'ailleurs des études menées dans d'autres villes canadiennes (2018 ; 2010).

2.6.5. Retour sur le sentiment d'inquiétude et les risques perçus

À l'instar d'une étude norvégienne (2019), un sentiment d'inquiétude est associé aux déplacements en vélo d'hiver, particulièrement chez les personnes non pratiquantes ou débutantes. À la lumière des données collectées, cette inquiétude serait attribuable à des croyances erronées sur la pratique, sur l'équipement nécessaire et sur les risques. Il est probable

que le manque d'accès à l'information et aux connaissances sur ce mode de déplacement est associé à ces croyances erronées. L'analyse des données a permis de révéler deux autres résultats importants peu documentés dans la littérature.

Premièrement, les cyclistes d'hiver qui ont de l'expérience et qui s'identifient comme des femmes se sentent davantage en sécurité lors de déplacements à vélo, qu'à pied et en transport en commun, surtout la nuit tombée, ce qui corrobore avec les résultats de Lubitow, Tompkins et Feldman (2019) sur le vélo trois saisons. Selon le discours des participantes, la réduction des interactions avec d'autres personnes semble encore plus prisée durant l'hiver, notamment puisque les heures d'ensoleillement sont considérablement réduites. Autrement dit, même si les recherches démontrent qu'en général, les femmes vivent plus d'inquiétude que les hommes à vélo, en raison de la cohabitation avec les véhicules motorisés (Chen, Zhou et Sun 2017 ; Steinbach et al. 2011), l'importance attribuée au contrôle des interactions avec d'autres individus font du vélo d'hiver un mode de déplacement potentiellement plus sécurisant que durant les autres saisons pour les cyclistes s'identifiant comme femmes.

Deuxièmement, la perception des risques de la pratique du vélo serait influencée par deux composantes principales : le niveau de connaissance des risques et le contrôle de ces derniers. La première composante est certainement complémentaire au concept de croyances erronées du sentiment d'inquiétude puisque l'absence de connaissance sur la pratique du vélo d'hiver augmenterait la perception du risque. En effet, plus les cyclistes ont de l'expérience en vélo d'hiver, plus ils ou elles sont en contrôle des risques et, conséquemment, plus la perception de ces risques diminue.

En conclusion, pour favoriser un transfert modal vers le cyclisme hivernal, il est primordial de développer et d'entretenir un réseau cyclable protégé, déneigé et déglacé, d'améliorer l'accès à l'information et de promouvoir ce mode de déplacement afin de démystifier la pratique du vélo hivernal.

CHAPITRE 3 : ARTICLE 2 – ÉVALUATION DES RISQUES PERÇUS ET OBSERVÉS DU VÉLO D'HIVER À MONTRÉAL

Formulaire d'inclusion d'un article dans une thèse de doctorat

1. Identification de l'étudiant

Nom, Prénom : CARPENTIER-LABERGE, David

2. Description de l'article

Titre :	Évaluation des risques perçus et observés du vélo d'hiver à Montréal
Nom des auteurs :	Carpentier-Laberge David et Philippe Apparicio
Revue avec comité de lecture	Recherche Transport Sécurité (RTS)
État du cheminement :	<input checked="" type="checkbox"/> Publié date de publication : 11/09/23
<p>De nombreuses études documentent les risques de la pratique du vélo durant le printemps, l'été et l'automne. Or, les risques du vélo d'hiver, et les potentielles particularités associées à cette saison, n'ont, à ce jour, été que très peu explorés. De plus, aucune recherche ne porte sur les disparités entre les risques perçus par les cyclistes et les risques observés. Cette recherche vise à documenter les risques liés à la pratique du vélo d'hiver à Montréal et à identifier les écarts entre les risques perçus et réels. Les données primaires sont issues d'observations non participatives des trajets de dix cyclistes entre les mois de février et de mars 2022 à Montréal, et de dix entretiens semi-dirigés. L'analyse des données a permis d'identifier les risques des déplacements à vélo l'hiver et d'infirmer certaines hypothèses d'une pratique plus dangereuse. En effet, les cyclistes ne considèrent pas que les déplacements durant l'hiver sont plus dangereux que durant les autres saisons. Le principal risque du vélo d'hiver est, comme pour les autres saisons, associé à la cohabitation avec les véhicules motorisés. Ce risque est accentué par la réduction de l'espace de circulation sur les voies routières et les bandes cyclables lorsqu'il y a une accumulation de neige en bordure de la chaussée. Aussi, les chutes sont très rares et les situations problématiques associées à l'entretien du réseau cyclable ne représentent pas un enjeu pour ces personnes. Ainsi, grâce à une planification supplémentaire, telle que l'établissement au préalable d'un trajet jugé sécuritaire et la priorisation du réseau cyclable protégé et entretenu, la pratique du vélo d'hiver n'engendre pas de risques supplémentaires pour les cyclistes initié.e.s comparativement aux autres saisons.</p>	

3. Contribution de chaque coauteur

Coauteur	Description de la contribution
David Carpentier-Laberge	Revue de littérature, collecte et structuration des données, rédaction de l'article.
Philippe Apparicio (Directeur)	Révision des données, participation à la structuration, nombreuses révisions de l'article.

4. Déclaration

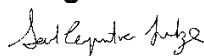
À titre de coauteur de l'article mentionné ci-haut, j'autorise David Carpentier-Laberge à intégrer l'article dans sa thèse de doctorat.

Coauteur(e)

Signature

Date

David Carpentier-Laberge



11-03-2023

Philippe Apparicio



11-03-2023

3.1. Introduction

Depuis le début du 21^e siècle, nous assistons à une croissance des déplacements utilitaires à vélo en ville (Pucher, Buehler et Seinen 2011a). Dans le contexte nord-américain, la ville de Montréal n'échappe pas à cette tendance et est même reconnue comme étant l'une des meilleures villes pour se déplacer à vélo (Assunçao-Denis et Tomalty 2019). Malgré une diminution de la part modale des déplacements à vélo l'hiver à Montréal comparativement aux autres saisons (Vélo Québec 2021b), il n'en demeure pas moins que nous assistons depuis quelques années à une croissance des déplacements à vélo l'hiver. En effet, le nombre de cyclistes a plus que doublé lors de la dernière décennie (Fortier 2018).

Il est admis qu'un transfert modal vers le transport actif génère de nombreux bénéfices, tels que la réduction du trafic routier, la diminution de la pollution atmosphérique et sonore et des émissions de gaz à effet de serre (Macmillan et al. 2014). Ce mode de transport socialement inclusif (Cunha et Silva 2022) a des retombées positives sur la santé physique et mentale des cyclistes (De Nazelle et al. 2011). Cette pratique urbaine est toutefois exposée à de nombreux risques, largement documentés dans la littérature scientifique (Jarvis et Gill 2015 ; Branion-Calles et al. 2019 ; Teschke et al. 2012b). Les dépassements dangereux et les accidents avec les véhicules motorisés sont parmi les situations les plus fréquentes (Aldred 2016 ; Shinar et al. 2018). Il a été démontré que le développement de voies cyclables protégées réduit ces risques et a des répercussions nettement supérieures aux coûts initiaux de construction (De Nazelle et al. 2011). En effet, malgré un achalandage beaucoup plus important du réseau cyclable à Montréal, la probabilité d'accident diminue considérablement sur ces infrastructures (Lusk et al. 2011).

En somme, les risques de la pratique du vélo dans les villes du Nord sont bien connus. Par contre, ils ont été peu explorés pour le vélo hivernal, en croissance à Montréal comme dans plusieurs villes scandinaves (Bergström et Magnusson 2003 ; Bullock 2017 ; Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). Par conséquent, l'objectif est d'identifier les risques perçus et observés associés à la pratique du vélo d'hiver à Montréal.

3.2. Revue de littérature sur les risques du vélo d'hiver

3.2.1 Les risques d'accident à vélo

Cette section présente des risques réels encourus par les cyclistes en milieu urbain répertoriés dans la littérature scientifique. Une étude effectuée entre 2006 et 2012 à New York a répertorié l'ensemble des accidents mortels à vélo, qui impliquent très majoritairement un véhicule motorisé durant les heures de pointe (Jarvis et Gill 2015). Par ailleurs, une étude effectuée à Vancouver et Toronto révèle que la majorité des accidents sont des collisions plutôt que des chutes (Cripton et al. 2015). Près de la moitié de ces accidents impliquent un véhicule motorisé, alors que les collisions avec un autre vélo ou un piéton représentent uniquement 5 % des accidents répertoriés (Cripton et al. 2015). Aussi, très peu d'accidents mortels surviennent sur une piste cyclable et les risques de collision sont nettement réduits sur ce type de voie (Jarvis et Gill 2015 ; Cripton et al. 2015 ; Daraei, Pelechrinis et Quercia 2021). Lusk et al. (Lusk et al. 2011) ont d'ailleurs démontré qu'à Montréal, la probabilité d'accident est plus faible sur les pistes cyclables, malgré un achalandage supérieur aux autres routes. À l'inverse, les rues avec un débit routier important, la présence de voitures stationnées et l'absence d'infrastructure cyclable concourent à augmenter cette probabilité (Teschke et al. 2012a ; Dash, Abkowitz et Philip 2022 ; Daraei, Pelechrinis et Quercia 2021).

La quasi-absence de littérature sur le vélo d'hiver ne permet pas d'identifier une tendance sur les risques réels attribuables à cette saison. Une étude effectuée en 2015 et 2016 à Ottawa a répertorié 395 accidents et quasi-accidents dans le but d'évaluer les risques en fonction du type d'infrastructure utilisé. Parmi ceux-ci, 45 ont eu lieu en hiver entre les mois de novembre et de mars et n'ont démontré aucune tendance selon le type d'infrastructure (Ferster et al. 2021). Une autre étude effectuée à Luleå en Suède précise que le risque de chute en hiver est perçu principalement par les cyclistes d'hiver non-initiés, alors que ce type de risque est considérablement moins mentionné par les cyclistes d'hiver expérimentés (Chapman et Larsson 2021). L'élément principal ressortant des études effectuées sur le vélo d'hiver en Suède (Bergström et Magnusson 2003 ; Paulusson 2015), en Norvège (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019 ; Andenes 2014), en Finlande (Pratte 2011 ; Perala 2000) et au Canada (Amiri et Sadeghpour 2015 ; Godefroy et Morency 2012 ; Bullock 2017) démontre l'importance attribuée par les cyclistes à l'entretien d'un réseau cyclable sécuritaire accessible en hiver. Puisque les risques sont nettement moins importants sur ce type d'infrastructure qui est priorisé par les

cyclistes en hiver, il est pertinent d'évaluer les risques réels du vélo d'hiver qui sont possiblement différents de la pratique du vélo durant les autres saisons.

3.2.2 Mesures alternatives aux données sur les collisions

L'intérêt scientifique porté aux mesures alternatives aux collisions pour évaluer la sécurité routière est grandissant (Branion-Calles et al. 2019). Ces mesures englobent une variété de situations vécues par une ou plusieurs personnes usagères de la route, qui sans manœuvre d'évitement, auraient mené à une collision (Branion-Calles et al. 2019). Elles renvoient ainsi au concept de conflit, représentant les situations problématiques qui ne se terminent pas par un accident. Selon Hunter et al. (Hunter, Stewart et Stutts 1999), ces conflits se définissent comme toute interaction entre un vélo et un véhicule motorisé, un piéton, ou un autre vélo, dont au moins un des deux usagers doit changer de vitesse ou de direction pour éviter un contact. Dozza et Werneke (Dozza et Werneke 2014) renchérissent en incluant tout obstacle qui nécessite une manœuvre extraordinaire, telle la présence de trous dans la chaussée.

Les quasi-accidents (*near-miss*) représentent une autre mesure substitut d'évaluation des risques sur la route. La littérature ne semble pas offrir une définition universelle de ce concept. Comme pour les conflits, les quasi-accidents représentent une manœuvre d'évitement, un ralentissement brusque, entre différents usagers de la route ou entre un usager et un obstacle statique (Aldred 2016). Certaines recherches incluent dans ce concept toutes situations considérées comme dangereuses par au moins un usager de la route, tel un dépassement dangereux par exemple, même si aucune manœuvre d'évitement n'a été effectuée (Aldred 2016). Rachel Aldred (2016) propose une typologie intéressante de ces quasi-accidents en fonction de leur fréquence et des sentiments de peur et d'inquiétude leur étant attribués. Premièrement, les éléments qui obstruent le passage et nécessitent un évitement sont les situations les plus fréquentes et rarement associées à un sentiment d'inquiétude. La seconde catégorie la plus fréquente de quasi-accidents représente les passages et dépassements dangereux, surtout les dépassements latéraux à moins d'un mètre (Heno et Apparicio 2022), qui sont considérés comme dangereux et effrayants. Troisièmement, la présence de véhicules motorisés dans les aménagements cyclistes est également très fréquente. Au final, ces trois types de conflits représentent plus de 80 % des quasi-accidents vécus par les cyclistes (Aldred 2016).

La fréquence importante de ces quasi-accidents et la charge émotionnelle attribuée à ces situations, comparativement aux collisions, ont une grande influence sur la perception des risques

des déplacements à vélo. La corrélation entre les quasi-accidents et la perception des risques routiers est ainsi plus importante que les risques attribués aux collisions réelles (Sanders 2015). Cette perception des risques renforce l'idée que les déplacements à vélo sont dangereux, stigmatisés et excentriques (Aldred 2016). Il est important de spécifier que cette peur est principalement associée au partage de la route avec les véhicules motorisés (Aldred 2016, 2013).

3.2.3 Perception du risque et sentiment d'inquiétude

Afin de mettre en relation les risques réels de l'utilisation du vélo en hiver et le nombre de cyclistes sur les routes durant cette saison, nous mobilisons le concept psychologique de la perception du risque et du concept d'inquiétude (*worry*) qui s'inscrivent dans la théorie du comportement planifié, proposé par Icek Ajzen en 1991 (Ajzen 1991). Cette théorie démontre que les intentions d'adopter des comportements de tout genre sont prédites avec une grande précision par les attitudes envers ces comportements, des normes subjectives et la perception du contrôle de ces comportements, qui influencent grandement les comportements réellement adoptés (Ajzen 1991). La perception du risque et l'inquiétude sont deux concepts qui influencent donc les intentions et orientent les comportements des individus (Schmiege, Bryan et Klein 2009).

La perception n'est pas uniquement le fruit d'un calcul cognitif, mais dépend d'éléments tels la familiarité (au risque), le contrôle (ou l'absence de contrôle), le potentiel catastrophique de la situation, l'équité et le niveau de connaissance du risque (Slovic 1987). La perception du risque dépend également des caractéristiques individuelles, notamment les variables démographiques, l'exposition au risque, l'expérience personnelle, la propension à prendre des risques et la personnalité des individus (Sanders 2015 ; Baron, Hershey et Kunreuther 2000 ; Granié 2011). Une étude réalisée dans les villes de Toronto et Vancouver associe ce concept de perception du risque avec le cyclisme et démontre que les grandes artères sont considérées comme très risquées alors que les pistes en site propre sont perçues comme sécuritaires (Winters et al. 2012). La perception du risque s'inscrit donc dans un continuum en fonction des différents facteurs présentés.

Lennart Sjöberg (Sjöberg 1998) propose un autre concept à la perception du risque, soit l'inquiétude (*worry*). Ce concept, souvent associé et parfois confondu à la perception du risque, a un potentiel explicatif important sur les comportements des individus (Schmiege, Bryan et Klein 2009). La principale différence entre la perception du risque et l'inquiétude est que cette dernière est associée à une réponse émotionnelle (affective) à une situation négative alors que la

perception du risque est un processus cognitif (Sjöberg 1998). Fréquemment, l'inquiétude est plus déterminante que la perception des risques lors de l'évaluation des comportements adoptés (Schmiege, Bryan et Klein 2009 ; Sjöberg 1998). Quatre variables sont incluses dans le modèle psychologique explicatif de l'inquiétude, soit l'intolérance à l'incertitude, une mauvaise gestion des situations problématiques, l'évitement cognitif et les croyances erronées (Ladouceur, Gosselin et Dugas 2000). La première variable, l'intolérance à l'incertitude, est la plus déterminante dans la construction de l'inquiétude (Ladouceur, Gosselin et Dugas 2000). Ce sentiment a pour effet de définir les situations ambiguës comme étant menaçantes ou dangereuses, d'augmenter la perception du risque de ces situations et de créer des scénarios négatifs dans ces situations incertaines (Ladouceur, Gosselin et Dugas 2000). Cette intolérance aux incertitudes peut être associée aux déplacements à vélo en hiver. Il est possible d'émettre l'hypothèse que l'image excentrique et la nouveauté de cette pratique créent des incertitudes quant aux risques supplémentaires spécifiques à l'hiver.

Comme pour la perception du risque, le sentiment d'inquiétude dépend grandement des caractéristiques individuelles. De façon générale, les femmes, les personnes plus âgées et les individus avec de jeunes enfants ont tendance à avoir un sentiment d'inquiétude plus important (Sjöberg 1998).

Il a été démontré que l'inquiétude et le choix du mode de transport sont corrélés (Rundmo et al. 2011). La sévérité des conséquences influence principalement les choix modaux des transports actifs, plutôt que le transport en commun ou les transports motorisés (Rundmo et al. 2011). Cette inquiétude est alimentée par les sentiments anticipés attribués aux conséquences négatives plutôt que par le degré de sévérité des accidents (Roche-Cerasi et al. 2013 ; Kummeneje et Rundmo 2020). Ainsi, il a été démontré à maintes reprises que l'inquiétude est l'une des variables les plus déterminantes dans le choix du mode de transport (Roche-Cerasi et al. 2013 ; Moen 2007 ; Kummeneje et Rundmo 2020). Puisque le sentiment d'inquiétude est un facteur important dans la requête d'instauration de mesures de sécurité additionnelles, il est important que les mesures mises en œuvre soient orientées vers la réduction de la sévérité des conséquences et de la perception de ces dernières et vers la légitimation de la place des cyclistes en ville (Rundmo et al. 2011 ; Kummeneje et Rundmo 2020 ; Moen 2007).

Puisque les conditions climatiques ne sont pas déterminantes dans de nombreuses villes, elles sont fréquemment écartées des modèles d'évaluation de l'incertitude (Roche-Cerasi et al. 2013). Pourtant, de nombreuses personnes semblent plus inquiètes lorsqu'il s'agit de se déplacer à vélo durant l'hiver que durant les autres saisons (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). Ce sentiment

accru durant l'hiver peut être attribuable entre autres à la faible luminosité de cette saison et aux routes glacées et enneigées, ce qui détermine le choix du mode de transport (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). Malgré tout, la sévérité perçue des accidents n'est pas plus importante durant l'hiver (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). Cela peut s'expliquer par le fait que le type d'accident anticipé ne diffère pas réellement en fonction des saisons (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). La nouveauté et la familiarité de cette pratique peuvent alors expliquer ce sentiment d'inquiétude attribuable à l'hiver, alors que la majorité des individus ont, par le passé, utilisé le vélo durant les autres saisons (Kummeneje, Ryeng et Rundmo 2019). Une démystification de cette pratique, des risques, de leurs sévérités et de leur occurrence est nécessaire dans l'élaboration de pratiques qui favorisent le vélo d'hiver.

3.3. Cadre conceptuel et question de recherche

À la lecture des écrits sur la pratique du vélo trois saisons et du vélo d'hiver dans les villes canadiennes, scandinaves et étasuniennes, il apparaît que la principale cause des accidents et des conflits répertoriés correspond à une situation problématique avec un véhicule motorisé, alors que les situations avec d'autres personnes usagères de la route sont nettement moins fréquentes (Jarvis et Gill 2015 ; Cripton et al. 2015 ; Aldred 2016). Bien que la littérature scientifique sur le vélo d'hiver démontre l'importance d'instaurer un réseau cyclable sécuritaire et bien entretenu durant l'hiver (Amiri et Sadeghpour 2015 ; Godefroy et Morency 2012 ; Bullock 2017), aucune recherche à notre connaissance n'a étudié les potentiels risques propres à cette saison. Seule une recherche effectuée à Ottawa (Ferster et al. 2021) a tenté de démontrer, sans succès, la corrélation entre les collisions et le type d'infrastructure utilisé. Une autre étude effectuée à Luleå en Suède démontre que les risques de chute sont un risque perçu par les cyclistes non hivernaux, et que cette perception diminue drastiquement après seulement un hiver à vélo (Chapman et Larsson 2021). À cette absence d'études sur les risques du vélo d'hiver se joint la nécessité d'évaluer la possible disparité entre les risques perçus et réels qui pourrait grandement orienter les interventions et programmes pour encourager les déplacements à vélo en hiver.

Les objectifs principaux de cette étude sont de documenter les risques liés à la pratique du vélo d'hiver à Montréal et d'identifier les écarts entre les risques perçus et réels. La figure 3 présente les risques du vélo trois saisons, les potentiels risques du vélo d'hiver et des variables de la perception du risque et du sentiment d'inquiétude qui peuvent déterminer les risques réels associés au vélo d'hiver.

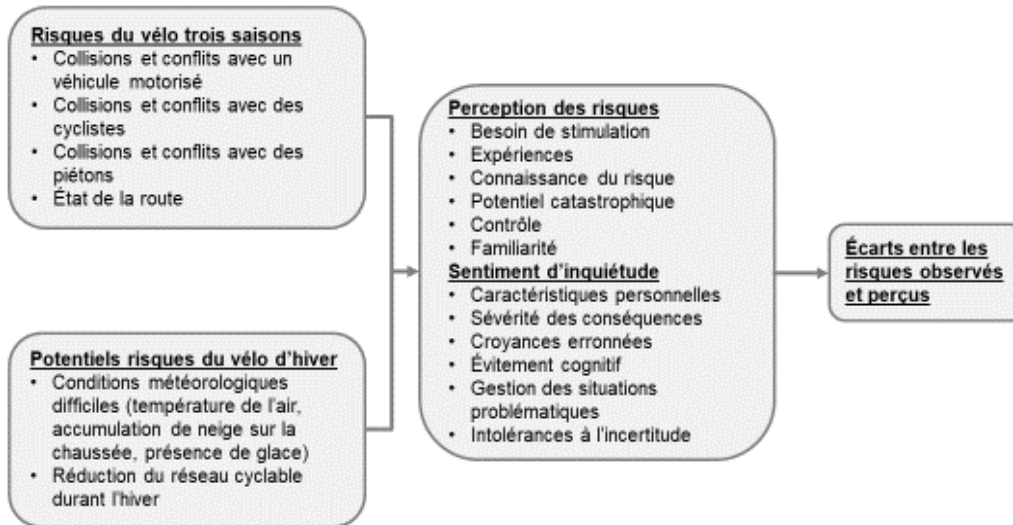


Figure 3. Cadre conceptuel de l'article 2

3.4. Méthodologie

3.4.1 Territoire d'étude

La ville de Montréal représente le territoire d'étude de cette recherche. D'après les informations dont nous disposons, aucune étude ne porte sur les risques de la pratique du vélo d'hiver dans cette ville. La croissance de cette pratique est pourtant bien documentée dans littérature grise sur le vélo d'hiver à Montréal. Effectivement, la littérature grise démontre que l'achalandage sur les pistes cyclables en 2020 a augmenté de 83 %, comparativement à la moyenne de 2015 à 2019 (Bérubé 2021), et une augmentation de près de 40 % des déplacements à vélo a été observée entre l'hiver 2022 et l'hiver 2023 à pareilles dates (Naciri 2023). Avec des hivers rigoureux, une population de 1,76 million d'habitants et une densité populationnelle de 4 833 hab./km² (Statistique Canada 2022), la ville de Montréal représente un territoire d'étude idéal pour approfondir les connaissances sur le vélo d'hiver.

