

Application d'une méthode d'élaboration d'un réseau cyclable utilitaire et fonctionnel en milieu urbain

par

Catherine TURCOT

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION DE LA MAÎTRISE
AVEC MÉMOIRE EN GÉNIE DE LA CONSTRUCTION
M. Sc. A.

MONTRÉAL, LE 5 DÉCEMBRE 2018 AU BUREAU DES CYCLES
SUPÉRIEURS

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

©Tous droits réservés, Catherine Turcot

©Tous droits réservés

Cette licence signifie qu'il est interdit de reproduire, d'enregistrer ou de diffuser en tout ou en partie, le présent document. Le lecteur qui désire imprimer ou conserver sur un autre media une partie importante de ce document, doit obligatoirement en demander l'autorisation à l'auteur.

PRÉSENTATION DU JURY

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Mme Michèle St-Jacques, directrice de mémoire
Département du génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Gabriel Lefebvre, président du jury
Département du génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Luc Pellecuer, professeur
Département du génie de la construction à l'École de technologie supérieure

ELLE A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 18 OCTOBRE 2018

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

AVANT-PROPOS

À Camille Marcotte-Gravel, défunte amie, avalée sous un camion, sur son chemin à vélo vers le cégep Maisonneuve, à Montréal, en octobre 2005.

À Hélène Bisping, défunte belle-maman, amoureuse de l'idée du vélo comme mode de déplacement, et qui n'aura pas eu le temps de voir le résultat final de ce travail.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier, d'abord et avant tout, mon amoureux et partenaire de vie, Pierre-Marie Durand, pour tout le support, la confiance, la patience, les conseils et l'aide à la révision, bref, pour son accompagnement intégral et solidaire dans la réalisation de ce projet.

Merci PM.

Je tiens également à remercier tout particulièrement l'arrondissement de Verdun, à Montréal, et en particulier Jean-François Parenteau, Diane Vallée, Jean Cardin ing., Simon Cantin, Luc Gagnon, Pierre L'Heureux, Marie-Ève Brunet, Bernard Goupil, Tania Gonzalez, Claude Giguère, Bernard Dahl et Philippe Normand.

Un autre grand merci à CIMA+, en particulier à Chantal Dagenais pour son intérêt sincère, sa relecture et ses conseils professionnels, à Raymond Leclerc, Isabelle Charpentier et l'équipe de Gestion des déplacements, pour leur appui incroyable, leur flexibilité, leur indulgence, leur patience et leur confiance.

Des mentions de remerciement spéciales à Mathias Glaus, pour son intérêt, ses questions, ses commentaires et ses conseils éclairés et désintéressés, et à Clara Othoniel pour sa relecture.

Enfin, un grand remerciement à tous ceux qui m'ont, dans les dernières années, souligné leur intérêt et leur soutien, m'ont transmis leurs encouragements, ont cru en ma capacité de mener ce projet jusqu'au bout, en particulier, mes parents, Henri Turcot et Huguette Gauthier, mes beaux-parents, Hélène Bisping et Pierre Jacob Durand, et également, Alexandre Bisping, Marie-Chantal Girard et Marie-Élaine Desbiens.

APPLICATION D'UNE MÉTHODE D'ÉLABORATION D'UN RÉSEAU CYCLABLE UTILITAIRE ET FONCTIONNEL EN MILIEU URBAIN

Catherine TURCOT

RÉSUMÉ

Les infrastructures cyclables québécoises présentent de nombreuses déficiences fonctionnelles connues. Au niveau réseau, le manque de connectivité et la discontinuité des tronçons, les détours, la quantité insuffisante de liens ou leur absence défavorisent le choix modal du vélo, qui était d'à peine 1,5% au Québec en 2016 (Statistiques Canada, 2016). Les pratiques québécoises actuelles à la base de la planification et de la conception des infrastructures cyclables semblent donc en décalage avec une utilisation pratique du vélo. Ce mémoire s'intéresse à la problématique des déplacements à vélo en milieu urbain, et en particulier, à la fonctionnalité des voies cyclables dans le cadre d'un usage utilitaire du vélo par différents groupes de la population. L'objectif de ce mémoire est de mettre en application une méthode d'élaboration d'un réseau cyclable utilitaire et fonctionnel dans un contexte québécois. La méthode suivie s'inspire des pratiques néerlandaises en matière de planification et de conception d'infrastructures cyclables, et a été appliquée dans l'arrondissement de Verdun, à Montréal.

Mots-clés : vélo utilitaire, réseau cyclable, infrastructures cyclables, classification fonctionnelle, culture du vélo, transport actif, aménagement urbain

IMPLEMENTATION OF A METHOD FOR DEVELOPING A FUNCTIONAL URBAN BICYCLE NETWORK FOR UTILITARIAN PURPOSES

Catherine TURCOT

ABSTRACT

Quebec's cycling infrastructure is deficient in many documented ways. At the network level, the lack of connectivity and the discontinuity of its sections, the detours, and the insufficient number or complete absence of links are some of the factors that disadvantage cycling as the modal choice, at barely 1.5% in Quebec in 2016 (Statistique Canada, 2016). Current Quebec practices in cycling infrastructure planning and design seem to be at odds with commuter cycling for various population groups. This thesis focuses on the functionality of utilitarian bicycle infrastructures for different population groups in urban areas. The purpose of the thesis is to implement a method for developing an utilitarian and functional bicycle network in a Quebec setting. The method draws on Dutch practices in bicycle infrastructure planning and design, and was applied in the borough of Verdun in Montreal.

Keywords : bicycle, cycling, commuting, bicycle network, bicycle infrastructures, bicycle facilities, functional classification, urban planning

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE	5
1.1 Choix modal.....	5
1.1.1 Concept culture de mobilité urbaine et choix modal	6
1.1.2 Choix modal du vélo et réseau cyclable	8
1.1.3 Synthèse	17
1.2 Portrait du vélo utilitaire au Québec et diagnostic.....	18
1.2.1 Part modale du vélo utilitaire.....	19
1.2.2 Cyclistes et cyclistes utilitaires	23
1.2.3 Taux d'accidents	27
1.2.4 Infrastructures cyclables	29
1.2.5 Autres éléments du concept de culture de mobilité	41
1.2.6 Synthèse	50
1.3 Élaboration d'un réseau cyclable fonctionnel.....	52
1.3.1 Réseau cyclable utilitaire fonctionnel dans la littérature	52
1.3.2 Le réseau cyclable dans les guides techniques et les documents stratégiques	62
1.3.3 Recommandations danoises et néerlandaises en matière de réseau cyclable	67
1.3.4 Transposition des pratiques culturelles en mobilité.....	81
1.3.5 Synthèse	82
CHAPITRE 2 MÉTHODOLOGIE.....	85
2.1 Élaboration du réseau cyclable idéal.....	85
2.1.1 Réseau routier	86
2.1.2 Réseau cyclable existant	86
2.1.3 Déplacements.....	86
2.1.4 Pôles générateurs de déplacements.....	86
2.1.5 Problèmes et irritants actuels	87
2.1.6 Le gabarit de maillage à l'échelle des cyclistes	87
2.1.7 Critères qualitatifs du réseau cyclable idéal.....	87
2.1.8 Positionnement des axes du réseau cyclable idéal.....	88
2.2 Détermination des niveaux fonctionnels et hiérarchisation des axes.....	88
2.2.1 Détermination des niveaux fonctionnels des voies cyclables	88
2.2.2 Hiérarchisation des axes	89
2.3 Détermination des aménagements par niveaux fonctionnels de voies cyclables.....	91
2.3.1 Détermination des aménagements par niveaux de voies cyclables	91
CHAPITRE 3 ÉTUDE DE CAS.....	93
3.1 Élaboration et consolidation du réseau cyclable idéal	93

3.1.1	Identification des éléments spécifiques au territoire et liés aux déplacements.....	93
3.1.2	Gabarit du maillage idéal.....	111
3.1.3	Réseau cyclable idéal et analyse.....	112
3.2	Détermination des niveaux de voies cyclables et hiérarchisation.....	113
3.2.1	Détermination des niveaux de voies cyclables.....	113
3.2.2	Hiérarchisation du réseau cyclable.....	115
3.2.3	Réseau cyclable hiérarchisé.....	117
3.3	Détermination des aménagements par niveau de voies cyclables.....	130
3.3.1	Détermination des aménagements des tronçons par niveau de voies cyclables.....	130
3.4	Synthèse des caractéristiques techniques du réseau cyclable hiérarchisé.....	136
CHAPITRE 4 ANALYSE DES RÉSULTATS.....		139
4.1	Comparaison avec le réseau cyclable existant.....	139
4.1.1	Organisation.....	139
4.1.2	Longueur et densité.....	140
4.1.3	Maille, maillage et nœuds.....	141
4.1.4	Perméabilité.....	142
4.1.5	Synthèse de la comparaison.....	143
4.2	Caractéristiques d'analyse longitudinale.....	145
4.2.1	Maillage.....	145
4.2.2	Classification fonctionnelle et hiérarchisation des axes.....	146
4.2.3	Matrice(s) décisionnelle(s).....	148
4.2.4	Synthèse des paramètres à suivre dans le temps.....	149
CHAPITRE 5 DISCUSSION.....		151
5.1	Existant vs concept idéal.....	151
5.2	Conception et suivi: indicateurs quantitatifs et qualitatifs.....	152
5.3	Hiérarchisation routière en milieu urbain.....	153
5.4	CSR : les rues à vocation résidentielle et les <i>fietsstraat</i>	153
5.5	Institutionnalisation du vélo utilitaire.....	155
5.6	Amélioration des pratiques en ingénierie: recherche et diffusion.....	156
5.7	Synthèses des difficultés et recommandations.....	159
CONCLUSION 161		
LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		163

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1 Part modale du vélo et de l'automobile (conducteurs et passagers) pour les déplacements domicile-travail dans les provinces canadiennes (données compilées de Statistique Canada (2016))	20
Tableau 1.2 Part modale du vélo et de l'automobile (conducteurs et passagers) dans les déplacements domicile-travail de la population active dans les grandes villes canadiennes (données compilées de Statistique Canada (2016)) ...	21
Tableau 1.3 Part modale du vélo et nombre d'utilisateurs correspondant pour la dernière enquête O-D par région.....	23
Tableau 1.4 Typologie des cyclistes montréalais développée par Damant-Sirois et al. (2014).....	26
Tableau 1.5 Caractéristiques qualitatives du réseau cyclable selon la recherche	60
Tableau 1.6 Type d'aménagement cyclable néerlandais de base et niveau du réseau cyclable	80
Tableau 2.1 Critères qualitatifs du réseau cyclable idéal déterminés par les acteurs du milieu	88
Tableau 3.1 Portrait géographique et routier de l'arrondissement de Verdun	99
Tableau 3.2 Longueur du réseau cyclable existant de Verdun par type de voie cyclable et par secteur	101
Tableau 3.3 Principales origines et destinations des déplacements générés par Verdun, selon le motif, tous motifs confondus, sauf retour à domicile	105
Tableau 3.4 Principales origines et destinations des déplacements générés par Verdun, selon le mode	105
Tableau 3.5 Principaux pôles générateurs de déplacements dans Verdun, par catégorie et secteur	107
Tableau 3.6 Problèmes et irritants actuels liés aux déplacements à vélo et aux infrastructures cyclables du territoire.....	109
Tableau 3.7: Caractéristiques générales des niveaux de voies cyclables déterminés	114

Tableau 3.8 Liste des voies cyclables des niveaux 1 et 2, selon la route longée.....	119
Tableau 3.9 Densité du réseau cyclable déterminé.....	121
Tableau 3.10 Axes du réseau cyclable déterminé par niveau de voie cyclable et par direction dominante	124
Tableau 3.11 Valeurs des distances entre les mailles parallèles du niveau 1	126
Tableau 3.12 Valeurs des distances entre les mailles parallèles du niveau 2	128
Tableau 3.13: Aménagements par niveaux de voies cyclables et routes	131
Tableau 3.14 Caractéristiques des aménagements cyclables de niveau 1	132
Tableau 3.15: Aménagements des tronçons par classe de route pour le niveau 1	132
Tableau 3.16 Caractéristiques des aménagements cyclables de niveau 2	133
Tableau 3.17: Aménagements des tronçons par niveau et fonction de route pour le niveau 2	134
Tableau 3.18 Caractéristiques des aménagements des axes résidentiels	135
Tableau 3.19 Exemples de mesures d'apaisement de la circulation	135
Tableau 3.20 Caractéristiques techniques du réseau cyclable déterminé	136
Tableau 4.1 Gains en longueur et densité du réseau cyclable déterminé.....	141

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1 Principes de fonctionnalité du réseau cyclable utilitaire	16
Figure 1.2 Répartition modale de la population active du Québec (données compilées de Statistique Canada (2016)).....	19
Figure 1.3 Évolution de la part modale du vélo dans les déplacements domicile-travail au Québec (données compilées de Statistique Canada (2016))	21
Figure 1.4 Évolution de la part modale du vélo selon les données des deux dernières enquêtes O-D des principales régions urbaines québécoises (données compilées de Morency et al. (2015))	22
Figure 1.5 Proportion de cyclistes hommes et femmes dans la province de Québec et selon les enquêtes O-D des différentes régions urbaines québécoises (données compilée de Morency et al. (2015))	25
Figure 1.6 Nombre de cyclistes québécois accidentés selon la nature de la blessure de 2012 à 2017 (données compilées de Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) (2018)).....	28
Figure 1.7 Répartition des accidents à vélo au Québec de 2011 à 2016, selon le genre (données compilées de Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) (2018))	29
Figure 1.8 Évolution du nombre de kilomètres d'aménagements cyclables depuis 1979, tirée de Jolicoeur et Vélo Québec (2001)	35
Figure 1.9 Nombre de kilomètres de voies cyclables dans les cinq grandes municipalités québécoises de 2005 à 2015, tirée des États du vélo de 2005 à 2015 de Vélo Québec.....	36
Figure 1.10 Objectifs et cibles de la Politique sur le vélo 2008, tirée de Ministère des Transports du Québec (MTQ) (2008).	45
Figure 1.11 Réseau cyclable de Delft, 2005, tiré de Hembrow (2008)	58
Figure 1.12 Illustration de l'approche réseau	74

Figure 1.13 Hiérarchisation fonctionnelle du réseau cyclable néerlandais, adaptation de Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (CROW) (2016) (DMBT)	76
Figure 1.14 Réseau cyclable de la ville d'Assen, tirée de Hembrow (2015)	77
Figure 3.1 Localisation de l'arrondissement de Verdun sur l'Île de Montréal, tirée de Wikipédia (2018)	94
Figure 3.2 Quartiers de référence en habitation de l'Arrondissement de Verdun, image tirée de Ville de Montréal (2014).....	95
Figure 3.3 Répartition de la densité de la population dans l'arrondissement de Verdun, selon les données de Statistiques Canada de 2011, tirée de Ville de Montréal (2011)	96
Figure 3.4 Classification fonctionnelle du réseau routier de l'île de Montréal, tirée de Ville de Montréal et al. (2010).....	98
Figure 3.5 Réseau cyclable existant de Verdun	100
Figure 3.6 Répartition du réseau cyclable existant par type de voie cyclable	101
Figure 3.7 Répartition du réseau cyclable existant par secteur.....	102
Figure 3.8 Discontinuité entre la bande cyclable de la rue Beatty et la piste cyclable de l'Aqueduc, tirée de Google Map	104
Figure 3.9 Gabarit de maillage à 300 m et 600 m.....	111
Figure 3.10 Réseau cyclable idéal déterminé	112
Figure 3.11 Progression de la hiérarchisation des axes du réseau cyclable.....	116
Figure 3.12 Réseau cyclable consolidé et hiérarchisé	118
Figure 3.13 Répartition du réseau cyclable utilitaire hiérarchisé par niveau de voie cyclable	120
Figure 3.14 Répartition du réseau cyclable utilitaire hiérarchisé sur le territoire de l'arrondissement	120
Figure 3.15 Répartition de l'ensemble des voies accessibles aux cyclistes par type	120
Figure 3.16 Répartition de l'ensemble des voies accessibles aux cyclistes sur le territoire de l'arrondissement	120

Figure 3.17 Répartition des axes cyclables utilitaires du réseau déterminé selon la classe de route longée	121
Figure 3.18 Nœuds du réseau cyclable déterminé	122
Figure 3.19 Tronçons du réseau cyclable déterminé selon l'intervalle de mesure.....	123
Figure 3.20 Axes du niveau 1	125
Figure 3.21 Axes du niveau 2	127
Figure 3.22 Axes du réseau polyvalent.....	129

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

AMT	Agence métropolitaine de transport
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
CCC	Collection of Cycle Concepts 2012
CROW	Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek
CSR	Code de la sécurité routière
DMBT	Design Manual for Bicycle Traffic
FHWA	Federal Highway Administration
EPOMM	European Platform on Mobility Management
MASSDOT	Massachusetts Department of Transportation
MTMDET	Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des Transports
MTQ	Ministère des Transports
PLD	Plan local de déplacement
PMDQ	Politique de Mobilité durable du Québec
REM	Réseau express métropolitain
REV	Réseau express vélo
SAAQ	Société de l'assurance automobile du Québec
SWOV	Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid
TAC	Transportation Association of Canada

INTRODUCTION

Il est intéressant de s'imaginer quels seraient le statut et l'utilisation du vélo de nos jours si ce dernier avait été inventé au temps des grandes explorations, par exemple celui de Marco Polo, et avait, dans l'histoire, participé à la mobilité des peuples. Plutôt, le vélo est un contemporain de l'automobile, un mode qui a été systématiquement et culturellement privilégié dans plusieurs organisations urbaines au XX^e siècle et jusqu'à maintenant, au détriment d'autres modes et de la fonctionnalité de leurs infrastructures, soit de leur qualité à assurer l'efficacité des déplacements et l'accès aux destinations.

Le Québec correspond bien à ce profil de paradigme automobile, où le choix modal du vélo reste marginal : la part modale du vélo y est d'à peine 1,5 % (Statistique Canada, 2016), et ce, même si environ 50 % des Québécois sont cyclistes (Jolicoeur & Vélo Québec, 2016) et que les distances qu'ils franchissent quotidiennement pourraient être réalisées à vélo (Vélo Québec, 2014). En revanche, le vélo est reconnu comme moyen de transport au Québec, et depuis les vingt dernières années, des milliers de kilomètres de voies cyclables ont été construits dans presque toutes les régions du territoire québécois (Jolicoeur & Vélo Québec, 2016; Ministère des Transports du Québec (MTQ), 2008).

Les infrastructures cyclables québécoises présentent cependant de nombreuses déficiences fonctionnelles connues, par exemple, au niveau réseau, le manque de connectivité et la discontinuité des tronçons, les détours, la quantité insuffisante de liens ou leur absence. Ces critiques soulèvent autant un problème de fonctionnalité et d'adaptation des infrastructures à la perception des cyclistes comme usagers du système de transport et comme usagers vulnérables de la route qu'un problème de reconnaissance du vélo comme mode de transport (Vélo Québec, 2013).

Les pratiques actuelles à la base de la planification et de la conception des infrastructures cyclables semblent donc en décalage avec une utilisation pratique du vélo. Ces pratiques, telles que mises en œuvre par les ingénieurs en aménagement routier et en sécurité routière, qui ont

l'acte réservé de la conception des routes, ont comme principales bases les normes du Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET). Or, ces normes sont subjectives, ne comprennent aucune notion relative au réseau cyclable, et couvrent peu les spécificités du milieu urbain ou de celles des déplacements utilitaires à vélo. L'absence d'encadrement des normes dans la planification et l'élaboration d'infrastructures cyclables adaptées aux besoins en milieu urbain est déplorée par le milieu (Bruneau & Morency, 2016; Ville de Montréal - Division de la géomatique, 2018a; Ville de Montréal, 2018b; Ville de Québec, 2017).

Plusieurs municipalités québécoises s'intéressent pourtant au vélo utilitaire pour ses nombreux avantages en milieu urbain, où les distances sont à sa portée, notamment : il est pratique et flexible, permet des déplacements rapides, en toute autonomie, efficaces et prévisibles en termes de temps et d'énergie, prend peu d'espace public, son coût d'acquisition est relativement faible et sa pratique requiert des habiletés physiques communes pour la majorité des groupes sociaux (Pucher & Buehler, 2012c). Un exemple québécois récent de cet intérêt est le projet Réseau express vélo (REV) de la Ville de Montréal, qui vise à offrir « aux Montréalais un réseau cyclable sécuritaire dans des axes permettant un haut débit de circulation afin d'offrir aux cyclistes une connexion directe, rapide et sécuritaire à leur lieu de travail » (Projet Montréal, 2017).

Mettre en application une méthode d'élaboration d'un réseau cyclable utilitaire et fonctionnel dans un contexte urbain québécois est l'objectif principal de ce mémoire. Peu de documentation normative aborde techniquement la fonctionnalité d'un réseau cyclable. Un réseau cyclable utilitaire et fonctionnel se définit comme un système de mobilité durable favorisant le vélo comme mode de transport auprès des différents groupes sociaux de la population, en leur assurant des déplacements pratiques, sécuritaires et confortables. Un réseau cyclable utilitaire fonctionnel se base sur quatre éléments principaux adaptés à la perspective de la majorité des cyclistes: la mobilité, l'accès, les sécurités réelle et perçue.