3.4.2 Posture épistémologique

Les méthodes qualitatives d'observation non participante (Bowman 1994 ; Ciesielska, Boström et Öhlander 2018) et des entretiens semi-dirigés (Newcomer, Hatry et Wholey 2015) retenus dans

cette recherche s'inscrit dans une posture épistémologique du réalisme critique (Venkatesh, Brown et Sullivan 2016 ; McEvoy et Richards 2006). Puisqu'il est impossible d'appréhender complètement la réalité, celle-ci étant biaisée par la perception des personnes chercheuses et des théories mobilisées (McEvoy et Richards 2006 ; Scott 2007), cette posture propose l'existence d'une certaine réalité, qui est cependant comprise de manière imparfaite et probable (Venkatesh, Brown et Sullivan 2016). Selon les circonstances et le système dans laquelle s'inscrit cette réalité à l'étude, des régularités constantes sont possibles (McEvoy et Richards 2006). Une transposition des résultats dans d'autres circonstances est alors possible, dépendamment du contexte socio-économique, démographique, politique et culturel entre autres. Il s'agit alors d'une transférabilité contextuelle des résultats (UNIL 2020 ; Venkatesh, Brown et Sullivan 2016).

3.4.3 Recrutement

Dix cyclistes ont participé à cette étude. Le recrutement des personnes participantes s'est effectué au sein des 41 cyclistes qui ont participé au préalable à des groupes de discussion dans une étape précédente de cette recherche. Les cyclistes qui ont participé aux groupes de discussion ont été recrutés sur différents groupes de cyclistes sur le réseau social Facebook. Les personnes intéressées ont été invitées à partager l'appel de recrutement dans leur réseau de cyclistes respectif afin de compléter l'échantillon. Dans la mesure du possible, la personne responsable du recrutement (premier auteur) a tenté de maximiser la variété des personnes pratiquant le vélo d'hiver à Montréal. L'étude a été approuvée par le comité d'éthique en recherche de l'université non anonymisée (CER 21-631).

3.4.4 Profil des personnes participantes

Les méthodes d'observation non participante (enregistrements vidéo) et des entretiens semi-dirigés ont permis d'obtenir les données primaires mobilisées dans cette étude. L'échantillon a été créé en tentant de varier le plus possible le profil sociodémographique des personnes participantes et leurs niveaux d'expérience en vélo d'hiver. La grande majorité des cyclistes est âgée de 25 à 34 ans (70 %). Près du tiers s'identifie comme étant des femmes (contre 70 % d'hommes). Aucune des personnes entretenues n'a déclaré appartenir à une minorité visible, et 80 % d'entre elles possèdent un diplôme universitaire. Concernant l'expérience à vélo, la moitié de l'échantillon a entre un et cinq ans d'expérience en vélo d'hiver, et 30 % ont plus de cinq ans

d'expérience. Finalement, malgré la volonté d'inclure une grande variété de profils sociodémographiques, le nombre limité de personnes intéressées au projet de recherche n'a pas permis d'atteindre cet objectif.

Tableau 3. Données sur la composition de l'échantillon

Nombre de personnes participantes	10
Âge	
15 à 24 ans	1
25 à 34 ans	7
35 à 44 ans	1
45 à 54 ans	1
Genre	
Féminin	3
Masculin	7
Plus haut niveau de scolarité	
Diplôme d'études collégiales	2
Baccalauréat	2
Études supérieures - deuxième cycle	4
Études supérieures - troisième cycle	2
Expérience à vélo en hiver	
Aucune	1
1 an	1
1 à 5 ans	5
Plus de 5 ans	3

3.4.5 Protocole d'identification des risques du vélo d'hiver

Le processus d'évaluation des risques de cette recherche s'est effectué en trois étapes. D'abord, les cyclistes ont identifié les risques vécus en activant le bouton de déclenchement de l'appareil vidéo 1M+ lors de chaque situation considérée dangereuse. Ensuite, les chercheurs ont visionné l'intégralité des enregistrements vidéo effectués par les cyclistes, identifié des risques et sondé les cyclistes sur la véracité de ces situations problématiques. Finalement, les personnes cyclistes ont été questionnées sur la fréquence et l'inquiétude relatives à chaque type de risque. La figure 4 présente cette triple évaluation des risques.

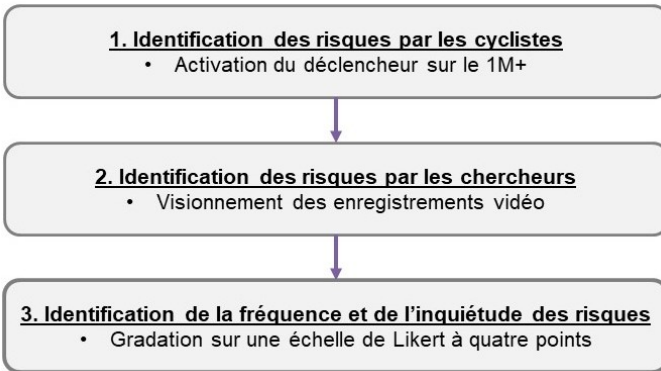


Figure 4. Protocole d'identification des risques du vélo d'hiver

3.4.6 Analyse des données

Observation non participante (analyse vidéo)

Les dix cyclistes sélectionnés pour cette étape de la recherche ont enregistré leurs déplacements de manière libre durant deux semaines, entre le 12 février et le 23 mars 2022. Les enregistrements vidéo ont été réalisés à l'aide du capteur 1M+, un appareil *open source* adapté au vélo qui permet d'enregistrer la distance latérale de dépassement, la position géographique des cyclistes et la captation vidéo lors d'un trajet (Heno, Apparicio et Maignan 2021). Le capteur est également muni d'un bouton qui enregistre la position géographique, la date et l'heure lorsqu'il est enclenché. Les cyclistes devaient activer ce bouton à chaque événement considéré dangereux. En tout, près de 50 heures de déplacement dans la ville de Montréal ont été enregistrées et analysées dans le logiciel Vifeco, un logiciel libre qui permet d'analyser les caractéristiques d'un trajet en lui attribuant des catégories (Apparicio, Maignan et Gelb 2020). Neuf catégories de risques ont été analysées en se basant sur la littérature scientifique traitant des risques du vélo trois saisons et du vélo d'hiver (tableau 4).

Tableau 4. Risques analysés dans le logiciel Vifeco

Intitulé du risque
1. Conflit avec un véhicule motorisé
2. Conflit avec une personne cycliste
3. Conflit avec une personne piétonne
4. Présence d'un véhicule dans une infrastructure cyclable
5. Élément qui bloque le passage
6. Présence d'un nid-de-poule
7. Perte de contrôle (chute)
8. Problème de déneigement
9. Dépassement dangereux

Entretiens semi-dirigés

Les questions ont été créées à partir des éléments du cadre conceptuel représentant les risques perçus et observés des déplacements à vélo en hiver (figure 1). Cinq thèmes principaux ont été abordés avec les cyclistes : 1) retour sur les risques identifiés dans les groupes de discussion, 2) risques identifiés par les cyclistes, 3) risques identifiés par les chercheurs, 4) évaluation des risques sur l'échelle à quatre points de Likert, 5) écarts entre les risques perçus et observés.

Le procédé de codage de l'information pour l'analyse des entretiens semi-dirigés est basé sur une approche déductive. En se basant sur la littérature scientifique, une première liste prédéfinie de codes a été élaborée (Linneberg et Korsgaard 2019). Le développement des thèmes mobilisés lors du processus de codage est joint dans le matériel supplémentaire.

À l'aide du logiciel MAXQDA (Kuckartz et Rädiker 2019), deux épreuves de codage ont été effectuées en suivant les principes de « classification, priorisation, intégration, synthétisation, extraction, conceptualisation et théorisation » (Saldaña 2014). Des modèles sont établis selon la similarité et la régularité des informations afin d'analyser les données. Ces modèles permettent d'identifier et d'élaborer de nouveaux concepts et leurs interactions (Linneberg et Korsgaard 2019). La liste initiale de codes peut être modifiée en s'inspirant du principe d'abduction qui combine une approche inductive avec une approche déductive (Linneberg et Korsgaard 2019).

Les données issues des réponses sur une échelle de Likert ont été analysées selon une échelle de mesure d'intervalle avec comme tendance centrale la moyenne (Boone et Boone 2012). Le choix d'une échelle à quatre points plutôt qu'à cinq, en éliminant ainsi la catégorie modérée, permet aux individus de prendre position pour chaque question posée (Robinson et Shepard 2011).

Les cyclistes ont enregistré un total de 69 risques lors de leurs déplacements à l'hiver 2022. Quant aux chercheurs, ils ont identifié un total de 260 risques lors du visionnement des vidéos. Le

tableau 5 présente un récapitulatif des risques vécus par les cyclistes, des risques observés par les chercheurs et du taux de confirmation de ces risques par les cyclistes.

Tableau 5. Risques vécus par les cyclistes et observés par les chercheurs

Types de risques	Risques vécus		Risques observés		
	N	%	N	%	% confirmé par les cyclistes
1. Conflit avec un véhicule motorisé	14	20,3	30	11,5	66,7
2. Conflit avec une personne cycliste	1	1,4	1	0,4	100,0
3. Conflit avec une personne piétonne	9	13,0	75	28,8	60,0
4. Présence d'un véhicule dans une infrastructure cyclable	5	7,2	27	10,4	88,9
5. Élément qui bloque le passage	3	4,3	11	4,2	54,5
6. Présence d'un nid-de-poule	11	15,9	11	4,2	54,5
7. Perte de contrôle (chute)	0	0,0	1	0,4	100,0
8. Problème de déneigement	13	18,8	68	26,2	54,5
9. Dépassement dangereux	13	18,8	36	13,8	91,7
Total	69	100,0	260	100	66,5

3.5. Résultats

3.5.1 Risques identifiés par les cyclistes

Les conflits avec un véhicule motorisé constituent la catégorie de risque la plus fréquemment vécue par les cyclistes dans cette étude. En additionnant les dépassements dangereux, les situations risquées causées par un véhicule motorisé représentent plus du tiers des risques vécus.

« La fréquence c'est tout le temps (en parlant des conflits avec une voiture)... Après, je pense qu'en tant que cycliste, on est tout le temps attentif exactement à ça, parce que justement, c'est tellement fréquent, j'ai toujours l'œil sur les autos » (Cycliste 4).

Les cyclistes ne considèrent pas que ce risque est propre à la saison hivernale ni grandement accentué durant cette saison. Par contre, l'espace de circulation pour les cyclistes dans les voies non cyclables est souvent réduit en hiver, en raison de la présence de neige en bordure de route. Cela contribue à augmenter la fréquence des conflits et des dépassements dangereux avec les véhicules motorisés.

« Ça arrive à toutes les saisons. Mais en hiver, il y a toujours ce problème d'avoir une réduction de la taille de la chaussée à cause de la neige ou de la glace, et donc de moins avoir la possibilité de se tasser sur le bord pour pouvoir éviter ce genre de comportement » (Cycliste 1).

Le troisième type de risque le plus fréquemment vécu par les cyclistes concerne les difficultés liées à un déneigement problématique. En ajoutant la présence de nids-de-poule sous la neige, les risques causés par l'état de la chaussée en hiver représentent le tiers des risques vécus par les cyclistes. Il va de soi que ces risques sont inhérents à la saison hivernale.

« Je pense que c'est quand même un risque important, mais que c'est tellement comme inhérent au vélo d'hiver. On est plus alerte et donc il y a moins de risque que ça se produise (situation dangereuse causée par les conditions météorologiques). C'est sûr qu'y en a qui vont tomber chaque année sur des plaques de glace, mais j'ai l'impression que c'est quand même un risque qu'on a comme tout le temps en tête quand on fait du vélo l'hiver » (Cycliste 4).

« C'est tellement brisé (la chaussée) qu'avec en plus la neige qui était glissante, c'est problématique. Donc là dans la fréquence, c'était tous mes trajets » (Cycliste 1).

3.5.2 Les risques observés par les chercheurs

À la suite de la discussion sur les risques vécus par les cyclistes, les personnes participantes ont visionné de courts extraits vidéo des risques identifiés par les chercheurs lors de leurs déplacements avec le logiciel Vifeco. Après chaque visionnement, les cyclistes devaient confirmer ou infirmer si l'extrait était réellement un risque. En tout, les deux tiers des 260 risques identifiés par les chercheurs ont été confirmés par les cyclistes (66,5 %). Toutefois, ce taux de confirmation varie grandement d'une catégorie à une autre (de 55 % à 100 %). La figure 5 présente une capture vidéo des neuf types de risques analysés.



Figure 5. Captures vidéo des neuf types de risques

Les conflits avec une personne piétonne ($n = 75$) et les problèmes de déneigement ($n = 68$) représentent plus de la moitié des risques identifiés par les chercheurs. D'ailleurs, ces deux catégories comptent parmi les risques avec un taux de confirmation le plus faible parmi les cyclistes (respectivement 60 % et 54,5 %). L'habitude et la prévisibilité des conditions météorologiques, et les contacts visuels avec les piétons expliquent certainement ces plus faibles taux de confirmation.

« Je pense que si j'ai un contact visuel avec les piétons, c'est plus, c'est moins, comme le risque est moins élevé parce que nous deux on s'est vu puis soit il me laisse passer, soit je le laisse passer » (Cycliste 8).

« Je ne pense pas que c'est possible en vélo d'hiver de jamais aller sur des plaques de glace. Il va toujours en avoir » (Cycliste 2).

« Ça fait partie des conditions auxquelles je m'attends (problème de déneigement)... Ce n'est pas forcément moins risqué parce que je m'y attends, mais, c'est comme [...] un risque contrôlé, c'est risqué, mais c'est, mais c'est je m'attends à ça. Je pense qu'on est préparé à ça » (Cycliste 4).

Autrement, les deux catégories de risque dont le taux de confirmation est le plus élevé, en excluant les catégories « perte de contrôle » et « conflit avec une personne cycliste » qui ne

comptent qu'un seul évènement chacun, sont la présence d'un véhicule dans une piste cyclable (n = 27, 88,9 %) et les dépassements dangereux (n = 36, 91,7 %). En additionnant les conflits avec un véhicule motorisé, ces trois types de risques impliquant des véhicules motorisés représentent un peu plus du tiers des situations problématiques identifiées par les chercheurs.

« Ça t'oblige à sortir de la piste. Et puis c'est profondément agaçant parce que tu as le sentiment que..., d'un manque de respect, c'est au-delà de la sécurité » (Cycliste 7).

« C'est définitivement les occasions qui me mettent le plus hors de moi. Parce que c'est fait de manière délibérée, de manière insouciant face à la vie d'autrui. C'est un énorme risque super dangereux. Quelque chose contre lequel je ne peux rien faire » (Cycliste 9).

3.5.3 Évaluation des risques du vélo d'hiver selon l'échelle de Likert à quatre points

À la suite du visionnement des situations risquées identifiées par les chercheurs, les cyclistes ont été questionnés sur la fréquence de chaque type de risques dans leurs déplacements et sur le degré d'inquiétude vécu face à ces différentes catégories de risques. Les personnes entretenues devaient répondre soit « jamais, rarement, souvent et très souvent » pour la fréquence, et « pas du tout d'accord, pas d'accord, d'accord et tout à fait d'accord » pour l'inquiétude ressentie. Un pointage de 1 à 4 a été attribué à chaque réponse, 1 étant attribué à la plus forte négation et 4 à la plus forte confirmation. Le tableau qui suit présente la moyenne de ce pointage par type de risque.

Tableau 6. Fréquence et inquiétude face aux risques vécus selon une échelle de Likert

Types de risque	Fréquence	Inquiétude
1. Conflit avec un véhicule motorisé	3,1	3,6
2. Conflit avec une personne cycliste	2,0	2,6
3. Conflit avec une personne piétonne	2,6	2,8
4. Présence d'un véhicule dans une infrastructure cyclable	3,2	3,2
5. Élément qui bloque le passage	2,6	2,8
6. Présence d'un nid-de-poule	3,4	3,1
7. Perte de contrôle (chute)	2,1	3,2
8. Problème de déneigement	3,0	3,5
9. Dépassement dangereux	3,1	3,7

La présence de nids-de-poule lors des trajets est le risque le plus fréquemment vécu par les cyclistes. Le sentiment d'inquiétude attribué à ce risque est d'ailleurs relativement élevé. Les trois autres types de risques les plus fréquents sont respectivement la présence d'un véhicule dans une infrastructure cyclable, les dépassements dangereux et les conflits avec un véhicule motorisé.

Ces trois risques impliquent un véhicule motorisé et sont parmi les risques les plus inquiétants pour les cyclistes. Les conflits avec un véhicule motorisé et les dépassements dangereux sont les deux types de risques dont l'inquiétude ressentie est la plus élevée. Les risques attribuables au déneigement sont également fréquents, et l'inquiétude attribuée à ce type de risque est élevée. Les types de risques les moins fréquents sont les conflits avec une personne cycliste et la perte de contrôle, ce dernier type de risque étant plus inquiétant que le premier. Les conflits avec les personnes piétonnes et les éléments qui bloquent le passage sont également parmi les moins fréquents selon les cyclistes, et par le fait même les moins inquiétants. Il est à noter que la tendance de ce tableau démontre que l'ensemble de ces risques sont somme toute assez fréquents et inquiétants.

3.5.4 Perception du risque et sentiment d'inquiétude

En analysant le discours des personnes participantes, différentes variables des concepts de la perception des risques et du sentiment d'inquiétude nous semblent grandement déterminantes dans la pratique du vélo d'hiver.

L'expérience est la variable la plus déterminante du concept de la perception du risque dans la pratique du vélo d'hiver. Mentionnée par l'ensemble des cyclistes, cette perception diminue en fonction de l'expérience, les risques étant parfois minimisés à la suite d'une exposition prolongée et répétée à ces derniers, ce qui réfère également au concept de familiarité de la perception du risque.

« J'ai probablement un peu minimisé le risque qu'ils peuvent représenter (conflits avec un véhicule motorisé), puis je pense que j'attribue ça un peu à mon expérience personnelle ou comme tu sais, j'ai appris à juste un peu vivre avec ce risque-là » (Cycliste 6).

« Je pense qu'il y a une certaine banalisation des conflits et des risques. Avec l'expérience, on devient aussi un peu plus à l'aise ou il y a certaines situations qui se répètent, qui font en sorte que ça devient plus prévisible ou le comportement à adopter face à ces situations-là » (Cycliste 10).

« Mon premier hiver à vélo n'était clairement pas pareil que cet hiver-ci. Déjà je suis mieux équipé, j'ai un vélo fait pour l'hiver, je connais mes trajets, puis même si j'ai à dévier de mes trajets, je sais quelles routes sont plus sécuritaires que d'autres » (Cycliste 9).

Selon les cyclistes, l'expérience ne peut pas réduire à zéro tous les risques auxquels s'expose une personne cycliste, mais elle permet de trouver des moyens de minimiser l'exposition à des

situations problématiques. Le potentiel catastrophique des différents risques détermine les risques qui sont toujours vécus par les personnes cyclistes expérimentées.

« Il y a des chemins que je vais éviter l'hiver ou que je ne vais juste pas prendre. Et j'ai beau avoir plus d'expérience, je n'aime juste pas me ramasser dans des situations où que je me sens sur les nerfs sur mon vélo, donc je vais juste les éviter, donc définitivement, je vais employer certaines stratégies » (Cycliste 6).

« C'est beaucoup trop fréquent (dépassements dangereux). Ça peut être excessivement grave. [...] Il peut me tuer. Ça m'inquiète quotidiennement. C'est pour ça que je ne prends plus de chance. L'hiver, je roule en plein milieu d'une voie pour pas me faire dépasser » (Cycliste 9).

« Il y a beaucoup plus une chance de lésions permanentes avec la voiture qu'avec toutes les autres conflits » (Cycliste 2).

Les variables du contrôle des risques (ou de l'absence de contrôle) et du niveau de connaissance des risques sont ainsi centrales à la pratique du vélo d'hiver et peuvent réduire drastiquement les risques vécus par les cyclistes.

« Oui je pense qu'il y a beaucoup de prévisibilité, c'est-à-dire que les piétons ils bougent moins vite que les voitures, puis ils sont un peu plus prévisibles » (Cycliste 5).

« Disons alors qu'avec ces voitures-là, je n'ai pas ce contrôle-là. Tu sais, une voiture qui te dépasse trop rapidement, c'est pendant qu'elle te dépasse que tu t'en rends compte, fait que tu ne peux pas rien faire » (Cycliste 6).

« Les nids-de-poule sous la neige, c'est en effet dangereux. Je dirais que j'ai l'avantage de faire quand même le même trajet été hiver pas mal. [...] je sais où sont les trous, les dos d'âne, les craques. Je le mémorise un peu. Mais en effet, l'hiver, quand je vais à des places où je ne vais pas habituellement, je fais plus attention par rapport à ça » (Cycliste 9).

« Quand tu m'as montré toutes les vidéos avec le déneigement, c'est juste que je m'attends à ça, je m'attends à ces problèmes-là. Je prévois plus de temps pour mes déplacements, je suis comme beaucoup plus attentive à l'état du sol, puis comme des côtés (de la rue), tout ça. Donc c'est vraiment les conflits avec les voitures (qui sont un risque) » (Cycliste 4).

Au niveau du concept du sentiment d'inquiétude, la variable de la sévérité des conséquences, qui rappelle le concept du potentiel catastrophique de la perception des risques, est décisive dans les déplacements à vélo en hiver.

« Ça me fait vraiment peur. Genre ça, c'est vraiment le truc où à chaque fois, ça me rappelle à quel point on est vulnérable sur le vélo, les voitures qui tournent sans regarder » (Cycliste 4).

« Ce n'est pas la peur d'avoir une chute qui va m'arrêter de faire du vélo. Personnellement, en vélo d'hiver, j'en ai eu deux ou trois, peut-être quatre (chutes). Puis l'avantage qu'on a l'hiver, c'est qu'on

est vraiment bien *padé*, on a le manteau, on a les pantalons de neige, on a les bottes, on a le casque, on a des gants, puis en plus si jamais on tombe c'est dans de la neige ou comme pas sur du béton directement. Ça fait que ça ne me fait pas peur » (Cycliste 9).

Le sentiment d'insécurité vécue à vélo sur les routes l'hiver varie cependant selon les caractéristiques personnelles des cyclistes, certaines personnes ayant une plus grande tolérance aux risques que d'autres.

« On échangeait (avec un autre cycliste d'hiver) un petit peu sur les risques perçus. Puis les distances à laquelle moi j'étais inconfortable étaient vraiment différentes des distances à laquelle lui percevait qui était inconfortable, d'une voiture qui passe à côté de lui. Donc c'est très subjectif » (Cycliste 2).

« Moi c'est une question de confiance... J'sais pas. À moins que vraiment le vent me fasse tomber. Que ça passe à 50 cm ou à trois mètres, elle ne m'a pas touché. Puis c'est juste un constat que je peux me faire à moi-même après. Ça ne vient pas me chercher tant que ça (les dépassements dangereux) (Cycliste 3).

3.6. Discussion et conclusion

3.6.1 Retour sur les risques réels du vélo d'hiver

Les personnes cyclistes entretenues ont évalué les risques du vélo d'hiver à trois reprises. Un principal constat se dégage de cette triple évaluation : la cohabitation avec les véhicules motorisés représente le plus grand risque à la pratique du vélo d'hiver, ce qui corrobore les résultats d'Aldred (2016) sur le vélo trois saisons. En effet, tant pour les cyclistes que pour les chercheurs, les conflits avec un véhicule motorisé, la présence de ces derniers dans une infrastructure cyclable et les dépassements dangereux sont les plus fréquents et inquiétants. Malgré l'attribution de risques spécifiques et supplémentaires dans l'imaginaire collectif au vélo d'hiver, il reste que la cohabitation avec les véhicules motorisés représente la plus grande source d'inquiétude. Cela s'explique par le potentiel catastrophique (perception des risques) et la sévérité des conséquences (sentiment d'inquiétude) attribuables à ce type de risques. À l'inverse, les chutes, souvent attribuables aux déplacements à vélo en hiver, sont extrêmement rares, et le potentiel catastrophique est moindre qu'un accident avec un véhicule motorisé. Ce constat s'applique aussi aux conflits avec les personnes piétonnes et les problèmes d'entretien du réseau cyclable hivernal puisque ces risques sont prévisibles, d'une gravité nettement plus faible et intériorisés par les cyclistes. Ainsi, en analysant le discours et les comportements des cyclistes, l'entretien du réseau

cyclable est certes important, mais un déneigement et un déglçage irrçprochables ne sont pas requis en permanence, les cyclistes sont plutçt tolçrants face à ce type de situation qui n'est pas considçré risquç.

3.6.2 Les particularitçs du vçlo d'hiver

Il a été dçmontrç que le principal risque en hiver reprçsente la cohabitation avec les vçicules motorisçs, mais quels sont les risques propres au vçlo d'hiver? En fonction de l'analyse de la frçquence des risques et du discours des personnes participantes, les risques du vçlo d'hiver sont pratiquement les mçmes que ceux du vçlo trois saisons. Une distinction principale caractçrise cependant les risques propres à la saison hivernale. Les cyclistes ont mentionnç que la frçquence des situations problçmatiques avec un vçicule motorisç n'est pas plus importante durant l'hiver. Deux prçcisions sont à apporter sur ce postulat. Premiçrement, les cyclistes ont tendance à prioriser davantage le rçseau cyclable sçparç des voies routiçres durant l'hiver, ce qui a pour effet de diminuer l'exposition à ce type de risque. De plus, comme mentionnç par plusieurs cyclistes, la rçduction de l'espace de circulation sur les voies routiçres et les bandes cyclables, causçe par une accumulation de neige, augmente la frçquence des dçpassements dangereux et des conflits avec les vçicules motorisçs. Il est donc fort probable que l'emprunt d'un rçseau cyclable non protçgç en hiver rçduit l'espace habituellement attribuç aux vçlos durant les autres saisons, ce qui ultimement augmente les enjeux de cohabitation sur les voies routiçres et le rçseau cyclable non protçgç, comme les bandes cyclables. Ainsi, d'un point de vue urbanistique, quelques dçfis supplçmentaires s'imposent lors de la saison hivernale. Il est primordial d'optimiser un rçseau cyclable adaptç à l'hiver, en priorisant un rçseau protçgç et en çvitant les bandes cyclables. Dans l'çventualitç oø les bandes cyclables demeurent une infrastructure utilisçe par les cyclistes, il est extrçmement important qu'un dçneigement efficace puisse garantir le mçme espace de circulation que durant les autres saisons. Finalement, les risques associçs aux nids-de-poule dissimulçs sous la neige sont trçs frçquents, il est alors important de diminuer leur nombre sur le rçseau cyclable hivernal, et idçalement sur le rçseau routier.

3.6.3 S'adapter à la pratique du vélo d'hiver : les variables de la perception du risque et du sentiment d'inquiétude comme outils

L'analyse des variables de la perception du risque et du sentiment d'inquiétude offre des pistes de réflexion intéressantes sur l'adaptation des cyclistes pour minimiser les risques en hiver. Les personnes participantes ont mentionné ne pas être réellement exposées à des risques plus fréquemment durant l'hiver et que la nature des risques n'est pas différente. Ce constat est potentiellement explicable par le fait que les cyclistes ont une approche et une préparation différentes lors de la saison froide. L'expérience, une variable de la perception du risque, est grandement déterminante pour permettre une pratique aussi sécuritaire en hiver que lors des autres saisons. Cette expérience permet une meilleure connaissance des risques et un contrôle de ces derniers. Ainsi, les cyclistes hivernaux ont tendance à planifier davantage leurs déplacements. Les cyclistes empruntent fréquemment les mêmes itinéraires et évitent de dévier de leurs trajets habituels. Cette habitude permet une meilleure connaissance des risques, comme la présence de nids-de-poule et d'une chaussée endommagée par exemple. En priorisant également un réseau cyclable protégé, les cyclistes adaptent leur pratique pour minimiser l'exposition aux risques des conditions routières et de la cohabitation avec les véhicules motorisés.

Malgré l'expérience, la connaissance et le contrôle des risques, les situations problématiques qui impliquent un véhicule motorisé demeurent trop fréquentes et préoccupantes pour les cyclistes hivernaux. Puisqu'il est difficile d'éviter complètement cette cohabitation avec les voitures en empruntant uniquement des pistes cyclables protégées, ces risques demeurent la principale source d'inquiétude pour les cyclistes. Les variables du potentiel catastrophique (perception des risques) et la gravité des conséquences (sentiment d'inquiétude) peuvent expliquer cette intolérance à ces risques souvent incontrôlables. Ce constat renvoie au postulat largement admis qu'est l'importance d'un réseau cyclable hivernal bien entretenu et protégé, alors que les conditions météorologiques considérées comme extrêmes et les autres types de risques pouvant être associés au vélo d'hiver ne sont pas réellement déterminants dans la pratique du vélo d'hiver à Montréal. Ainsi, afin d'encourager un transfert modal vers le vélo d'hiver, il serait extrêmement pertinent de diffuser les connaissances et les mesures d'adaptation des cyclistes hivernaux, afin de démystifier cette pratique, tout en priorisant le développement d'un réseau cyclable sécuritaire et entretenu.

CHAPITRE 4: ARTICLE 3 – ACCESSIBILITY TO THE WINTER CYCLING NETWORK IN MONTREAL: A TRANSPORT EQUITY DIAGNOSIS

Formulaire d'inclusion d'un article dans une thèse de doctorat

1. Identification de l'étudiant

CARPENTIER-LABERGE, David

2. Description de l'article

Titre :	Accessibility to the winter cycling network in Montreal: a transport equity diagnosis
Nom des auteurs :	Carpentier-Laberge David, Philippe Apparicio, Gurwet Meret et Marie-Soleil Cloutier
Revue avec comité de lecture	Journal of Cycling and Micromobility Research
État du cheminement :	<input checked="" type="checkbox"/> Publié le 30 juillet 2024 <input type="checkbox"/> Sous presse <input type="checkbox"/> Accepté moyennant modifications <input type="checkbox"/> Soumis
<p>Recent studies have demonstrated the importance of a well-maintained and safe bicycle network to increase winter cycling. However, inequities in the access to cycling infrastructure in winter have not been documented yet. Based on the concept of equity in transport, this research aims to fill the gap and assess whether inequities are exacerbated during winter in the city of Montréal, Canada. The distance to the nearest cycling network section and kilometres of cycling network with 2.5 km and 5 km were computed in GIS. Two types of statistical analysis were then conducted to assess potential inequities for four population groups: weighted t-tests and seemingly unrelated regression (SUR) models. Our results demonstrate that the winter cycling network is more concentrated in central neighbourhoods and that accessibility issues are increasing in winter. Visible minorities face the most lack of accessibility, compared to the rest of the population. People under the age of 15 and over the age of 65 years old are also in unequal situations, while the low-income population has better access to winter cycling infrastructure than other groups. Our results innovate by incorporating measures of accessibility to the winter cycling network into the assessment of transport inequities.</p> <p>Keywords: winter cycling, equity in transport, accessibility, Montréal</p>	

3. Contribution de chaque coauteur

Identification du coauteur	Description de la contribution
David Carpentier-Laberge	Revue de littérature, collecte et structuration des données, analyses cartographiques et statistiques, rédaction de l'article.
Philippe Apparicio	Révision des données, participation à la structuration et à l'analyse des données, nombreuses révisions de l'article.
Gurwet Meret	Participation à la structuration et à l'analyse des données
Marie-Soleil Cloutier	Révisions de l'article.

4. Déclaration

À titre de coauteur de l'article mentionné ci-haut, j'autorise David Carpentier-Laberge à intégrer l'article dans sa thèse de doctorat.

Coauteur(e)	Signature	Date
David Carpentier-Laberge		17-04-2024
Philippe Apparicio		17-04-2024
Gurwen Meret		17-04-2024
Marie-Soleil Cloutier		17-04-2024

4.1 Introduction

Over the past two decades, North American cities saw an increase in urban cycling as a mode of transportation (Pucher, Buehler et Seinen 2011b), and the city of Montréal is one of the most bicycle-friendly cities in North America (Assunçao-Denis et Tomalty 2019), ranking 18th in the top 20 of the famous 2019 *Copenhagenize* Index (Copenhagenize 2020). However, due to the high number of days below freezing temperatures and a significant snow accumulation in winter, many cyclists choose another mode of transportation during this season. As presented in a previous study (Carpentier-Laberge et Apparicio 2023b), winter cyclists face many obstacles, such as accessing and maintaining the required equipment and facing additional logistic considerations before travelling. Furthermore, the difficulty of accessing information about this practice leads to a heightened feeling of worry and perceived risk, particularly among non-riders or beginners, although the observed risks are not higher when cyclists are well informed and prepared, as demonstrated in another study (Carpentier-Laberge et Apparicio 2023a).

Despite a steady annual increase in the number of winter cyclists over the last decade (Bérubé 2021 ; Fortier 2018), the retention rate, which represents the percentage of cyclists who continue to ride bicycles in winter, is still low (Vélo Québec 2021b). This represents an important potential for a modal shift towards year-round cycling.

A large urban cycling population brings many benefits. A modal shift to cycling helps to reduce urban pollution and greenhouse gas emissions, and cycling requires less infrastructure investment (Bergström et Magnusson 2003 ; Madlener et Sunak 2011 ; Woodcock et al. 2007). Cycling also helps address public health issues by reducing physical inactivity and traffic congestion (Woodcock et al. 2007 ; Giles-Corti et al. 2016). Because cycling infrastructure is often unevenly distributed within cities, not all can benefit from these gains (Cunha et Silva 2022 ; Winters et al. 2010 ; Houde, Apparicio et Séguin 2018). For example, cyclists in areas with less cycling infrastructure are more exposed to injuries and collisions (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021 ; Sanchez, Stolz et Ma 2004). Also, this infrastructure is often located in more affluent neighbourhoods with already high cycling rates, disproportionately affecting disadvantaged populations (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021 ; Cunha et Silva 2023). However, the scientific literature has not focused on the accessibility of cycling infrastructure in winter. This research thus aims to evaluate the accessibility of an adapted winter cycling network in Montréal and to investigate the potential inequities experienced by different population groups, comparing them between winter and the rest of the year.

4.2 Literature review

4.2.1 Cycling Infrastructures

Bicycle network expansion is the primary action taken by cities in North America to increase the modal share of urban cycling (Chen, Zhou et Sun 2017 ; Pucher, Buehler et Seinen 2011a ; Handy et al. 2002 ; Fraser et Lock 2011 ; Winters et al. 2013 ; Schoner et Levinson 2014). Results from a study conducted in 74 American cities show that investing in bicycle network densification is the most important action to promote cycling (Schoner et Levinson 2014). Network connectivity is also an important factor in increasing urban cycling, allowing cyclists to avoid traffic and detours (Hull et O'Holleran 2014 ; Schoner et Levinson 2014).

Many cyclists prefer adapted cycling infrastructure (Winters et al. 2013). According to the Canadian Bikeway Comfort and Safety (Can-BICS) classification (Winters, Zanotto et Butler 2019), high-comfort bikeways include low-stress cycling facilities for most people, such as cycle tracks, local street bikeways, and off-road bike paths. Protected and separated from traffic, cycle tracks are particularly valued by cyclists because they are more comfortable and perceived as safer (Pucher, Buehler et Seinen 2011b). Cyclist confidence in them tends to be higher as long as the network is mostly continuous (Hull et O'Holleran 2014). In contrast, low-comfort bikeways generate high stress for most people and include infrastructure such as painted bike lanes along busy roads (Winters, Zanotto et Butler 2019).

Research on winter cycling, although less frequent, stresses the importance of implementing a well-connected network of protected or off-road bike paths (Shirgaokar et Gillespie 2016). Like the findings presented in the Can-BICS, which excluded winter, Shirgaokar et Gillespie (2016) emphasized that painted bike lanes and shared roads are among the least safe cycling infrastructure in winter, due to the snow limiting the space left to circulate on the shoulder. Recent studies in Montréal corroborate these results and highlight the different behaviours and habits of winter cyclists, who have a much higher preference for protected cycling infrastructure compared to the rest of the year (Carpentier-Laberge et Apparicio 2023a, 2023b). Studies conducted in Luleå and Linköping (Sweden), in Oulu (Finland), and in Calgary and Edmonton (Canada) all emphasize the importance of a well-maintained and plowed network to increase the modal share of winter cyclists (Bergström et Magnusson 2003 ; Pratte 2011 ; Amiri et Sadeghpour 2015 ; Shirgaokar et Gillespie 2016).

4.2.2 Accessibility and equity in transport

Accessibility to cycling infrastructure often varies considerably within a city (Cunha et Silva 2022 ; Gössling 2016 ; Winters et al. 2010). Cycling infrastructure tends to be located in areas where they are requested, which are often dense areas with short origin-destination distances (Cervero 2002 ; Handy et al. 2002), and are composed of a high proportion of young adults who are already cycling (Winters et al. 2010). For example, a study made by Rodrigue et al. (2023) showed that the first implementation phase of the Express Bike Network (EBN), an extensive bicycle network in Montréal that is considered one of the most comfortable infrastructure within the Can-BICS, was implanted in neighbourhoods that already had a better access to bicycle infrastructure, creating accessibility inequities in other areas of the city.

The concept of equity in transport is “an approach that addresses the needs and barriers of disadvantaged and minority representatives, reducing transport injustice and promoting social inclusion” (Cunha et Silva 2023). Gössling (2016) divides the concept of transport equity into three dimensions: exposure to injustice (including crashes and pollution), the injustice of space (distribution and accessibility to infrastructure) and the injustices of time (total travel time, traffic priorities). As one of the key elements of winter cycling is to provide a continuous infrastructure that is maintained, well connected, and uninterrupted (Huusko 2022), this article rather focuses on a second aspect, spacial injustice, to assess transport equity in winter cycling in Montréal.

4.2.3 Groups of population and cycling

Many groups of the population live in areas that do not accommodate their needs for safe and convenient spaces for active transportation (Sanchez, Stolz et Ma 2004 ; Doran, El-Genaidy et Manaugh 2021). For example, low-income populations often do not own cars and therefore rely on public and active transportation modes, and tend to be more exposed to transportation-related externalities such as pollution and traffic risk (Houde, Apparicio et Séguin 2018). Immigrants and racialized minorities often live in areas with drastically less bicycle infrastructure (Braun, Rodriguez et Gordon-Larsen 2019 ; Smith, Oh et Lei 2015 ; Ursaki et Aultman-Hall 2015). Melodie L. Hoffman’s (2016) book titled “*Bike lanes are white lanes: Bicycle advocacy and urban planning*” demonstrates these inequities within cities in the United States, which are partially explained by the absence of racialized minorities in city planning positions (Stehlin et Tarr 2017). A recent study in Montréal also found that in 2011, less cycling infrastructure was found in areas with higher

proportions of visible minorities and greater material deprivation (Kiani et al. 2024). Another study in Montréal found that young children were the only population group whose accessibility to cycling infrastructure did not improve between 1991 and 2016, compared to other groups, such as low-income people or recent immigrants, despite making up a large proportion of cyclists in the province of Quebec (Houde, Apparicio et Séguin 2018).

Based on the current knowledge of equity issues related to year-round cycling infrastructure accessibility, this study aims to assess winter cycling infrastructure accessibility and to identify potential inequities that are exacerbated in winter compared to other seasons in the city of Montréal, where winter affects the conditions during several months. To our knowledge, no research focusing on environmental equity and accessibility of the cycling network in winter exists, demonstrating the relevance of this study. Comparing accessibility measures between winter and the other seasons also had not yet been done before this study.

4.3 Data and methods

4.3.1 Study area

The study area is the city of Montréal, with a population of 1.76 million inhabitants (area: 365 km²; population density: 4833 inhab./km²) (Statistique Canada 2022). Winter cycling in Montréal seems to gain popularity yearly. In 2021, the modal share of cycling in Montréal was 3.4%, with a winter retention rate of 13.6%, representing 190 000 adults cycling between December and March (Vélo Québec 2021b). In 2020, the use of the winter cycling network was 80% higher than the average between 2015 and 2019 (Bérubé 2021), and a 40% increase was also observed between 2022 and 2023 (Naciri 2023). The number of bicycle trips recorded by the City of Montréal between December 2022 and February 2023 summed up 706 996 (Gaurrand-Paradot 2023).

4.3.2 Cycling and road networks

Bicycle and road network data were extracted from the city of Montréal OpenData website (Ville de Montréal 2023b). The road network (excluding highways) and the bicycle network were merged in ARCGIS Pro using the network analysis extension. As demonstrated in Toronto (Shirgaokar et Gillespie 2016 ; Nahal et Mitra 2018 ; Twaddle, Hall et Bracic 2010) and Calgary (Shirgaokar et

Gillespie 2016 ; Nahal et Mitra 2018 ; Twaddle, Hall et Bracic 2010), winter cyclists in Montréal tend to favour the protected cycling network compared to the other seasons, when they will rather favour the fastest route and avoid detours (Carpentier-Laberge et Apparicio 2023b, 2023a). Therefore, for spring, summer, and fall, the entire cycling network was considered, regardless of infrastructure type, and for winter, only protected bikeways were considered in order to include winter cyclists' preferences. Figure 1 shows the cycling network (CN) accessible for three seasons and the winter protected cycling network (WPCN).

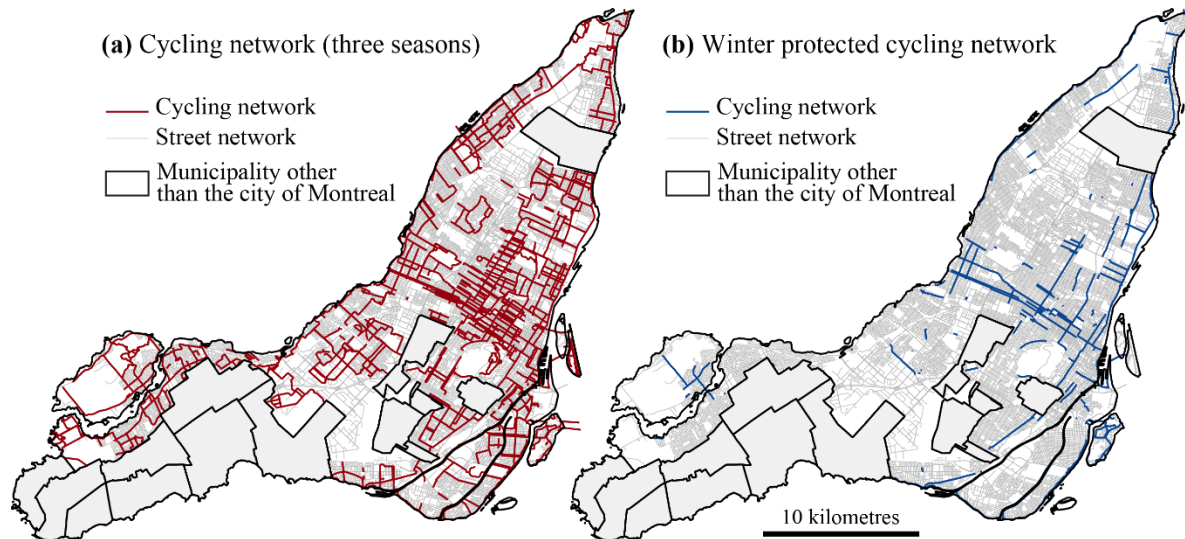


Figure 6. Cycling Network and Winter protected Cycling Network, Montreal City, 2023

4.3.3 Population data

Population data was extracted from the 2021 Statistics Canada Census at the dissemination area level (DA, average population between 400 and 700) for four population groups: children (less than 15 years old), seniors (65 years and older), low-income after-tax population, and visible minorities.

4.3.4 Evaluating the cycling network and the winter protected cycling network accessibility

Before evaluating the accessibility for both bicycle networks, two methodological adjustments were made. First, network distances can only be calculated using points. Therefore, points were generated at 10 m intervals along the cycling routes (Apparicio et Séguin 2006). Second, to

minimize aggregation errors (Apparicio et al. 2017), accessibility measures were first calculated at the centroids' census block level (average population of 200 persons) then aggregated at the DA level based on the weighted mean by the DA population. Six accessibility measures were computed: the distance to the nearest cycling network (CN) and winter protected cycling network (WPCN) and the length (in kilometres) of the CN and WPCN within a network distance of 2.5 and 5 kilometres from each DA's centroid.

4.3.5 Evaluating transport inequities

Two types of statistical analysis were conducted in R (R Core Team 2013) to assess potential environmental inequities experienced by the four selected population groups (0–14 years old, 65 years and older, low-income population, and visible minorities). First, weighted t-tests were calculated using the *sjstats* package (Lüdecke 2022) to compare the means of accessibility measures between the selected groups and the rest of the population.

Second, seemingly unrelated regression (SUR) models built with the *systemfit* package (Henningsen et Hamann 2008) were used to evaluate statistical relationships between accessibility measures (dependent variables) and four population groups (independent variables). Two SUR models—three seasons v. winter—were constructed using three equations with the six accessibility measures (distance to the nearest section of the CN or WPCN, kilometres of CN or WPCN within 2.5 km and the kilometres of CN or WPCN within 5 km), and the four population groups. These distance thresholds refer to the findings that cycling is a competitive mode of transport when the distance travelled is within 5 km and that favourable cycling conditions between 2 km and 5 km can increase the modal share of cycling (Hamidi et Zhao 2020). To test whether inequities in access to the cycling network are exacerbated during winter, the standardized regression coefficients of the two SUR models are compared.

4.4 Results

4.4.1 Mapping the accessibility to cycling network and winter protected cycling network

Table 7 shows the types of cycling infrastructure in Montréal (in kilometres and percentages) for three network categories: the Montréal cycling network (CN, 897 km), the four seasons network proposed by the city (4SN, 710 km), and the winter protected cycling network (WPCN, 216 km). As a result, 79% of CN is accessible during all four seasons (4SN), and only 24.1% of the 4SN is protected during the winter (including on-street, off-street and on the sidewalk cycling tracks and multi-use path). In other words, most CN shared lanes and cycle lanes are accessible in winter, representing 70.0% (column percentages) of the winter cycling network (4SN) proposed by the City of Montréal. But only 55% of the protected cycling network (i.e., on-street, off-street, and on the sidewalk cycling tracks and multi-use paths) is accessible in winter.

Table 7. Cycling network, City of Montreal, 2023

Cycling network	Cycling network (CN)		Four seasons network (4SN)			Winter protected cycling network (WPCN)		
	Km	%▼	Km	%▼	%▶ ^b	Km	%▼	%▶ ^c
Shared lane ^a	225.5	25.1	224.1	31.6	99.4	0.0	0.0	0.0
Cycle lane	254.8	28.4	250.9	35.4	98.5	0.0	0.0	0.0
Cycle track (on-street)	142.1	15.8	126.2	17.8	88.8	122.6	56.7	86.3
Cycle track (off-street)	150.4	16.8	80.3	11.3	53.4	80.3	37.1	53.4
Cycle track (on the sidewalk)	12.2	1.4	9.6	1.4	78.7	9.4	4.3	76.6
Multi-use path	95.2	10.6	4.1	0.6	4.3	4.0	1.8	4.2
<i>VéloRue</i> (bicycle boulevard)	5.1	0.6	5.1	0.7	100.0	0.0	0.0	0.0
Shared busway (bicycles and bus)	11.2	1.2	9.1	1.7	81.3	0.0	0.0	0.0
Total	896.4	100.0	709.5	100.0	79.1	216.3	100.0	24.1

^a bicycles and other vehicles

%▼ column percentage

%▶^b row percentage (4SN km/CN km × 100)

%▶^c row percentage (WPCN mm/4SN km × 100)

The network distance to the nearest CN (Figure 7[a]) shows a general trend of relatively high access to the CN in Montréal, particularly in central neighbourhoods. Figure 7(b) shows that accessibility to the WPCN is even more concentrated in central neighbourhoods, and that further districts such as Anjou, Saint-Leonard, and Saint-Michel have even lower access to a WPCN. The length of the CN within 2.5 km and 5 km shown in Figure 3 reveal the same spatial patterns. When analyzing Figure 8(a) and 8(c), the density of CN clearly appears to be higher than the WPCN, especially in central neighbourhoods, apart from Ahuntsic-Cartierville, where the Express Bike

Network, accessible during the winter, can explain this difference. Figure 8(b) and 8(d) show an even greater concentration of both networks in central neighbourhoods.