Les Pays-Bas, pays où la part modale du vélo à l'échelle nationale est la plus haute au monde, soit 26 % (Fruianu, van Leeuwen, Blanker, & Stelling, 2010; Pucher & Buehler, 2008), possèdent une approche et une expérience uniques en matière de réseau cyclable utilitaire fonctionnel. Le réseau cyclable néerlandais est, au même titre qu'un réseau routier, un réseau cyclable fonctionnel et hiérarchisé, composé d'axes classifiés selon leur fonction dans le réseau. Cette « approche réseau » des infrastructures cyclables est retenue pour atteindre l'objectif du présent travail.

Dans le cadre de ce mémoire, un réseau cyclable utilitaire et fonctionnel a été élaboré dans l'arrondissement de Verdun, à Montréal, pour le Plan local de déplacements (PLD) de Verdun. Le projet s'est divisé en trois étapes principales, correspondant chacune à un sous-objectif :

- Élaborer le réseau cyclable idéal;
- Déterminer les niveaux fonctionnels des voies cyclables et hiérarchiser les axes;
- Déterminer les aménagements par niveaux fonctionnels.

Les différentes étapes ont été l'objet de révision par les acteurs du milieu, des citoyens, des élus et des professionnels de l'arrondissement, dans l'esprit consultatif du PLD.

Le présent mémoire s'inscrit dans une démarche vers un changement de paradigme en transport et en aménagement urbain, par le biais d'une meilleure intégration du vélo comme mode de déplacement. Le système actuel n'étant pas adapté au vélo, des changements dans les pratiques sont nécessaires pour permettre son intégration. Cette démarche cadre avec les aspirations du Québec en développement durable et de plusieurs municipalités québécoises en termes de sécurité routière, notamment avec le concept Vision Zéro, ou encore de ville intelligente. Le principal apport de ce travail réside dans son approche du vélo comme un mode utilitaire accessible à la majorité et intégré à un système de transport, et non comme un véhicule marginal, isolé et envisageable uniquement pour un groupe restreint de la population. Des pratiques plus adaptées à l'usage du vélo utilitaire en milieu urbain impliquent une révision des principes de base en gestion des déplacements. Le réseau cyclable d'inspiration néerlandaise se présente comme un outil permettant de faire du vélo un choix modal logique

et naturel pour un grand nombre d'usagers, et qui favorise l'établissement d'une culture de mobilité inclusive au vélo.

Le présent travail se divise en quatre sections. Le premier chapitre contient la revue de littérature d'où découle l'hypothèse de recherche. La deuxième section détaille la méthodologie appliquée pour réaliser les différentes étapes permettant d'atteindre l'objectif fixé. Les résultats des différentes étapes se trouvent au troisième chapitre. Enfin, la quatrième section contient une discussion sur les résultats et difficultés anticipées ainsi que des recommandations.

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE

Ce chapitre présente la littérature qui a servi à dresser l'état des connaissances relatives au réseau cyclable utilitaire fonctionnel et au contexte de pratique du vélo utilitaire au Québec. La revue de littérature a également permis de cibler la méthodologie visant à tester une démarche pour améliorer la fonctionnalité des infrastructures cyclables en milieu urbain dans un contexte québécois.

Ce chapitre débute par le contexte du choix modal chez les individus d'une organisation et l'influence du réseau cyclable dans le choix modal du vélo. Il poursuit avec un portrait des déplacements utilitaires à vélo au Québec et de ses infrastructures cyclables et formule un diagnostic quant aux problématiques soulevées en matière d'infrastructures cyclables. Il enchaîne avec une revue des recherches sur le réseau cyclable et les guides techniques usuels en Amérique du Nord. Enfin, il se termine par une description plus détaillée de la méthode néerlandaise, qui se présente comme la plus méthodique, qualitativement et techniquement, pour parvenir à l'élaboration d'un réseau cyclable fonctionnel.

1.1 Choix modal

Peu importe le mode qu'ils choisissent, les individus ont besoin de pouvoir se déplacer et d'accéder aux destinations d'un territoire.

Les habitudes de déplacements et le choix modal des individus sont le résultat de contraintes physiques, comme l'environnement bâti et la qualité et la quantité des infrastructures, de contraintes culturelles et sociodémographiques, comme l'âge, le revenu et l'ethnie, et de contraintes individuelles sociopsychologiques, comme les perceptions et les comportements, spécifiques à une organisation ((Van Acker, Van Wee, & Witlox, 2010) dans (Harms, Bertolini, & Brömmelstroet, 2016)). Ces contraintes agissent directement, indirectement et de

façon simultanée sur les individus, favorisant ainsi le choix d'un mode de transport plutôt qu'un autre pour un déplacement donné.

La présente section explore le lien entre le choix modal du vélo et le réseau cyclable.

1.1.1 Concept culture de mobilité urbaine et choix modal

Le contexte dans lequel s'effectue les choix modaux des individus d'une organisation peut être vu comme une culture. La notion de « culture de mobilité urbaine » de Deffner et al. (2006) s'accorde avec cette perspective. La culture de mobilité urbaine est un concept sociotechnique offrant un cadre théorique et multidisciplinaire, et une approche systémique à une étude intégrée des paramètres quantitatifs et qualitatifs qui caractérisent les déplacements des individus et le transport sur un territoire urbain (Klinger, Kenworthy, & Lanzendorf, 2013; Kuhnimhof & Feige, 2013a). Les chercheurs Klinger et al. (2013) traduisent (de l'allemand vers l'anglais): « The term urban mobility cultures encompasses both material and symbolic elements of a transport system as part of a specific socio-cultural setting, which consists of mobility-related discourses and political strategies on the one hand and institutionalised travel patterns and the built environment on the other hand (Deffner et al., 2006, p. 16) ».

Le concept de culture de la mobilité urbaine se présente en un schéma illustrant, sur un même plan et en un système intégré, les différentes composantes qui influent sur le choix modal des individus d'une organisation, ainsi que leurs liens d'interrelation.

Le concept de culture de la mobilité comprend les comportements de mobilité des individus comme des manifestations ponctuelles de la conjoncture d'une variété de paramètres spécifiques et caractéristiques d'un territoire et d'un système de transport (Kuhnimhof & Wulfhorst, 2013). Il offre une perspective autant individuelle que collective sur les choix modaux. L'utilisation d'un mode plutôt qu'un autre pour un déplacement donné est la résultante de différents facteurs interreliés, intégrés horizontalement et verticalement, et agissant simultanément sur le processus décisionnel d'un individu. Ce concept se caractérise par une grande variabilité de la nature et de la présence de ses composantes dans le temps, qui la façonnent autant qu'elles en sont partie intégrante (Kuhnimhof & Wulfhorst, 2013).

Le concept de culture de mobilité urbaine fait appel au terme « mobilité » plutôt que « transport » selon la nuance soulignée par Vivre en Ville (s.d.) (2018): « La mobilité est un concept différent de celui du transport, car elle désigne également les déplacements potentiels et donc les conditions spatiales, économiques et sociales qui permettent ou contraignent ces déplacements éventuels (Gudmundsson, 2003 dans Boucher & Fontaine, 2011). La mobilité renvoie donc à la notion d'accessibilité des lieux de destination et à la capacité des individus à s'y rendre. »

1.1.1.1 Utilisation du concept de culture de mobilité urbaine

L'analyse parallèle de la culture de mobilité de plusieurs organisations urbaines permet de faire ressortir des patrons de mobilité, soient les « formes de mobilité déterminées par la combinaison de séquences de lieux et d'activité » (Chardonnel, du Mouza, Fauvet, Josselin, & Ruigaux, 2004), et des paradigmes de mobilité propres à un territoire, offrant ainsi un cadre de comparaison spatio-temporelle entre entités urbaines. Il peut être utilisé à différentes échelles gouvernementales, et même, pour des analyses d'intégration verticale. L'analyse d'un territoire par le prisme du concept de culture de mobilité urbaine permet de faire ressortir une culture de mobilité dominante (Kuhnimhof & Feige, 2013b), ainsi que les facteurs à l'œuvre dans cette dominance, et corolairement, les éléments manquants à la favorisation d'autres modes. Par exemple, Klinger et al. (2013) l'ont employé pour réaliser une analyse typologique d'un pool de villes allemandes et définir la catégorie *cycling cities*, c'est-à-dire, les organisations où certaines composantes clefs du système créent une conjoncture modale favorable à l'utilisation du vélo. Par extension, en contextualisant le choix modal par les différents facteurs qui le déterminent, le concept de culture de mobilité urbaine permet d'illustrer une culture de mobilité inclusive au vélo, et participe, par le fait même, à préciser le terme « culture du vélo » largement utilisé par la littérature pour évoquer différentes actions ou contextes jugés favorables au vélo utilitaire, sans toutefois être défini.

1.1.2 Choix modal du vélo et réseau cyclable

À la lumière de ce concept, le choix modal du vélo peut être compris comme la résultante de facteurs diversifiés autant subjectifs qu'objectifs, et directs qu'indirects, agissant sur les individus et s'exprimant dans le contexte spécifique d'une organisation.

La recherche sur les déterminants du vélo utilitaire, multidisciplinaire, prolifique depuis les vingt dernières années, est d'ailleurs parvenue à un constat similaire (Albert de la Bruheze, 2000; Buehler & Dill, 2016; Garrad, Handy, & Dill, 2012; Handy, van Wee, & Kroesen, 2014; Harms et al., 2016; Langeland, 2014). Les chercheurs Pucher et Buehler (Pucher & Buehler, 2007, 2008, 2012b) ont entrepris une vaste étude comparative entre les pratiques des organisations où la part modale du vélo est parmi les plus hautes au monde, comme les Pays-Bas (27 %) et le Danemark (18 %), et celles où elle est basse, comme en Amérique du Nord, afin d'en dégager les différences entre les pratiques face au vélo utilitaire. Selon l'analyse des chercheurs, la popularité du vélo tient à un ensemble de mesures variées et complémentaires, qui agissent simultanément pour faire du vélo une option modale « sécuritaire, pratique et attrayante » (notre traduction, Pucher & Buehler, 2008). Par ailleurs, Pucher, Dill, et Handy (2010) expliquent ainsi le fonctionnement du système de mesures favorisant le choix modal du vélo: « A comprehensive approach produces a much greater impact on bicycling than individual measures that are not coordinated. The impact of any particular measure is enhanced by the synergies with complementary measures in the same package. In that sense, the whole package is more than the sum of its parts ».

Ce programme intégré serait multiscalaire (différents niveaux de gouvernement) et multilatéral (multidisciplinaire), en comprenant notamment une planification intégrée du transport et de l'aménagement à tous les niveaux (Handy, Heinen, & J.Krizek, 2012; Pucher et al., 2010).

1.1.2.1 Réseau cyclable

Il est connu de la recherche que tenter de mesurer et de quantifier l'effet réel des différentes mesures incitatives au vélo sur le choix modal des individus est un exercice complexe (Heinen,

van Wee, & Maat, 2010). Malgré cette complexité, la recherche sur les déterminants du vélo utilitaire tente tout de même de connaître et de nommer les mesures qui ont le plus d'impact en faveur de ce moyen de transport au sein d'une organisation, et à cet effet, elle s'est rapidement développée depuis les vingt dernières années, alors que plusieurs organisations cherchent à comprendre comment mousser la popularité du vélo comme mode de déplacement sur leur territoire et/ou réduire le taux d'accidents impliquant les cyclistes (Handy et al., 2014).

La littérature sur les infrastructures cyclables occupe une bonne place dans la recherche sur les déterminants du vélo. Les recherches sur les infrastructures cyclables infèrent en majorité de l'effet positif de la présence d'un réseau cyclable sur la pratique du vélo utilitaire (Buehler & Dill, 2016; Handy et al., 2012; Harms et al., 2016; Langeland, 2014; Pucher & Buehler, 2007, 2008; Pucher et al., 2010). Dans leur liste de mesures incitatives « clefs », tirées d'observations dans les organisations où le vélo possède une part modale significative ou a connu, dans les dernières années, une croissance modale significative, Pucher et Buehler (2012d, p. 350) positionnent d'ailleurs le réseau cyclable en deuxième place, juste après l'implantation d'un programme intégré de mesures provélo utilitaires (dont fait partie le réseau cyclable).

Techniquement, qu'est-ce un réseau cyclable incitatif à l'usage du vélo utilitaire? Comment est-il planifié, structuré, opéré? Dans la recherche sur les infrastructures cyclables comme incitatifs à l'utilisation du vélo, celle sur le réseau est en émergence (Buehler & Dill, 2016; Forsyth & Krizek, 2011; Gerike & Parkin, 2015), et peu d'études fournissent une définition qualitative ou quantitative du terme « réseau cyclable » (*bicycle network*). Or, la diversité des contextes urbains d'implantation d'un réseau cyclable et de la place réservée au vélo dans le système de transport impliquent différentes interprétations de l'expression « réseau cyclable », comme soulevé par les chercheurs Furth, Mekuria, et Nixon (2012): « A city or region's bicycling network can be variously defined as its inventory of bicycling facilities, or as the links that cyclists are permitted to use. However, considering the many Americans who don't ride a bike regularly because of the lack of safe routes to ride, a third way of defining the bicycling network is the set of streets and paths that do not exceed people's tolerance for traffic stress ».

Dans un même ordre d'idées, dans leur revue de la littérature scientifique sur les déterminants du vélo utilisé à des fins utilitaires, Heinen et al. (2010) n'emploient pas le terme « réseau cyclable », mais précisent plutôt que, selon leur analyse, c'est la « continuité des infrastructures cyclables » (*continuity of bicycle network*) qui est favorable à l'utilisation du vélo à des fins utilitaires.

Ces différentes nuances nominales montrent que, comme le reconnaît la recherche, étudier un tel système et en comprendre son fonctionnement présentent de nombreuses complexités (Handy et al., 2014). Par ailleurs, la dernière définition employant le terme continuité de voies cyclables implique qu'un réseau cyclable est populaire auprès d'un ensemble de cyclistes à la condition qu'il réponde de certaines caractéristiques qui en définissent la qualité.

1.1.2.2 Cycliste utilitaire comme juge de la qualité

La qualité d'un réseau cyclable est d'abord et avant tout jugée à partir du point de vue de son usager principal, en l'occurrence, le cycliste (Forsyth & Krizek, 2011), et dans le cas d'un réseau cyclable utilitaire, le cycliste utilitaire. Le cycliste utilitaire se définit comme un cycliste utilisant le vélo pour réaliser des déplacements pratiques, par exemple, aller au travail, à l'école ou à un point de services, et, en ce sens, ses incitatifs à utiliser le vélo diffèrent de ceux des cyclistes récréatifs ou sportifs (Heinen et al., 2010, p. 60). À cet effet, Meggs, Pashkevich, et Rupi (2012) écrivent: « Cyclists want a minimum of inconvenience, a minimum of effort, and maximum opportunity ».

Le cycliste utilitaire: un cycliste

Le cycliste utilitaire est avant tout un cycliste dont la « logique » des décisions et les comportements sont liés à sa condition et à sa monture, notamment, comme le rappellent Jolicoeur et Vélo Québec (2009, pp. 9,14-17):

- Le lien direct avec le milieu et son exposition aux conditions météorologiques;
- L'obligation de réaliser un effort physique constant et son enclin à tenter de réduire cet effort;

- L'obligation de concentration et d'attention pour maintenir son équilibre et contrôler son véhicule;
- La sensibilité aux irrégularités des surfaces et aux éléments verticaux;
- La vulnérabilité par rapport à l'automobile, qui l'oblige à déployer un effort psychologique constant pour évaluer l'environnement statique et dynamique dans lequel il circule pour assurer sa sécurité objective.

La vulnérabilité du cycliste est certes un terme fréquemment employé pour le désigner comme usager de la route. Cette relation à la sécurité en lien avec le trafic routier, qui fait référence aux différentiels de masses et de vitesse, à l'absence de zone de déformation et à la nécessité de constamment maintenir l'équilibre du vélo peu importe les conditions, est centrale aux explications de la littérature sur les différents groupes sociaux de cyclistes utilitaires et leurs différents comportements comme usagers de la route. À cet effet, deux tendances se dessinent.

D'une part, les études montrent que dans les endroits où la part modale du vélo est grande, les cyclistes utilitaires forment un ensemble hétérogène, avec une majorité d'enfants, ainsi que des femmes et des personnes âgées, soient des groupes sociaux considérés comme plus vulnérables et/ou moins tolérants au stress du trafic véhiculaire (Garrad et al., 2012; Pucher & Buehler, 2012b). Dans ces endroits, le vélo serait d'abord vu comme un choix modal rationnel et logique (Kuipers, 2012; Pelzer, 2010) ou un mode de transport « normal » (Albert de la Bruheze, 2000), qui, comme la voiture, est partie intégrante du système de transport (Pelzer, 2010). L'utilisation du vélo à des fins de déplacement s'expliquerait par des raisons d'efficacité et de commodité, dues à l'aménagement, aux infrastructures urbaines, et aux politiques favorables au vélo, et dissuasives à l'automobile (Pelzer, 2010; Pucher & Buehler, 2012d; Pucher et al., 2010).

D'autre part, dans les organisations où la part modale est basse, les cyclistes seraient majoritairement des jeunes hommes, démontrant une préférence pour rouler avec le trafic routier en dehors des infrastructures cyclables (Buehler & Dill, 2016; Larsen & El-Geneidy, 2011). La perception d'insécurité prévaudrait chez la majorité des autres groupes cyclistes et

le vélo serait vu comme un mode de transport dangereux (Écho Sondage, 2011; Geller, 2009). Le manque de compréhension des groupes qui, dans ce contexte, craignent d'utiliser le vélo à des fins utilitaires aurait également encouragé la création de longs corridors cyclables au détriment de petits réseaux locaux, permettant les déplacements courts entre les points d'intérêt des quartiers, et qui sont plus susceptibles d'attirer une clientèle de femmes et d'enfants (Dill & McNeil, 2013; Garrad et al., 2012; McDonald, 2012). L'approche américaine *vehicular cycling*, selon laquelle le cycliste est un usager qui ne nécessite pas d'aménagement spécifique et doit prendre sa place parmi les voitures, aurait largement contribué à cette perception, en orientant les guides en conception de réseau et d'infrastructures routières et cyclables ainsi que les textes de loi en sécurité routière jusqu'au début des années 2000 en Amérique du Nord en défaveur de la considération des cyclistes moins tolérants au stress de la circulation véhiculaire et des risques d'accident (Forester, 1994; Furth, 2012). Corollairement, des études avancent que la représentation de certains groupes chez les cyclistes utilitaires, notamment les femmes ou encore les enfants (dont l'utilisation du vélo dépend de la perception de sécurité des parents), sert d'indicateur de la performance des infrastructures cyclables et des politiques en faveur du vélo qui les soutiennent (Garrad et al., 2012).

La tolérance au stress causé par le trafic véhiculaire et la perception de confort sont au centre d'une typologie largement reprise par plusieurs organisations (Dill & McNeil, 2013), et développée dans la ville de Portland, OR (Geller, 2009), où la part modale du vélo était la plus haute des États-Unis au début des années 2000 (Pucher & Buehler, 2012a). « La particularité de cette typologie est qu'elle s'applique aux adultes de tout âge et indépendamment de leur comportement ou de leur habileté à vélo » (Bruneau & Morency, 2016, p. 8). Cette typologie, élaborée dans la perspective d'augmenter la part modale du vélo à Portland, visait à saisir qui sont les cyclistes actuels et potentiels et à comprendre leurs caractéristiques et besoins spécifiques. Cette typologie divise la population en quatre catégories et estime leur proportion respective:

- « the strong and the fearless », >1% : ceux qui utilisent leur vélo indépendamment des conditions routières;

- « the enthused and confident », 7% : ceux qui s'accommodent du partage de la route, mais préfèrent les infrastructures cyclables réservées;
- « the interested but concerned », 60% : ceux qui aimeraient utiliser le vélo pour se déplacer, mais qui ont peur de le faire;
- « the no way, no how », 33% : ceux qui n'optent pas pour le vélo, pour des raisons pratiques ou par manque d'intérêt.

Selon la Ville de Portland, le groupe de cyclistes potentiels pour qui les infrastructures cyclables doivent être adaptées pour augmenter l'usage du vélo à des fins de déplacement est le groupe *interested but concerned*. Les proportions estimées ont été confirmées par une étude de Dill et McNeil (2013), selon laquelle cette formule correspond adéquatement à caractériser la population de plusieurs milieux urbains où le vélo a une faible part modale.

Le cycliste utilitaire : un usager du système de transport

Le cycliste utilitaire est également un usager du système de transport, qui réalise un choix modal pour réaliser ses déplacements. Les études sur les influents du choix modal, objectifs ou subjectifs, sont nombreuses, et comme le montre le concept de culture de mobilité urbaine, elles sont également multifactorielles.

Du côté des infrastructures de transport, l'évaluation de la qualité des infrastructures cyclables à permettre le déplacement désiré est relative à celle d'autres moyens de transport disponibles (Aldred, 2013). À cet effet, les recherches montrent que l'amélioration des conditions réelles de la pratique du vélo ou même de la perception des conditions, dans une perspective d'augmentation de la popularité modale du vélo, doit, pour être effective, être conjuguée à l'implantation de mesures dissuasives à l'automobile (Harms et al., 2016; Pucher & Buehler, 2008, 2012d; Pucher et al., 2010; van Goeverden & Godefrooij, 2011). En matière d'infrastructures routières, ces mesures devraient altérer principalement l'efficacité des déplacements en automobile, par exemple en imposant des détours, en rendant l'accès direct à certaines destinations difficiles ou impossibles, ou en imposant la réduction de la vitesse pratiquée par des mesures d'apaisement de circulation. D'ailleurs, selon une étude

néerlandaise, les mesures sur les infrastructures cyclables les plus positivement probantes sur la part modale du vélo sont celles qui ont permis d'améliorer la rapidité de parcours des cyclistes, et ainsi rendre le trajet plus efficace à vélo plutôt qu'en automobile (Harms et al., 2016).