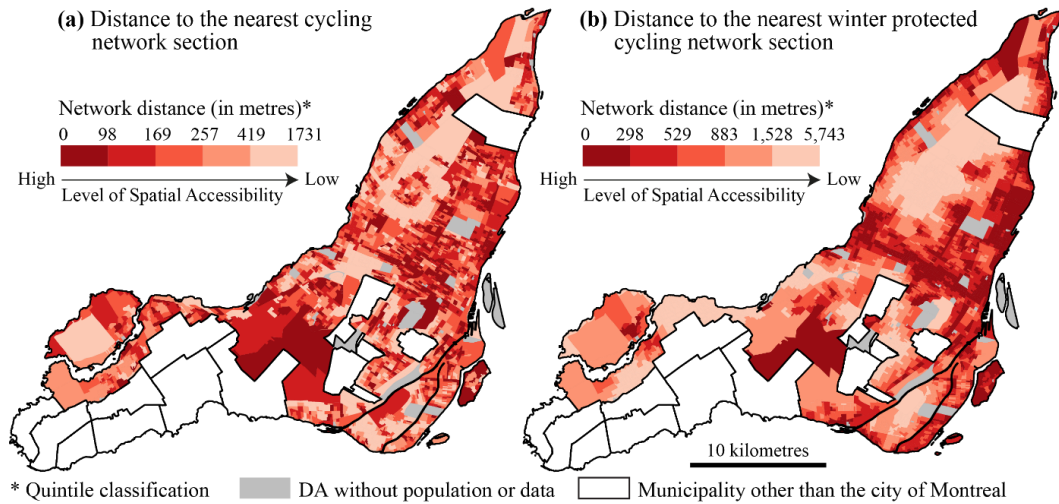


Figure 7. Network distance to the nearest section of cycling network at the dissemination area level, City of Montreal

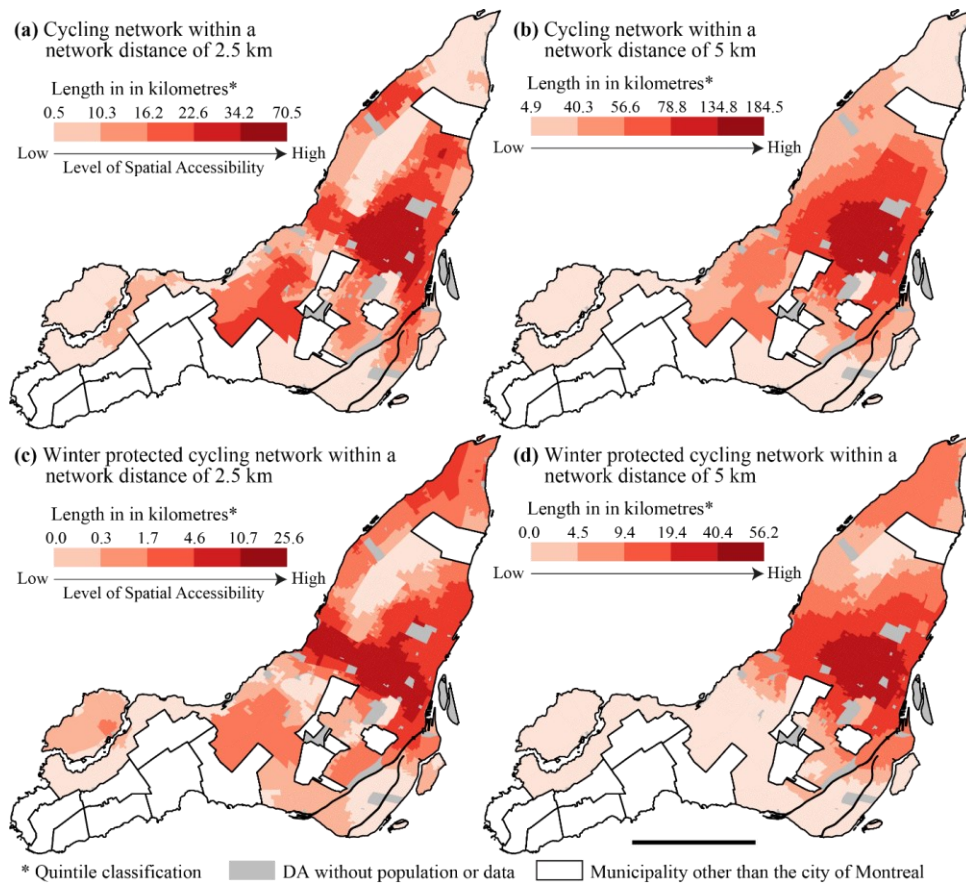


Figure 8. Cycling network length within 2.5 and 5 km at the dissemination area level, City of Montréal

The univariate statistics presented in Table 8 clearly show that the three-season cycling network is more developed compared to a safe winter cycling network. For instance, the median distance to the nearest CN is 210 m, compared to 682 m for the WPCN. As for the median cycling distance within 2.5 km, the CN is 19 km and the WPCN is 3 km, and the cycling median cycling distance within 5 km is 66.2 km for the CN and 12.2 km for the WPCN.

Table 8. Univariate statistics for the sociodemographic variables and accessibility measures, DAs, City of Montreal

Variables	Mean	STD	P5	Q1	Q2	Q3	P95	Moran's I
Sociodemographic indicators								
0–14 years old (%)	10.5	4.0	3.8	7.9	10.5	12.9	16.8	0.548
65 years old and over (%)	16.3	8.9	6.4	10.7	14.9	19.5	31.1	0.281
Low-income population (%)	16.9	8.8	4.5	10.9	15.7	21.3	33.8	0.492
Visible minorities (%)	37.4	21.1	9.3	20.2	34.0	52.3	76.1	0.733
Network distance to the nearest section of cycling network (in metres)								
All cycling network (CN)	268	222	6	117	210	369	717	0.603
Winter PCN (WPCN)	940	813	112	350	682	1349	2564	0.921
Cycling network length within 2.5 km (in kilometres)								
All cycling network (CN)	23.1	15.2	5.7	11.7	19.0	29.5	56.4	0.978
Winter PCN (WPCN)	5.5	6.2	0.0	0.6	3.0	8.7	18.9	0.984
Cycling network length within 5 km (in kilometres)								
All cycling network (CN)	81.0	47.9	19.8	46.7	66.2	118.9	168.9	0.991
Winter PCN (WPCN)	19.8	17.2	1.2	5.9	12.2	34.8	51.2	0.992

N = 2790. STD: standard deviation; P5: 5th percentile; Q1: lower quartile; Q2: median; Q3: upper quartile; P95: 95th percentile. Moran's I calculated with a row-standardized Rook contiguity matrix; all Moran's I values are significant at $p < 0.001$ (using 999 permutations).

4.4.2 Evaluating transport inequities

Weighted T-test

Comparing the weighted means of the accessibility measures for the four population groups studied with the rest of the population shows that some groups have less access to cycling infrastructure than others.

For the nearest section of the CN, the mean distance for visible minorities is 52 m further than for the rest of the population (308 m v. 255 m: Table 3). This distance increases even more in winter, with a mean of 286 m further than the rest of the population (1108 m v. 822 m). People aged 0–14 years old are also further away from the nearest section of the WPCN than the rest of the population (1041 m v. 916 m).

Means of the number of kilometres of CN within a network distance of 2.5 km of each DA again show that visible minorities and people aged 0–14 years old, as people over 65 years old, have access to a less dense CN than the rest of the population. The results are relatively the same for

the WPCN, with visible minorities having 2.3 km less of winter infrastructure within 2.5 km compared to the rest of the population (4.0 km v. 6.3 km), followed by children (0–14) and people over 65 years old, who also have a more limited access to WPCN. On the other hand, the mean of the number of kilometres of WPCN within 2.5 km for the low-income population is 400 metres higher than for the rest of the population. These findings are even more significant within the 5 km radius zone. Visible minorities, people aged 0 to 14 and 65 and over have access to a lower number of kilometres of CN and WPCN within 5 km compared to the rest of the population. However, the means of the number of kilometres of CN and WPCN within 5 km for the low-income population are respectively 5.1 km and 1.8 km higher compared to the rest of the population.

Table 9. Means of accessibility measures for the four groups studied and the rest of the population (weighted t-test)

Group 1 (G1)	Group 2 (G2)	Nearest section of CN				Nearest section of WPCN			
		Mean		Difference		Mean		Difference	
		G1	G2	Diff	P	G1	G2	Diff	P
0–14 years old	>15 years old	288	275	13	0.034	1047	916	130	0.000
>=65 years old	<65 years old	285	247	11	0.078	944	927	17	0.439
Low-income pop.	No low-income pop.	281	275	6	0.309	901	941	-39	0.065
Visible minorities	No visible minorities	308	255	52	0.000	1108	822	286	0.000
		Kilometres of CN within 2.5 km				Kilometres of WPCN within 2.5 km			
0–14 years old	>15 years old	20.9	22.9	-2.0	0.000	4.5	5.5	-1.0	0.000
>=65 years old	<65 years old	21.1	23.0	-1.9	0.000	4.7	5.5	-0.8	0.000
Low-income pop.	No low-income pop.	23.2	22.6	0.7	0.087	5.7	5.3	0.4	0.025
Visible minorities	No visible minorities	19.5	24.7	-5.2	0.000	4.0	6.3	-2.3	0.000
		Kilometres of CN within 5 km				Kilometres of WPCN within 5 km			
0–14 years old	>15 years old	74.3	80.4	-6.1	0.000	17.0	19.7	-2.7	0.000
>=65 years old	<65 years old	74.8	80.8	-6.0	0.000	17.4	19.8	-2.3	0.000
Low-income pop.	No low-income pop.	84.1	79.0	5.1	0.000	20.9	19.1	1.8	0.000
Visible minorities	No visible minorities	72.5	84.5	-12.0	0.000	16.1	21.5	-5.3	0.000

Seemingly unrelated regression models

The SUR models evaluate the relationship of each population group and the distance to the nearest section of the CN/WPCN and the kilometres of CN/WPCN within 2.5 km and 5 km (Table 4). Note that for each population group, all regression coefficients are significant and have consistent signs in both models. Increasing the low-income population in a DA by one standard deviation reduces the minimum distance to the nearest section by 0.066 standard deviation for the CN and 0.205 standard deviation for the WPCN. Adding one standard deviation to the low-income population increases the standard deviation of the number of CN kilometres by 0.184 (within 2.5 km) and 0.260 (within 5 km); these associations are even greater for winter (respectively 0.203 and 0.273). On the other hand, regardless of the model, the highest values of standardized coefficients are obtained for the visible-minority group. The results are similar, but

less significant for the groups 0–14 years old and 65 years and older, with standardized coefficients more significant for the WPCN than for the CN.

Table 10. Seemingly unrelated regression models

	Model A: Three seasons					
	Equation 1 DV: Nearest section of CN		Equation 2 DV: Kilometres of CN within 2.5 km		Equation 3 DV: Kilometres of CN within 5 km	
	Coef.	Std. coef.	Coef.	Std. coef.	Coef.	Std. coef.
Intercept	105.372***		46.561***		135.149***	
0–14 years old (%)	2.836*	0.051	-0.808***	-0.211	-2.090***	-0.173
65 years old and over (%)	2.910***	0.117	-0.508***	-0.298	-1.485***	-0.277
Low-income population (%)	-1.651**	-0.066	0.316***	0.184	1.407***	0.260
Visible minorities (%)	3.040***	0.289	-0.321***	-0.446	-0.851***	-0.375
R ²	0.0897		0.3267		0.2646	
AIC for the three models	84615					
	Model B: Winter season					
	Equation 1 DV: Nearest section of CN		Equation 2 DV: Kilometres of WPCN within 2.5 km		Equation 3 DV: Kilometres of WPCN within 5 km	
	Coef.	Std. coef.	Coef.	Std. coef.	Coef.	Std. coef.
Intercept	-9.669		15.736***		43.312***	
0–14 years old (%)	38.602***	0.188	-0.372***	-0.238	-0.919***	-0.211
65 years old and over (%)	12.413***	0.136	-0.213***	-0.307	-0.579***	-0.300
Low-income population (%)	-18.782***	-0.205	0.142***	0.203	0.531***	0.273
Visible minorities (%)	17.651***	0.458	-0.141***	-0.480	-0.358***	-0.438
R ²	0.2795		0.3820		0.3347	
AIC for the three models	80003					

DV: dependent variable. CN: cycling network. WPCN: Winter protected cycling network.
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1.

4.5 Discussion

The GIS mapping and statistical analyses reveal several findings.

First, the winter cycling protected network (WCPN) is much less dense and accessible than the rest of the year's cycling network (CN). Additionally, the WCPN and CN are concentrated in central, densely populated neighbourhoods, which supports the findings of previous North American studies (Cervero 2002 ; Handy et al. 2002 ; Houde, Apparicio et Séguin 2018). This also supports the conclusion of Rodrigue et al. (2023) on the EBN in Montréal, saying that this secured network was implanted in neighbourhoods with an existing CN that were already more developed than further areas. The WPCN of the city of Montréal is indeed more developed in neighbourhoods that also have a better access to CN during the spring, summer, and fall.

Second, the statistical analyses—weighted t-test and SUR models—show that visible minorities and, to a lesser extent, children and seniors experience inequities in accessing the cycling network that are exacerbated in winter. These findings are consistent with the scientific literature on the lower access to cycling infrastructure in neighbourhoods where immigrants and racialized minorities live in North America (Braun, Rodriguez et Gordon-Larsen 2019 ; Smith, Oh et Lei 2015 ; Ursaki et Aultman-Hall 2015 ; Kiani et al. 2024). It has been proven that racialized minorities are less likely to bike in cities in the United States (Pucher, Buehler et Seinen 2011b), in the United Kingdom (Goodman et Aldred 2018) and in Canada (MacEacheron et al. 2023). In the United States, this population is more likely to experience police harassment, microaggressions, and collisions (Agyeman et Doran 2021). Limited access to a safe cycling network in winter may further reduce the presence of this population on wheels in winter, exacerbating the disparities noted above. Drawing a parallel with two recent studies in Montréal based on different methodologies is interesting: in a survey filled out by 624, people Gervais et al. (2023) and focus groups (Carpentier-Laberge et Apparicio 2023b) found that the typical winter cyclist is a high-income relatively young white male, and that limited access to the WPCN may contribute to the homogeneity of winter cyclists.

Third, children (under the age of 15 years old) also experience inequities. As mentioned above, this finding is in line with a longitudinal study showing that children have always been in a situation of inequity regarding the access to the cycling network in Montréal for more than 20 years since 1991 (Houde, Apparicio et Séguin (2018). Our results show that this population group also experiences environmental injustices due to its (limited) access to a safe winter cycling network. The positive effects of cycling are particularly important for children and adolescents: it promotes autonomy (Engbers et al. 2018 ; Hair et al. 2015), reduces obesity (Kaplan, Nielsen et Prato 2016 ; Pucher et Buehler 2012), and improves overall health. Cycling at a young age also helps to understand the benefits of physical activity in adulthood and enables healthy habits (Fernández-Heredia, Jara-Díaz et Monzón 2016). Living in a situation of inequity in access to a WCPN may undermine these benefits.

People with lower incomes are the only group with a better access to the WCPN for all the accessibility measures tested. These results are consistent with the research made by Houde, Apparicio et Séguin (2018), which shows that low-income neighbourhoods in Montréal have a good access to the cycling network (except in winter). Other studies conducted in England (Tortosa et al. 2021) and in Portland, United States (Dill et Haggerty 2009) also found that cycling infrastructure tends to be greater in socioeconomically disadvantaged areas. However, cycling

rates are not necessarily higher in these neighbourhoods, demonstrating the complexity of this relationship: the presence of infrastructure is not enough to support a modal report towards cycling.

Conversely, our findings for low-income populations differ from many other studies in Canada (Fuller et Winters 2017), Australia (Pistoll et Goodman 2014) and the United States (Braun, Rodriguez et Gordon-Larsen 2019), all of which show that low-income neighbourhoods lack cycling infrastructure compared to the rest of the population. Studies by Ferenchak et Marshall (2021) and by Lusk et al. (2017) show that racialized and low-income neighbourhoods have even worse access to cycling infrastructure than white and low-income neighbourhoods. In Montréal, Kiani et al. (2024) find that areas with higher levels of material deprivation are underserved in terms of cycling infrastructure. This can be explained by methodological differences, as this study covers areas outside the island of Montréal and uses a material deprivation indicator that includes education attainment and employment variables.

4.6 Conclusion

The objectives of this research were to assess the accessibility of winter cycling infrastructure in Montréal and to identify potential inequities that may be exacerbated in winter compared to other seasons. Our results clearly show that the CN is more accessible than the WPCN and that the winter cycling network is even more concentrated in Montréal's central neighbourhoods compared to the CN, resulting in accessibility inequities for some population groups.

While this research shows that the low-income population has better access to the WPCN, some other studies came to a different conclusion, making an intersectional approach compelling and limiting our findings. The intersection of different groups of the population could provide a more accurate version of the inequities in the WPCN accessibility. Further research should focus on different methods, other than accessibility measures, to assess potential barriers that some populations experience when winter cycling. An intersectional approach including different ways of collecting data, such as qualitative methods like focus groups and semi-structured interviews, could provide a broader vision of the barriers to this mode of transportation. For example, women tend to cycle less in many countries (Doran, El-Geneidy et Manaugh 2021), except in some European countries such as Denmark, Germany, and the Netherlands (Garrard, Handy et Dill 2012 ; Dickinson et al. 2003). Many studies suggest that this population is more concerned about safety when travelling and therefore more affected by the lack of safe cycling infrastructure

(Broache 2012 ; Schintler, Root et Button 2000 ; Garrard, Rose et Lo 2008 ; Emond, Tang et Handy 2009). The few studies on winter cycling reveal that the proportion of women cycling during winter is even lower (Nahal et Mitra 2018 ; Twaddle, Hall et Bracic 2010). While isolating sociodemographic variables sometimes doesn't reveal much information, intersecting them with other sociodemographic indicators could yield more interesting conclusions.

Urban planners must prioritize the development of a safe and protected bicycle network that is adapted to winter conditions. Developing the WCPN in areas where some groups of the population experience inequity in network accessibility, such as areas where racialized minorities and younger and older people reside, should be a priority as these groups could benefit the most from it. This approach would ensure a more inclusive transportation mode and encourage modal shift.

CHAPITRE 5 : SYNTHÈSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

L'objectif principal de cette recherche est de documenter les particularités de la pratique du vélo d'hiver à Montréal en évaluant les freins, leviers, risques réels et perçus associés à ce mode de déplacement. Il s'agit également de présenter la potentielle variété des cyclistes hivernaux, des obstacles auxquels sont confrontées ces personnes et d'identifier les risques propres à cette pratique durant l'hiver, notamment à l'aide des concepts de la perception du risque et du sentiment d'inquiétude. Le présent chapitre est divisé en trois sections. Tout d'abord, un bref retour sur les résultats des trois articles est réalisé, suivi des principaux enjeux soulevés dans cette thèse. Finalement, les limites et des pistes de recherche sont présentées pour conclure cette discussion sur les résultats de la recherche.

5.1 Retour sur les principaux résultats

5.1.1 Rappel des résultats des trois articles

Dans le cadre de cette thèse de doctorat, trois articles scientifiques ont été réalisés afin de répondre aux cinq objectifs établis, soit d'évaluer l'accessibilité au réseau cyclable dans la ville de Montréal, de documenter la variété des usagers, d'identifier les risques et bénéfices perçus, de décrire les facteurs du sentiment d'inquiétude du vélo d'hiver et de recenser les risques réels.

Le premier article a pour but de documenter la variété des freins et leviers associés à la pratique du vélo d'hiver à Montréal selon la perspective des cyclistes et selon leur niveau d'expérience en vélo l'hiver. Concrètement, il répond aux objectifs deux, trois et quatre de la thèse.

Puisqu'aucune recherche ne porte sur ces thèmes précisément à Montréal, ni même dans une quelconque ville du nord, une approche exploratoire est plutôt de mise. Ainsi, quatre séances de groupes de discussion focalisée, regroupant 41 individus, ont été réalisées durant l'automne 2021. Les questions se fondent sur les freins et leviers identifiés dans la littérature sur la pratique du vélo dans un climat non hivernal et sur les quelques recherches qui portent précisément sur le vélo d'hiver. Les groupes de discussion ont été divisés selon l'expérience des cyclistes en vélo l'hiver.

Les résultats des échanges lors de ces séances sont regroupés en cinq principaux thèmes, le premier étant les habitudes de déplacements des cyclistes hivernaux. Tout d'abord, les

déplacements ont en grande majorité une fonction utilitaire, alors que les déplacements récréatifs sont beaucoup plus fréquents durant les autres saisons. Ensuite, tandis que l'itinéraire le plus court est privilégié durant les saisons où les températures sont plus clémentes, les parcours hivernaux priorisent grandement les pistes cyclables déneigées et jugées sécuritaires par les cyclistes. Ce réseau hivernal sécuritaire exclut les bandes cyclables, considérées dangereuses par les cyclistes puisque l'espace de circulation est fréquemment réduit par une accumulation de neige en bordure de ce type d'infrastructure. De plus, à l'exception de la pluie verglaçante, les conditions météorologiques associées à l'hiver québécois, telles que des températures très froides et une accumulation de neige importante, ne représentent pas un frein au vélo d'hiver selon les cyclistes. Ensuite, les principaux bénéfices associés au vélo d'hiver ont une dimension plutôt individuelle, incluant les bienfaits pour la santé physique et mentale, l'autonomie, l'indépendance, l'efficacité des déplacements et les économies réalisées comparativement aux autres modes de déplacement. Lorsque mentionnés, les bénéfices collectifs du vélo d'hiver représentent principalement le faible impact environnemental à l'utilisation. Ensuite, les personnes participantes affirment que cette pratique est plutôt masculine, ce qui reflète par ailleurs la composition des groupes de discussion focalisée de cette recherche. L'image téméraire et « casse-cou » associée au vélo d'hiver est démentie par la majorité des cyclistes sondé.e.s, qui reconnaissent cependant une culture identitaire et un fort sentiment d'appartenance à une communauté de cyclistes hivernaux. Suite aux échanges sur les habitudes de déplacement et l'aspect identitaire du cyclisme hivernal, plusieurs freins et risques ont été identifiés. Pour les cyclistes non-initié.e.s ou débutant.e.s, l'accès à l'information sur cette pratique, notamment sur l'équipement nécessaire et les coûts associés au vélo d'hiver représentent un frein important. Il est admis qu'une logistique supplémentaire est associée au vélo d'hiver, tel que l'acquisition et l'entretien des pièces de vélo, l'entreposage de ce dernier et la préparation supplémentaire requise lors des déplacements. Ensuite, les principaux dangers mentionnés par les personnes participantes sont les nids-de-poule dissimulés sous la neige et le partage de la route avec les véhicules motorisés, alors que les chutes et la perte de contrôle du vélo sont très rares. Finalement, un sentiment d'inquiétude spécifique aux déplacements à vélo d'hiver est notable, principalement chez les cyclistes moins expérimenté.e.s. Cette inquiétude est déterminée par des croyances erronées sur les risques supplémentaires et l'effet des conditions climatiques lors des déplacements. Plusieurs cyclistes s'identifiant comme femmes sondées dans les groupes de discussion ont témoigné d'un sentiment de sécurité plus important en vélo l'hiver que dans les transports en commun, puisque les interactions avec les autres usager.ère.s durant une saison où la luminosité est réduite sont moins nombreuses. La priorisation de la minimisation de

l'exposition aux nuisances dans les transports en commun plutôt que dans les transport en commun rappelle ainsi les constats de Backer-Grøndahl et al. (2009). La perception de l'ensemble de ces risques dépend donc grandement du niveau de connaissance et du contrôle de ces derniers démontrant que l'expérience en vélo d'hiver est l'une des variables les plus déterminantes dans cette pratique. Ainsi, grâce à une préparation supplémentaire et une adaptation des habitudes de déplacement, l'exposition à des risques supplémentaires, comparativement aux autres saisons, est presque inexistante.

Le second article porte sur les risques réels et observés de la pratique du vélo d'hiver à Montréal. Malgré une documentation importante des risques de la pratique du vélo dans les villes du Nord, très peu de recherches portent sur les risques spécifiques à la saison hivernale. Cet article permet de répondre au cinquième objectif de la recherche, soit de documenter les risques réels du vélo d'hiver. Pour ce faire, les méthodes de l'observation non participante et des entretiens semi-dirigés ont été mobilisées. Dix cyclistes, qui ont préalablement participé aux séances de groupes de discussion focalisée, ont évalué à trois reprises les risques du vélo d'hiver, en identifiant tout d'abord les risques vécus grâce à l'activation du bouton de déclenchement du capteur 1M+. Les risques ont ensuite été identifiés en visionnant l'intégralité des enregistrements vidéo. Les personnes participantes ont été sondées sur la véracité de ces risques, et finalement questionnées lors des entretiens semi-dirigés sur la fréquence et l'inquiétude relatives à chaque type de risque.