L'importance de la perception du cycliste rend les caractéristiques de ce dernier, au même titre que celles de son véhicule, indissociables des paramètres de conception des infrastructures qui lui sont destinées ou accessibles. Une variation dans la qualité des infrastructures cyclables, qu'elle soit réelle ou perçue, et qu'elle soit en lien avec les caractéristiques du cycliste ou relative à celles d'autres modes, peut avoir un effet incitatif ou dissuasif direct sur la décision d'un individu d'opter ou non pour le vélo pour se déplacer.

1.1.2.3 Principes de fonctionnalité du réseau cyclable

D'un point de vue technique, un réseau cyclable populaire auprès de plusieurs groupes de la population est un réseau pratique dont les principes de planification, de conception et d'opération s'accordent avec les besoins et caractéristiques de ses principaux usagers. Or, aucun article scientifique n'a été trouvé au sujet des principes techniques de base d'un tel type de réseau cyclable utilitaire dans le cadre de ce travail. Toutefois, selon le projet de recherche de Vaismaa et al. (2012, p. 89), ces principes s'inspireraient de ceux d'un réseau routier traditionnel et devraient inciter à ne pas faire de compromis en défaveur de la fonctionnalité des axes réservés aux cyclistes: « Like car traffic routes, cycleway and pedestrians routes have to be planned from the point of view of their function and use. They cannot be just by-products of other traffic and street planning. If, for instance the goal is to create a fast cycling connection from a residential area to the centre, a space for a main cycleway corresponding with the requirements has to be reserve in the cross-section of the route. »

Réseau routier traditionnel

Traditionnellement, un réseau routier est considéré comme un système *fonctionnel*, en ce sens qu'il s'articule autour de deux principales et uniques fonctions à remplir (*function*): le

déplacement et l'accès (Shaheen, 2014). Le réseau routier développé au Québec suit également cette prémisses fonctionnelle et peut être pris comme un exemple nord-américain type (Ministère des Transports de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET), 2016a). Dans ce système, chaque axe du réseau répond, dans une proportion qui lui est propre, à chacune de ces deux fonctions.

L'« utilisation » (*use*), dans ce système traditionnel conçu pour les déplacements et l'accès des véhicules motorisés, correspond, si on prend l'exemple québécois, au débit véhiculaire, à la répartition des types de véhicules (automobile, autobus, camion), aux vitesses moyennes et pratiquées et au type d'écoulement prévu (Ministère des Transports de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET), 2016a). L'automobiliste, pour sa part, n'est pas abordé comme un élément variable.

Pour rendre le système routier fonctionnel, un aménagement, c'est-à-dire une forme urbaine précise, est déterminé de façon à ce que chaque route soutienne la fonction et l'utilisation qui lui sont prévues. La fonctionnalité du système routier repose ainsi sur l'équilibre entre ces trois éléments (fonction, utilisation et aménagement) (Lauwers, 2008).

La classification hiérarchique fonctionnelle du réseau routier est un système d'organisation, de planification et de gestion des routes, (Ministère des Transports de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET), 2016a) décliné en plusieurs classes de route pour chacune desquelles un type d'aménagement est déterminé pour répondre de façon optimale à la fonction principale et à l'utilisation prévue par les véhicules motorisés (Lauwers, 2008). La classification fonctionnelle assure le maintien de l'équilibre des trois éléments dans les différentes classes de routes déterminées, la cohérence du système, et corollairement la fonctionnalité du réseau routier dans son ensemble. C'est ce type d'organisation routière, pensé en majorité pour le milieu rural et dont la performance d'opération est axée sur la fluidité véhiculaire, qu'on retrouve partout en Amérique du Nord (Shaheen, 2014), et qui y renforce le paradigme automobile (Perreault & L.Bourque, 2014).

Réseau cyclable fonctionnel

Bien que les cyclistes utilitaires aient également besoin d'un système fonctionnel leur assurant de se déplacer et d'accéder, et qu'ils sont admis sur la plupart des axes du réseau routier pour véhicules motorisés, ils y sont source de conflit et leur place n'est pas clairement définie (Forsyth & Krizek, 2011), dû au fait que l'utilisation et l'aménagement sont paramétrés en fonction du véhicule motorisé et dans la plupart des cas, pour le milieu rural (grandes distances) (Shaheen, 2014). La prise en compte des caractéristiques du cycliste, incluant les sécurités réelle et subjective, est essentielle à la fonctionnalité d'un réseau cyclable.

Un réseau cyclable fonctionnel peut être défini comme un système d'infrastructures cyclables adaptées aux caractéristiques du cycliste utilitaire comme cycliste et usager de la route, intégré et complémentaire au réseau de transport d'un territoire, et possédant les caractéristiques objectives permettant aux cyclistes moyens, soit le cycliste possédant une moins grande tolérance au stress, de se déplacer et d'accéder aux destinations du territoire, en toute sécurité et de façon confortable. La Figure 1.1 illustre cette définition d'un réseau cyclable fonctionnel.

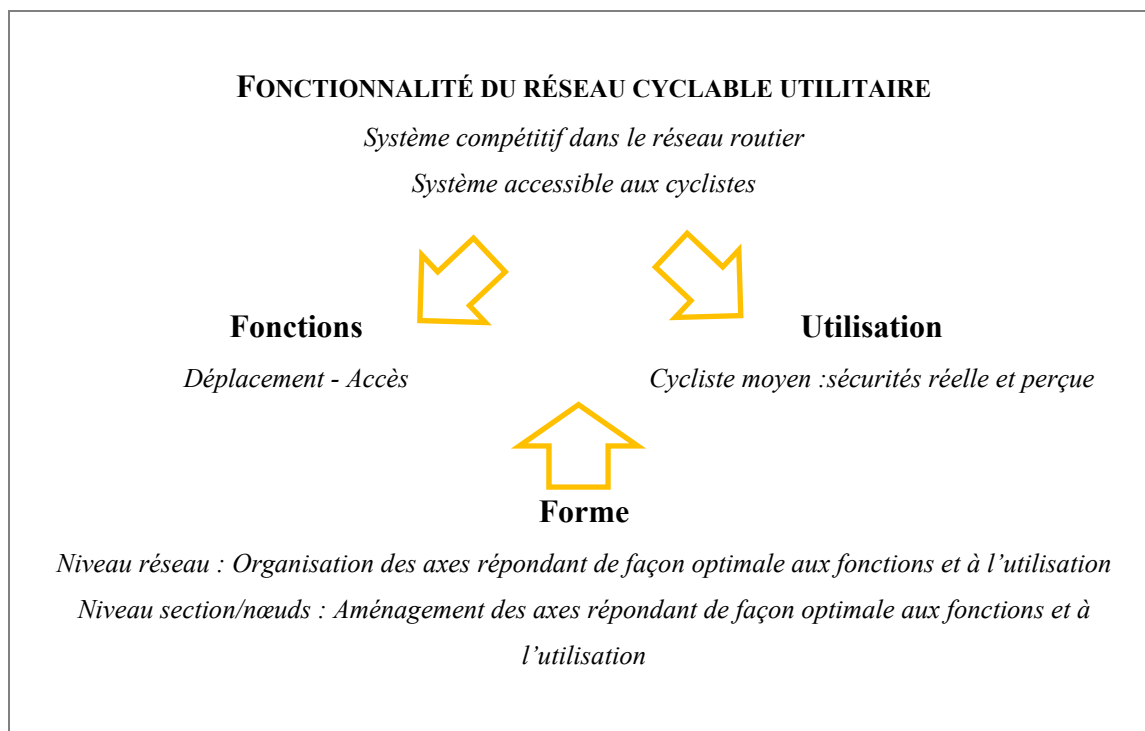


Figure 1.1 Principes de fonctionnalité du réseau cyclable utilitaire

Cette perspective sur la fonctionnalité d'un réseau, obtenue à partir du vélo utilitaire et basée sur l'expérience et la perception d'un autre usager de la route que l'automobile, concorde avec les tendances actuelles en matière de gestion des routes en milieu urbain, qui remettent en question le modèle traditionnel et proposent une prise en compte de la mixité fonctionnelle du contexte urbain et des différents types d'utilisateurs. Dans son guide *Global Street Design Guide*, Global Designing Cities Initiative et National Association of City Transportation Officials (NACTO) (2016, p. 190) écrivent d'ailleurs « streets are, in fact, multidimensionnal spaces [...] [that] offer space for movement and access and facilitate a variety of uses and activities ». Il propose également une typologie de rue en 21 déclinaisons, caractérisées par un «design [that] serve social, environmental and economic needs and functions. »

Une remise en question du système traditionnel est actuellement en cours à Montréal. Dans le *Guide des plans locaux de déplacements* destiné aux arrondissements, la Ville de Montréal explique qu'un réseau routier fonctionnel est un réseau qui assure déplacement et accès, en toute sécurité et de façon confortable (Goto & Nakamura, 2016; Ville de Montréal, STM, & AECOM, 2010). Enfin, cette perspective est également en phase avec les principes de la mobilité durable (Vivre en Ville (s.d.), 2018).

1.1.3 Synthèse¹



Le choix modal du vélo est la résultante de l'exercice de facteurs diversifiés autant subjectifs qu'objectifs, et directs qu'indirects, qui agissent sur les individus d'une organisation selon son contexte spécifique.



Dans ce système, le choix modal du vélo dépend des différentes mesures mises en place pour le favoriser, par rapport à d'autres options modales.



Parmi ces mesures, le réseau cyclable est prépondérant, si ses qualités correspondent aux besoins et caractéristiques des cyclistes utilitaires, et rendent le vélo compétitif dans le système de transport.

¹ L'image *creative commons* du vélo est tirée de : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fahrrad_aus_Zusatzzeichen_1000-32.svg



Les cyclistes utilitaires peuvent être définis comme des usagers:

- désirant réaliser des déplacements pratiques entre un point A et un point B;
- vulnérables, dont la vulnérabilité réelle varie selon l'habileté et la réponse au stress et dont la gestion de cette condition se traduit par un stress positif ou négatif envers le vélo comme moyen de déplacement;
- du système de transport, et dont l'évaluation qualitative des infrastructures cyclables est relative à la qualité des infrastructures d'autres modes disponibles.



Les principes de fonctionnalité d'un réseau routier traditionnel, soit l'équilibre entre fonction, utilisation et forme, peuvent servir de base théorique à l'élaboration d'un réseau cyclable pratique pour les cyclistes.



Un réseau cyclable utilitaire fonctionnel est un système de mobilité durable fondé sur quatre éléments principaux adaptés à la perspective de la majorité des cyclistes: la mobilité, l'accès, la sécurité et le confort



Pour que les infrastructures cyclables d'une organisation participent à favoriser l'utilisation du vélo utilitaire auprès de plusieurs groupes de la population, elles doivent d'abord être organisées de façon à être fonctionnelles, soient pratiques, sécuritaires et confortables pour les déplacements des cyclistes des différents groupes sociaux.



1.2 Portrait du vélo utilitaire au Québec et diagnostic

La présente section fait un portrait de la situation du vélo utilitaire au Québec, ainsi qu'un diagnostic quant à la fonctionnalité de son réseau cyclable. La présente section comprend un portrait des déplacements à vélo, des cyclistes, des accidents, des infrastructures cyclables et des normes qui en conduisent la conception, ainsi que certaines composantes socioorganisationnelles.

1.2.1 Part modale du vélo utilitaire

Les principales sources de données sur la part modale du vélo utilitaire sont les enquêtes origine-destination menées dans les différentes agglomérations québécoises et les recensements de Statistique Canada. Malgré les similitudes, les données diffèrent entre ces sources, étant donné leurs différences méthodologiques. Dans ce travail, les données des sources consultées sont illustrées ou compilées afin de faciliter la compréhension du portrait de l'utilisation du vélo à des fins de déplacement.

Les données du Recensement 2016 de Statistique Canada expriment la répartition modale pour les déplacements domicile-travail de la population active du Québec, totalisant 3 672 440 personnes. Cette répartition est illustrée à la Figure 1.2. Le nombre d'utilisateurs de l'automobile correspond à 2 873 165 personnes, alors celui du vélo totalise 54 625 personnes.

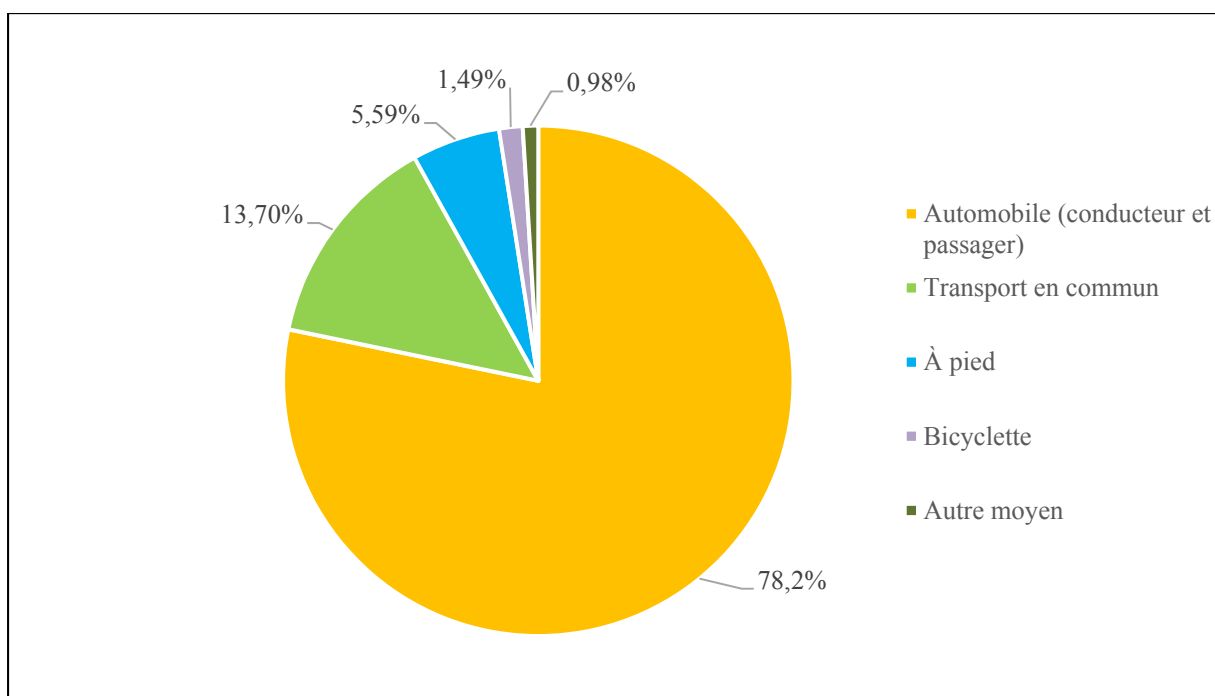


Figure 1.2 Répartition modale de la population active du Québec (données compilées de Statistique Canada (2016))

Ces données positionnent le Québec en deuxième place pour le vélo, après la Colombie-Britannique, comme montré au Tableau 1.1, où les données de part modale du mode dominant, en l'occurrence, l'automobile (conducteur et passager), sont également fournies.

Tableau 1.1 Part modale du vélo et de l'automobile (conducteurs et passagers) pour les déplacements domicile-travail dans les provinces canadiennes (données compilées de Statistique Canada (2016))

Provinces canadiennes	Part modale du vélo (%)	Part modale de l'automobile (conducteur et passager) (%)
Colombie-Britannique	2,45	76,0
<i>Québec</i>	<i>1,49</i>	<i>78,2</i>
Manitoba	1,43	82,4
Ontario	1,24	82,9
Alberta	1,14	82,9
Saskatchewan	1,13	88,9
Nouvelle-Écosse	0,62	85,4
Île-du-Prince-Édouard	0,48	85,4
Nouveau-Brunswick	0,38	91,3
Terre-Neuve	0,15	89,1
Canada	1,40	79,5

Selon les données de répartition modale pour les déplacements domicile-travail de Statistique Canada (2016), dont celles de 1996, 2001 et 2006 rapportées par Jolicoeur et Vélo Québec (2011a), la part modale du vélo utilitaire au Québec a connu une croissance constante depuis 1996, pour une augmentation totale de 50 % en 20 ans, en passant de 1,0 % à 1,5 %, comme montré à la Figure 1.3.

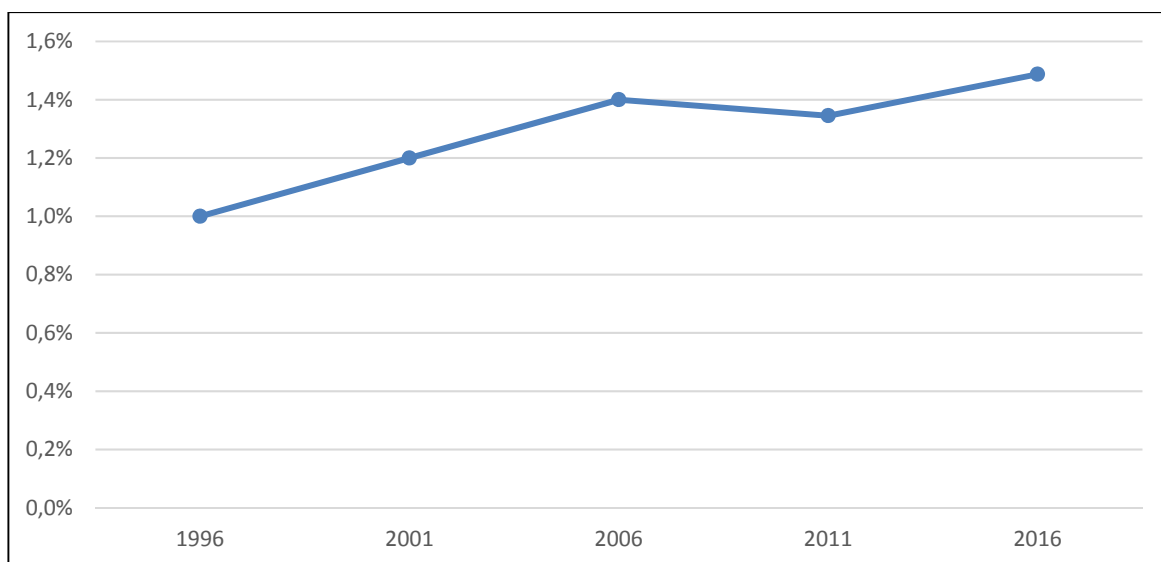


Figure 1.3 Évolution de la part modale du vélo dans les déplacements domicile-travail au Québec (données compilées de Statistique Canada (2016))

Le vélo utilitaire se pratique surtout dans les agglomérations urbaines. Selon Statistique Canada (2016), la part modale du vélo à Montréal possède une position mitoyenne parmi d'autres villes canadiennes, comme montré au Tableau 1.2, où les données de part modale du mode dominant, en l'occurrence, l'automobile (conducteur et passager), sont également fournies.

Tableau 1.2 Part modale du vélo et de l'automobile (conducteurs et passagers) dans les déplacements domicile-travail de la population active dans les grandes villes canadiennes (données compilées de Statistique Canada (2016))

Municipalités canadiennes	Part modale du vélo (%)	Part modale de l'automobile (%)
Victoria, BC	11,11	48,4
Vancouver, BC	6,14	49,0
Montréal, QC	3,89	50,1
Toronto, ON	2,75	50,6
Ottawa, ON	2,65	68,4
Winnipeg, MN	1,81	77,4
Calgary, AL,	1,61	76,2
Edmonton, AL	1,20	78,8
Regina, SA	1,17	88,3

Les données de Statistique Canada trouvent écho dans les résultats de l'analyse de Morency et al. (2015) de la Chaire de recherche MOBILITÉ de l'École Polytechnique de Montréal des deux dernières enquêtes origine-destination (O-D) des principales organisations québécoises, soit Montréal, Québec, Sherbrooke, Gatineau, et Trois-Rivières. Comparativement aux données de Statistiques Canada, ces données rassemblent les déplacements pour différents motifs, dont le travail, les études ou les loisirs. La Figure 1.4 permet de visualiser l'évolution de la part modale du vélo entre les deux enquêtes. Elle montre également que l'Île de Montréal possède la plus grande part modale pour le vélo parmi ces organisations.

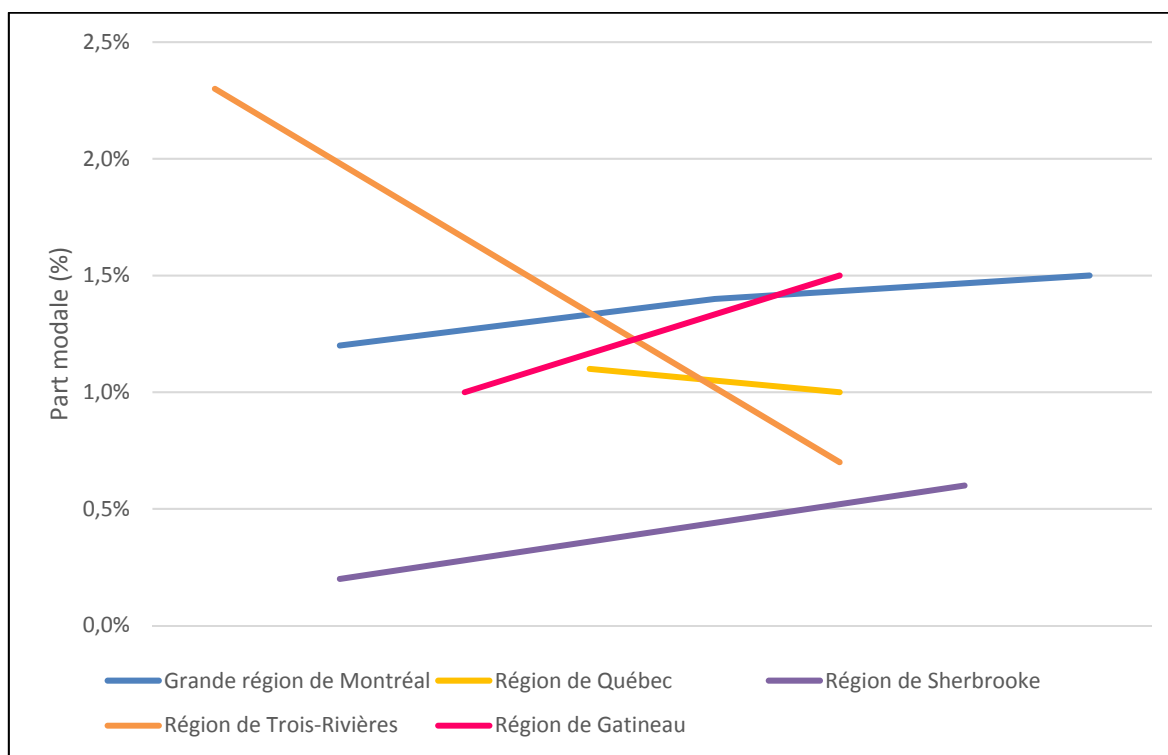


Figure 1.4 Évolution de la part modale du vélo selon les données des deux dernières enquêtes O-D des principales régions urbaines québécoises (données compilées de Morency et al. (2015))

Le nombre d'utilisateurs correspondant aux parts modales des dernières enquêtes O-D telles qu'analysées par Morency et al. (2015) sont présentées au Tableau 1.3.

Tableau 1.3 Part modale du vélo et nombre d'utilisateurs correspondant pour la dernière enquête O-D par région

Région	Part modale (%)	Nombre total d'utilisateurs	Année de la dernière enquête OD
Grande région de Montréal	1,5	67 044	2013
Île de Montréal	2,5	49 577	2013
Longueuil	1,3	3 136	2013
Région de Québec	1,0	8 248	2011
Région de Sherbrooke	0,6	1 228	2012
Région de Trois-Rivières	0,7	1 048	2011
Région de Gatineau	1,5	23 312	2011

À Montréal, le vélo possède une plus grande part modale dans les quartiers qui avoisinent le centre-ville. Cette part modale monte jusqu'à 8,8 % dans l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal (Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), 2017a).

La part modale du vélo connaît des fluctuations saisonnières au Québec. Morency et al. (2015, p. 76) ont développé des courbes enveloppe montrant la variabilité de l'utilisation du vélo selon la saison pour la population entre 15 et 64 ans de la région du Grand Montréal. Selon les chercheurs, « on observe que la part modale type d'automne se situe entre 1-3 % alors qu'elle se situe entre 4-5 % en juillet. »

1.2.2 Cyclistes et cyclistes utilitaires

Tous les cyclistes québécois n'utilisent pas le vélo à des fins de transport. Selon la politique sur le vélo du Gouvernement du Québec (2008, p. 15), en 2005, 17 % des déplacements à vélo avaient un motif utilitaire. Selon l'*État du vélo au Québec en 2015* de Jolicoeur et Vélo Québec (2016, p. 10), la proportion moyenne des cyclistes québécois qui disent utiliser le vélo pour se déplacer au moins une fois entre mai et septembre est d'environ 40 %, soit environ 1,9 M de personnes, dont 1 200 000 adultes et 660 000 enfants. Selon cette même source, dans les centres urbains de Montréal, Québec, Sherbrooke et Longueuil, cette proportion serait de 55 %. Pour ces cyclistes utilitaires, le vélo est un moyen de transport principal ou occasionnel de (Poirier, 2016).

Groupes d'âge

Les distributions de la part modale du vélo par groupes d'âges dans les différentes régions du Québec permettent d'observer que le vélo utilitaire est principalement utilisé par de jeunes adultes, particulièrement de jeunes hommes (Morency et al., 2015). Les enfants et les personnes plus âgées ne sont pas des groupes chez lesquels le vélo est populaire.

Par ailleurs, selon le sondage réalisé dans le cadre de l'*État du vélo au Québec en 2011* (Écho Sondage, 2011, pp. 54-55), une majorité d'enfants québécois n'utilisent pas le vélo pour se déplacer. Le sondage réalisé en 2015 dans le cadre de l'élaboration de l'*État du vélo au Québec en 2015* révèle des résultats plutôt comparables à ceux de 2010 (Poirier, 2016).

Genre

Selon Jolicoeur et Vélo Québec (2016, p. 12), 45 % des cyclistes québécois sont des femmes, et 55 % sont des hommes. Or, cette proportion n'est pas toujours reflétée dans les données de part modale. Selon Statistique Canada (2016) et les données de l'analyse de Morency et al. (2015), les femmes correspondaient à 45 % et plus des cyclistes utilitaires uniquement dans la région de Québec en 2006 (47 %), à Sherbrooke en 2003 (56 %), à Trois-Rivières en 2000 (48 %) et en 2011 (50 %), comme montré à la Figure 1.5.

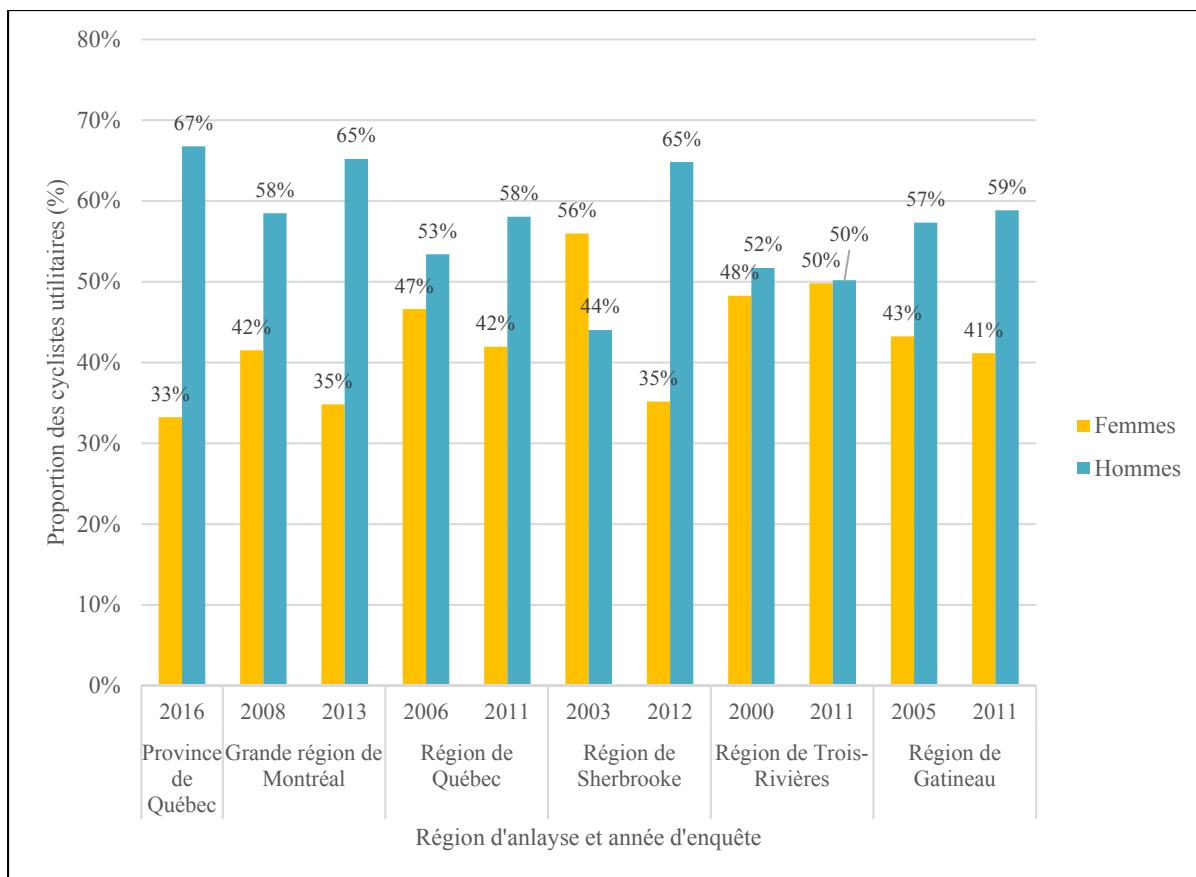


Figure 1.5 Proportion de cyclistes hommes et femmes dans la province de Québec et selon les enquêtes O-D des différentes régions urbaines québécoises (données compilée de Morency et al. (2015))

Par ailleurs, Écho Sondage (2011) propose que le profil sociodémographique type du cycliste utilitaire est surdéveloppé chez les jeunes hommes vivant en milieu urbain, et sous-développé chez les femmes dans la cinquantaine résidant en périphérie des centres urbains,

Typologie des cyclistes utilitaires

Une étude montréalaise réalisée par Damant-Sirois, Grimsrud, et El-Geneidy (2014) à partir des résultats des réponses à un sondage en ligne de 2004 cyclistes, dont 40 % de femmes et 59 % d'hommes, révèle que les cyclistes actuels montréalais se distinguent par leur usage du vélo, leur perception du vélo, comme usager de la route et des infrastructures cyclables, et leur fréquence d'utilisation du vélo à des fins utilitaires. L'étude catégorise les cyclistes selon quatre profils sociaux ayant les caractéristiques rassemblées au Tableau 1.4 (notre traduction).

Tableau 1.4 Typologie des cyclistes montréalais développée par Damant-Sirois et al. (2014)

Types	Caractéristiques
Cyclistes convaincus (<i>dedicated cyclists</i>) (24 %) Femme : 42 % Homme : 56 %	Utilisent le vélo pour leurs déplacements; Apprécient rouler à vélo et s'identifient comme des cyclistes; Apprécient le vélo pour la vitesse, la flexibilité du temps de départ, du trajet et du nombre d'arrêts, et la prévisibilité du temps de parcours; Ne sont pas dissuadés par les conditions météorologiques; Montrent une préférence pour ne pas utiliser les infrastructures cyclables réservées; Sont positivement encouragés par les exhortations provenant d'employeurs, d'institutions et des pairs; N'étaient pas encouragés à pratiquer le vélo dans leur enfance;
Cyclistes préférant les voies cyclables séparées (<i>path-using cyclists</i>) (36 %) Femme : 42 % Homme : 57 %	Utilisent le vélo pour leurs déplacements; Apprécient rouler à vélo et s'identifient comme cyclistes; Apprécient le vélo pour le plaisir et parce que c'est pratique; Peuvent être découragés par les conditions météorologiques; Montrent une claire préférence à emprunter des infrastructures cyclables réservées et physiquement séparées des véhicules motorisés en mouvement ou stationnés; Ont fortement été encouragés à faire du vélo pendant leur enfance;
Cyclistes conditionnels (<i>fairweather utilitarians</i>) (23 %) Femme : 41 % Homme : 57 %	Utilisent occasionnellement le vélo à des fins utilitaires; Ne s'identifient pas nécessairement comme des cyclistes; Utilisent un autre mode de transport si les conditions météorologiques sont mauvaises ou si un autre mode est plus pratique; Sont encouragés par les pairs Préfèrent emprunter des voies cyclables réservées et séparées;
Cyclistes récréatifs (<i>leisure cyclists</i>) (17 %) Femme : 31 % Homme : 68 %	Utilisent rarement le vélo à des fins utilitaires; S'identifient comme des cyclistes; Apprécient le vélo d'abord pour le plaisir; Préfèrent les infrastructures cyclables séparées des véhicules motorisés; N'utilisent pas le vélo lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises

Enfin, selon cette étude, toutes les catégories de cyclistes s'identifiant comme des cyclistes utilisent régulièrement le vélo à des fins utilitaires, sauf les cyclistes récréatifs.

Une seconde étude montréalaise réalisée par Larsen et El-Geneidy (2011), également par sondage en ligne auprès de 2917 cyclistes et dont les réponses ont été analysées grâce à un système d'informations géographiques, confirme les préférences des différentes catégories de Damant-Sirois et al. (2014) selon leur utilisation du vélo à des fins de déplacements et en matière d'infrastructures, et donne certaines informations supplémentaires sur le choix des trajets des cyclistes montréalais:

- Les cyclistes qui utilisent occasionnellement ou rarement le vélo à des fins utilitaires font des détours pour atteindre des infrastructures séparées;
- Les cyclistes ne font pas de détour pour atteindre une piste cyclable sur rue s'ils ont accès à une bande cyclable;
- Avoir accès à des infrastructures cyclables dans un rayon de 400 m et moins de chez soi ou de son lieu de travail est lié à l'utilisation de ces infrastructures;

Enfin, Écho Sondage (2011) propose des profils sociodémographiques types de cycliste selon leur perception des facteurs encourageant ou dissuadant le vélo à des fins de déplacements. Selon ces profils, les cyclistes utilisant le vélo comme moyen de transport sont encouragés par la présence d'axes aménagés pour les cyclistes et la présence de vélos en libre-service, alors que les cyclistes qui n'utilisent pas le vélo à des fins de déplacement sont plutôt insensibles à ces mesures. Par ailleurs, selon ce même sondage, les conditions météorologiques, et les obligations liées aux déplacements quotidiens découragent tous les groupes sociaux à utiliser le vélo pour se déplacer, et le risque d'accident et les distances à parcourir dissuadent en particulier les femmes.

Enfin, selon les données d'un sondage recueillies par Miranda-Moreno, Nosal, et Kho (2013) sur les facteurs influençant l'utilisation du vélo en hiver chez les cyclistes montréalais, la présence de glace et de neige sur les voies cyclables serait les principaux dissuasifs à l'utilisation du vélo en hiver.

1.2.3 Taux d'accidents

Le *Bilan routier 2017* réalisé par la Société d'assurance automobile du Québec (SAAQ), une société d'État en charge d'administrer le régime d'assurance automobile et de faire la promotion de la sécurité routière au Québec, fournit le nombre de victimes blessées légèrement et gravement rapportées aux autorités de 2012 à 2017 (Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ), 2018). Ces statistiques, compilées à la Figure 1.6, montrent des tendances contraires depuis 2012: une diminution de 15 % des accidents impliquant des blessures de

nature légère et une augmentation de 7 % des accidents impliquant des blessures de nature grave.

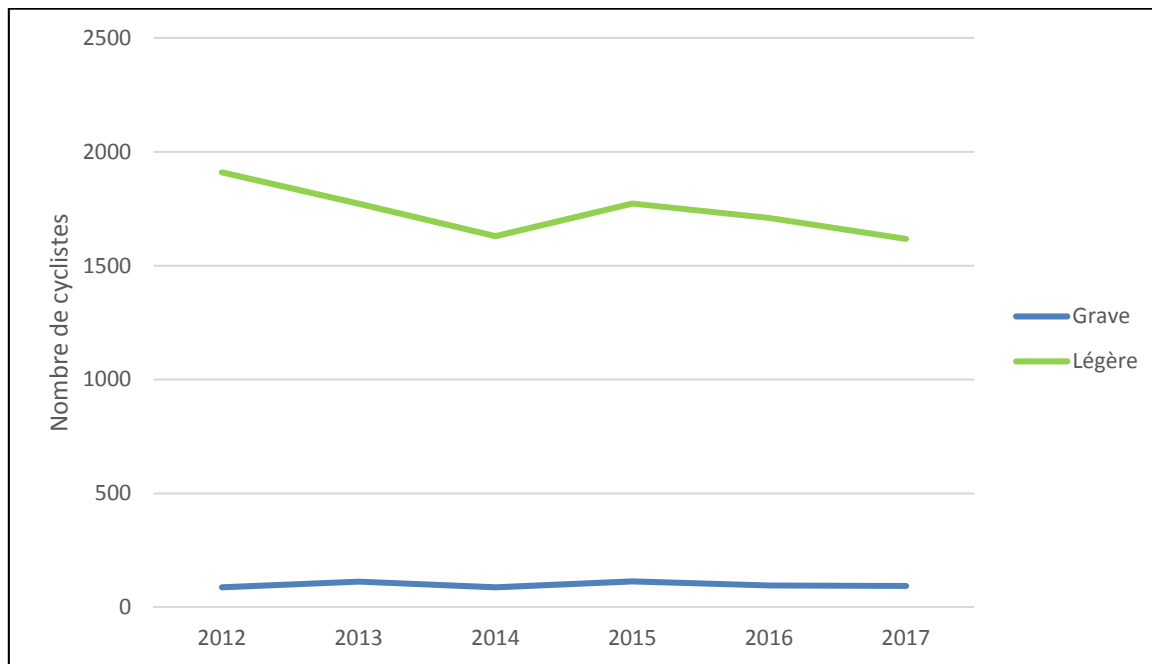


Figure 1.6 Nombre de cyclistes québécois accidentés selon la nature de la blessure de 2012 à 2017 (données compilées de Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) (2018))

De plus, selon la SAAQ, 11 cyclistes québécois seraient décédés sur la route en 2017, soit 3 décès de plus qu'en 2016. Selon Bruneau et Morency (2016, p. 159), le nombre de décès chez les cyclistes serait en diminution depuis 2000, mais cette diminution serait moins marquée que celles des piétons et des automobilistes.

Par ailleurs, les statistiques compilées par la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) (2017) permettent de montrer que les victimes québécoises d'accidents à vélo, toutes natures de blessure confondues, sont généralement des hommes comme montré à la Figure 1.7. Entre 2011 et 2016, les hommes représentent en moyenne 71 % des accidents impliquant un cycliste.

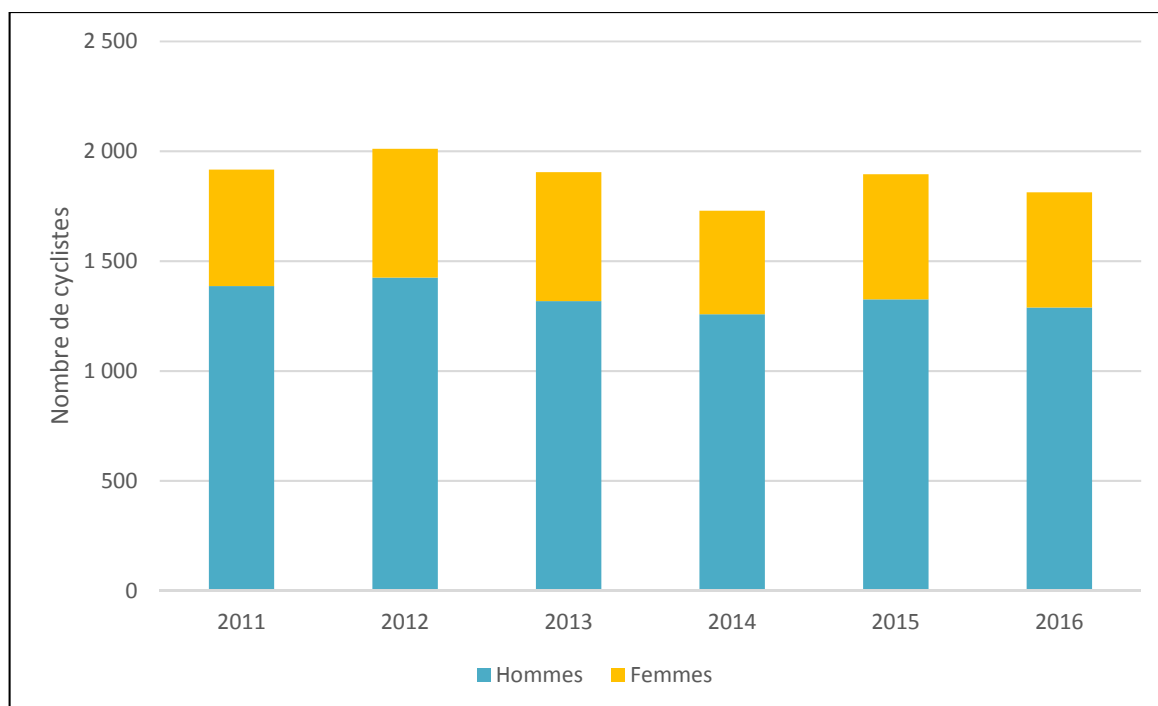


Figure 1.7 Répartition des accidents à vélo au Québec de 2011 à 2016, selon le genre (données compilées de Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) (2018))

Enfin, il est à noter que ces statistiques n'informent que sur les accidents rapportés aux autorités et n'incluent pas les accidents entre piétons et cyclistes.

1.2.4 Infrastructures cyclables

Parce qu'elles fournissent les définitions et les principes de base et les « concepts connus et admis » en infrastructures routières, les normes véhiculent la vision et les orientations qui sous-tendent la structuration et la conception des infrastructures cyclables dans le système routier. L'organisation de normalisation qui traite des infrastructures cyclables au Québec est le Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET). Depuis les années 1990, Vélo Québec publie également un ouvrage complémentaire aux normes qui offre contextualisation et complément d'information qualitatif aux normes. Par ailleurs, certaines municipalités québécoises ont également émis des guides

de conception géométrique et des gabarits spécifiques, afin d'arrimer les aménagements cyclables de leur territoire à leur propre vision du vélo (Laval et Québec notamment).