Selon les cyclistes, deux catégories de risques sont prédominantes durant l'hiver, soit les risques causés par un véhicule motorisé et les dangers relatifs à l'état de la chaussée. La première catégorie représente près du tiers des situations vécues par les cyclistes, et n'est pas plus fréquente ou inquiétante en hiver que durant les autres saisons. Dans le cas des risques liés à l'état de la chaussée qui regroupent les problèmes de déneigement et les nids-de-poule dissimulés sous la neige, il va de soi que ces enjeux sont attribuables à l'hiver uniquement. Parmi les risques observés sur Vifeco, les conflits avec une personne piétonne et les problèmes de déneigement représentent la majorité des risques auxquels sont exposés les cyclistes. Les taux de confirmation par les cyclistes de ces deux catégories sont particulièrement faibles, dus à l'habitude et à la prévisibilité de ces risques. Les risques impliquant des véhicules motorisés composent également une proportion importante des risques observés et ont un taux très élevé de confirmation par les cyclistes. Lorsque questionnées sur la fréquence et l'inquiétude relative à chaque catégorie de risques, les personnes participantes ont déterminé que les nids-de-poule sont l'enjeu principal durant l'hiver, et attribuent une inquiétude plutôt élevée à ces risques. Les

trois autres types de risques les plus fréquents et les plus inquiétants sont la présence d'un véhicule motorisé dans une infrastructure cyclable, les dépassements dangereux et les conflits avec un véhicule motorisé. À l'inverse, les conflits avec une personne piétonne sont très rares et peu inquiétants selon les cyclistes. Tout comme pour les séances de groupes de discussion, les entretiens semi-dirigés ont révélé l'importance de certaines variables des concepts de la perception du risque et du sentiment d'inquiétude. Constat similaire aux résultats du premier article, l'expérience est la variable la plus déterminante de la perception du risque. L'exposition prolongée et répétée aux différentes situations problématiques diminue grandement les risques ressentis, ce qui réfère au concept de la familiarité lors de la perception du risque. Les variables du contrôle et de la connaissance des risques sont ainsi très déterminantes. Cependant, un potentiel catastrophique élevé, souvent attribuable aux risques avec un véhicule motorisé, reste déterminant dans la perception des risques lors des déplacements en vélo, et ce peu importe le niveau d'expérience des cyclistes. La variable du potentiel catastrophique d'une situation rappelle la sévérité des conséquences associées au sentiment d'inquiétude, également attribuable aux risques avec un véhicule motorisé qui est grandement déterminante dans les déplacements à vélo en hiver. En résumé, les risques les plus fréquents, tant observés que perçus, représentent les enjeux du partage de la route avec les véhicules motorisés, créant un sentiment d'inquiétude important, et ce malgré un niveau d'expérience élevé.

Le troisième article évalue la distribution et l'accessibilité du réseau cyclable hivernal à Montréal sous l'angle de l'équité en transport, et permet de répondre au premier objectif de la thèse. Encore une fois, l'absence de littérature sur l'accessibilité au réseau cyclable durant l'hiver précisément démontre la pertinence de cette recherche, qui compare les iniquités en transport selon les saisons. Premièrement, les réseaux routiers et cyclables sont extraits des données ouvertes de la ville de Montréal et fusionnées dans le système d'information géographique ARCGIS Pro. Fondée sur la littérature documentant les habitudes de déplacement des cyclistes selon les saisons, l'accessibilité est comparée entre l'ensemble du réseau cyclable accessible au printemps, à l'été et à l'automne, et le réseau cyclable protégé accessible en hiver. Afin d'évaluer les potentielles iniquités en transport au sein de la population, cinq groupes ont été sélectionnés, soit les enfants de moins de 15 ans et les personnes âgées de plus de 65 ans, les femmes, les personnes à faible revenu après retenu et les minorités visibles. Les données sociodémographiques et socio-économiques sont extraites du recensement de la population 2021 du Canada à l'échelle de l'aire de diffusion. Deux types d'analyses statistiques ont été menées, soit un t-test pondéré pour comparer les moyennes de trois mesures d'accessibilité et des *seemingly unrelated regression (SUR)* en fonction des cinq groupes de population sélectionnés.

Au total, un peu plus de la moitié du réseau cyclable protégé est accessible l'hiver, ce qui représente près du quart de l'ensemble du réseau cyclable accessible durant les autres saisons.

Les analyses statistiques démontrent que les distances minimales au réseau cyclable trois saisons le plus proche sont beaucoup plus faibles que pour l'hiver, et qu'une concentration des infrastructures cyclables dans les quartiers centraux est encore plus marquée en hiver. Par exemple, des quartiers plus excentrés tels que ville d'Anjou, Saint-Léonard et Saint-Michel ont des distances minimales au réseau cyclable trois saisons plus importantes, et que cette tendance est accentuée durant l'hiver. Les résultats sont similaires en analysant la densité du réseau cyclable et du réseau cyclable hivernal protégé, soit une concentration dans les quartiers centraux, et encore plus important l'hiver. Les statistiques univariées des mesures d'accessibilité démontrent que le réseau cyclable trois saisons est nettement plus développé que le réseau hivernal protégé. Par exemple, la distance moyenne pour le réseau cyclable est de 210 mètres, comparativement à 682 mètres pour le réseau cyclable hivernal protégé. Les résultats du t-test pondéré révèlent que certains groupes de population ont une accessibilité plus restreinte aux infrastructures cyclables. Les moyennes de la distance au réseau cyclable hivernal protégé sont particulièrement plus élevées pour les personnes issues d'une « minorité visible », ainsi que pour les enfants âgés de moins de 15 ans. Les moyennes du nombre de kilomètres de réseau cyclable et de réseau cyclable hivernal protégé à l'intérieur de 2,5 kilomètres et 5 kilomètres exposent encore une fois que les personnes issues d'une minorité visible, les enfants de moins de 15 ans, et les personnes âgées de 65 ans et plus ont une moins bonne accessibilité au réseau cyclable hivernal. À l'inverse, les personnes à faible revenu ont une meilleure accessibilité à ces infrastructures, comparativement aux autres groupes de population. Les analyses issues des modèles SUR réitèrent cette tendance que les individus avec un faible revenu ont une meilleure accessibilité au réseau cyclable à Montréal, et particulièrement lors de la saison hivernale. Cependant, les valeurs des coefficients standardisés sont encore plus significatives en évaluant la présence des groupes de populations issues d'une minorité visible dans un territoire défini, et ce peu importe le modèle. En effet, l'augmentation d'un écart type de ce groupe de population dans une aire de diffusion réduit le plus fortement la distance au réseau cyclable et la densité de celui-ci, encore une fois particulièrement l'hiver. Cet article expose ainsi les inégalités d'accessibilité au réseau cyclable hivernal vécues par certains groupes de population à Montréal.

5.2 Contribution de la thèse sur l'étude de la pratique du vélo dans les villes nordiques

Les déplacements à vélo en hiver à Montréal sont en constante croissance, mais très peu de recherches documentent cette pratique à Montréal et dans d'autres villes nordiques. De nombreuses études sur la pratique du vélo durant le printemps, l'été et l'automne démontrent l'importance de la présence d'infrastructures cyclables afin d'augmenter la part modale du cyclisme (Winters et al. 2013 ; Winters, Zanotto et Butler 2019 ; Chen, Zhou et Sun 2017 ; Pucher, Buehler et Seinen 2011b). L'importance attribuée au réseau cyclable est réitérée dans les quelques recherches sur le vélo d'hiver spécifiquement (Bullock 2017 ; Nahal et Mitra 2018 ; Harris 2013). Certains résultats de cette thèse, présentés dans les chapitres 2 et 3 (articles 1 et 2) étudient cette corrélation selon la perspective des cyclistes et contribuent à l'avancement de l'étude des infrastructures adaptées aux déplacements à vélo dans des conditions hivernales. Les habitudes de déplacement étudiées dans l'article 1 soutiennent l'importance attribuée au réseau cyclable en hiver, puisque les cyclistes vont prioriser davantage un réseau cyclable protégé comparativement aux autres saisons, et vont effectuer des détours pour emprunter ces infrastructures plutôt que l'itinéraire le plus rapide. À l'inverse, les bandes cyclables sont évitées en hiver et considérées comme des infrastructures cyclables dangereuses. Selon le résultat des groupes de discussion, il est ainsi primordial qu'un réseau sécuritaire, isolé des voitures, soit bien déneigé et bien entretenu durant l'hiver, comme mentionné également par Bergström et Magnusson (2003) et Amiri et Sadeghpour (2015). Ainsi, les résultats des articles 1 et 2 permettent de bien comprendre les différences dans les habitudes de déplacements durant l'hiver, les obstacles auxquels font face les cyclistes et les typologies d'infrastructures adaptées à cette saison pour minimiser les risques supplémentaires.

Cette thèse contribue également au développement des connaissances sur les risques du vélo d'hiver, autant perçus qu'observés, qui sont à ce jour inexistantes. Comme pour le printemps, l'été et l'automne, la cohabitation avec les véhicules motorisés représente la principale source de risque, tant observé que vécu par les cyclistes, comme démontré dans l'article 2 de cette thèse. À l'inverse, d'autres constructions imaginaires de la pratique du vélo d'hiver s'avèrent erronées. Premièrement, les températures froides et l'accumulation de neige ne sont pas un obstacle au vélo d'hiver, ce qui corrobore les résultats de Amiri et Sadeghpour (2015). Les risques de chute et de perte de contrôle recensés dans l'article 2 témoignent de leur très faible occurrence, encore une fois à contre-courant avec les croyances populaires. Différentes variables des concepts de la

perception du risque et du sentiment d'inquiétude, étudiées dans l'article 2, permettent de mieux comprendre la perspective des cyclistes lors des déplacements à vélo en hiver et des risques associés à cette pratique. Ces résultats se joignent à ceux de Gervais et al. (2023) dans leur recherche réalisée à l'aide d'un questionnaire de la pratique du vélo d'hiver à Montréal. Parmi ces variables, l'expérience des cyclistes est la plus déterminante et ouvre plusieurs pistes de réflexion sur la promotion et la démocratisation de ce mode de déplacement. L'expérience offre aux cyclistes un contrôle et une connaissance des risques, qui leur permet d'adapter leur parcours et leurs habitudes de déplacement en conséquence. L'expérience permet par ailleurs une diminution des croyances erronées sur cette pratique, qui se fondent sur l'imaginaire collectif du vélo d'hiver. À l'inverse, les variables de la gravité des conséquences et du potentiel catastrophique démontrent que les risques associés au partage de la route avec les véhicules motorisés représentent l'enjeu principal, et ce peu importe les saisons, comme démontré dans l'article 1 également. Les résultats de l'article 2 permettent ainsi de démystifier les risques de la pratique du vélo d'hiver et d'approfondir la compréhension des risques réels associés à cette saison, ce qui représente des avancées dans la compréhension des motivations et des obstacles au vélo d'hiver selon les cyclistes, mais également selon l'analyse des risques observés par observation non participante.

Finalement, malgré l'abondance de recherches sur les iniquités en transport, qui mobilisent fréquemment des mesures d'accessibilité, aucune recherche n'évalue les potentielles variations de ces iniquités entre l'hiver et les autres saisons. Les résultats du dernier article de la thèse contribuent ainsi aux recherches sur les iniquités en transport en étudiant les variations entre l'hiver et les autres saisons dans les villes du Nord. En effet, l'analyse de la distribution et de la densité des réseaux cyclables hivernaux témoigne d'une concentration encore plus marquée en hiver des infrastructures sécuritaires dans les quartiers centraux. Les résultats des deux analyses statistiques démontrent ensuite que les personnes issues d'une minorité visible ont une accessibilité encore plus réduite au réseau cyclable adapté à l'hiver, comparativement aux autres saisons, mais également les personnes âgées de 65 ans et plus et les enfants de 0 à 14 ans. À l'inverse, les personnes à faibles revenus ont une meilleure accessibilité à ce réseau, comparativement au reste de la population. Ces résultats représentent des avancées scientifiques en exposant des situations d'iniquités en transport pour certains groupes de population qui sont accentuées en hiver.

5.3 Principaux enjeux soulevés dans cette thèse

L'objectif général de la thèse est de documenter les particularités de la pratique du vélo d'hiver à Montréal. Les trois articles ont pour but de répondre respectivement aux différents sous-objectifs de la thèse. En regroupant les résultats des trois articles, différents enjeux sont soulevés. Cette section présente ces enjeux issus d'une analyse plus globale de l'ensemble des résultats et permet de répondre à la problématique de la recherche, et présente les limites de l'étude et propose des pistes de recherche.

5.3.1 La déconstruction d'un imaginaire collectif : l'approche particulière des cyclistes durant la saison froide

Les statistiques démontrent une croissance constante des déplacements à vélo en hiver depuis quelques années (Gaurrand-Paradot 2023 ; Gauvreau 2022). Pourtant, ces déplacements sont encore fréquemment perçus comme étant téméraires, exposés à des températures extrêmes et dangers (Bérubé 2022 ; Rodrigue et al. 2023). Différentes variables de la perception du risque et du sentiment d'inquiétude, qui s'inscrivent dans la théorie du comportement planifié, permettent de mieux comprendre cet écart entre la perception et la réalité du vélo d'hiver. Les deux premiers articles ont démontré que les non-cyclistes hivernaux et les cyclistes débutant.e.s ont un sentiment d'inquiétude plus élevé en hiver comparativement aux autres saisons. Tel que démontré précédemment, ce sentiment d'inquiétude, nourri par des croyances erronées sur la pratique du vélo d'hiver a une grande influence sur les habitudes de déplacements chez les individus (Backer-Grøndahl et al. 2009). À l'inverse, les variables de la connaissance des risques et du contrôle de ces derniers permettent de diminuer considérablement ces croyances erronées, et ultimement le sentiment d'inquiétude. Ces résultats corroborent ceux de Gervais et al. (2023), qui ont également étudié la corrélation entre différents concepts de la théorie du comportement planifié et le vélo d'hiver. Ne s'attardant pas précisément sur des concepts associés au risque de cette pratique, les chercheur.e.s ont démontré que les habitudes et la perception du contrôle sont grandement déterminantes lors des déplacements à vélo en hiver. Contrairement à la pensée populaire, comme démontré dans le premier et second article de cette thèse, ni les températures extrêmes ni les potentiels risques supplémentaires ne sont déterminants à vélo en hiver. Les constats sur la faible influence du froid, de l'accumulation de neige et de glace corroborent avec ceux de Amiri et Sadeghpour (2015), de Shirgaokar et Gillespie (2016) et de Nahal et Mitra (2018)

au Canada et des recherches effectuées dans des pays scandinaves par Bergström et Magnusson (2003) et Pratte (2011). Certain.e.s cyclistes ont mentionné lors des séances de discussion ressentir un inconfort associé à la présence de verglas en hiver, ces conditions météorologiques extrêmes et rares affectant cependant l'ensemble des usager.ère.s de la route. De plus, les cyclistes ont précisé être de manière générale satisfait.e.s de l'entretien du réseau cyclable, tel qu'un déblayage à partir d'une accumulation de 2,5 centimètres de neige et un chargement vers un dépotoir à partir de 10 centimètres (Ville de Montréal 2023a). Les cyclistes ont donc une tolérance à l'égard d'une accumulation de neige, ne considérant pas cette dernière comme étant un risque lors des déplacements. Outre les croyances erronées associées aux conditions climatiques, les risques de perte de contrôle et de chute s'avèrent être très rares. Les résultats des séances de groupes de discussion réalisées dans le cadre du premier article et les entretiens semi-dirigés de l'article 2 témoignent de la très faible occurrence de ces situations. Par ailleurs, lors de l'exercice d'évaluation selon une échelle de Likert de la fréquence associée aux risques du vélo d'hiver, ces risques de chutes sont parmi les moins fréquents, et parmi les 260 situations risquées observées, une seule correspond à une perte de contrôle, qui ne se conclut pas par une chute.

Ces croyances erronées sont entre autres dues au manque d'accès à l'information sur le vélo d'hiver. Plusieurs non-cyclistes d'hiver et des cyclistes débutant.e.s ont mentionné la difficulté à trouver de l'information sur l'équipement nécessaire, les coûts initiaux pour une première saison à vélo en hiver, sur la logistique potentiellement supplémentaire, sur les risques et les bonnes pratiques à vélo en hiver. Les cyclistes plus expérimenté.e.s ont confirmé les enjeux liés à l'accès à l'information sur le vélo d'hiver. Plusieurs personnes participantes se sont tout simplement adaptées au fil du temps, tant au niveau de l'équipement que pour les bonnes habitudes de déplacements. Des obstacles tels que les conditions météorologiques et les risques associés au vélo d'hiver ont été démentis par les cyclistes expérimenté.e.s, mais il s'avère qu'une logistique supplémentaire et de l'équipement adéquat sont effectivement nécessaires en hiver. Le manque d'accès à l'information sur ces particularités associées au vélo d'hiver représente ainsi un frein important pour les cyclistes trois saisons intéressé.e.s par le vélo d'hiver. La faible communication sur les bienfaits du vélo d'hiver nuit également au transfert modal vers ce mode de déplacement. Ces avantages sont bien connus, mais la possibilité d'incorporer aisément une activité physique quotidienne dans une période où l'inactivité est accrue, et où les bienfaits pour la santé mentale semblent être encore plus importants, se doivent d'être promus dans la société, avec tous les autres avantages du vélo tel que l'indépendance, l'efficacité, et le faible coût économique, entre autres. Ces bénéfices corroborent les avantages identifiés par Bergström et Magnusson (2003)

dans leurs recherches en Suède, et représentent un potentiel levier important pour accroître le nombre de cyclistes sur les routes en hiver.

Pour minimiser les obstacles, notamment les risques potentiellement supplémentaires, les cyclistes ont une approche différente dans leurs habitudes de déplacement et une préparation additionnelle en amont de ces derniers. D'une part, le nombre de déplacements est réduit en hiver, comparativement aux autres saisons. Le motif des déplacements est essentiellement utilitaire, alors que les déplacements récréatifs sont beaucoup plus nombreux durant les périodes où les températures sont plus chaudes, ce qui réduit ultimement l'exposition aux risques inhérents aux déplacements à vélo. De plus, lors des rares conditions météorologiques extrêmes, tels qu'une chute importante de neige et la présence de verglas sur la chaussée, plusieurs cyclistes vont privilégier un autre mode de déplacement, encore une fois pour réduire l'exposition aux risques. Ensuite, les cyclistes planifient leurs trajets afin de minimiser les situations imprévues et évitent d'emprunter des itinéraires inconnus. En privilégiant les mêmes itinéraires dans leurs déplacements utilitaires quotidiens, dont l'état de la chaussée est connue, et en planifiant les trajets moins habituels, les cyclistes réduisent leur exposition à des nids-de-poule dissimulés sous la neige. Comme démontré dans l'article 1, les pistes cyclables protégées, lorsque déneigées en hiver, sont le type d'infrastructure cyclable le plus prisé en hiver. Ces infrastructures sont les plus sécuritaires et confortables, et davantage en hiver que durant les autres saisons, même si leur utilisation augmente la durée totale du trajet. Le Réseau express vélo (REV) de Montréal est un exemple de ce type d'infrastructure. Plusieurs cyclistes ont mentionné lors des séances de groupe de discussion que ce réseau a grandement augmenté le sentiment de sécurité dans leurs déplacements à vélo, mentionnant une dynamique « avant/après REV ». Ces constats renvoient aux résultats de Rodrigue et al. (2023) qui démontrent que les cyclistes considèrent le REV comme étant une infrastructure cyclable très sécuritaire et inclusive, ce qui permet d'encourager les déplacements à vélo pour une grande variété d'usagers. Il est intéressant de faire le parallèle entre l'importance accordée par les cyclistes au REV dans leurs déplacements et la théorie des pratiques, dont ces dernières dépendent de l'intégration d'éléments, soient matériels, significatifs ou prenant la forme de conséquence et de la relation qu'on les individus avec ces intermédiaires dans les pratiques (Shove, Watson et Pantzar 2012). Jonas et Littig (2015) raffinent dans leur application de la théorie des pratiques appliquée aux comportements durables que les routines et les habitudes quotidiennes peuvent être portées par des objets, des instruments, et des infrastructures. Ainsi, selon la théorie des pratiques, les déplacements à vélo en hiver à Montréal pourraient entre autres être portés, facilités, grâce à l'infrastructure d'envergure qu'est le REV.

5.3.2 La pratique du vélo d'hiver est-elle réellement plus risquée?

Les résultats des deux premiers articles de la thèse ont démontré que selon la perspective des cyclistes initié.e.s au vélo d'hiver, ce mode de déplacement n'engendre pas de risque supplémentaire comparativement aux autres saisons. Ce constat va à l'encontre de la pensée populaire qui perçoit la pratique du vélo d'hiver comme étant plus risquée. Malgré la perception qu'ont les cyclistes d'une prise de risque similaire en l'hiver, cette pratique est-elle réellement aussi sécuritaire toutes saisons confondues? Les résultats s'articulent autour d'un dialogue entre les risques vécus par les cyclistes et les risques observés et proposent des pistes de réflexion sur les potentielles variations entre ces derniers. La préparation supplémentaire et l'adaptation aux habitudes de déplacement mentionnées précédemment qu'ont les cyclistes durant l'hiver permettent de comprendre la perspective des cyclistes envers les risques du vélo d'hiver. En mobilisant des variables telles que la perception du risque et du sentiment d'inquiétude, il est possible de comprendre cette absence de risque supplémentaire ressenti par les cyclistes hivernaux. Suite à l'analyse des enregistrements vidéo réalisée dans le cadre du second article, les risques les plus fréquents sont les conflits avec une personne piétonne et les problèmes liés au déneigement. Pourtant, selon les cyclistes, ces situations ne représentent que très rarement des situations problématiques. Puisque l'expérience permet un contrôle et une connaissance de certains risques, et que le potentiel catastrophique et la gravité des conséquences ne sont pas élevés, les conflits avec les piétons et les problèmes liés au déneigement ne sont pas des risques ressentis par les cyclistes. Tel que présenté dans les recherches de Roch (2019) et Gervais et al. (2023) à Montréal, un sentiment de confiance dans les déplacements à vélo augmente au fil des hivers, et les cyclistes adaptent leur équipement pour affronter adéquatement les différentes situations propres à cette saison. À l'inverse, les conflits avec les véhicules motorisés et les dépassements dangereux sont considérés comme étant le principal risque du vélo en hiver puisqu'il est impossible d'avoir un contrôle absolu sur ces événements. Ces situations inhérentes aux déplacements à vélo en ville, tant ressenties par les cyclistes qu'observées durant le processus d'identification des risques du second article, représentent des enjeux importants durant l'hiver. La différence entre les risques associés au déneigement et les conflits avec les automobilistes réside ainsi dans la gravité des conséquences et le potentiel catastrophique de ces risques, étant par ailleurs les mêmes en hiver que durant les autres saisons. Cependant, l'adaptation des habitudes de déplacement qu'on les cyclistes en hiver permet de réduire l'exposition à ces risques. Pourtant, la présence de neige en bordure de route et sur les bandes cyclables réduit l'espace de circulation pour les cyclistes en hiver. Le partage de la route devient

ainsi plus complexe, ce qui représente en soi une particularité de la saison hivernale. La sensibilisation auprès des automobilistes à cet enjeu pourrait permettre de faciliter le partage de la route en hiver. Autrement, la planification des trajets, la minimisation des détours aux itinéraires habituels et la priorisation des pistes cyclables protégées permettent aux cyclistes d'avoir un sentiment de sécurité similaire aux autres saisons. Ainsi, la perception des risques lors des déplacements n'est pas accrue durant l'hiver, malgré un espace de circulation parfois plus restreint sur certaines infrastructures routières et cyclables.