1.2.4.1 Références québécoises en conception d'infrastructures cyclables

Normes du MTMDET

Les informations normatives relatives aux infrastructures cyclables sont regroupées dans la collection Normes- Ouvrages routiers, plus précisément dans le Chapitre 15 - Voies cyclables du Tome I - Conception routière et le Chapitre 7 - Voies cyclables du Tome V - Signalisation routière. Ces normes « fixe[nt] les exigences du Ministère en ce qui a trait aux aménagements des voies cyclables qu'il réalise ou pour lesquelles il est partenaire » (Tome I) et « consigne[nt] les règles de fabrication et d'installation de la signalisation routière des voies cyclables, destinée à être installées sur un chemin public, établies par le ministre des Transports » (Tome V). Plusieurs normes du Tome V sont obligatoires en vertu du Code de la sécurité routière (CSR) (RLRQ, chapitre C-24.2).

Le MTMDET publie des normes sur les aménagements cyclables depuis 1978 (Vélo Québec 1997). Elles ne précisent pas explicitement selon quel(s) objectif(s) sont formulées ses recommandations, cependant qu'à certaines reprises, elles les expliquent par « la sécurité et le confort » des cyclistes. Elles abordent les infrastructures cyclables par le biais de quatre types de voies cyclables, qui se distinguent par leur proximité des voies de circulation et le partage ou non de l'emprise de chaussée. Ces types de voies ainsi que leurs définitions normatives pour le milieu urbain sont les suivants (Ministère des Transports de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET), 2016c) :

- *Chaussée désignée* : Chaussée officiellement reconnue comme voie cyclable (chaussée partagée avec la circulation automobile), recommandée aux cyclistes, et caractérisée par une signalisation simplifiée et l'absence de corridor réservé aux cyclistes;
- *Bande cyclable* : Voie unidirectionnelle réservée à l'usage exclusif des cyclistes et délimitée par un marquage au sol ou par un revêtement distinct. Elle est généralement

aménagée sur des routes où la vitesse affichée est inférieure ou égale à 50 km/h et localisée à la droite des autres voies de circulation;

- *Accotement revêtu* : Accotement sur lequel se prolonge le revêtement de la chaussée, séparé de celle-ci par des marques au sol et aménagé spécifiquement pour améliorer la sécurité des cyclistes;
- *Piste cyclable* : Voie cyclable réservée exclusivement à la circulation cycliste, indépendante de toute voie de circulation ou séparée de celle-ci par une barrière physique.

Comme souligné par Bruneau et Morency (2016, p. 94), le cadre de recommandation du MTMDET pour déterminer le type de voies cyclables selon la situation routière est subjectif. Les chercheurs donnent notamment en exemple : « [e]n ce qui concerne les pistes et les bandes cyclables, respectivement protégées et non protégées, les normes du MTMDET (2014) donnent peu d'indications quant aux seuils de vitesse affichée et de volume de circulation à considérer pour réaliser l'un ou l'autre de ces deux types d'aménagement ». Ils soulèvent à cet égard des sections normatives où des termes subjectifs comme « généralement » ou « préférable » ou encore des formulations comme « plus le débit de circulation, plus la protection sera grande » sont employées.

Cette subjectivité concerne également les carrefours avec voies cyclables. Par exemple, pour l'intersection d'une route avec une bande cyclable ou une piste cyclable, aucune information quant au contexte de croisement ou encore à la classe ou les caractéristiques de la route croisée n'est fournie. Cette subjectivité concerne également les recommandations pour le carrefour giratoire à grande dimension, où, par exemple, les normes recommandent qu'il « faut idéalement prévoir un accès pour les cyclistes au trottoir ou au sentier multifonctionnel qui ceinture l'anneau. »

Par ailleurs, les mesures fournies dans les normes en conception géométrique de voies cyclables, comme celles des largeurs de voies, sont « minimales », et émises pour des « conditions normales », soient des conditions où : la voie cyclable est linéaire, plate et revêtue; le débit et la vitesse des véhicules motorisés respectent les caractéristiques de la route; le débit

des cyclistes et le nombre d'entrées correspondent à celui des normes; il n'y a pas de vent; et la voie cyclable et la visibilité ne sont pas obstruées. Des surlargeurs sont proposées dans le cas de courbe et de pente, et il est précisé que les voies devraient être élargies en cas de circulation lourde ou de fort débit routier, mais la variabilité des conditions, particulièrement celles du milieu urbain, ainsi que la variabilité de la perception des cyclistes ne sont pas soulevées.

Les normes ne précisent pas non plus comment s'organisent ou comment organiser les aménagements cyclables sur un territoire. En fait, le recueil en conception géométrique ne fait pas mention de réseau cyclable, et ne formule pas de recommandations quant à la sélection des axes ou la structuration et l'opération d'un réseau cyclable, au même titre qu'il le fait pour le réseau routier au Chapitre 1, avec la classification fonctionnelle. La notion de déplacements pratiques à vélo ou l'accès aux destinations quotidiennes usuelles, la gestion de la circulation des cyclistes, et le contexte et les particularités de l'utilisation du vélo selon le milieu, rural ou urbain, ne sont pas abordées.

Dans un même ordre d'idées, les différents usages du vélo, par exemple, utilitaire, récréatif ou sportif, ne sont pas abordés dans les deux chapitres normatifs, cependant que certains passages des normes en signalisation d'indication sont formulés pour la Route verte, un itinéraire cyclable de grande envergure à vocation principalement touristique, dont plusieurs sections empruntent des emprises de juridiction provinciale (Ministère des Transports du Québec (MTQ), 2008), ou recommandent de ne pas inclure les « équipements municipaux » d'usage local en signalisation de direction et d'acheminement « puisque [ces derniers] sont rarement utilisés par les cyclistes de passage », et inscrivent les normes du MTMDET dans une vision non utilitaire du vélo.

Enfin, l'absence de notion de réseau cyclable ou de tout autre système cohérent d'infrastructures cyclables, parallèlement à l'accent mis sur le type d'aménagement cyclable inscrivent les normes dans une « approche tronçon » qui renvoie à une vision compartimentée des aménagements cyclables et des déplacements à vélo sur un territoire, plutôt que dans une « approche réseau » plus globale, structurée et cohésive.

Vélo Québec

Vélo Québec est un organisme sans but lucratif impliqué dans la promotion de la pratique du vélo auprès de la population et des instances gouvernementales québécoises depuis les années 1970. La mission de cet organisme est d'« améliorer la santé, l'environnement et le bien-être des citoyens par la création, la production et la promotion d'activités de biens et de services dans les domaines du vélo et du transport durable ainsi que du plein air, du tourisme, du sport et du loisir » (Vélo Québec, 2010). Vélo Québec possède quatre divisions, Association, Voyages, Publications et Événements, dont les actions incluent notamment le développement de programmes pour encourager le transport actif, l'offre de services-conseils pour les aménagements cyclables en général, l'offre de formation aux cyclistes, l'organisation d'événements d'envergure mettant le vélo en vedette, la publication de magazines, de cartes et d'ouvrages sur les aménagements cyclables (Vélo Québec, 2018a). Vélo Québec « possède un mandat gouvernemental pour développer la pratique récréative du vélo au Québec » (Vélo Québec, 2014), et sa division Voyages est une agence de voyages de cyclotourisme. Selon le Ministère de l'éducation et de l'enseignement supérieur (MEES) (2017), au Québec, « Vélo Québec est la référence en matière de vélo, que ce soit pour le loisir ou le transport. »

Aménagement en faveur des piétons et des cyclistes de Jolicoeur et Vélo Québec (2009), est un ouvrage détaillé, qui ne fournit pas davantage de recommandations objectives ou d'outils de conception que les normes, mais complètent ces dernières, en fournissant des précisions principalement qualitatives quant à la pratique du vélo, aux cyclistes et aux aménagements cyclables.

Par exemple, en ce qui a trait au cycliste, l'ouvrage reprend les dimensions du cycliste qu'on retrouve dans les normes du MTMDET et explique les valeurs de certains paramètres géométriques de conception en décrivant les réactions usuelles d'un cycliste en mouvement. Il aborde également la « logique » du cycliste, soit ses caractéristiques comme l'effort physique que nécessite le vélo et la recherche d'efficacité en matière d'efforts déployés, et le contact direct avec le milieu environnant et la recherche de la sécurité et du confort, qui expliquent certaines de ses décisions ou inclinations naturelles comme usagers de la route. L'ouvrage fournit également des dimensions pour différents types de vélos, et précise que ces dimensions

peuvent influencer sur la conception de voies cyclables ou de stationnements pour vélos. L'ouvrage n'aborde pas explicitement la variabilité de la perception de vulnérabilité des cyclistes selon les groupes sociaux ni ne fait mention de l'effet de cette dernière sur la réaction des cyclistes.

Aménagement en faveur des piétons et des cyclistes émet des recommandations générales qualitatives quant aux principes et étapes de planification du réseau cyclable, sans explicitement préciser l'usage ou le milieu. Les principes décrits sont l'accessibilité, la connectivité, la complémentarité, le confort et la sécurité. Les étapes de planification évoquées comprennent la concertation et l'implication des parties, l'analyse du territoire et la préparation du plan, qui inclut la détermination d'axes structurants, définis comme des « corridors pour piétons et cyclistes sur les rues locales et les sentiers de parcs, avec signalisation d'identification et signalisation directionnelle » (Jolicoeur & Vélo Québec, 2009, p. 162) . L'ouvrage ne propose pas de méthodes ou de lignes directrices pour le choix des corridors, mais précise cependant que « la densité du réseau d'axes structurants se doit [d'être] équivalente ou supérieure à celle du réseau artériel pour automobile ou du réseau de transport en commun de surface » et qu'il « doit comporter un nombre de franchissements des barrières principales équivalent ou supérieur à celui du réseau automobile ». Enfin, l'ouvrage recommande de réaliser un suivi du réseau implanté pour s'assurer de son efficacité.

En matière de types d'aménagement cyclable, Vélo Québec a également contribué à la production d'autres outils plus objectifs dans le choix d'aménagements cyclables à l'intention des décideurs d'organisations privées ou publiques. Parmi les plus récents, on retrouve le rapport *Développer le Réseau vélo métropolitain : Guide pratique à l'intention des municipalités de la Communauté métropolitaine de Montréal* du Forum vélo métropolitain 2014 (Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) & Vélo Québec, 2014), et les fiches de la section *Aménagements cyclables* du site Internet du programme Mouvement Vélosympathique, un programme qui « encourage les collectivités et les organisations à faire du vélo une réelle option en matière de transport et de loisirs pour tous » et « propose des outils et un service de soutien et reconnaît les actions prises en accordant une certification aux

collectivités et organisations qui travaillent à favoriser la pratique du vélo » (Vélo Québec, 2018b). Au même titre que les normes du MTMDET, ces ressources se concentrent toutefois sur les types d'aménagement cyclables, et ne traitent pas précisément de conception de réseau cyclable.

1.2.4.2 Portrait quantitatif des infrastructures cyclables et organisation des itinéraires

Les infrastructures cyclables ont été développées au Québec dans les années 1970 à des fins de loisir (Jolicoeur & Vélo Québec, 2011a; Ministère des Transports du Québec (MTQ) & Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ), 1995; Vélo Québec, 2014). La quantité totale d'aménagement s'est particulièrement accrue à partir des années 1990, comme en témoigne la Figure 1.8 tirée de *L'État du vélo au Québec en 2000*.

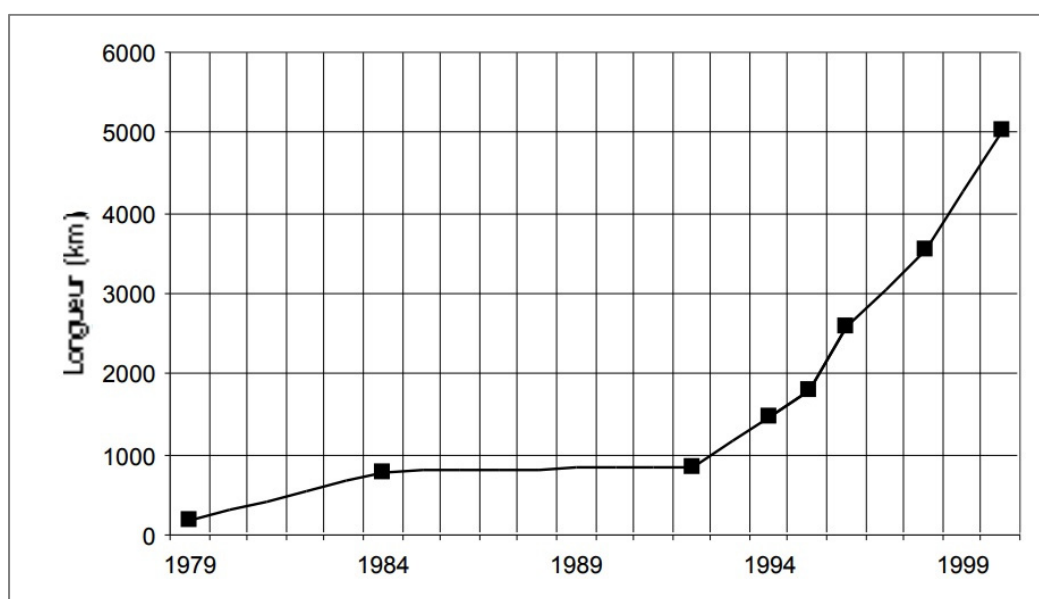


Figure 1.8 Évolution du nombre de kilomètres d'aménagements cyclables depuis 1979, tirée de Jolicoeur et Vélo Québec (2001)

Cette croissance s'est maintenue dans le temps : entre 1996 et 2015, le nombre de kilomètres de voie cyclable est passé de 2 315 à 12 000, soit une croissance de 418 % (Jolicoeur & Vélo Québec, 2016; Vélo Québec 1997). Les cinq principales agglomérations urbaines québécoises

ont participé à cette croissance, comme en témoigne la compilation des kilomètres de voies cyclables réalisée à partir des États du vélo de 2005 à 2015 illustrée à la Figure 1.9.

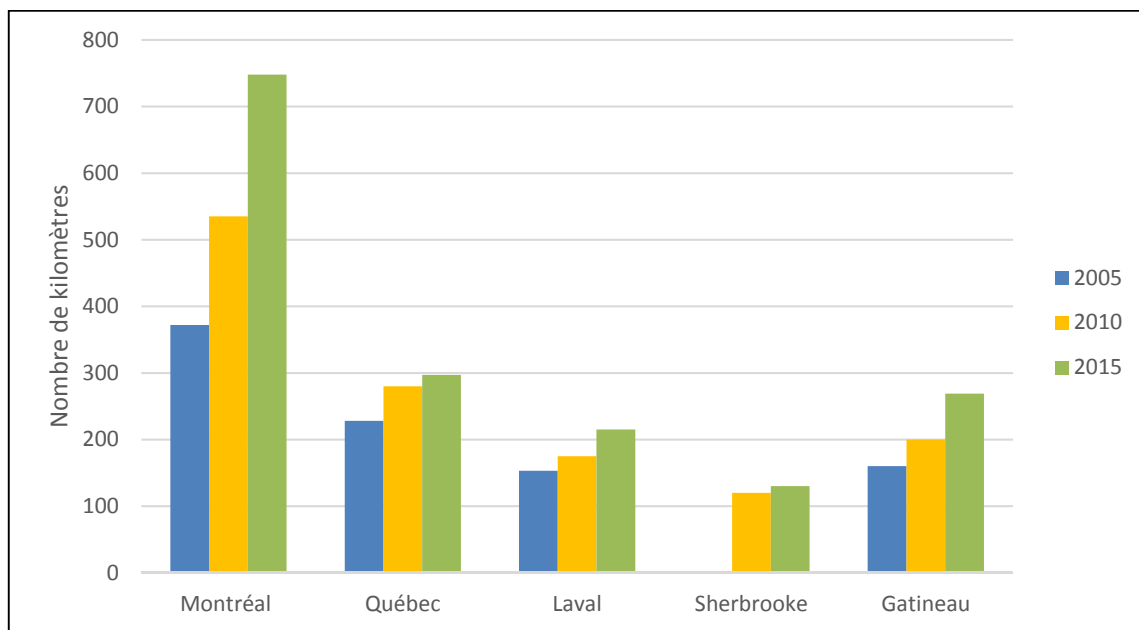


Figure 1.9 Nombre de kilomètres de voies cyclables dans les cinq grandes municipalités québécoises de 2005 à 2015, tirée des États du vélo de 2005 à 2015 de Vélo Québec

En 2015, ces cinq municipalités comptaient au total 1 659 km de voies cyclables, dont 307 km appartiendraient à la Route verte : ces longueurs équivalent à environ 14 % des voies de l'ensemble du Québec et environ 6 % de la Route verte. Ces proportions révèlent que le déploiement d'infrastructures cyclables en dehors des grands centres urbains québécois est important.

Définition du réseau cyclable par type d'aménagement

Le type d'aménagement cyclable est généralement le principal outil descriptif pour définir les voies cyclables d'un réseau municipal, régional ou national. Par exemple, dans ses *États du vélo au Québec* depuis 1995, Vélo Québec définit le réseau en répartissant les voies cyclables selon les types de voies. En 2015, l'organisme répartissait les 12 000 km du réseau cyclable québécois ainsi : 4 700 km de pistes cyclables (39 %), 3 600 km d'accotements asphaltés

(30 %), 2 600 km de chaussées désignées (22 %) et 1 100 km de bandes cyclables (9 %). Par ailleurs, les réseaux cyclables de plusieurs municipalités sont également souvent ainsi cartographiés (voir Lapointe, 2009).

Organisation

Les 12 000 km de liens cyclables québécois se définissent et se caractérisent par leur appartenance à un territoire municipal et/ou, dans certains cas, à un tracé cyclable régional ou national. À titre d'exemple, la municipalité de Sainte-Thérèse, située dans la couronne nord de Montréal, possède un réseau cyclable local totalisant 13 km, dont certaines sections font partie du Parc linéaire du P'tit train du Nord (Le P'tit Train du Nord – Sud), qui font également partie de l'axe 2 de la Route verte (Ville de Sainte-Thérèse, 2018).

Les infrastructures cyclables situées sur un territoire municipal peuvent être de juridiction plurielle. Par exemple, sur le territoire d'une municipalité, la gestion, la planification et la conception de certains aménagements cyclables relèvent de la municipalité; celles d'un lien cyclable faisant partie d'un tracé régional (faisant partie de la Route verte ou non) peuvent incomber à la MRC; cependant que celles des sections municipales de la Route verte situées sur une route numérotée du réseau routier supérieur sont sous la responsabilité du MTMDDET. Toutes les municipalités du Québec n'ont pas des infrastructures cyclables.

Circuits régionaux

Les itinéraires cyclables régionaux sont des tracés continus principalement touristiques passant par le territoire de plusieurs municipalités (Gouvernement du Québec, 2008). Ces circuits empruntent parfois le tracé d'anciennes emprises ferroviaires. La nomenclature de ces réseaux est généralement liée aux caractéristiques géographiques de la région. Par exemple, l'itinéraire La Riveraine, situé sur la rive sud de Montréal, longe le fleuve Saint-Laurent entre Sainte-Catherine et Varennes. Selon le site de la Route Verte, 59 de ces réseaux régionaux font, en tout ou en partie, partie de la Route verte.

Réseau vélo métropolitain

En 2017, la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), « un organisme de planification, de coordination et de financement qui regroupe 82 municipalités » de la région métropolitaine de Montréal, a émis un plan directeur pour le Réseau vélo métropolitain, qui se définit ainsi :

Le concept proposé de Réseau vélo métropolitain est conçu de façon à favoriser le parachèvement et l'amélioration du réseau cyclable existant et assurer la liaison entre les différents secteurs du Grand Montréal. Dans sa forme achevée, il consiste en un réseau continu de près de 1000 kilomètres de voies cyclables parcourant l'ensemble du territoire métropolitain et assurant la connectivité des réseaux cyclables municipaux. Le réseau serait aménagé selon des paramètres techniques reconnus pour en faire un itinéraire agréable et sécuritaire à parcourir. Une signalisation de balisage et de destination lui donnera une signature. (Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), 2017b)

En septembre 2017, le premier axe de ce réseau, soit le Sentier cyclable et pédestre entre Oka et Mont-Saint-Hilaire, d'une longueur de 143 km situé en majorité sur des liens cyclables existants, a été inauguré.

Associations touristiques régionales (ATR)

Les ATR proposent des circuits cyclables ne comprenant pas nécessairement d'aménagements cyclables réservés et parfois non balisés, par exemple, les circuits proposés par Tourisme Montérégie², ou encore ceux de Tourisme Bas-Saint-Laurent³⁴. Ces circuits portent parfois aussi des noms en lien avec la géographie de la région où ils se situent.

Route verte

La Route verte est un vaste réseau cyclable interrégional de 5 108 km passant par 382 municipalités (et 31 municipalités régionales de comté (MRC)) situées dans les 16 régions

² <https://monescapade.ca/fr/itineraires-velo/>

³ <http://www.bassaintlaurent.ca/fr/quoi-faire/plein-air-et-nature/velo>

⁴ Il est à noter que les territoires touristiques ne correspondent pas toujours exactement aux territoires des régions administratives.

administratives les plus peuplées de la province⁵. Elle constitue environ 45 % du réseau cyclable québécois. Elle est organisée en 7 axes numérotés : 1 à 6 et 8, qui comprennent chacun des réseaux régionaux. Plusieurs des axes de la Route verte sont aménagés sur d'anciennes emprises ferroviaires, un facteur géographique qui organise son itinéraire général. La Route verte constitue le seul aménagement cyclable de certaines municipalités. Sur le site Internet de la Route verte (Vélo Québec, 2015), la carte interactive de cet itinéraire permet de visualiser qu'outre les sections inachevées, certaines sections du « réseau » sont discontinues sur plusieurs kilomètres.

Circuits cyclables dans les parcs nationaux

Plusieurs parcs nationaux provinciaux et fédéraux disposent d'aménagements cyclables, dont certains sont connectés ou même fusionnés à la Route verte. C'est le cas notamment du Parc national de la Yamaska, en Montérégie, dont la piste cyclable se connecte au réseau La Campagnarde (axe 4) de la Route verte; le Parc national de la Pointe-Taillon, au Lac-Saint-Jean, dont la piste cyclable du Tour du Lac se connecte directement à la Véloroute des Bleuets (axe 8 de la Route verte); ou encore le Parc Forillon en Gaspésie, dont le Sentier du Portage traversant le parc du nord au sud correspond à l'axe 1 de la Route verte.

Sentier Transcanadien

Enfin, le Sentier Transcanadien est un sentier pédestre et cyclable canadien interprovincial, qui emprunte entre autres le tracé de la Route verte, sur ses axes 1, 2, 5, 6 et 8.

1.2.4.3 Portrait qualitatif des infrastructures cyclables

Malgré ces déploiements, les itinéraires et les aménagements cyclables québécois sont l'objet de critiques autant en matière de quantité que de qualité, en particulier dans la perspective d'un usage utilitaire du vélo.

⁵ Toutes les régions du Québec, sauf celle du Nord-du-Québec.

Les critiques soulèvent un problème dans l'organisation des infrastructures cyclables sur le territoire. En 1995, le ministère des Transports soulignait lui-même le manque de planification des aménagements cyclables dans la province:

Jusqu'à maintenant, à quelques exceptions près, la réalisation des aménagements cyclables au Québec a presque toujours été faite à l'intérieur de projets isolés, dans chacune des municipalités qui se sont intéressées à ce domaine. La plupart du temps, les interventions ont en effet été réalisées de façon ponctuelle, et davantage associées aux loisirs, sans effort de planification, afin d'intégrer la bicyclette au processus d'aménagement du territoire et aux réseaux de transport, et souvent sans chercher à relier entre eux les aménagements des diverses municipalités. (Ministère des Transports du Québec (MTQ) & Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ), 1995, p. 10).

Près de 15 ans plus tard, en 2009, Fortier et Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) (2009, p. 11) déclaraient, dans un document proposant « un cadre d'analyse intégrée des facteurs pouvant avoir un impact sur la sécurité des aménagements cyclables » complémentaire aux normes du MTMDET: « Bien qu'il existe certaines normes au Québec, on constate des variations importantes de la sécurité des parcours existants. Cette situation s'explique en partie par le fait que les normes québécoises sont volontaires, que les aménagements effectués par les municipalités se sont étalés sur plus de 25 ans sans la présence d'une planification d'ensemble à l'échelle du Québec, que les normes et l'expertise ont évolué ».

Dans son *État du vélo en 2011* des sept grandes municipalités du Québec, soit Montréal, Laval, Longueuil, Gatineau, Sherbrooke, Trois-Rivières et Québec, Jolicoeur et Vélo Québec (2011b) soulignent les déficiences fonctionnelles des infrastructures cyclables, et déclarent que « [d]ans chacune des villes, le réseau cyclable répond d'abord à des besoins de loisir » et que « ces réseaux sont souvent déficients: manque de continuité des corridors, absence d'intégration à la voirie locale, accès limité aux destinations principales (centre-ville, institutions d'enseignement, artères commerciales). Néanmoins, les corridors linéaires permettent aux cyclistes de franchir rapidement de longues distances à l'écart de la circulation automobile. Cela leur confère un potentiel important quant aux déplacements utilitaires. »

En 2013, dans un document de propositions pour augmenter la part modale du vélo dans les centres urbains québécois, Vélo Québec (2013, p. 3) spécifie également le manque d'infrastructures cyclables en milieu urbain et rapporte un extrait d'un article paru la même année dans La Presse observant qu'à Montréal « [l]es pistes cyclables sont tellement populaires que des bouchons de circulation s'y forment aux heures de pointe ». Dans cette même publication, l'organisme souligne également la déficience de la qualité des infrastructures cyclables en milieu urbain :

Les mesures pour favoriser les déplacements actifs varient beaucoup d'une ville à l'autre. Les problèmes sont nombreux et récurrents : trop peu d'investissements publics dans le transport actif en général, aménagements cyclables pas toujours fonctionnels et sécuritaires, liens cyclables manquants, signalisation déficiente, stationnements pour vélos insuffisants ou de conception inadéquate, encore trop peu de compatibilité avec le transport collectif et difficulté de cohabitation avec les automobiles. Dans les villes du Québec (et ceci inclut celles qui ont adopté des plans de mobilité active ou durable), les mesures concrètes pour améliorer la circulation à vélo de façon significative se font encore attendre. En fait, la part modale du vélo en ville est de l'ordre de 1 à 9 % au Québec, alors que de 30 à 55 % des déplacements inférieurs à un kilomètre s'y font en auto. Manifestement, il y a place à amélioration. (Vélo Québec, 2013, p. 5)

Enfin, dans leur rapport d'évaluation du potentiel d'application de la démarche « Code de la rue » au Québec, Bruneau et Morency (2016) déclarent également :

Malgré [Aménagement en faveur des piétons et des cyclistes (Jolicoeur & Vélo Québec, 2009)] et les normes du MTMDET, le réseau cyclable est parfois complexe, hétérogène ou mal conçu. Certains parcours cyclables complexifient le cheminement des cyclistes en impliquant des détours, des cheminements hasardeux (ex. virage à 90°) et des coupures ou alternances de différents types d'aménagements (ex. succession de pistes sur rue, pistes en parc, bandes cyclables et chaussées désignées), ainsi qu'un mélange de bandes unidirectionnelles et bidirectionnelles. Bruneau et Morency (2016).

1.2.5 Autres éléments du concept de culture de mobilité

Les déficiences fonctionnelles du réseau cyclable utilitaire ne tiennent pas qu'aux infrastructures cyclables : comme montré par le concept de culture de mobilité urbaine, elles

sont également le symptôme d'un système socioculturel où le vélo n'est pas soutenu de façon intégrée et systémique. D'ailleurs, bien que le vélo comme véhicule de déplacement soit légal et qu'il possède un potentiel intéressant en milieu urbain compte tenu des relatives courtes distances de navettage, Vélo Québec (2013, p. 5) souligne que « le principal problème est que le vélo n'est généralement pas considéré sérieusement comme un mode de transport ». Le contexte de dominance modale de la voiture dans les différentes sphères influant sur le choix modal des individus participe depuis plusieurs années au sous-développement d'autres modes de transport (Perreault & L.Bourque, 2014), et à la marginalisation de ces derniers. La marginalité du vélo utilitaire complexifie sa perception aux yeux de la population, oriente les décisions politiques et administratives à son égard et influe sur l'importance qu'il occupe en conception et en sécurité routière.

1.2.5.1 Perception du vélo et des cyclistes utilitaires

Comme montré par le concept de culture de mobilité, la perception, ou l'image que se forment les individus et les collectivités des cyclistes, du vélo, des infrastructures cyclables et de l'expérience du cycliste urbain comme usager de la route est déterminante dans la légitimité du vélo comme moyen de transport et dans le choix du vélo utilitaire (Aldred, 2013; Savan, Cohlmeier, & Ledsham, 2017). D'ailleurs, selon une analyse de van Goeverden et Godefrooij (2011) portant sur différents projets cyclables réalisés dans différentes villes néerlandaises et échelonnés sur une dizaine d'années, « [i]mproving the perception of conditions [of cycling] results in increased bicycle use beyond the increases associated with improving the actual conditions ». Toutefois, la perception du vélo utilitaire dans les endroits où la part modale est haute diffère de celle des endroits où elle est basse. Comme mentionné par Pucher et al. (2010) : « Culture, custom, and habit tend to foster bicycling in cities with high levels of bicycling but deter bicycling - especially among noncyclists - in cities with low levels of bicycling, where it is viewed as a fringe mode ».

Différentes organisations ont tenté de prélever la perception de la population québécoise à l'égard des cyclistes comme usagers de la route et du vélo comme mode de transport. Les différentes données recueillies montrent une perception mitigée.

Au Québec, les cyclistes sont admis sur la plupart des chemins publics (sauf les autoroutes et leurs voies d'accès ("Code de la sécurité routière," 2018)), cependant que « la place des cyclistes sur les routes n'est pas entièrement acquise » selon un sondage commandé par la SAAQ pour « mesurer les opinions, les attitudes et les comportements des automobilistes et des cyclistes à l'égard de leur usage commun de la route et de leurs interactions dans ce contexte » (SOM Recherches et sondages & Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ), 2014). Selon les résultats de ce sondage, « une proportion importante de personnes (32 %) [...] pense que les routes devraient être réservées aux automobilistes seulement. Pour quatre répondants sur dix (40 %), les cyclistes nuisent à la circulation et pour 68 %, ils ne respectent généralement pas le Code de la sécurité routière » (SOM Recherches et sondages & Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ), 2014, p. 51).

La *Politique sur le vélo 2008* du Ministère des Transports du Québec (MTQ) (2008, p. 17) donne également exemple d'une situation démontrant que l'inclusion des cyclistes n'est pas bien comprise chez la population :

« Dans le milieu policier, on admet que les interventions coercitives auprès des piétons et des cyclistes s'inscrivent rarement au rang des activités quotidiennes des patrouilleurs. Les policiers expliquent la situation par la difficulté de faire respecter les règles de circulation dans un contexte où il n'y a pas de consensus social sur une plus grande priorité à accorder aux piétons et aux cyclistes. L'établissement d'un consensus faciliterait grandement le travail des policiers, qui ont à appliquer les règles du Code de la sécurité routière qui concernent ces usagers. »

Par ailleurs, selon le sondage réalisé par Poirier (2016) pour l'édition 2015 de l'*État du vélo* de Vélo Québec, la population québécoise se montrait, en 2015, moins favorable à encourager le vélo comme moyen de transport que les années précédentes.

Enfin, Écho Sondage (2011) dresse un portrait sociodémographique type montrant que les cyclistes pratiquant le vélo à des fins utilitaires sont généralement en faveur de la promotion du vélo utilitaire, et que les femmes dans la cinquantaine sont plus favorables à des mesures de réduction de vitesse dans les rues que les jeunes hommes.

1.2.5.2 Plan vélo

Les politiques sur le vélo, aussi appelés plans vélo, sont vues dans la littérature comme clef dans l'engagement d'une organisation envers le vélo comme mode de transport (Harms et al., 2016; Pucher & Buehler, 2007, 2012d; Pucher et al., 2010). Minimalelement, ces plans énoncent la vision sur le vélo, définissent les orientations et les objectifs, et présentent les actions à entreprendre, les moyens et les ressources nécessaires pour les atteindre. Dans son étude sur la performance des politiques provélo de 22 municipalités néerlandaises entre 2000 et 2012, Harms et al. (2016, p. 150) spécifient que les politiques effectives en matière de favorisation du vélo utilitaire possèdent les caractéristiques suivantes : « *formulating and implementing interventions that can be measured and monitored, a high degree of adaptability of policy, allowing opportunities for experimental measures, high levels of citizen participation and the presence of strong leaders (like mayors or other public figures).* »

Au Québec, des plans en faveur du vélo sont émis par les différents paliers gouvernementaux.

Politique provinciale

Au niveau provincial, la Politique sur le vélo émise en 2008 énonçait trois objectifs couplés de cibles temporelles et quantitatives, comme en témoigne l'extrait présenté à la Figure 1.10.

Objectif	Cible
1 L'encouragement progressif à l'utilisation de la bicyclette comme mode de transport	<ul style="list-style-type: none"> • Une augmentation de 50% de la part modale du vélo pour l'ensemble du Québec, calculée dans les grandes agglomérations, par rapport aux données des plus récentes enquêtes origine-destination. Par exemple, le taux pour l'agglomération montréalaise était de 1,2% en 2003. Il devrait passer à 1,8% en 2020. • Une augmentation de 10% de la population utilisant la bicyclette sur une base régulière, soit au moins une fois par semaine, particulièrement les enfants (5 à 17 ans) et les jeunes adultes (18 à 35 ans). Chez les adultes, ce taux était de 33% en 2005; il devrait être de 36% en 2020. • Une augmentation de 10% de la part des déplacements à vélo effectués à des fins utilitaires (travail, étude, affaires, emplettes, etc.). Ce taux était de 17% en 2005 et devrait passer à 19% en 2020.
2 La promotion de la sécurité routière auprès des cyclistes et des autres usagers de la route	<ul style="list-style-type: none"> • Une réduction de 30% du nombre total de cyclistes victimes d'un accident impliquant un véhicule automobile (blessés graves et décès) par rapport à la moyenne de 2002-2006. Le nombre annuel moyen de cyclistes blessés gravement ou décédés pour la période 2002-2006 était de 189. Ce nombre devrait passer à une moyenne annuelle de 132 en 2020.
3 L'amélioration du système de transport pour les cyclistes	<ul style="list-style-type: none"> • Une augmentation de 30% du nombre total de kilomètres de voies cyclables au Québec. Alors qu'il y avait 6789 km de voies cyclables au Québec en 2005, ce nombre devrait passer à 8826 en 2020.
Ces cibles devront donc faire l'objet d'un suivi, au moins tous les cinq ans, pour la période allant jusqu'en 2020.	

Figure 1.10 Objectifs et cibles de la Politique sur le vélo 2008, tirée de Ministère des Transports du Québec (MTQ) (2008).

À la lumière du portrait réalisé aux sections précédentes, plusieurs cibles de cette politique semblent avoir été atteintes.

Ces objectifs sont déclinés dans la politique québécoise en axes d'intervention, dont celui sur les infrastructures de circulation comprend un volet « favoriser la mise en place de réseaux cyclables utilitaires en milieu urbain ».

Outre ces objectifs, cette politique soulève également deux enjeux importants qui font obstacle à la favorisation du vélo comme moyen de transport au Québec : le financement et l'administration.

Financement

En matière de financement, le projet de la Route Verte aurait permis de développer une offre d'infrastructures cyclables récréatives (Jolicoeur & Vélo Québec, 2011a) au détriment des aménagements cyclables utilitaires dans les municipalités québécoises. La *Politique sur le vélo* du Ministère des Transports du Québec (MTQ) (2008, p. 23) déclare d'ailleurs: « ...[A]ucun financement n'a été accordé pour les aménagements réalisés par les municipalités depuis 1995 s'ils n'étaient pas sur les routes du Ministère ou s'ils n'étaient pas sur l'itinéraire de la Route verte. Ce manque d'accompagnement de l'État n'a pas permis un développement important de réseaux cyclables de qualité en milieu urbain, qui étaient plutôt orientés vers les déplacements utilitaires notamment. » Or, bien que le réseau cyclable soit davantage développé en milieu rural, la croissance de l'utilisation du vélo est plus marquée en milieu urbain (Vélo Québec, 2014, p. 6).

Enfin, la nouvelle politique de Mobilité durable du Québec (PMDQ) ne comprend aucun objectif spécifique au vélo privé (différent du vélo-partage). Selon Couillard (2018) pour Vélo Québec, cette politique ne comprend pas suffisamment d'engagements concrets pour favoriser le vélo et développer davantage ses infrastructures. Cette politique prévoit un budget de 125 millions de dollars sur cinq ans pour les transports actifs, alors que pour Vélo Québec « 100 millions seraient nécessaires annuellement pour amorcer un véritable virage en faveur du vélo » (Couillard, 2018).

Administration

En matière d'administration, la *Politique sur le vélo* mentionne la limite des interventions concrètes du ministère des Transports en matière d'infrastructures cyclables à son propre réseau routier et par conséquent, la nécessité que d'autres partenaires impliqués de près dans la gestion de la mobilité urbaine s'engagent pour atteindre son objectif de faire du vélo un

mode de transport populaire. Elle interpelle en particulier les municipalités, dont le réseau routier local est l'infrastructure et l'incitatif de base à l'utilisation du vélo pour se transporter.

Politiques municipales

Selon Vélo Québec (2013, p. 5), « plusieurs villes du Québec (Gatineau, Laval, Longueuil, Montréal et Rimouski) ont pris position pour le vélo dans leur plan de mobilité durable ».

Dans le cadre de son Plan en mobilité active, la Ville de Laval a réalisé un plan directeur sur le réseau cyclable (Audet, 2018), par lequel il vise « la mise en place d'un réseau continu, sécuritaire, efficace, convivial et confortable, étendu à l'ensemble de son territoire et en complémentarité avec le réseau du transport collectif » (Ville de Laval, 2013, p. 44). Bien que ce plan ne divulgue pas d'objectifs précis ni de budgets, des interventions in situ ont été entreprises depuis 2016.

Outre le réseau cyclable prévu à son Plan de transports, la Ville de Montréal a également émis un plan vélo, intitulé *Montréal, ville cyclable*, qui définit dix orientations que la Ville entend emprunter dans l'objectif d'«augmenter de 15 % la part modale du vélo dans les quartiers centraux d'ici les 15 prochaines années » (Ville de Montréal, 2017). Il est à noter que plusieurs des objectifs de ce plan touchent directement le réseau cyclable. Toutefois, ce plan ne comprend pas de budgets précis pour les interventions énumérées ni de structure expliquant comment sera mis en œuvre le plan ni quelles ressources seront impliquées.

À une échelle plus locale, les arrondissements de la Ville de Montréal émettent également leur propre vision du vélo et de ses infrastructures par le biais de leur Plan local de déplacements. Ce plan est une occasion pour les quartiers de revoir leur réseau cyclable pour qu'il soit « maillé, organisé autour d'axes structurants, connectés aux autres arrondissements » (Ville de Montréal et al., 2010, p. 98). Or, la portée de ce plan local trouve des limites dans le fait que, comme expliqué au *Guide des plans locaux de déplacements* de Ville de Montréal et al. (2010) :

[L]e partage des compétences et des responsabilités concernant la planification, l'aménagement et le financement de nouvelles voies cyclables [sur le territoire de l'Île de Montréal] implique plusieurs instances décisionnelles . [...] [L]a Ville de

Montréal a autorité en matière de planification du réseau cyclable dans le territoire des arrondissements. Cette compétence inclut tout le volet réalisation, mise en œuvre et financement des projets cyclables ». « L'entretien (nettoyage, remplacement de la signalisation, réfection de la chaussée, marquage) relève de la compétence des arrondissements pour toutes les voies cyclables en bordure de rue, qu'il s'agisse de rues appartenant au réseau de voirie locale ou artérielle et pour toutes celles traversant les parcs dont l'entretien est à leur charge [...]. Enfin, ce sont aussi les arrondissements qui sont chargés de fixer les périodes d'ouverture et de fermeture saisonnières des voies cyclables. (Ville de Montréal et al., 2010)

En d'autres mots, toute modification au réseau cyclable actuel des arrondissements montréalais implique la concertation avec la Ville centre pour toute responsabilité autre que l'entretien, à moins d'une délégation officielle des compétences par la Ville centre au conseil d'arrondissement.

1.2.5.3 Conception routière et Code de la sécurité routière

Comme vu précédemment, l'approche du MTMDET par rapport à l'aménagement des voies cyclables est différente de celle des aménagements routiers. Les voies cyclables ne sont pas abordées dans une optique de fonctionnalité des déplacements à vélo, en particulier du point de vue d'un cycliste utilitaire vulnérable en milieu urbain.

Parallèlement, comme discuté précédemment, l'approche québécoise en conception routière est centrée sur les fonctions de déplacements et d'accès pour les véhicules motorisés. Par exemple, « [à] Montréal, la conception des rues s'est faite autour de l'idée que la vitesse des véhicules devait être la plus élevée possible afin de favoriser la fluidité de la circulation, malgré les risques qui en résultent notamment quant au nombre et à la gravité des accidents » (Jolicoeur & Vélo Québec, 2011b). Dans ce contexte, les voies cyclables sont ajoutées au système routier en place pour « accommoder les cyclistes » (Ministère des Transports de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET), 2016b), en fonction de l'espace disponible, et des compromis sont nécessaires, au détriment de ce qui rend les axes cyclables fonctionnels pour les cyclistes. D'ailleurs, selon Bruneau et Morency (2016, p. 312),

« le manque de sécurité des cyclistes est dû à la nature inadaptée de nos infrastructures routières pour accommoder les besoins des clientèles actives. »

Selon les chercheurs, « [v]itesse et cohérence de l'aménagement sont un enjeu majeur au Québec. » (Bruneau & Morency, 2016, p. 45). Ce déséquilibre de « "priorités entre fluidité véhiculaire " et "sécurité des plus vulnérables " » (Bruneau & Morency, 2016, p. 312) ne serait pas que dû à l'approche en conception des routes, mais également à la cohérence entre l'aménagement routier et la gestion de l'utilisation des routes par les usagers, comme stipulée dans le Code de la sécurité routière (CSR). Ils expliquent pourquoi :

Au Québec, depuis la modification en 2009 du cadre légal entourant la détermination des limites de vitesse en milieu urbain, les municipalités affichent la limite de vitesse de leur choix sur leur propre réseau. Et à moins d'un désaccord sur la nature de cette limite par le MTMDET, celle-ci devient permanente. Le Code de la sécurité routière du Québec (Québec, 2011) ne prévoit cependant aucune règle quant aux aménagements qui devraient servir à assurer une cohérence entre la vitesse affichée et celle qui est pratiquée. Les administrations municipales n'ont pas d'obligation légale en matière d'aménagement. (Bruneau & Morency, 2016, pp. 44-45).