Sur le plan urbanistique, le niveau de confort des différentes infrastructures cyclables n'est cependant pas le même en hiver. Ce sentiment de sécurité dépend grandement de la présence d'un réseau cyclable adapté à cette saison. Si l'on reprend le système de classification des infrastructures cyclables Can-BICS de Winters, Zanotto et Butler (2019), les infrastructures cyclables peuvent être regroupées en trois niveaux de confort regroupant 5 types de voies cyclables. Selon le Can-BICS, 1) les voies cyclables à haut niveau de confort sont les pistes cyclables protégées, en bordure de route et en site propre et les voies cyclables dans un réseau routier résidentiel, alors que 2) les voies à un niveau de confort moyen représentent les pistes multi-usages et 3) les voies avec un faible niveau de confort correspondent aux bandes cyclables (Winters, Zanotto et Butler 2019). Si l'on adapte cette classification au réseau cyclable hivernal, selon les résultats des deux premiers articles de la thèse, certaines modifications sont à apporter. Il est évident, selon le discours des cyclistes, que les pistes cyclables protégées en bordure de route et en site propre sont les infrastructures les plus sécuritaires et confortables en hiver. Cependant, les voies cyclables dans les rues résidentielles ne permettent pas un confort optimal puisqu'il y a un partage de la route avec les véhicules motorisés, malgré une vitesse de circulation plus faible, et que la neige peut s'accumuler en bordure des rues. En ce sens, ces voies sont utilisées en hiver, mais dans une moindre mesure que les pistes cyclables protégées. Il serait donc plus adéquat d'inscrire ces voies dans les infrastructures cyclables avec un niveau moyen de confort. Une piste de solution pour préserver un haut niveau de confort sur ce type d'infrastructure est de transformer des rues résidentielles en vélorues durant l'hiver, dont les cyclistes ont en tout temps la priorité de passage et aucune limite d'espace de circulation. Ensuite, les voies multi-usages sont classées dans les infrastructures avec un niveau de confort moyen durant le printemps, été et automne, notamment de par leur perméabilité d'accès. Comme démontré dans le second article, les conflits avec personnes piétonnes ne sont pas un risque pour les cyclistes en hiver, puisque ces situations sont plutôt prévisibles et que la gravité des conséquences est faible. Ce type de voie pourrait ainsi être permuté dans la catégorie des infrastructures cyclables avec un haut niveau de confort en hiver. Finalement, il a été démontré

que les bandes cyclables sont des infrastructures encore plus problématiques en hiver, puisque l'espace de circulation est réduit en conséquence d'une accumulation de neige. Ce type d'infrastructure, été comme hiver, est donc associé à un faible niveau de confort et à un sentiment d'insécurité élevé, et rejoint les constants de Shirgaokar et Nurul Habib (2018) dans leurs recherches à Edmonton.

En reprenant les récentes recherches réalisées par Rodrigue et al. (2023) sur l'impact du REV à Montréal au printemps, à l'été et à l'automne sur la perception du niveau de sécurité associé à ce réseau cyclable protégé et continu, il est clair que ce type d'infrastructure procure un sentiment de sécurité très important aux cyclistes. Plusieurs individus ont d'ailleurs explicitement cité dans les groupes de discussion l'influence positive qu'a eue le REV dans leurs déplacements à vélo en hiver. À Montréal, c'est un peu plus de la moitié du réseau cyclable protégé (en bordure de route et hors-piste) qui est accessible en hiver. Augmenter l'accessibilité à un réseau cyclable protégé, entretenu et continu aura assurément des impacts considérables sur un transfert modal vers le vélo d'hiver. Dans leurs recherches sur les déterminants de la théorie du comportement planifiés dans les déplacements à vélo en hiver, Gervais et al. (2023) ont démontré que les interventions qui permettent la formation d'habitudes permettraient potentiellement d'obtenir un taux de rétention des cyclistes en hiver plus important. Pour ce faire, le caractère stable des habitudes est crucial, ce qui démontre l'importance d'un réseau cyclable sécuritaire accessible tout au long de l'année. Ainsi, en se basant sur les résultats de Rodrigue et al. (2023), de Gervais et al. (2023) et des éléments retenus dans les deux premiers articles de cette thèse, les implications urbanistiques pour la ville de Montréal correspondent principalement à assurer le développement et l'accessibilité à un réseau cyclable protégé, entretenu et continu toutes saisons confondues, ce qui correspond aux infrastructures avec le plus haut niveau de confort et de sécurité selon le Can-BICS.

5.3.3 Équité en transport : qui a accès aux infrastructures cyclables hivernales?

Les premier et deuxième objectifs de la thèse sont l'évaluation de l'accessibilité au réseau cyclable hivernal et la documentation de la variété des cyclistes. Durant les séances de groupe de discussion, les personnes participantes ont échangé sur la représentation de la personne cycliste hivernale sur les routes. Selon leur discours, comme pour les autres saisons (Garrard, Handy et Dill 2012), le vélo d'hiver est une pratique majoritairement masculine. Certaines personnes s'identifiant comme femme ont souligné des obstacles supplémentaires durant l'hiver dû à la

nécessité d'un code vestimentaire n'alliant pas le cyclisme hivernal aux activités professionnelles. En analysant conjointement le discours des personnes participantes et la composition de l'échantillon, le profil du cycliste hivernal correspond à un homme blanc âgé entre 25 et 34 ans et possédant un diplôme universitaire. Malgré l'échantillon relativement restreint, ces résultats corroborent ceux de Gervais et al. (2023) obtenus lors d'un questionnaire auprès de plus de 400 cyclistes hivernaux, décrivant le profil type du cycliste hivernal comme étant en majorité un homme blanc d'âge moyen (44 ans) et possédant des revenus annuels élevés. Les résultats des deux premiers articles rejoignent ainsi les postulats existants de Nahal et Mitra (2018), de Twaddle, Hall et Bracic (2010) et de Miranda-Moreno, Nosal et Kho (2013), décrivant une pratique du vélo d'hiver majoritairement masculine et potentiellement encore plus exclusive à cette population blanche et socioéconomiquement aisée. Il est intéressant de faire le lien entre l'accessibilité au réseau cyclable hivernal et le profil type du cycliste hivernal. N'étant pas l'unique variable influençant la pratique du vélo d'hiver, l'accessibilité aux infrastructures cyclables représente cependant l'une des barrières au cyclisme les plus étudiées dans la littérature scientifique. À Montréal, Houde, Apparicio et Séguin (2018) ont démontré qu'en 25 ans, le réseau cyclable a plus que doublé et l'accessibilité au réseau cyclable au printemps, à l'été et à l'automne s'est améliorée pour l'ensemble des groupes de population à l'exception des enfants âgés de moins de 15 ans. L'étude de Rodrigue et al. (2023) sur l'accessibilité au REV spécifiquement a relevé une concentration de cette infrastructure dans les quartiers centraux, habités par une population plus aisée socioéconomiquement, et dont le réseau cyclable est déjà bien implanté, malgré la volonté d'inclusion de ces aménagements cyclables. Ainsi, un quartier comme Montréal-Nord, représentant un quartier socioéconomiquement plus démuné, a une accessibilité beaucoup plus limitée au REV comparativement aux quartiers centraux. L'analyse des statistiques univariées du troisième article a démontré une accessibilité globale encore plus restreinte au réseau cyclable adapté à l'hiver. Il n'est pas étonnant que ce réseau soit plus restreint, puisque près de la moitié du réseau cyclable protégée est accessible en hiver et représente un peu moins du quart de l'ensemble du réseau cyclable accessible durant les autres saisons. Cette étude n'est pas longitudinale comme celle de Houde, Apparicio et Séguin (2018), mais il est cependant possible d'évaluer et de comparer les groupes de population ayant une accessibilité plus restreinte au réseau cyclable actuel. Rejoignant les résultats de Rodrigue et al. (2023) sur l'accessibilité au REV, le réseau cyclable protégé accessible en hiver est concentré dans les quartiers centraux, au détriment de quartiers plus excentrés tels que ville d'Anjou, Saint-Léonard, Saint-Michel et Montréal-Nord. En ce qui concerne les groupes de population, les personnes issues d'une minorité visible sont les plus affectées par une iniquité d'accessibilité au réseau cyclable hivernal.

L'analyse des moyennes pondérées des différentes mesures d'accessibilité réalisées dans le troisième article expose la plus grande distance qu'on a parcourir ce groupe de population pour accéder à un réseau cyclable protégé et entretenu durant l'hiver. Ce résultat rejoint la tendance générale observée dans la littérature scientifique nord-américaine sur l'accessibilité au réseau cyclable, excluant la saison hivernale, que les personnes racisées et les immigrant.e.s vivent dans des quartiers moins bien desservis par ce type d'infrastructure (Braun, Rodriguez et Gordon-Larsen 2019 ; Smith, Oh et Lei 2015 ; Ursaki et Aultman-Hall 2015). À Montréal, cette situation est exacerbée durant l'hiver où le réseau cyclable adapté à cette saison est plus limité.

Dans une moindre mesure, les enfants de moins de 15 ans et les personnes âgées de 65 ans et plus sont également dans une situation d'iniquité par rapport aux autres groupes de population quant à la distance minimale à parcourir pour accéder aux infrastructures cyclables hivernales. En se référant à l'étude de Houde, Apparicio et Séguin (2018) et aux résultats de l'article 3, les enfants de moins de 15 ans sont ainsi dans une situation d'iniquité en transport toutes saisons confondues. Comme démontré précédemment dans la littérature, les déplacements à vélo chez cette population peuvent réduire grandement les enjeux d'inactivité et d'obésité (Kaplan, Nielsen et Prato 2016 ; Pucher et Buehler 2012), mais sont cependant simultanément plus exposés à des risques associés aux déplacements à vélo sur la route (Vansteenkiste et al. 2016). Chez les personnes âgées de 65 ans et plus, les bénéfices pour l'état de santé global associés aux déplacements à vélo et l'indépendance qu'offre ce mode de transport sont particulièrement importants (Engbers et al. 2018 ; Hair et al. 2015). Comme pour les moins de 15 ans, les personnes âgées de 65 ans et plus sont plus à risque d'accidents sur la route à vélo (Engbers et al. 2018). Leden, Johansson et Rosander (2008) démontrent dans leurs recherches en Suède que la presque totalité des personnes plus âgées préfère nettement les pistes cyclables en hiver, comparativement aux autres saisons. Une accessibilité moindre au réseau cyclable hivernal pour ce groupe de population à Montréal, ainsi que pour les enfants de moins de 15 ans, représentent un enjeu important soulevé dans l'article trois de cette thèse.

5.3.4 Limites et pistes de recherche

Cette recherche a tenté d'élucider dans quelle mesure les freins, leviers, risques perçus et observés influencent la pratique du vélo d'hiver à Montréal. Alors que les observations non participantes avaient pour but de recenser les risques observables du vélo d'hiver, les séances de groupes de discussion et les entretiens semi-dirigés ont permis de mieux comprendre certains

obstacles étant plus difficilement quantifiables grâce à l'observation. L'une des forces de cette recherche est donc la pluralité des obstacles recueillis grâce à une démarche méthodologique mixte. Lors de la composition de l'échantillon de recherche, il était prévu que ce dernier soit le plus inclusif et diversifié possible, afin de regrouper un maximum d'individus appartenant à différents groupes de population. Malgré des efforts pour assurer cette diversité espérée, l'échantillon est plutôt homogène. Il a été démontré dans cette recherche que les minorités visibles, mais également les enfants âgés de moins de 15 ans et les personnes de 65 ans et plus se retrouvent dans une situation d'iniquité en transport. Or, ces groupes de population ne sont pratiquement pas représentés dans l'échantillon de recherche. Afin de participer à la recherche, les cyclistes devaient être âgés de 18 et plus, ce qui exclut d'emblée les personnes de moins de 15 ans. Une volonté d'inclusion des groupes minoritaires de la population et des individus âgés de 65 et plus était cependant espérée, sans succès. L'étude des barrières vécues par ces groupes de population représente donc une piste de recherche future. Comme démontré dans plusieurs recherches sur le vélo trois saisons, il est important d'étudier la conjonction de différentes variables socio-économiques et démographiques pour identifier les obstacles et les besoins des différents groupes de population (Lam 2022 ; Vietinghoff 2021 ; D. Pedroso et Aldred 2023). La mobilisation d'une approche intersectorielle permet d'obtenir des informations sur les différentes oppressions et leurs interactions que vivent les groupes de population, ces informations n'étant pas accessibles avec des méthodes de collectes de données quantitatives plus traditionnelles, tels que le taux de fréquentation des infrastructures cyclables (Lam 2022). Par exemple, les personnes qui s'identifient comme femmes cyclistes et qui appartiennent à un groupe de population racisée sont exposées à la fois au harcèlement dans l'espace public et à des enjeux d'insécurité accrue sur la route associée aux minorités visibles (Lam 2022). L'analyse des conséquences du genre sur la pratique du cyclisme n'est donc pas suffisante dans ce cas, mais s'intéresser à l'interaction entre le genre et les obstacles rencontrés par les personnes racisées permettrait une meilleure compréhension des barrières auxquels font face ces individus (D. Pedroso et Aldred 2023). Les résultats de l'article 3 démontrent que les personnes avec un faible revenu ont une meilleure accessibilité au réseau cyclable hivernal, comparativement aux autres groupes de population. Il serait cependant intéressant de mettre en relation la variable « faible revenu » et « minorité visible » par exemple pour obtenir un portrait encore plus complet de l'influence des caractéristiques personnelles dans la décision de se déplacer à vélo en hiver. L'une des méthodes préconisées dans une approche intersectorielle est l'amélioration du processus de collecte de données par désagrégation (Vietinghoff 2021 ; Lam 2022). Les analyses spatiales sont certes importantes, mais il est également primordial d'inclure le récit et l'expérience de tous les

groupes de population et les interactions particulières entre ces groupes. Cette recherche s'inscrit dans cette démarche, de par une méthodologie mixte et des données primaires diverses, mais l'absence de représentation de l'ensemble des groupes de population dans l'échantillon représente une piste de recherche future.

Par ailleurs, le caractère structurant d'un réseau cyclable protégé, entretenu et continu, tel que le REV dans la pratique du vélo d'hiver est sans équivoque. Il serait ainsi très intéressant de poursuivre les analyses effectuées par Rodrigue et al. (2023) sur l'accessibilité et la perception de sécurité de ce type particulier d'infrastructure durant l'hiver. Pour permettre une meilleure compréhension de la variété des obstacles au vélo d'hiver et permettre un transfert modal, il est impératif de mobiliser une multiplicité de méthodes, quantitatives et qualitatives, qui incluent l'ensemble des groupes de population.

BIBLIOGRAPHIE

- Abord de Chatillon, Margot et Manon Eskenazi. 2022. « Devenir cycliste, s'engager en cycliste: communautés de pratiques et apprentissage de la vélonomie. » *SociologieS*.
- AdminStat. 2021. *Maps, analysis and statistics about the resident population*. Consulté le 09 mars. <https://ugeo.urbistat.com/AdminStat/en/no/demografia/dati-sintesi/trondheim/20484929/4>.
- Agarwal, Ajay et Ashley North. 2012. « Encouraging bicycling among university students: Lessons from queen's university, Kingston, Ontario. » *Canadian Journal of Urban Research* 21 (1): 151-168.
- Agyeman, Julian et A Doran. 2021. « “You want protected bike lanes, I want protected Black children. Let's link”: equity, justice, and the barriers to active transportation in North America. » *Local Environment* 26 (12): 1480-1497.
- Ajzen, Icek. 1991. « The theory of planned behavior. » *Organizational behavior and human decision processes* 50 (2): 179-211.
- Aldred, Rachel. 2013. « Incompetent or too competent? Negotiating everyday cycling identities in a motor dominated society. » *Mobilities* 8 (2): 252-271.
- . 2016. « Cycling near misses: Their frequency, impact, and prevention. » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 90: 69-83.
- Alm, Charlotte et Erik Lindberg. 2000. « Perceived risk, feelings of safety and worry associated with different travel modes. » *Pilot study Department of Education and Psychology, University of Linköping KFB-Meddelande* 7.
- Amiri, Mona et Farnaz Sadeghpour. 2015. « Cycling characteristics in cities with cold weather. » *Sustainable Cities and Society* 14: 397-403. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.11.009>.
- An, Ran, Renee Zahnow, Dorina Pojani et Jonathan Corcoran. 2019. « Weather and cycling in New York: The case of Citibike. » *Journal of transport geography* 77: 97-112.
- Andenes, Liv Jorun. 2014. « Bicycle Commuting in Oslo-Practices, Constraints and new Directions for Policy. ».
- Apparicio, Philippe, Mathieu Carrier, Jérémy Gelb, Anne-Marie Séguin et Simon Kingham. 2016a. « Cyclists' exposure to air pollution and road traffic noise in central city neighbourhoods of Montreal. » *Journal of transport geography* 57: 63-69.

- . 2016b. « Cyclists' exposure to air pollution and road traffic noise in central city neighbourhoods of Montreal. » *Journal of Transport Geography* 57: 63–69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.09.014>.
- Apparicio, Philippe, Jeremy Gelb, Mathieu Carrier, Marie-Eve Mathieu et Simon Kingham. 2018a. « Exposure to noise and air pollution by mode of transportation during rush hours in Montreal. » *Journal of Transport Geography* 70: 182–192. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.06.007>.
- Apparicio, Philippe, Jérémy Gelb, Mathieu Carrier, Marie-Ève Mathieu et Simon Kingham. 2018b. « Exposure to noise and air pollution by mode of transportation during rush hours in Montreal. » *Journal of transport geography* 70: 182-192.
- Apparicio, Philippe, Jérémy Gelb, Anne-Sophie Dubé, Simon Kingham, Lise Gauvin et Éric Robitaille. 2017. « The approaches to measuring the potential spatial access to urban health services revisited: distance types and aggregation-error issues. » *International journal of health geographics* 16 (1): 1-24. doi: <https://doi.org/10.1186/s12942-017-0105-9>.
- Apparicio, Philippe, David Maignan et Jérémy Gelb. 2020. VIFECO : An Open-Source Software for counting features on a video.
- Apparicio, Philippe et Anne-Marie Séguin. 2006. « Measuring the accessibility of services and facilities for residents of public housing in Montreal. » *Urban studies* 43 (1): 187-211. doi: <https://doi.org/10.1080/004209805004093>.
- Assunçao-Denis, Marie-Ève et Ray Tomalty. 2019. « Increasing cycling for transportation in Canadian communities: understanding what works. » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 123: 288-304. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.11.010>.
- Atkinson, John W. 1957. « Motivational determinants of risk-taking behavior. » *Psychological review* 64 (6p1): 359.
- Avila-Palencia, Ione, Audrey de Nazelle, Tom Cole-Hunter, David Donaire-Gonzalez, Michael Jerrett, Daniel A Rodriguez et Mark J Nieuwenhuijsen. 2017. « The relationship between bicycle commuting and perceived stress: a cross-sectional study. » *BMJ open* 7 (6): e013542.
- Backer-Grøndahl, Agathe, Aslak Fyhri, Pål Ulleberg et Astrid Helene Amundsen. 2009. « Accidents and unpleasant incidents: Worry in transport and prediction of travel behavior. » *Risk Analysis: An International Journal* 29 (9): 1217-1226.
- Barajas, Jesus M. 2020. « Supplemental infrastructure: how community networks and immigrant identity influence cycling. » *Transportation* 47 (3): 1251-1274.
- Baron, Jonathan, John C Hershey et Howard Kunreuther. 2000. « Determinants of priority for risk reduction: the role of worry. » *Risk Analysis* 20 (4): 413-428.

- Beauplat, Jessica. 2020. « Le vélo d'hiver gagne en popularité au Québec. » *La Presse*, 30 novembre 2020.
- Bergström, Anna. 2002. « Winter maintenance and cycleways. ».
- Bergström, Anna et Rolf Magnusson. 2003. « Potential of transferring car trips to bicycle during winter. » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 37 (8): 649-666. doi: [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(03\)00012-0](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(03)00012-0).
- Bérubé, Nicolas. 2021. « L'hiver on ne s'empêche pas de vivre. » *LaPresse*. <https://www.lapresse.ca/actualites/2022-02-15/velo/l-hiver-on-ne-s-empeche-pas-de-vivre.php>.
- . 2022. *L'hiver, on ne s'empêche pas de vivre*. <https://www.lapresse.ca/actualites/2022-02-15/velo/l-hiver-on-ne-s-empeche-pas-de-vivre.php>.
- Bikurious. 2022. *Zine vélo d'hiver, l'entretien d'un vélo*. https://cdn.shopify.com/s/files/1/0139/9732/files/BikuZine_-_V__Franco_Finale_2.pdf?v=1606509323.
- Bilodeau, Maxime. 2019. *Petit guide du bon cycliste d'hiver*. sous la dir. de VéloMag. <https://www.velomag.com/destinations/quebec/tremblant-gros-pneus-neige/>.
- Blue, Elly. 2014. *Bikenomics: How bicycling can save the economy*. : Microcosm Publishing.
- Böcker, Lars et Sofia Thorsson. 2014. « Integrated weather effects on cycling shares, frequencies, and durations in Rotterdam, the Netherlands. » *Weather, climate, and society* 6 (4): 468-481.
- Boeije, Hennie. 2002. « A purposeful approach to the constant comparative method in the analysis of qualitative interviews. » *Quality and quantity* 36 (4): 391-409.
- Boisjoly, Geneviève et Genesis T Yengoh. 2017. « Opening the door to social equity: local and participatory approaches to transportation planning in Montreal. » *European transport research review* 9 (3): 1-21.
- Bongiorno, Christian, Daniele Santucci, Fabio Kon, Paolo Santi et Carlo Ratti. 2019. « Comparing bicycling and pedestrian mobility: Patterns of non-motorized human mobility in Greater Boston. » *Journal of transport geography* 80: 102501.
- Bonham, Jennifer et Marilyn Johnson. 2015. *Cycling futures*. : University of Adelaide Press.

- Bonham, Jennifer et Anne Wilson. 2012. « Bicycling and the life course: The start-stop-start experiences of women cycling. » *International journal of sustainable transportation* 6 (4): 195-213.
- Boone, Harry N et Deborah A Boone. 2012. « Analyzing likert data. » *Journal of Extension* 50 (2): 1-5.
- Börjesson, Maria et Jonas Eliasson. 2012. « The value of time and external benefits in bicycle appraisal. » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 46 (4): 673-683.
- Bourque, Annie. 2020. « Le Canal-de-Lachine sera accessible en hiver. » *Journal le Métro*, 23 décembre. <https://journalmetro.com/local/lachine-dorval/2591226/canal-de-lachine-accessible-hiver/>.
- Boutros, Magdaline. 2019. De plus en plus nombreux à affronter l'hiver sur deux roues. : Le devoir. <https://www.ledevoir.com/societe/transports-urbanisme/567234/transport-urbain-de-plus-en-plus-nombreux-a-affronter-l-hiver-sur-deux-roues>.
- Bowman, Marcus. 1994. *Using video in research*. : Scottish Council for Research in Education Edinburgh, Scotland.
- Brandenburg, Christiane, Andreas Matzarakis et Arne Arnberger. 2007. « Weather and cycling— a first approach to the effects of weather conditions on cycling. » *Meteorological Applications: A journal of forecasting, practical applications, training techniques and modelling* 14 (1): 61-67.
- Branion-Calles, Michael, Trisalyn Nelson, Daniel Fuller, Lise Gauvin et Meghan Winters. 2019. « Associations between individual characteristics, availability of bicycle infrastructure, and city-wide safety perceptions of bicycling: A cross-sectional survey of bicyclists in 6 Canadian and US cities. » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 123: 229-239.
- Braun, Lindsay M, Daniel A Rodriguez et Penny Gordon-Larsen. 2019. « Social (in) equity in access to cycling infrastructure: Cross-sectional associations between bike lanes and area-level sociodemographic characteristics in 22 large US cities. » *Journal of transport geography* 80: 102544. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102544>.
- Briseño, Miranda, Makayla Comas, Kamari Durley, Andrew McFarland et Allie Wainer. 2019. « More than Bike Lanes. ».
- Broach, Joseph et Alexander Y Bigazzi. 2017. « Existence and use of low-pollution route options for observed bicycling trips. » *Transportation Research Record* 2662 (1): 152-159.
- Broache, Anne. 2012. « Perspectives on Seattle Women's Decisions to Bike for Transportation. » *Urban Design and Planning, University of Washington*.

<https://www.proquest.com/openview/fb0460a99d8c31f315acda265701c532/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>.

- Browne, Simone. 2015. *Dark matters: On the surveillance of blackness*. : Duke University Press.
- Brunton, Ginny, Sandy Oliver, Kathryn Oliver et Theo Lorenc. 2006. « A synthesis of research addressing children's, young people's and parents views of walking and cycling for transport. ».
- Bullock, Erika. 2017. « Increasing Winter Bikeability in Toronto Through Improved Bicycle Network Design. ».
- Carpentier-Laberge, David et Philippe Apparicio. 2023a. « Évaluation des risques perçus et observés du vélo d'hiver à Montréal. » *RTS Recherche, transports, sécurité* 2023: 14p. doi: https://10.25578/RTS_ISSN1951-6614_2023-05.
- . 2023b. « Freins et leviers de la pratique du vélo d'hiver à Montréal selon la perspective de cyclistes. » *RTS-Recherche Transports Sécurité* 2023: 14p. doi: https://10.25578/RTS_ISSN1951-6614_2023-02.
- Cervero, Robert. 2002. « Built environments and mode choice: toward a normative framework. » *Transportation research part D: transport and environment* 7 (4): 265-284. doi: [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(01\)00024-4](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(01)00024-4).
- Cervero, Robert, Erick Guerra et Stefan Al. 2017. *Beyond mobility: Planning cities for people and places*. : Island Press.
- Chapman, David et Agneta Larsson. 2021. « Practical urban planning for winter cycling; lessons from a Swedish pilot study. » *Journal of Transport & Health* 21: 101060.
- Chartier, Daniel. 2011. « La "nordicité" et "l'hivernité" culturelles du Québec. » *Cap-aux-Diamants, «Le Québec, Nord et nordicité»* (108): 4-7.
- Chen, Peng, Jiangping Zhou et Feiyang Sun. 2017. « Built environment determinants of bicycle volume: A longitudinal analysis. » *Journal of transport and land use* 10 (1): 655-674. doi: <http://dx.doi.org/10.5198/jtlu.2017.892>.
- Ciesielska, Malgorzata, Katarzyna W Boström et Magnus Öhlander. 2018. « Observation methods. » *Qualitative methodologies in organization studies: Volume II: Methods and possibilities* : 33-52.
- Cobey, Kelly D, Freek Laan, Gert Stulp, Abraham P Buunk et Thomas V Pollet. 2013. « Sex differences in risk taking behavior among Dutch cyclists. » *Evolutionary psychology* 11 (2): 147470491301100206.

- Copenhagenize. 2020. *The most bicycle-friendly cities of 2019* Consulté le 29 janvier. <https://copenhagenizeindex.eu/>.
- Cresswell, Tim et Tanu Priya Uteng. 2008. « Gendered mobilities: towards an holistic understanding. » *Gendered mobilities* : 1-12.
- Cripton, Peter A, Hui Shen, Jeff R Brubacher, Mary Chipman, Steven M Friedman, M Anne Harris, Meghan Winters, Conor CO Reynolds, Michael D Cusimano et Shelina Babul. 2015. « Severity of urban cycling injuries and the relationship with personal, trip, route and crash characteristics: analyses using four severity metrics. » *BMJ open* 5 (1): e006654.
- Crouse, Dan L, Mark S Goldberg et Nancy A Ross. 2009. « A prediction-based approach to modelling temporal and spatial variability of traffic-related air pollution in Montreal, Canada. » *Atmospheric Environment* 43 (32): 5075–5084. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.06.040>.
- Cunha, Isabel et Cecilia Silva. 2022. « Equity impacts of cycling: examining the spatial-social distribution of bicycle-related benefits. » *International journal of sustainable transportation* : 1-19. doi: <https://doi.org/10.1080/15568318.2022.2082343>.
- . 2023. « Assessing the equity impact of cycling infrastructure allocation: Implications for planning practice. » *Transport Policy* 133: 15-26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.12.021>.
- Daraei, Sara, Konstantinos Pelechrinis et Daniele Quercia. 2021. « A data-driven approach for assessing biking safety in cities. » *EPJ Data Science* 10 (1): 11.
- Dash, Ishita, Mark Abkowitz et Craig Philip. 2022. « Factors impacting bike crash severity in urban areas. » *Journal of safety research*.
- De Nazelle, Audrey, Mark J Nieuwenhuijsen, Josep M Antó, Michael Brauer, David Briggs, Charlotte Braun-Fahrlander, Nick Cavill, Ashley R Cooper, H el ene Desqueyroux et Scott Fruin. 2011. « Improving health through policies that promote active travel: a review of evidence to support integrated health impact assessment. » *Environment international* 37 (4): 766-777.
- Dekoninck, Luc, Dick Botteldooren et Luc Int Panis. 2015. « Using city-wide mobile noise assessments to estimate bicycle trip annual exposure to Black Carbon. » *Environment international* 83: 192-201.
- Di Ciommo, Floridea et Yoram Shiftan. 2017. *Transport equity analysis*. : Taylor & Francis.
- Dickinson, Janet E, Simon Kingham, Scott Copsey et Deborah J Pearlman Hougie. 2003. « Employer travel plans, cycling and gender: will travel plan measures improve the outlook for cycling to work in the UK? » *Transportation research part D: transport and environment* 8 (1): 53-67. doi: [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(02\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(02)00018-4).

- Dill, Jennifer. 2004. Measuring network connectivity for bicycling and walking. In *83rd annual meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC*.
- Dill, Jennifer et Brendon Haggerty. 2009. « Equity analysis of Portland's draft bicycle master plan—findings. », Portland State University. <http://archives.pdx.edu/ds/psu/16929>.
- Dixit, Malvika et Aruna Sivakumar. 2020. « Capturing the impact of individual characteristics on transport accessibility and equity analysis. » *Transportation research part D: transport and environment* 87: 102473.
- Doran, Alexandra, Ahmed El-Geneidy et Kevin Manaugh. 2021. « The pursuit of cycling equity: A review of Canadian transport plans. » *Journal of transport geography* 90: 102927. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102927>.
- Dozza, Marco et Julia Werneke. 2014. « Introducing naturalistic cycling data: What factors influence bicyclists' safety in the real world? » *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 24: 83-91.
- Dunckel Graglia, Amy. 2016. « Finding mobility: Women negotiating fear and violence in Mexico City's public transit system. » *Gender, Place & Culture* 23 (5): 624-640.
- Duran-Rodas, David, Dominic Villeneuve, Francisco C Pereira et Gebhard Wulfhorst. 2020. « How fair is the allocation of bike-sharing infrastructure? Framework for a qualitative and quantitative spatial fairness assessment. » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 140: 299-319.
- Duval, Alexandre. 2020. Vélo d'hiver à Québec: la Ville doit en faire plus. : Radio-Canada. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1648420/velo-hiver-ville-quebec-retard-agrandissement-reseau-deneigement>.
- Egset, Kaja Solland et Trond Nordfjærn. 2019. « The role of transport priorities, transport attitudes and situational factors for sustainable transport mode use in wintertime. » *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 62: 473-482.
- Emond, Catherine R, Wei Tang et Susan L Handy. 2009. « Explaining gender difference in bicycling behavior. » *Transportation Research Record* 2125 (1): 16-25. doi: <https://doi.org/10.3141/2125-03>.
- Engbers, C, R Dubbeldam, MGJ Brusse-Keizer, JH Buurke, D De Waard et JS Rietman. 2018. « Characteristics of older cyclists (65+) and factors associated with self-reported cycling accidents in the Netherlands. » *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 56: 522-530. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.05.020>.
- Evans, Bob, Marko Joas, Susan Sundback et Kate Theobald. 2005. *Governing sustainable cities*. : Earthscan.

- Ferenchak, Nicholas N et Wesley E Marshall. 2021. « Bicycling facility inequalities and the causality dilemma with socioeconomic/sociodemographic change. » *Transportation research part D: transport and environment* 97: 102920. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102920>.
- Fernández-Heredia, Álvaro, Sergio Jara-Díaz et Andrés Monzón. 2016. « Modelling bicycle use intention: the role of perceptions. » *Transportation* 43: 1-23. doi: <https://10.1007/s11116-014-9559-9>.
- Ferster, Colin, Trisalyn Nelson, Karen Laberee et Meghan Winters. 2021. « Mapping bicycling exposure and safety risk using Strava Metro. » *Applied geography* 127: 102388.
- Fincham, Ben. 2007. « Bicycle messengers: image, identity and community. » *Cycling and society* : 179-196.
- Finucane, Melissa L, Paul Slovic, Chris K Mertz, James Flynn et Theresa A Satterfield. 2000. « Gender, race, and perceived risk: The 'white male' effect. » *Health, risk & society* 2 (2): 159-172.
- Fisher, Jack E, Zorana J Andersen, Steffen Loft et Marie Pedersen. 2017. « Opportunities and challenges within urban health and sustainable development. » *Current Opinion in Environmental Sustainability* 25: 77-83.
- Flynn, Brian S, Greg S Dana, Justine Sears et Lisa Aultman-Hall. 2012. « Weather factor impacts on commuting to work by bicycle. » *Preventive medicine* 54 (2): 122-124.
- Fortier, Marco. 2018. Le vélo d'hiver gagne en popularité à Montréal. : Le Devoir. <https://www.ledevoir.com/societe/518634/le-velo-d-hiver-progresse-a-montreal>.
- Fraser, Simon DS et Karen Lock. 2011. « Cycling for transport and public health: a systematic review of the effect of the environment on cycling. » *European journal of public health* 21 (6): 738-743. doi: <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckq145>.
- Fuller, Daniel et Meghan Winters. 2017. « Income inequalities in Bike Score and bicycling to work in Canada. » *Journal of Transport & Health* 7: 264-268. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.09.005>.
- Füssli, Elisabeth et Juliane Haupt. 2017. « Understanding cyclist identity and related interaction strategies. A novel approach to traffic research. » *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 46: 329-341.
- Gadsby, April et Kari Watkins. 2020. « Instrumented bikes and their use in studies on transportation behaviour, safety, and maintenance. » *Transport Reviews* : 1-22.

- Gamble, Julie. 2019. « Playing with infrastructure like a Carishina: Feminist cycling in an era of democratic politics. » *Antipode* 51 (4): 1166-1184.
- Garrard, Jan, Susan Handy et Jennifer Dill. 2012. *Women and cycling*. : MIT Press Cambridge, MA.
- Garrard, Jan, Geoffrey Rose et Sing Kai Lo. 2008. « Promoting transportation cycling for women: the role of bicycle infrastructure. » *Preventive medicine* 46 (1): 55-59. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2007.07.010>.
- Gatersleben, Birgitta et David Uzzell. 2007. « Affective appraisals of the daily commute: Comparing perceptions of drivers, cyclists, walkers, and users of public transport. » *Environment and behavior* 39 (3): 416-431.
- Gaurrand-Paradot, Mateo. 2023. *La pratique du vélo d'hiver explose à Montréal*. <https://journalmetro.com/societe/mobilite/3041689/la-pratique-du-velo-dhiver-explose-a-montreal>.
- Gauvreau, Claude. 2022. *Le vélo d'hiver de plus en plus populaire*. <https://actualites.uqam.ca/2022/velo-hiver-plus-populaire/>.
- Gervais, Joanie, Celia Kingsbury, Josyane Lapointe, Kevin Lanza, Julie Boiché et Paquito Bernard. 2023. « It's snowing? Keep on rolling! Individual determinants of winter cycling in Québec. » *Active Travel Studies* 3 (2). doi: <https://doi.org/10.16997/ats.1384>.
- Giles-Corti, Billie, Sarah Foster, Trevor Shilton et Ryan Falconer. 2010. « The co-benefits for health of investing in active transportation. » *New South Wales public health bulletin* 21 (6): 122-127.
- Giles-Corti, Billie, Anne Vernez-Moudon, Rodrigo Reis, Gavin Turrell, Andrew L Dannenberg, Hannah Badland, Sarah Foster, Melanie Lowe, James F Sallis et Mark Stevenson. 2016. « City planning and population health: a global challenge. » *The lancet* 388 (10062): 2912-2924. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30066-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30066-6).
- Godavarthy, Ranjit Prasad et Ali Rahim Taleqani. 2017. « Winter bikesharing in US: User willingness, and operator's challenges and best practices. » *Sustainable Cities and Society* 30: 254-262.
- Godefroy, François et Catherine Morency. 2012. « Estimating latent cycling trips in Montreal, Canada. » *Transportation Research Record* 2314 (1): 120-128.
- Goldmann, Kathrin et Jan Wessel. 2021. « Some people feel the rain, others just get wet: An analysis of regional differences in the effects of weather on cycling. » *Research in Transportation Business & Management* 40: 100541.

- Goodman, Anna et Rachel Aldred. 2018. « Inequalities in utility and leisure cycling in England, and variation by local cycling prevalence. » *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 56: 381-391. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.05.001>.
- Gössling, Stefan. 2016. « Urban transport justice. » *Journal of transport geography* 54: 1-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.05.002>.
- Gourdji, Shannon. 2018. « Review of plants to mitigate particulate matter, ozone as well as nitrogen dioxide air pollutants and applicable recommendations for green roofs in Montreal, Quebec. » *Environmental Pollution* 241: 378-387.
- Granié, M-A. 2011. « Différences de sexe et rôle de l'internalisation des règles sur la propension des enfants à prendre des risques à vélo. » *Recherche Transports Sécurité-RTS* 27 (1): 34-41.
- Hair, Stefanie de, Carola Engbers, Rosemary Dubbeldam, Theo Zeegers et Henrik Liers. 2015. « A better understanding of single cycle accidents of elderly cyclists. ». <https://opus4.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/index/index/docId/1417>.
- Hamelin, Louis-Edmond. 2000. « Le Nord et l'hiver dans l'hémisphère boréal. » *Cahiers de géographie du Québec* 44 (121): 5-25.
- . 2006. Nordicité. sous la dir. de L'encyclopédie canadienne. <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/nordicite>.
- Hamidi, Zahra et Chunli Zhao. 2020. « Shaping sustainable travel behaviour: Attitude, skills, and access all matter. » *Transportation research part D: transport and environment* 88: 102566.
- Handy, Susan L, Marlon G Boarnet, Reid Ewing et Richard E Killingsworth. 2002. « How the built environment affects physical activity: views from urban planning. » *American journal of preventive medicine* 23 (2): 64-73. doi: [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(02\)00475-0](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(02)00475-0).
- Hansmann, Kellia J, Maggie Grabow et Carolyn McAndrews. 2022. « Health equity and active transportation: A scoping review of active transportation interventions and their impacts on health equity. » *Journal of Transport & Health* 25: 101346.
- Harris, Dylan. 2013. « Pedal power: designing effective cycling infrastructure in Winnipeg with lessons from Minneapolis. ».
- Heesch, Kristiann C, Shannon Sahlqvist et Jan Garrard. 2012. « 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* 9 (1): 1-12.

- Heinen, Eva, Kees Maat et Bert Van Wee. 2011. « The role of attitudes toward characteristics of bicycle commuting on the choice to cycle to work over various distances. » *Transportation research part D: transport and environment* 16 (2): 102-109.
- Heino, Adriaan, Hugo H van der Molen et Gerald JS Wilde. 1996. « Risk perception, risk taking, accident involvement and the need for stimulation. » *Safety Science* 22 (1-3): 35-48.
- Helbich, Marco, Lars Böcker et Martin Dijst. 2014. « Geographic heterogeneity in cycling under various weather conditions: Evidence from Greater Rotterdam. » *Journal of transport geography* 38: 38-47.
- Henao, Andres et Philippe Apparicio. 2022. « Dangerous overtaking of cyclists in Montréal. » *Safety* 8 (1): 16.
- Henao, Andres, Philippe Apparicio et David Maignan. 2021. « One metre plus (1M+): A multifunctional open-source sensor for bicycles based on Raspberry Pi. » *Sensors* 21 (17): 5812.
- Henningsen, Arne et Jeff D Hamann. 2008. « systemfit: A package for estimating systems of simultaneous equations in R. » *Journal of statistical software* 23: 1-40. doi: <https://doi.org/10.18637/jss.v023.i04>.
- Hertel, Ole, Martin Hvidberg, Matthias Ketzler, Lars Storm et Lizzi Stausgaard. 2008. « A proper choice of route significantly reduces air pollution exposure—a study on bicycle and bus trips in urban streets. » *Science of the total environment* 389 (1): 58-70.
- Hoffmann, Melody L. 2016. *Bike lanes are white lanes: Bicycle advocacy and urban planning*. : U of Nebraska Press.
- Hong, Jinhyun, David Philip McArthur et Joanna L Stewart. 2020. « Can providing safe cycling infrastructure encourage people to cycle more when it rains? The use of crowdsourced cycling data (Strava). » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 133: 109-121.
- Horton, Dave, Paul Rosen et Peter Cox. 2016. *Cycling and society*. : Routledge.
- Houde, Maxime, Philippe Apparicio et Anne-Marie Séguin. 2018. « A ride for whom: Has cycling network expansion reduced inequities in accessibility in Montreal, Canada? » *Journal of transport geography* 68: 9-21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.02.005>.
- Hull, Angela et Craig O'Holleran. 2014. « Bicycle infrastructure: can good design encourage cycling? » *Urban, Planning and Transport Research* 2 (1): 369-406. doi: <https://doi.org/10.1080/21650020.2014.955210>.
- Hunter, William, J Stewart et Jane Stutts. 1999. « Study of bicycle lanes versus wide curb lanes. » *Transportation Research Record* 1674 (1): 70-77.

- Huusko, Samuli. 2022. « An evaluation of winter maintenance practices for cycling infrastructure: Case of inner-city Helsinki. » *Spatial Planning and Transportation Engineering*, Aalto University. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202212187057>.
- Huy, Christina, Simone Becker, Uwe Gomolinsky, Thomas Klein et Ansgar Thiel. 2008. « Health, medical risk factors, and bicycle use in everyday life in the over-50 population. » *Journal of aging and physical activity* 16 (4): 454-464.
- Ibsen, Mikkel Elkær et Kristian Olesen. 2018. « Bicycle urbanism as a competitive advantage in the neoliberal age: the case of bicycle promotion in Portland. » *International planning studies* 23 (2): 210-224.
- Irlam, James Hamilton. 2016. « Barriers to cycling mobility in Masiphumelele, Cape Town: a best-worst scaling approach. », University of Cape Town.
- Jahanshahi, Danial, Subeh Chowdhury, Seosamh B Costello et Bert van Wee. 2020. Inequality in usage of bicycles: A literature review. In *Transportation Conference*.
- Jarvis, Hannah C et James R Gill. 2015. « Bicyclist fatalities in New York City. » *Academic forensic pathology* 5 (4): 667-675.
- Johansson, Christer, Boel Lövenheim, Peter Schantz, Lina Wahlgren, Peter Almström, Anders Markstedt, Magnus Strömgren, Bertil Forsberg et Johan Nilsson Sommar. 2017. « Impacts on air pollution and health by changing commuting from car to bicycle. » *Science of the total environment* 584: 55-63.
- Jonas, Michael et Beate Littig. 2015. « Sustainable practices. » *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* Second Edition.
- Juhra, Christian, Britta Wieskoetter, K Chu, L Trost, U Weiss, M Messerschmidt, A Malczyk, M Heckwolf et M Raschke. 2012. « Bicycle accidents—Do we only see the tip of the iceberg?: A prospective multi-centre study in a large German city combining medical and police data. » *Injury* 43 (12): 2026-2034.
- Kahan, Dan M, Donald Braman, John Gastil, Paul Slovic et CK Mertz. 2005. « Gender, race, and risk perception: The influence of cultural status anxiety. » *Available at SSRN 723762*.
- . 2007. « Culture and identity-protective cognition: Explaining the white-male effect in risk perception. » *Journal of Empirical Legal Studies* 4 (3): 465-505.
- Kaplan, Sigal, Thomas Alexander Sick Nielsen et Carlo Giacomo Prato. 2016. « Walking, cycling and the urban form: A Heckman selection model of active travel mode and distance by young adolescents. » *Transportation research part D: transport and environment* 44: 55-65. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.02.011>.

- Kiani, Behzad, Hiroshi Mamiya, Benoit Thierry, Caislin Firth, Daniel Fuller, Meghan Winters et Yan Kestens. 2023. « The temporal sequence between gentrification and cycling infrastructure expansions in Montreal, Canada. » *Habitat International* 139: 102899. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2024.101637>.
- Kiani, Behzad, Benoit Thierry, Philippe Apparicio, Caislin Firth, Daniel Fuller, Meghan Winters et Yan Kestens. 2024. « Associations between gentrification, census tract-level socioeconomic status, and cycling infrastructure expansions in Montreal, Canada. » *SSM-Population Health* : 101637. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2024.101637>.
- Krenn, Patricia Jasmin, Pekka Oja et Sylvia Titze. 2015. « Development of a bikeability index to assess the bicycle-friendliness of urban environments. » *Open Journal of Civil Engineering* 5 (04): 451.
- Krueger, Richard A. 2014. *Focus groups: A practical guide for applied research*. : Sage publications.
- Kuckartz, Udo et Stefan Rädiker. 2019. *Analyzing qualitative data with MAXQDA*. : Springer.
- Kummeneje, An-Magritt et Torbjørn Rundmo. 2020. « Attitudes, risk perception and risk-taking behaviour among regular cyclists in Norway. » *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 69: 135-150.
- Kummeneje, An-Magritt, Eirin Olaussen Ryeng et Torbjørn Rundmo. 2019. « Seasonal variation in risk perception and travel behaviour among cyclists in a Norwegian urban area. » *Accident Analysis & Prevention* 124: 40-49.
- Ladouceur, Robert, Patrick Gosselin et Michel J Dugas. 2000. « Experimental manipulation of intolerance of uncertainty: A study of a theoretical model of worry. » *Behaviour research and therapy* 38 (9): 933-941.
- Lam, Tiffany. 2022. « Towards an intersectional perspective in cycling. » *Active Travel Studies* 2 (1).
- Le, Huyen TK, Fionnuala Quinn, Alyson West et Steve Hankey. 2019. « Advancing cycling among women. » *Journal of transport and land use* 12 (1): 355-374.
- Leden, Lars, Charlotta Johansson et Peter Rosander. 2008. Elderly cyclists' opinions on safe and joyful cycling. In *ICTCT Workshop: 30/10/2008-31/10/2008*, : ICTC.
- Lehtonen, Esko, Ville Havia, Anna Kovanen, Miika Leminen et Emma Saure. 2016. « Evaluating bicyclists' risk perception using video clips: Comparison of frequent and infrequent city cyclists. » *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 41: 195-203.

- Lindsay, Graeme, Alexandra Macmillan et Alistair Woodward. 2011. « Moving urban trips from cars to bicycles: impact on health and emissions. » *Australian and New Zealand journal of public health* 35 (1): 54-60.
- Linneberg, Mai Skjøtt et Steffen Korsgaard. 2019. « Coding qualitative data: a synthesis to guide the novice. ».
- Litman, Todd. 2013. « Transportation affordability: Evaluation and improvement strategies. ».
- Lois, David, Juan Antonio Moriano et Gianni Rondinella. 2015. « Cycle commuting intention: A model based on theory of planned behaviour and social identity. » *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 32: 101-113.
- Lowry, Michael et Tracy Hadden Loh. 2017. « Quantifying bicycle network connectivity. » *Preventive medicine* 95: S134-S140.
- Lubitow, Amy. 2017. « Narratives of marginalized cyclists: understanding obstacles to utilitarian cycling among women and minorities in Portland, OR. ».
- Lubitow, Amy, Kyla Tompkins et Madeleine Feldman. 2019. « Sustainable Cycling For All? Race and Gender-Based Bicycling Inequalities in Portland, Oregon. » *City & Community* 18 (4): 1181-1202.
- Lüdecke, Daniel. 2022. *sjstats: Statistical Functions for Regression Models (Version 0.18.2)*. <https://zenodo.org/records/1489175>.
- Lusk, Anne C, Albert Anastasio, Nicholas Shaffer, Juan Wu et Yanping Li. 2017. « Biking practices and preferences in a lower income, primarily minority neighborhood: Learning what residents want. » *Preventive medicine reports* 7: 232-238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2017.01.006>.
- Lusk, Anne C, Peter G Furth, Patrick Morency, Luis F Miranda-Moreno, Walter C Willett et Jack T Dennerlein. 2011. « Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street. » *Injury prevention* 17 (2): 131-135. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2017.01.006>.
- MacEacheron, Carly, Kate Hosford, Kevin Manaugh, Nancy Smith-Lea, Steven Farber et Meghan Winters. 2023. « Is Canada's commuter bicycling population becoming more representative of the general population over time? A national portrait of bicycle commute mode share 1996–2016. » *Active Travel Studies* 3 (2). doi: <https://doi.org/10.16997/ats.1393>.
- Macmillan, Alexandra, Jennie Connor, Karen Witten, Robin Kearns, David Rees et Alistair Woodward. 2014. « The societal costs and benefits of commuter bicycling: simulating the effects of specific policies using system dynamics modeling. » *Environmental health perspectives* 122 (4): 335-344.