Dans leur guide *Aménagements en faveur des piétons et des cyclistes*, Jolicoeur et Vélo Québec (2009, p. 9) émettent des critiques similaires envers le CSR et ajoutent que l'inadéquation de certains articles avec les tendances naturelles des cyclistes est à l'origine de plusieurs gestes illégaux commis par de ces derniers. De plus, dans son mémoire émis dans le cadre de la réhabilitation du CSR en 2014, Vélo Québec (2014) avançait que le CSR positionnait le vélo comme un véhicule essentiellement récréatif et que le cadre réglementaire ne permettait pas d'assurer la sécurité des cyclistes et l'efficacité de leur déplacement. L'organisme soulignait également que dans un contexte d'augmentation du nombre de cyclistes sur les routes, le CSR manquait de précision quant à la « place du vélo » sur les chemins publics et au concept du partage de la route, contribuant à créer un contexte où les cyclistes sont perçus et se perçoivent comme des « citoyens de second ordre ». Par ailleurs, dans ce mémoire, Vélo Québec déclarait que le CSR, dont les fondements dateraient des années 70, est « dépassé », et en décalage par rapport à d'autres documents gouvernementaux, comme la Politique sur le vélo. Enfin, s'inspirant du principe de prudence du Code de la rue belge, Vélo Québec recommandait de

revoir le CSR de façon à créer un cadre règlementaire favorisant la pratique du vélo et la « cohabitation de plusieurs types d’usagers ». Plusieurs organismes en développement durable et/ou représentant des usagers vulnérables, comme Coalition vélo de Montréal, Vivre en Ville et Accès Transports Viables, donnaient également l’exemple du Code de la rue belge dans leurs propositions pour réhabiliter le CSR.

La refonte récente (2018) du CSR comprend complètement ou partiellement plusieurs des propositions formulées par Vélo Québec, notamment « la distance de dépassement minimale (1 m et 1,5 m), la hausse des amendes pour emportierage, la fin des points d’inaptitudes, l’introduction du concept de vélorue, l’autorisation de traverser les intersections grâce au feu piéton » (Lareau, 2018). Le principe de prudence adopté dans le cadre de cette refonte ne comporte toutefois pas les mêmes implications que celui du code belge, et oblige les usagers vulnérables à assurer eux-mêmes leur propre sécurité. Par ailleurs, la vélorue est définie comme une voie publique où les vélos sont favorisés, et non priorités, et aucun aménagement pour assurer cette dynamique n’est établi. Enfin, dans le même ordre d’idée, le nouveau code ne contient toujours pas de mesure obligatoire pour assurer la cohérence entre la vitesse affichée et l’aménagement d’une route.

1.2.6 Synthèse



La part modale du vélo au Québec est croissante depuis une vingtaine d’années, mais elle reste faible, soit à environ 1,5 %. C’est à Montréal que le vélo posséderait la plus haute part modale, soit 2,5 %, et jusqu’à près de 9 % dans ses quartiers centraux. Cette part reste moins élevée en hiver qu’en été.



Les cyclistes québécois sont nombreux, près de 2 M de personnes, mais moins de la moitié disent utiliser le vélo à des fins utilitaires entre mai et septembre. La majorité de ces cyclistes utilitaires seraient de jeunes hommes entre 18 et 35 ans habitant en milieu urbain. Les cyclistes utilitaires opéreraient en général pour le vélo pour sa praticité, mais se diviseraient en deux profils type : ceux préférant rouler avec le trafic routier et appréciant le vélo pour sa vitesse et sa flexibilité; ceux préférant emprunter des voies cyclables séparées et optant pour le vélo pour le plaisir. Par ailleurs, les femmes seraient dissuadées d’opter pour le vélo par le risque d’accident et les distances à

parcourir. Ces caractéristiques s'apparentent à celles dégagées par les études sur les cyclistes là où la part modale du vélo est faible.



La perception du vélo et des cyclistes est mitigée au Québec. La place des cyclistes sur la route ne serait pas bien comprise, et selon plusieurs, les cyclistes ne respecteraient pas le CSR. En revanche, la majorité de la population serait favorable à encourager l'utilisation du vélo à des fins utilitaires.



Les normes du MTMDET, la principale référence technique en matière d'infrastructures cyclables au Québec, n'abordent pas les voies cyclables d'un point de vue fonctionnel. Elles n'abordent pas le réseau cyclable et ne fournissent aucune indication sur l'organisation des axes cyclables d'un territoire. Elles abordent principalement les types d'aménagement cyclable, et par là, s'inscrivent dans une « approche tronçon » plutôt que dans une « approche réseau » des infrastructures cyclables.

D'autres outils sont disponibles en matière d'infrastructures cyclables au Québec, mais aucun ne renseignent techniquement sur la conception d'un réseau cyclable.



Les voies cyclables sont nombreuses au Québec : au total 12 000 km dont plus de 80 % sont déployés en dehors des grands centres urbains québécois. Malgré ce déploiement, les réseaux cyclables québécois sont l'objet de critique autant en matière de quantité que de qualité, en particulier dans la perspective d'un usage utilitaire du vélo.



Les déficiences fonctionnelles du réseau cyclable utilitaire québécois ne tiennent pas qu'aux infrastructures cyclables : elles sont également le symptôme d'un système socioculturel où le vélo n'est pas soutenu de façon intégrée et systémique. La marginalité du vélo utilitaire complexifie sa perception aux yeux de la population, oriente les décisions politiques et administratives à son égard et influe sur l'importance qu'il occupe en conception et en sécurité routière. Concrètement, ce système ne crée pas un contexte pratique aux déplacements à vélo.

L'exemple du Québec montre qu'à moyen et long termes, construire des infrastructures cyclables sans système assurant leur qualité, notamment, leur fonctionnalité, ne permet pas au vélo d'être une option modale intéressante et envisageable par un grand nombre.



Repenser la structuration et l'organisation des infrastructures cyclables de façon à s'assurer de leur fonctionnalité pour les cyclistes est une avenue à essayer pour favoriser le choix modal du vélo.



1.3 Élaboration d'un réseau cyclable fonctionnel

La présente section vise à cibler les principes et paramètres qualitatifs et quantitatifs de base d'un réseau cyclable fonctionnel pour un large public, et trouver une méthode permettant d'en assurer la conception.

Cette section évolue selon l'ordre d'idées suivant :

- Une revue de la littérature scientifique et grise sur le réseau cyclable, qui se caractérise par une approche théorique et dont l'apport réside principalement dans une caractérisation qualitative d'un réseau cyclable fonctionnel, ainsi que le développement de méthodes d'évaluation du potentiel des infrastructures existantes à se voir intégrer une circulation de cycliste;
- Une revue de guides techniques et d'un plan vélo d'organisations nord-américaines, qui se caractérisent par une approche généralement plus technique, pratique et méthodique, et qui sont susceptibles d'être consultés par les décideurs, planificateurs et concepteurs routiers québécois;
- Une revue des références en gestion, planification et conception d'infrastructures cyclables provenant des deux organisations qui se démarquent mondialement en matière de part modale du vélo : le Danemark et les Pays-Bas.

1.3.1 Réseau cyclable utilitaire fonctionnel dans la littérature

Un réseau cyclable fonctionnel possède les qualités permettant à un ensemble hétérogène de cyclistes de se déplacer et d'accéder à leurs destinations de façon pratique, en toute sécurité et de façon confortable.

Comme mentionné précédemment, aucune recherche abordant spécifiquement la *fonctionnalité* du réseau cyclable, au même titre que pour le réseau routier, n'a été trouvée dans le cadre de cette étude, autant en termes de planification, de conception que d'opérations. Plutôt que d'aborder le réseau cyclable par ce qui, d'un point de vue technique, le rend fonctionnel pour les cyclistes et dans le système de transport, un type de recherche plus générale tente de

cibler les mesures provélo prises par les organisations où le vélo connaît une popularité significative ou bien, où le taux d'accident est bas, alors qu'un autre type de recherche s'est plutôt concentré à évaluer l'effet de certaines de ses caractéristiques sur le choix modal du vélo, la fréquence d'utilisation ou le taux d'accident. À cet effet, la littérature est large, diffère en méthodologies, possède des conclusions très contextuelles ou encore relatives à la population observée, et est subjectivement catégorisable, comme en témoignent trois revues de littérature largement citées (Buehler & Dill, 2016; Handy et al., 2014; Heinen et al., 2010).

1.3.1.1 Qualificatifs du réseau cyclable fonctionnel

Études sur les mesures provélo

Dans le cas d'études plus générales, l'exercice, conduit dans plusieurs cas, par des chercheurs ou des professionnels liés à des organisations où la part modale du vélo est basse (Buehler & Dill, 2016), se base généralement sur une comparaison des éléments liés au vélo dans les endroits où la part modale du vélo est haute vs où elle est basse. Cette démarche de recherche a mené à l'élaboration d'une liste de mesures provélo dites « clefs » (*key*), ainsi qu'à une caractérisation qualitative des éléments d'un réseau cyclable favorisant le vélo. Par exemple, dans une collaboration largement citée, Pucher et Buehler (2008) précisent que certaines villes de pays européens où le vélo est significativement populaire, soit Amsterdam et Groningen (Pays-Bas (27 %)), Copenhague et Odense (Danemark (18 %)) et Münster et Berlin (Allemagne (10 %)), ont doublé leur réseau cyclable utilitaire depuis les années 70, et en ont amélioré les aménagements, la qualité et l'entretien. Ils écrivent également :

The bicycling networks in all these cities include numerous off-street short cut connections for cyclists between streets and traversing city blocks to enable them to take the most direct possible route from origin to destination. The result of such a wide range of facilities is a complete, integrated system of bicycling routes that permit cyclists to cover almost any trip either on completely separate paths and lanes or on lightly traveled, traffic-calmed residential streets. (Pucher & Buehler, 2008).

Cette observation révèle que, selon ces chercheurs, un réseau cyclable incitatif à l'usage du vélo chez un nombre significatif d'individus se définit comme un système possédant des

caractéristiques quantitatives et qualitatives précises en lien avec l'accessibilité, l'efficacité, la connectivité et la sécurité des déplacements des cyclistes.

D'autres études soulèvent des caractéristiques similaires, complémentaires ou supplémentaires. Par exemple, dans une publication recensant différents projets en infrastructures cyclables entrepris aux Pays-Bas et au Danemark, van Goeverden, Nielsen, Harder, et van Nes (2015) soulignent :

Cyclists prefer:

- Direct routes,
- Connectivity; cyclists appreciate for instance coloured pavement that marks their route, No or minimal exposure to hindrance of motorized traffic. Cyclists prefer dedicated infrastructure, and routing through a traffic calming area is more appreciated than routing along a main arterial.
- Sufficient width of bicycle paths, depending on the traffic flow and on one- or bidirectional use,
- Smoothness and quality of pavement.

[...]

Phil Jones Associates (2014) observe that in countries where the level of cycling is low, conditions for a coherent cycling network are generally not satisfied, while these are a matter of course in cycling countries. They mention the following conditions: there is clarity about the overall cycling network, with connectedness, continuity, directness and legibility all being key attributes; and there is clear, widely-accepted and routinely-used guidance on the design of cycling infrastructure. (van Goeverden et al., 2015)

Ces études générales et qualitatives restent quantitativement peu précises quant aux caractéristiques du réseau cyclable qu'elles soulèvent.

Études plus spécifiques à certaines caractéristiques

Certaines études se sont plutôt concentrées sur certaines caractéristiques spécifiques du réseau cyclable et leur influence dans le choix modal du vélo.

Dans leur revue de littérature, Heinen et al. (2010) citent plusieurs chercheurs ayant conclu que la densité du réseau cyclable, liée ou non à la forme urbaine et/ou à la perméabilité de la trame, favorise le vélo utilitaire en créant de courtes distances de parcours pour les cyclistes. D'ailleurs, selon les statistiques de 2010 du gouvernement néerlandais sur la part modale du

vélo, 41 % des déplacements à vélo correspondent à des déplacements entre 1 et 2,5 km, 33 % correspondent à des parcours entre 2,5 et 5 km, et 23 % correspondent à des trajets entre 5 et 7,5 km. En revanche, selon une étude de cas sur cinq municipalités néerlandaises par van Goeverden et Godefrooij (2011), ce ne serait pas la distance à parcourir qui inciterait à l'utilisation du vélo par rapport à celle de l'automobile, mais plutôt le temps de parcours.

Des études ont tenté de comparer l'influence de certaines caractéristiques du réseau cyclable sur l'utilisation du vélo. Selon une analyse des réseaux cyclables de 74 municipalités américaines, la densité et la connectivité d'un réseau de voies cyclables réservées ont des effets positifs plus marqués sur une utilisation du vélo à des fins utilitaires que l'étendue de ce réseau (Schoner & Levinson, 2014). Une recherche réalisée sur Bogota par Cervero, Sarmiento, Jacoby, Gomez, et Neiman (2009) conclut pour sa part que la densité et la connectivité du réseau routier, ainsi que sa proximité aux voies cyclables (*ciclovía*) a un effet positif plus marqué sur l'utilisation du vélo à des fins utilitaires que la densité de l'aménagement du territoire. Similairement, une recherche menée dans 66 villes néerlandaises a également conclu en l'effet positif de la perméabilité du réseau de rues locales partagées sans circulation de transit et sans infrastructure cyclable réservée sur l'utilisation du vélo (Paul Schepers, Heinen, Methorst, & Wegman, 2013). Selon cette étude, environ 60 % de la longueur des déplacements des cyclistes néerlandais en milieu urbain sont réalisés sur ces rues locales partagées de 30 km/h et moins, où il n'y a pas d'aménagements cyclables réservés, mais où la circulation véhiculaire de transit est faible. Dans un même ordre d'idées, dans leur revue de littérature, Buehler et Dill (2016, p. 3) déclarent : « revealed-preference studies from the USA and Canada indicate that roadways without separate cycling facilities accounted for 50–90 % of kilometers cycled and that most cyclists rode on roadways without separate facilities at least for parts of their trips ». Par ailleurs, la présence de voies cyclables permettant la circulation des cyclistes à contresens sur des rues à sens unique accroîtrait également la perméabilité du réseau cyclable, et l'efficacité du vélo face à celle de l'automobile, cependant qu'aucune étude ne conclurait en un effet positif de cet aménagement sur l'utilisation du vélo (Buehler & Dill, 2016).

Ces recherches soulignent qu'un réseau cyclable populaire peut être composé d'infrastructures non réservées aux cyclistes. Plusieurs recherches ont pourtant, dans les dernières années, souligné l'importance de la présence d'infrastructures cyclables physiquement séparées dans la popularité du vélo à des fins utilitaires (Buehler & Dill, 2016; Furth, 2012; Pucher & Buehler, 2008). L'intérêt des chercheurs pour ces aménagements peut s'expliquer par l'absence, pendant plusieurs années, d'infrastructures cyclables séparées situées dans l'emprise de la chaussée en Amérique du Nord, en raison du paradigme automobile (Perreault & L.Bourque, 2014) combiné à l'influence de la théorie *vehicular cycling* (Furth, 2012). Les recherches montrent que les infrastructures cyclables physiquement séparées permettant de séparer les cyclistes des automobilistes là où les gradients de vitesse entre les deux usagers sont élevés ont un effet positif sur l'utilisation du vélo utilitaire (Buehler & Dill, 2016; Pucher & Buehler, 2008). Les infrastructures cyclables séparées visuellement des voies de circulation, mais partageant la chaussée seraient moins populaires auprès de plusieurs groupes identifiés comme sensibles à la perception d'insécurité (Heinen et al., 2010). Les routes partagées seraient accessibles aux cyclistes de différents groupes sous certaines conditions, parmi lesquelles la limite de vitesse à 30 km/h et moins, la présence d'éléments d'aménagement pour modérer la circulation des véhicules motorisés, le faible volume de véhicules motorisés et la réduction du nombre de voies (Buehler & Dill, 2016).

Enfin, la participation à l'intermodalité, par la coordination des axes cyclables avec les points de services du transport en commun, et la pleine intégration du réseau cyclable au système de transport sont également vues comme des caractéristiques d'un réseau cyclable incitatif au vélo utilitaire (Pucher & Buehler, 2008).

1.3.1.2 Quantitatifs du réseau cyclable fonctionnel

Dimensionnement

Du côté des études techniques en lien avec la densité du réseau cyclable, soit la distance entre ses mailles et la quantité d'options de parcours qu'il offre aux cyclistes, celle de Meghan Winters, Teschke, Grant, Setton, et Brauer (2010) du programme de recherche *Cycling in Cities* de l'Université de Colombie-Britannique, conclut que 360 m est la longueur du détour

qu'un cycliste accepte de faire comparativement au trajet le plus court, soit un trajet d'environ 10 % plus long que le trajet le plus court pour atteindre sa destination.

Une étude de cas sur l'extension du réseau cyclable de la municipalité néerlandaise de Delft, en 1982, rappelle cette valeur dans un contexte de structuration de réseau. Le projet consistait à créer un réseau cyclable basé sur une classification fonctionnelle hiérarchisée sur trois niveaux :

- City network, soient les axes cyclables principaux :
 - Assurent les déplacements entre les quartiers de la ville, en permettant de franchir des barrières;
 - Assurent le transit intermunicipal;
 - Prévus pour un volume de cyclistes important;
 - Assurent l'efficacité et la fluidité des déplacements;
 - Desservent les destinations principales de la ville;
 - Maillage : 400-600 m.
- District network, soient les axes secondaires :
 - Assurent l'accès aux destinations principales des quartiers;
 - Assurent l'accès au city network;
 - Maillage : 200-300 m.
- Neighbourhood network : toutes les rues restantes :
 - Donnent accès aux résidences;
 - Maillage est d'environ 100 m.

La Figure 1.11 permet de visualiser le résultat de l'application de ces maillages à la trame de la ville, avec en rouge plein le *city network* (pointillé : barrières à franchir) et en bleu plein le *district network* (pointillé : liens projetés).

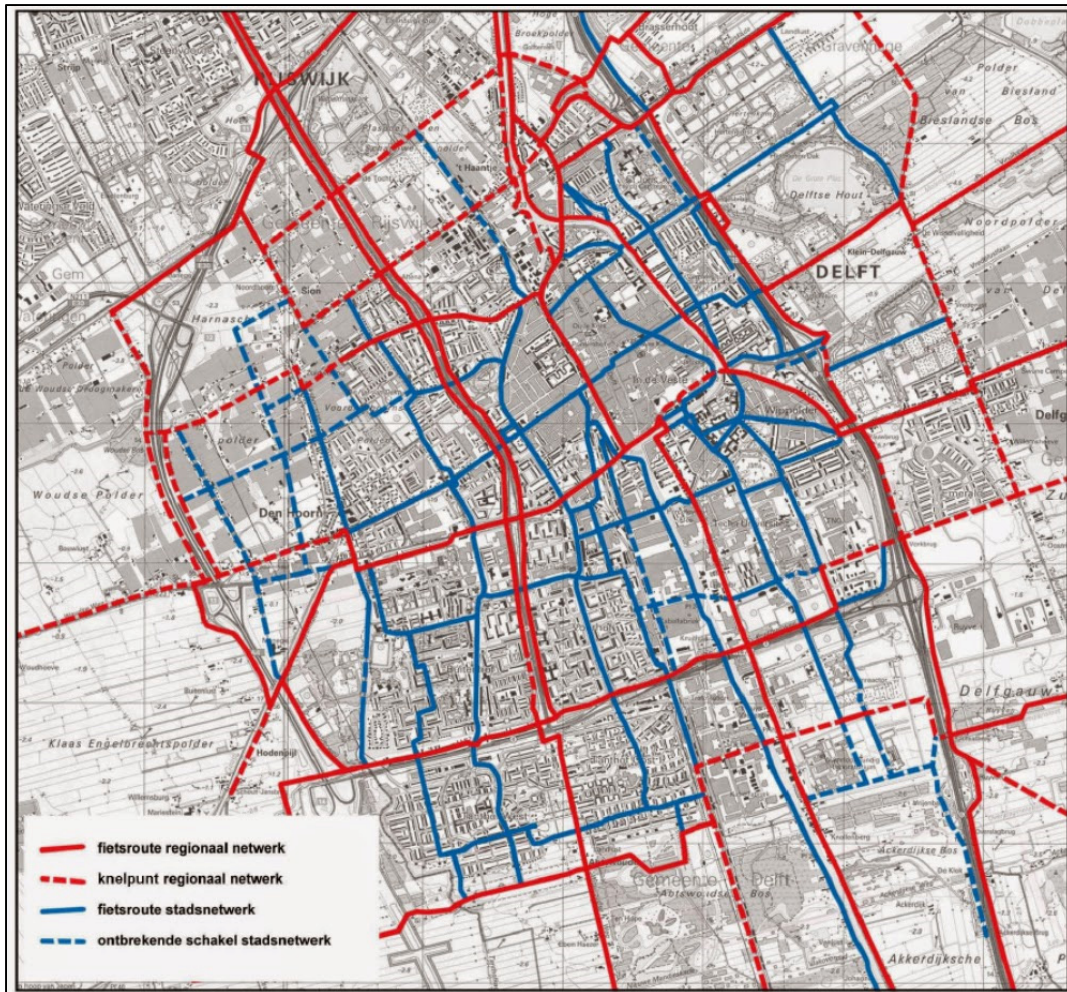


Figure 1.11 Réseau cyclable de Delft, 2005, tiré de Hembrow (2008)

Ce projet, mené et suivi par le gouvernement national néerlandais, avait pour but de mieux comprendre l'influence d'un tel réseau sur l'incitation à faire du vélo et sur la sécurité des cyclistes. Comparativement à deux projets précédents, implantés dans les villes de La Haie et de Tilburg, où la stratégie avait plutôt été de créer quelques longs axes cyclables principaux sur le territoire, le projet de Delft avait pour but de donner aux cyclistes plus d'options de parcours. Les résultats longitudinaux de ce projet en matière d'incitation à l'utilisation du vélo, de sécurité et de satisfaction de la population ont fait de ce modèle une référence recommandée dans l'ouvrage technique en conception d'infrastructures cyclables néerlandais, *Design Manual for Bicycle Traffic* (voir plus loin dans cette section), et le projet modèle en réseau cyclable appliqué dans différentes villes néerlandaises (van Goeverden & Godefrooij, 2011).