- MacNaughton, Piers, Steven Melly, Jose Vallarino, Gary Adamkiewicz et John D Spengler. 2014. « Impact of bicycle route type on exposure to traffic-related air pollution. » *Science of the total environment* 490: 37-43.
- Madlener, Reinhard et Yasin Sunak. 2011. « Impacts of urbanization on urban structures and energy demand: What can we learn for urban energy planning and urbanization management? » *Sustainable Cities and Society* 1 (1): 45-53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2010.08.006>.
- Mason, Jacob, Lew Fulton et Zane McDonald. 2015. « A global high shift cycling scenario: The potential for dramatically increasing bicycle and e-bike use in cities around the world, with estimated energy, CO₂, and cost impacts. ».
- Mathisen, Terje Andreas, Jan Anne Annema et Maarten Kroesen. 2015. « The effects of weather and climate change on cycling in northern Norway. » *European journal of transport and infrastructure research* 15 (2).
- McEvoy, Phil et David Richards. 2006. « A critical realist rationale for using a combination of quantitative and qualitative methods. » *Journal of research in nursing* 11 (1): 66-78.
- MEC. 2021. Préparez-vous pour le vélo d'hiver. <https://www.mec.ca/fr/explore/get-ready-for-winter-riding>.
- Miranda-Moreno, Luis Fernando, Thomas Nosal et Christopher Kho. 2013. *If We Clear Them, Will They Come? Study to Identify Determinants of Winter Bicycling in Two Cold Canadian Cities*.
- Moen, Bjørg-Elin. 2007. « Determinants of safety priorities in transport—The effect of personality, worry, optimism, attitudes and willingness to pay. » *Safety Science* 45 (8): 848-863.
- Mora, Rodrigo, Ricardo Truffello et Gabriel Oyarzún. 2021. « Equity and accessibility of cycling infrastructure: An analysis of Santiago de Chile. » *Journal of transport geography* 91: 102964. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.102964>.
- Morrison, Gabriel. 2021. « Urban Bicycle Infrastructure and Gentrification: A Quantitative Assessment of 46 American Cities. ».
- Motoaki, Yutaka et Ricardo A Daziano. 2015. « A hybrid-choice latent-class model for the analysis of the effects of weather on cycling demand. » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 75: 217-230.
- Murtagh, Niamh, Birgitta Gatersleben et David Uzzell. 2012. « Multiple identities and travel mode choice for regular journeys. » *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 15 (5): 514-524.

- Naciri, Sliman. 2023. « Du vélo en hiver? De plus en plus de montréalais disent oui. » *Le Métro*. <https://journalmetro.com/actualites/montreal/3010839/du-velo-en-hiver-oui-repondent-en-coeur-de-plus-en-plus-de-montrealais/>.
- Nahal, Tamara et Raktim Mitra. 2018. « Facilitators and barriers to winter cycling: Case study of a downtown university in Toronto, Canada. » *Journal of Transport & Health* 10: 262-271. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.05.012>.
- Newcomer, Kathryn E, Harry P Hatry et Joseph S Wholey. 2015. « Conducting semi-structured interviews. » *Handbook of practical program evaluation* 492.
- Nseyia, Cecile. 2018. Bicycle accidents: An analysis of the causes of single bicycle accidents in Stockholm.
- O. Nyumba, Tobias, Kerrie Wilson, Christina J Derrick et Nibedita Mukherjee. 2018. « The use of focus group discussion methodology: Insights from two decades of application in conservation. » *Methods in Ecology and evolution* 9 (1): 20-32.
- Öberg, Gudrun, Göran Nilsson, Hans Velin, Peter Wretling, Monica Berntman, Karin Brundell-Freij, Christer Hyden et Agneta Ståhl. 1996. « Single accidents among pedestrians and cyclists. » *VTI meddelande* (1996: 779A).
- Oja, Pekka, Silvia Titze, Adrian Bauman, Bas De Geus, Peter Krenn, Bill Reger-Nash et T Kohlberger. 2011. « Health benefits of cycling: a systematic review. » *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 21 (4): 496-509.
- Orellana, Daniel et Maria L Guerrero. 2019. « Exploring the influence of road network structure on the spatial behaviour of cyclists using crowdsourced data. » *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science* 46 (7): 1314-1330.
- Papon, Francis, Nadine Chaurand, Clément Dusong et Marie Tridon. 2017. « Revue de littérature sur les risques et les avantages sur la santé, réels et perçus, de la pratique des modes actifs. ».
- Parker, Andrew et Jonathan Tritter. 2006. « Focus group method and methodology: current practice and recent debate. » *International Journal of Research & Method in Education* 29 (1): 23-37.
- Parker, Sadie K, Haily M Hinson et Rob Porter. 2021. « Spatial accessibility of bicycle routes in the Quad Cities: impacts for environmental justice. » *Leisure/Loisir* : 1-26.
- Parkin, John, Mark Wardman et Matthew Page. 2007. « Models of perceived cycling risk and route acceptability. » *Accident Analysis & Prevention* 39 (2): 364-371.

- Paulusson, Malin. 2015. Daily Travel Mode Choice from an Intersectional Perspective:-A Literature Review and a Case Study in Uppsala.
- Pedroso, Dulce et Rachel Aldred. 2023. « In the opposite lane: how women of colour experience, negotiate and apply an oppositional gaze to dominant cycling discourses. » *Transportation research interdisciplinary perspectives* 19: 100828.
- Pedroso, Felipe E, Federico Angriman, Alexandra L Bellows et Kathryn Taylor. 2016. « Bicycle use and cyclist safety following Boston's bicycle infrastructure expansion, 2009–2012. » *American journal of public health* 106 (12): 2171-2177. doi: <https://doi.org/10.2105/AJPH.2016.303454>.
- Perala, T. 2000. « The maintenance level of pedestrian and bicycle routes. » *TIELAITOKSEN SELVITYKSIA* (49).
- Pistoll, Chance et Anna Goodman. 2014. « The link between socioeconomic position, access to cycling infrastructure and cycling participation rates: An ecological study in Melbourne, Australia. » *Journal of Transport & Health* 1 (4): 251-259. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2014.09.011>.
- Prati, Gabriele. 2018. « Gender equality and women's participation in transport cycling. » *Journal of transport geography* 66: 369-375.
- Pratte, Jeffrey. 2011. « Mainstreaming bicycling in winter cities: The case of Oulu, Finland. » City Planning, University of Manitoba. <https://mspace.lib.umanitoba.ca/server/api/core/bitstreams/73dfec70-158a-4d5e-b047-801705a6bc8b/content>.
- Pucher, John et Ralph Buehler. 2008. « Making cycling irresistible: lessons from the Netherlands, Denmark and Germany. » *Transport Reviews* 28 (4): 495-528.
- . 2012. *City cycling*. : MIT press.
- Pucher, John, Ralph Buehler et Mark Seinen. 2011a. « Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies. » *Transportation research part A: policy and practice* 45 (6): 451–475. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.03.001>.
- . 2011b. « Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies. » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 45 (6): 451-475. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.03.001>.
- Pucher, John, Jennifer Dill et Susan Handy. 2010. « Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. » *Preventive medicine* 50: S106-S125.

- Qiu, Lu-Yi et Ling-Yun He. 2018. « Bike sharing and the economy, the environment, and health-related externalities. » *Sustainability* 10 (4): 1145.
- R Core Team, R. 2013. « R: A language and environment for statistical computing. ».
- Rajé, Fiona et Andrew Saffrey. 2016. « The value of cycling. » *University of Birmingham and Phil Jones Associates*.
- Raustorp, Johan et Till Koglin. 2019. « The potential for active commuting by bicycle and its possible effects on public health. » *Journal of Transport & Health* 13: 72-77.
- Ravensbergen, Léa, Ron Buliung et Nicole Laliberté. 2019. « Toward feminist geographies of cycling. » *Geography compass* 13 (7): e12461.
- Robichaud, Melisa, Michel J Dugas et Michael Conway. 2003. « Gender differences in worry and associated cognitive-behavioral variables. » *Journal of anxiety disorders* 17 (5): 501-516.
- Robinson, Patrick et Robin Shepard. 2011. « Outreach, applied research, and management needs for Wisconsin's great lakes freshwater estuaries: A Cooperative Extension needs assessment model. » *Journal of Extension* 49 (1): 13.
- Roch, Marie-Hélène. 2019. « Vélo d'hiver à Montréal: expérience vécue, perçue et imaginée. », Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique.
- Roche-Cerasi, Isabelle, Torbjørn Rundmo, Johannes Foss Sigurdson et Dagfinn Moe. 2013. « Transport mode preferences, risk perception and worry in a Norwegian urban population. » *Accident Analysis & Prevention* 50: 698-704.
- Rodrigue, Lancelot, Aryana Soliz, Kevin Manaugh et Ahmed El-Geneidy. 2023. « Situating divergent perceptions of a rapid-cycling network in Montréal, Canada. » *Active Travel Studies*.
- Rojas-Rueda, David, Audrey De Nazelle, Zorana J Andersen, Charlotte Braun-Fahrländer, Jan Bruha, Hana Bruhova-Foltynova, Hélène Desqueyroux, Corinne Praznocy, Martina S Ragetti et Marko Tainio. 2016. « Health impacts of active transportation in Europe. » *PLoS One* 11 (3): e0149990.
- Rueter, Demian. 2007. « Strategies for increasing cycling in winter: A case study of Calgary. », Environmental Design.
- Rundmo, Torbjørn, Trond Nordfjærn, Hilde Hestad Iversen, Sigve Oltedal et Stig H Jørgensen. 2011. « The role of risk perception and other risk-related judgements in transportation mode use. » *Safety Science* 49 (2): 226-235.

- Sagoë, Dominic. 2012. « Precincts and prospects in the use of focus groups in social and behavioral science research. » *Qualitative Report* 17: 29.
- Saidla, Karl. 2018. « Health promotion by stealth: active transportation success in Helsinki, Finland. » *Health promotion international* 33 (4): 600-609.
- Saldaña, Johnny. 2014. « Coding and analysis strategies. » *The Oxford handbook of qualitative research* : 581-605.
- Salmon, Jo, Louisa Salmon, David A Crawford, Clare Hume et Anna Timperio. 2007. « Associations among individual, social, and environmental barriers and children's walking or cycling to school. » *American journal of health promotion* 22 (2): 107-113.
- Sanchez, Thomas W, Rich Stolz et Jacinta S Ma. 2004. « Inequitable effects of transportation policies on minorities. » *Transportation Research Record* 1885 (1): 104-110. doi: <https://doi.org/10.3141/1885-15>.
- Sanders, Rebecca L. 2015. « Perceived traffic risk for cyclists: The impact of near miss and collision experiences. » *Accident Analysis & Prevention* 75: 26-34.
- Satterthwaite, David. 1997. « Sustainable cities or cities that contribute to sustainable development? » *Urban studies* 34 (10): 1667-1691.
- Schintler, Laurie, Amanda Root et Kenneth Button. 2000. « Women's travel patterns and the environment: an agenda for research. » *Transportation Research Record* 1726 (1): 33-40. doi: <https://doi.org/10.3141/1726-05>.
- Schmiege, Sarah J, Angela Bryan et William MP Klein. 2009. « Distinctions between worry and perceived risk in the context of the theory of planned behavior. » *Journal of Applied Social Psychology* 39 (1): 95-119.
- Schoner, Jessica E et David M Levinson. 2014. « The missing link: Bicycle infrastructure networks and ridership in 74 US cities. » *Transportation* 41: 1187-1204. doi: <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9538-1>.
- Scott, David. 2007. « Resolving the quantitative–qualitative dilemma: a critical realist approach. » *International Journal of Research & Method in Education* 30 (1): 3-17.
- Shaw, Caroline, Marie Russell, Michael Keall, Sara MacBride-Stewart, Kirsty Wild, Dory Reeves, Rebecca Bentley et Alistair Woodward. 2020. « Beyond the bicycle: Seeing the context of the gender gap in cycling. » *Journal of Transport & Health* 18: 100871.
- Sherwin, Henrietta, Kiron Chatterjee et Juliet Jain. 2014. « An exploration of the importance of social influence in the decision to start bicycling in England. » *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 68: 32-45.

- Shinar, David, Pedro Valero-Mora, Maura van Strijp-Houtenbos, Narelle Haworth, Amy Schramm, Guido De Bruyne, Viola Cavallo, Joannes Chliaoutakis, Joao Dias et Ottavia Eleonora Ferraro. 2018. « Under-reporting bicycle accidents to police in the COST TU1101 international survey: Cross-country comparisons and associated factors. » *Accident Analysis & Prevention* 110: 177-186.
- Shirgaokar, Manish et Dianne Gillespie. 2016. Exploring user perspectives to increase winter bicycling mode share in Edmonton, Canada. In *TRB 2016 Annual Meeting*. https://www.shirgaokar.com/uploads/1/6/1/2/16129606/shirgaokar_and_gillespie_-_2016_-_exploring_user_perspectives_to_increase_winter_bicycling_mode_share_in_edmonton.pdf.
- Shirgaokar, Manish et Khandker Nurul Habib. 2018. « How does the inclination to bicycle sway the decision to ride in warm and winter seasons? » *International journal of sustainable transportation* 12 (6): 397-406.
- Shove, Elizabeth, Matt Watson et Mika Pantzar. 2012. « The dynamics of social practice: Everyday life and how it changes. ».
- Sjöberg, Lennart. 1998. « Worry and risk perception. » *Risk Analysis* 18 (1): 85-93.
- Slovic, Paul. 1987. « Perception of risk. » *Science* 236 (4799): 280-285.
- Smith, C Scott, Jun-Seok Oh et Cheyenne Lei. 2015. *Exploring the equity dimensions of US bicycle sharing systems*: Western Michigan University. Transportation Research Center for Livable
https://rosap.nhtl.gov/view/dot/30675/dot_30675_DS1.pdf.
- Spinazzè, Andrea, Andrea Cattaneo, Damiano R Scocca, Matteo Bonzini et Domenico M Cavallo. 2015. « Multi-metric measurement of personal exposure to ultrafine particles in selected urban microenvironments. » *Atmospheric Environment* 110: 8-17.
- Standen, Christopher, Melanie Crane, Stephen Greaves, Andrew T Collins et Chris Rissel. 2021. « How equitable are the distributions of the physical activity and accessibility benefits of bicycle infrastructure? » *International journal for equity in health* 20: 1-15.
- Statistique Canada. 2022. *Profil du recensement 2021 Ville de Montréal*. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/dp-pd/prof/details/page.cfm?Lang=F&GENDERlist=1,2,3&STATISTIClist=1&HEADERlist=0&DGUIDlist=2021A00052466023&SearchText=montreal>.
- Stehlin, John G et Alexander R Tarr. 2017. « Think regionally, act locally?: gardening, cycling, and the horizon of urban spatial politics. » *Urban geography* 38 (9): 1329-1351. doi: <https://doi.org/10.1080/02723638.2016.1232464>.

- Steinbach, Rebecca, Judith Green, Jessica Datta et Phil Edwards. 2011. « Cycling and the city: a case study of how gendered, ethnic and class identities can shape healthy transport choices. » *Social Science & Medicine* 72 (7): 1123-1130.
- Stigell, Erik. 2011. « Assessment of active commuting behaviour: walking and bicycling in Greater Stockholm. », Örebro universitet.
- Sun, Shengzhi, Wangnan Cao, Hong Qiu, Jinjun Ran, Hualiang Lin, Chen Shen, Ruby Siu-Yin Lee et Linwei Tian. 2020. « Benefits of physical activity not affected by air pollution: a prospective cohort study. » *International journal of epidemiology* 49 (1): 142-152.
- Taylor, C Barr, James F Sallis et Richard Needle. 1985. « The relation of physical activity and exercise to mental health. » *Public health reports* 100 (2): 195.
- Teschke, Kay, M Anne Harris, Conor CO Reynolds, Meghan Winters, Shelina Babul, Mary Chipman, Michael D Cusimano, Jeff R Brubacher, Garth Hunte et Steven M Friedman. 2012a. « Route infrastructure and the risk of injuries to bicyclists: a case-crossover study. » *American Journal of Public Health* 102 (12): 2336–2343. doi: <https://doi.org/10.2105/ajph.2012.300762>.
- . 2012b. « Route infrastructure and the risk of injuries to bicyclists: a case-crossover study. » *American journal of public health* 102 (12): 2336-2343.
- Thomas, Tom, Rinus Jaarsma et Bas Tutert. 2013. « Exploring temporal fluctuations of daily cycling demand on Dutch cycle paths: the influence of weather on cycling. » *Transportation* 40 (1): 1-22.
- Tortosa, Eugeni Vidal, Robin Lovelace, Eva Heinen et Richard P Mann. 2021. « Infrastructure is not enough. » *Journal of transport and land use* 14 (1): 693-714. doi: <http://doi:10.5198/jtlu.2021.1781>.
- Tucker, Bronwen et Kevin Manaugh. 2018. « Bicycle equity in Brazil: Access to safe cycling routes across neighborhoods in Rio de Janeiro and Curitiba. » *International journal of sustainable transportation* 12 (1): 29-38.
- Turner, Cathy, Rod McClure et Sandi Pirozzo. 2004. « Injury and risk-taking behavior—a systematic review. » *Accident Analysis & Prevention* 36 (1): 93-101.
- Twaddle, Heather, Fred Hall et Blanka Bracic. 2010. « Latent bicycle commuting demand and effects of gender on commuter cycling and accident rates. » *Transportation Research Record* 2190 (1): 28-36. doi: <https://doi.org/10.3141/2190-04>.
- Ul-Abdin, Zain, Pieter De Winne et Hans De Backer. 2019. « Risk-perception formation considering tangible and non-tangible aspects of cycling: A Flemish case study. » *Sustainability* 11 (22): 6474.

UNIL. 2020. *Projet BaSES*. Consulté le 27 mars. <http://wp.unil.ch/bases/2013/08/realismecritique/>.

Ursaki, Julia et Lisa Aultman-Hall. 2015. *Quantifying the equity of bikeshare access in US cities*: University of Vermont. Transportation Research Center. <https://scholarworks.uvm.edu/trc/267/>.

Van den Berg, Agnes E, Terry Hartig et Henk Staats. 2007. « Preference for nature in urbanized societies: Stress, restoration, and the pursuit of sustainability. » *Journal of social issues* 63 (1): 79-96.

Vansteenkiste, Pieter, Linus Zeuwts, Greet Cardon et Matthieu Lenoir. 2016. « A hazard-perception test for cycling children: An exploratory study. » *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 41: 182-194.

Vélo Québec. 2020. *Voies cyclables 4 saisons au Québec*. Consulté le 30 décembre. <https://www.velo.qc.ca/boite-a-outils/voies-cyclables-4-saisons-au-quebec/>.

———. 2021a. Adapter son vélo pour l'hiver. In *L'hiver à vélo*, sous la dir. de VéloQuébec. <https://www.velo.qc.ca/boite-a-outils/adapter-son-velo-pour-lhiver/>.

———. 2021b. *L'état du vélo à Montréal en 2020*. <https://www.velo.qc.ca/wp-content/uploads/2021/06/vq-edv2020-fr.pdf>.

Venkatesh, Viswanath, Sue A Brown et Yulia W Sullivan. 2016. « Guidelines for conducting mixed-methods research: An extension and illustration. » *Journal of the Association for Information Systems* 17 (7): 2.

Verhoeven, Hannah, Dorien Simons, Delfien Van Dyck, Jelle Van Cauwenberg, Peter Clarys, Ilse De Bourdeaudhuij, Bas de Geus, Corneel Vandelanotte et Benedicte Deforche. 2016. « Psychosocial and environmental correlates of walking, cycling, public transport and passive transport to various destinations in Flemish older adolescents. » *PLoS One* 11 (1): e0147128.

Vietinghoff, Christina. 2021. « An intersectional analysis of barriers to cycling for marginalized communities in a cycling-friendly French City. » *Journal of transport geography* 91: 102967.

Ville de Montréal. 2016. Plan Montréal durable 2016-2020. : <http://ville.montreal.qc.ca>.

———. 2017. « Montréal, Ville Cyclable. » *Plan-Cadre Vélo: Sécurité, Efficience, Audace* : 31.

———. 2021. *Plan stratégique*. https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/20210128_montreal_2030_vdm.pdf.

- . 2022. *Montréal en statistiques*. http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6897,67875636&_dad=portal&_schema=PORTAL.
- . 2023a. *Déneigement des trottoirs et des rues*. <https://montreal.ca/sujets/deneigement-des-trottoirs-et-des-rues>.
- . 2023b. *Montréal données ouvertes*. <https://donnees.montreal.ca/group/transport>.
- . 2023c. *Vélo et pistes cyclables* <https://montreal.ca/sujets/velo-et-pistes-cyclables>.
- Wang, Baixue. 2017. « Association between Area-based Socio-economic Deprivation and Neighbourhood Environmental Support for Bicycling in Nine Canadian Cities. ».
- WHO. 2004. « Stratégie mondiale pour l'alimentation, l'exercice physique et la santé. ».
- Williams, Katie. 2010. « Sustainable cities: research and practice challenges. » *International Journal of Urban Sustainable Development* 1 (1-2): 128-132.
- Winters, Meghan, Shelina Babul, HJEH Jack Becker, Jeffrey R Brubacher, Mary Chipman, Peter Crompton, Michael D Cusimano, Steven M Friedman, M Anne Harris et Garth Hunte. 2012. « Safe cycling: how do risk perceptions compare with observed risk? » *Canadian journal of public health* 103 (3): S42-S47.
- Winters, Meghan, Michael Brauer, Eleanor M Setton et Kay Teschke. 2010. « Built environment influences on healthy transportation choices: bicycling versus driving. » *Journal of urban health* 87: 969-993. doi: <https://doi.org/10.1007/s11524-010-9509-6>.
- . 2013. « Mapping bikeability: a spatial tool to support sustainable travel. » *Environment and Planning B: Planning and Design* 40 (5): 865-883. doi: <https://doi.org/10.1068/b38185>.
- Winters, Meghan, Melissa C Friesen, Mieke Koehoorn et Kay Teschke. 2007. « Utilitarian bicycling: a multilevel analysis of climate and personal influences. » *American journal of preventive medicine* 32 (1): 52-58.
- Winters, Meghan, Kay Teschke, Michael Brauer et Daniel Fuller. 2016. « Bike Score®: Associations between urban bikeability and cycling behavior in 24 cities. » *International journal of behavioral nutrition and physical activity* 13 (1): 18.
- Winters, Meghan, M Zanotto et G Butler. 2019. « The Canadian Bikeway comfort and safety (Can-BICS) classification system: A proposal for developing common naming conventions for cycling infrastructure. » *Vancouver, BC*. doi: <http://10.24095/hpcdp.40.9.04>.

Woodcock, James, David Banister, Phil Edwards, Andrew M Prentice et Ian Roberts. 2007. « Energy and transport. » *The Lancet* 370 (9592): 1078-1088.

Yang, Bin, Sihan Wang, Shuren Yu et Thomas Olofsson. 2020. « Soft-mobility in a winter-dominant city: A case study by comparing Nordic and non-Nordic residents in Umeå. » *Cities* 102: 102727.

Zimmerman, Sara, Michelle Lieberman, Karen Kramer et Bill Sadler. 2015. « At the intersection of active transportation and equity. » *Safe Routes to School National Partnership*.