Évaluation du potentiel de l'existant

Un autre angle de recherche technique sur le réseau cyclable est celui de la caractérisation du réseau viaire et de l'environnement bâti existants (incluant des infrastructures cyclables existantes) et/ou les habitudes ou préférences en déplacement des cyclistes, dans le but d'évaluer le potentiel du milieu à être propice aux déplacements à vélo et/ou à accueillir des infrastructures cyclables (Larsen & El-Geneidy, 2011; Larsen, Patterson, & El-Geneidy, 2013; Lowry, Callister, Gresham, & Moore, 2012; Meghan Winters, Brauer, Setton, & Teschke, 2013). Ce potentiel, parfois désigné par le terme *bikeability*, peut se présenter sous forme d'indicateurs de performance, générés et/ou cartographiés par un logiciel de données géoréférencées. Les indicateurs américains *Bicycle Compatibility Index* (BCI) et *Bicycle Level of Service* (BLOS) sont ou ont été recommandés dans d'anciennes éditions d'ouvrages de référence en conception d'infrastructures cyclables américains pour évaluer ce potentiel (Harkey, Reinfurt, & Sorton, 1998).

Une méthode plus récente, élaborée par Furth, Mekuria, et Nixon (2016), propose, pour sa part, un indicateur de cartographie de l'existant basé sur la typologie des cyclistes de Portland, l'indicateur LTS (*Level of Traffic Stress*), ainsi que les critères néerlandais en conception d'infrastructures cyclables. Cette étude inclut également une méthode pour identifier les routes les moins « stressantes » en matière de détour pour les cyclistes, soient les routes qui n'excèdent pas 25 % la longueur de la route la plus directe. Bien que cette méthode d'évaluation du territoire soit maintenant recommandée par des autorités américaines (Massachusetts Department of Transportation, 2015), elle demeure néanmoins à tester, car aucune autre étude la mettant en pratique n'a été trouvée.

Remise en question de l'existant

La méthode de Gerike et Parkin (2015) propose pour sa part une méthode d'élaboration d'un réseau cyclable rappelant les principes des nouvelles tendances en catégorisation des routes en milieu urbain et ceux de la mobilité durable (voir section 1). La méthode intégrée développée par les chercheurs du groupe Scientists for cycling du European Cyclists' Federation (ECF), vise à développer un réseau cyclable dans un contexte multimodal en se basant sur l'approche

fonctionnelle « Link and Place » selon laquelle la fonction *lieu (place)* d'une route répond à d'autres types de fonctions urbaines, et implique la présence plus ou moins longue des mêmes usagers sur une période donnée. La méthode des chercheurs inclut l'élaboration d'un réseau cyclable à partir des « lignes de désirs » (*desire lines*), qui sont dans le travail des auteurs des liens directs entre les origines et les destinations, avant de faire des compromis en fonction des autres usagers. Selon ces chercheurs, cette méthode a pour objectif d'amener le concepteur dans une réflexion sur la répartition de l'espace de la route et son aménagement selon les activités que les différents types d'usagers sont appelés à pratiquer ainsi que le comportement souhaité par chacun. Cette étude reste toutefois théorique. Excepté la vitesse de conception des voies cyclables, établie, pour le milieu urbain, entre 15 et 25 km/h, et du fait que la résultante matricielle de la méthode se lit en niveau de service théorique pour les différents modes impliqués dans une conception donnée, cette étude ne propose aucun paramètre de conception et aucune mesure de dimensionnement des espaces de *lien* ou de *lieu*. De plus, aucune étude ayant validé empiriquement cette méthode n'a été trouvée dans la littérature.

1.3.1.3 Synthèse des qualitatifs et des quantitatifs

Les qualitatifs d'un réseau cyclable participant à la popularité du vélo tels que soulevés par la littérature sont variés : certains portent sur la forme et l'organisation du réseau, alors que d'autres font plutôt référence aux aménagements des tronçons et des carrefours qui forment le réseau ou à l'opération du système. Dans la perspective de la présente étude, qui s'intéresse à la forme et la structure du réseau cyclable, les caractéristiques soulevées par la recherche sont regroupées et classées au Tableau 1.5.

Tableau 1.5 Caractéristiques qualitatives du réseau cyclable selon la recherche

Caractéristiques	Forme et structure	Aménagement / Opération (tronçons, carrefours, signalisation)	Sources
Cohérent	x		(Pucher & Buehler, 2008, 2012a)
Étendu	x		(Pucher & Buehler, 2008, 2012a)
Dense	x		(Garra et al., 2012; Heinen et al., 2010)

Caractéristiques	Forme et structure	Aménagement / Opération (tronçons, carrefours, signalisation)	Sources
Composé de voies cyclables interconnectées	x		(Forsyth & Krizek, 2011; Garrad et al., 2012; Heinen et al., 2010; Pucher & Buehler, 2008, 2012a; van Goeverden et al., 2015)
Composé de voies cyclables directes	x		(Garrad et al., 2012; van Goeverden et al., 2015)
Permet des déplacements rapides	x		(Garrad et al., 2012; van Goeverden & Godefrooij, 2011)
Composé de raccourcis (par rapport aux routes du réseau routier)	x		(Pucher & Buehler, 2008)
Composé d'axes cyclables longeant les voies principales	x		(Pucher & Buehler, 2008)
Participe à l'intermodalité	x		(Pucher & Buehler, 2008)
Composé de rues locales à faible débit et basses vitesses, pourvues de mesures d'apaisement de la circulation, et sans infrastructures cyclables réservées	x		(Garrad et al., 2012; Pucher & Buehler, 2008, 2012a)
Composé de carrefours aménagés pour protéger les cyclistes ou bien favoriser la fluidité de leurs déplacements		x	(Pucher & Buehler, 2008)
Lisible		x	(van Goeverden et al., 2015)
Composé de voies cyclables physiquement séparées des véhicules motorisés		x	(Buehler & Dill, 2016; Heinen et al., 2010; Pucher & Buehler, 2012d)

Ces études sur le réseau cyclable ne fournissent cependant peu ou pas d'informations quantitatives ou techniques sur les caractéristiques soulevées, ni ne fournissent de lignes directrices pour élaborer un réseau cyclable répondant de ces caractéristiques identifiées comme stratégiques dans l'incitation à l'usage du vélo auprès d'un grand nombre.

Du côté des études quantitatives, on remarque le peu d'études techniques provenant du domaine de l'ingénierie qui se sont penchées sur la structuration et le dimensionnement d'un réseau cyclable fonctionnel. L'étude de cas du réseau cyclable de la municipalité de Delft présente un exemple réel et effectif d'un système d'infrastructures cyclables organisé et appliqué au territoire selon des gabarits de maillage ajustés aux cyclistes. Plusieurs études

quantitatives ont développé des méthodes d'évaluation du potentiel de l'existant, en lien avec certains éléments identifiés comme favorables au vélo utilitaire dans la recherche. Cependant, il demeure qu'elles proposent une approche où le réseau cyclable est pensé en fonction de l'environnement existant, et non en fonction de ce qui lui permettrait d'être idéal pour les cyclistes. Il est à rappeler que selon cette recherche, un réseau cyclable fonctionnel est un réseau qui optimise avant tout les déplacements et l'accès des cyclistes, en assurant leur sécurité et leur confort.

1.3.2 Le réseau cyclable dans les guides techniques et les documents stratégiques

L'insuffisance d'informations sur la conception de réseau cyclable fonctionnel dans la littérature justifie le recours à des guides techniques. Dans le contexte nord-américain du Québec, les guides provenant d'organisations qui partagent des similarités sur le plan routier sont les plus susceptibles d'être employés par les décideurs, planificateurs et concepteurs québécois. Deux références canadiennes, et cinq américaines connues sont revues relativement aux normes du MTMDET et aux informations recherchées sur le réseau cyclable. De plus, un plan vélo, celui de la ville de Portland, est revu, en raison de l'expérience de la municipalité et de l'accent que ce plan met sur le réseau cyclable.

1.3.2.1 Références techniques canadiennes et américaines

Les documents techniques canadiens et américains examinés dans le cadre de ce travail sont les suivants :

- *Ontario Traffic Manual Book 18: Cycling Facilities* de Ministry of Transportation of Ontario (MTO) (2013);
- *Geometric Design Guide for Canadian Roads : Chapter 5- Bicycle Integrated Design* de Transportation Association of Canada (TAC) (2017);
- *Guide for the development of bicycle facilities* de l'American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2012);
- *Separated Bike Lane : Planning and Design* de Federal Highway Administration (FHWA) (2015);

- *Separated Bike Lane : Planning and Design Guide* de Massachusetts Department of Transportation (MASSDOT) (2015);
- *Urban Bikeway Design Guide* de National Association of City Transportation Officials (NACTO) (2014)

Les documents suivants ont aussi été consultés:

- *Bikeway Network Mapping Book* de Federal Highway Administration (FHWA) (2016);
- *Portland Bicycle Plan for 2030*, de City of Portland (OR) (2010).

Ouvrages techniques

De prime abord, les trois premiers ouvrages de cette liste sont normatifs et se distinguent des normes du MTMDET par leur contextualisation de la pratique du vélo en milieu urbain vs la pratique récréative, et leur considération du cycliste comme un usager différent de l'automobile et dont les caractéristiques influent directement sur le comportement comme usager et la décision d'opter pour le vélo ou non. À cet effet, les trois guides catégorisent les cyclistes selon l'âge, l'habileté et la tolérance au stress, et abordent les mêmes typologies, soit celle de Portland et celle de l'ASSHTO (*Experienced and Confident* et *Casual and Less Confident*). Dans les trois guides, le vélo et le cycliste sont vus comme des éléments dont les caractéristiques doivent être prises en compte en conception.

En revanche, aucun de ces guides ne propose de méthode objective et claire pour encadrer la planification et la conception d'un réseau cyclable utilitaire. Du côté du guide ontarien, la planification des axes du réseau cyclable est abordée par le biais de recommandations générales et qualitatives, soient l'accessibilité, la connectivité, l'efficacité, le confort, la sécurité et l'attractivité, cependant que ces caractéristiques ne sont pas quantifiées. L'ouvrage propose une méthode d'implantation de réseau cyclable en cinq étapes, dont la première est l'identification des axes, mais ne fournit pas d'information technique quant à comment choisir ces corridors ou structurer le réseau. L'accent est plutôt mis sur le choix des infrastructures cyclables qui constitueront les tronçons. De plus, il est mentionné que la détermination de la fonction d'une route du réseau cyclable est importante, et qu'une différenciation entre les tronçons principaux ou secondaires du réseau devrait être faite, mais aucune information n'est

fournie sur comment déterminer ces fonctions ou cette différenciation. En matière de planification de réseau cyclable, le guide de l'AASHTO aborde le vélo comme un moyen de transport pour lequel toutes les routes d'un territoire devraient être aménagées (sauf où prohibé), cependant que certaines doivent être prioritaires. Il énumère des éléments qu'il recommande de prendre en compte: les besoins des usagers, les débits et vitesses des véhicules motorisés, la mixité modale, les barrières, l'accès aux pôles générateurs de déplacements, la linéarité des axes et leur logique pour le cycliste, le nombre et le type d'intersections, le paysage, le maillage (pour lequel il précise des mailles de ¼ de mille), la sécurité, la sécurité perçue, la faisabilité d'implantation. D'un point de vue méthodique, l'ouvrage ne précise toutefois pas quel aspect prioriser, comment définir les axes et décider entre deux axes possibles, ou encore par quelle étape commencer. Le guide du TAC pour sa part n'aborde le réseau cyclable que par des recommandations sommaires en matière de connectivité et liens directs. Enfin, les trois guides mettent plutôt l'accent sur le type d'aménagement cyclable à choisir pour une situation routière donnée, similairement aux normes du MTMDET.

Le guide *Separated Bike Lane : Planning and Design* de FHWA (2015) et le *Separated Bike Lane : Planning and Design Guide* de MASSDOT (2013) se distinguent des trois premiers ouvrages, principalement par le fait qu'ils se concentrent sur l'inclusion de « bandes cyclables séparées », soit des bandes cyclables, unidirectionnelles ou bidirectionnelles, situées à même la chaussée, mais « séparées » des voies de circulation (par un bollard, un terre-plein, une zone hachurée, etc.) dans un réseau cyclable urbain⁶. De plus, il est le seul ouvrage consulté qui définit l'expression « réseau cyclable »: « *bicycle networks [...] are interconnected bicycle transportation facilities that allow bicyclists to safely and conveniently get where they want to go* ». Le type de réseau cyclable recommandé dans le guide en est un à « faible niveau de stress » (*low stress network*), et l'accent est mis sur la qualité des infrastructures plutôt que sur leur quantité. Les recommandations du FHWA (2015) en matière de localisation des axes en

⁶ Il est à noter que ce concept n'a pas d'équivalent dans les normes du MTMDET, pour lesquelles une bande cyclable est visuellement séparée des voies de circulation, et une piste cyclable est physiquement séparée des voies de circulation.

bandes cyclables séparées restent qualitatives et axées sur l'évaluation de l'existant à recevoir ce type d'infrastructure.

Le guide technique non normatif *Urban Bikeway Design Guide*, du National Association of City Transportation Officials (NACTO) (2014), une association américaine regroupant 62 villes nord-américaines, dont Montréal, et visant l'échange des idées en transport et en aménagement urbain, a une fonction complémentaire aux autres guides américains. Le guide de NACTO aborde le réseau dans la planification des *bicycle boulevards*, des routes cyclables principales passant par des rues locales principalement à vocation résidentielle et à faible débit automobile, et où les cyclistes ont la priorité de passage. Les *bicycle boulevards* doivent créer des corridors cyclables directs et continus d'environ 2 à 5 milles (3 à 8 km), et assurer aux cyclistes des déplacements paisibles et sécuritaires. Il est recommandé de s'inspirer des lignes de désirs (*desire lines*) des cyclistes pour choisir les tracés des *bicycle boulevards*, cependant ce terme n'est pas défini et la façon de déterminer ces liens n'est pas précisée.

Enfin, rassemblant les cartes de 23 organisations américaines de différents paliers gouvernementaux, le premier *Bikeway Network Mapping Book* de FHWA propose une synthèse d'informations à inclure dans la cartographie d'un réseau cyclable, ainsi que des propositions de formes pour ces éléments. Pour les voies cyclables, la seule proposition d'organisation est la présentation par type de voie et par infrastructures existantes et projetées.

Plan vélo de la Ville de Portland, OR

Comme mentionné précédemment, la Ville de Portland (OR) se distingue d'autres villes américaines en matière d'expérience dans la promotion du vélo utilitaire et de part modale du vélo. En 2010, la ville a adopté un plan vélo, le *Portland Bicycle Plan for 2030*, indiquant ses orientations et actions stratégiques en faveur de l'accroissement de la part modale du vélo. En matière d'infrastructures, Portland explique sa volonté de consolider sur son territoire un réseau cyclable « sans stress » pour mousser l'intérêt du vélo auprès de la catégorie *interested but concerned*. Cette consolidation passe par la densification du réseau cyclable caractérisée par la présence de voies cyclables à tous les 800 pieds (environ 250 m) dans plusieurs quartiers

de la ville, afin de donner aux cyclistes différentes options de parcours selon leurs habilités et critères de confort. Elle inclut également la mise à niveau de l'organisation de son réseau cyclable datant de 1996 selon une nouvelle classification fonctionnelle divisée en trois niveaux, du plus important au plus local : les *Major City Bikeways*, soit la « colonne vertébrale » du réseau qui permet la circulation de transit entre les principaux pôles générateurs de déplacements et dont l'aménagement doit assurer la fluidité et permettre d'accueillir un large débit de cyclistes; les *City Bikeways*, des voies cyclables de transit secondaires « directes et pratiques », permettant d'atteindre les destinations situées à l'intérieur des mailles des *Major City Bikeway*; et enfin les *Local Service Bikeways*, assurent l'accès des cyclistes aux quartiers résidentiels, et correspondent à toutes les routes du territoire où ne passent pas les deux niveaux de voies cyclables supérieurs. La Ville de Portland inclut également à son plan la création de *Bicycle District*, soit des zones urbaines denses, où l'utilisation du vélo doit être particulièrement favorisée au détriment d'autres modes. Toutes ces voies et districts sont cartographiés et inclus au plan vélo, mais il n'est généralement pas précisé comment un axe a été choisi plutôt qu'un autre.

Ces orientations ont comme objectif de clarifier la hiérarchie des voies par rapport à celle datant de 1996, d'assurer des interventions appropriées sur les axes achalandés, et d'adapter l'offre de voies à l'utilisation réelle par les cyclistes; bref assurer une base de gestion du réseau en fonction de l'importance des voies dans l'ensemble. Enfin, le plan précise que les concepts de structuration et de dimensionnement du réseau suivis dans le cadre du plan sont directement inspirés des pratiques néerlandaises en matière cyclable.

1.3.2.2 Synthèse

Les ouvrages de référence techniques canadiens et américains en infrastructures cyclables mettent l'emphasis sur des infrastructures cyclables inclusives, adaptées aux cyclistes moins tolérants au stress, et où les infrastructures séparées sont vues comme clef pour atteindre ce but. Les ouvrages américains font référence à plus d'exemples concrets locaux que les ouvrages canadiens, mais soulèvent des notions similaires et comme ces derniers, ils

développent peu techniquement les aspects liés à la fonctionnalité du réseau cyclable. Ainsi, au même titre que les normes du MTMDET, bien qu'en général plus exhaustives, l'ensemble des ouvrages techniques consultés démontre envers les infrastructures cyclables une *approche tronçons*.

La Ville de Portland, avec son plan vélo, se distingue de cette approche en organisant les interventions à venir sur ses infrastructures cyclables en commençant d'abord par le réseau, et plus précisément par son organisation fonctionnelle. La classification hiérarchique fonctionnelle qu'elle entend consolider, développée à partir de son expérience depuis 1996, est directement inspirée des pratiques néerlandaises, et rappelle, à cet effet, l'étude de cas sur Delft présentée précédemment. L'approche de Portland correspond à une *approche réseau* des infrastructures cyclables. Le plan stratégique de Portland reste toutefois très ancré dans son expérience des dernières années, et ne contient pas d'informations techniques ou méthodiques encadrant une démarche d'élaboration de réseau cyclable.

Dans tous les cas, bien que les ouvrages américains et canadiens procurent aux décideurs, planificateurs et concepteurs québécois de plus amples informations sur le réseau cyclable que les normes du MTMDET, il reste que ces derniers sont produits par des organisations où la part modale du vélo comme mode de déplacement reste définitivement faible comparativement à plusieurs villes néerlandaises ou danoises. Le recours aux guides de ces organisations qui se distinguent mondialement en interventions provélo utilitaire découle de ce manque de résultats probants et longitudinaux en matière de popularité du vélo.

1.3.3 Recommandations danoises et néerlandaises en matière de réseau cyclable

Comme mentionné précédemment, il y a consensus au sein de la recherche établissant que les Pays-Bas et le Danemark sont les pays où le vélo utilitaire connaît une popularité modale parmi les plus significatives dans le système de transport, et ce, malgré les incertitudes entourant les données de part modale provenant de différentes organisations et leur comparaison (Bruneau & Morency, 2016; Handy et al., 2014; Pucher & Buehler, 2012b). Un portrait sommaire ainsi

qu'une comparaison des approches des deux organisations relativement au réseau cyclable permettent de cibler une méthode à retenir dans le cadre de ce travail.

Pratique du vélo utilitaire

Selon les données provenant des gouvernements des deux pays, à l'échelle nationale, la part modale du vélo au Danemark est évaluée à 20 % (The Ministry of Transport, 2012), et aux Pays-Bas, à 26 % (Fruianu et al., 2010). Selon la plateforme TEMS de European Platform on Mobility Management (EPOMM) (2018), le vélo possède une part modale de plus de 20 % dans trois municipalités danoises, Copenhague (30 %, 2014), Odense (27 %, 2008), et Gladsaxe (23 %, 2009) et dans 24 municipalités néerlandaises, dont les premières sont Houten (44 %, 2008), Eindhoven (40 %, 2014) et Oss (39 %, 2013). Les deux organisations, et en particulier certaines de leurs municipalités, sont des exemples éloquentes, autant au niveau national que local, de la mise en œuvre de mesures identifiées par la recherche comme favorables au vélo utilitaire (notamment, car ils en sont les principales études de cas). Enfin, bien que les deux pays affirment posséder une « tradition » ou une « culture » du vélo (Andersen et al., 2012; Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (CROW), 2016; Pettinga et al., 2009), il reste qu'il y a une importante variabilité dans la popularité du vélo comme mode de transport d'une ville à l'autre au sein des deux organisations (Paul Schepers, 2013).

Dans les deux cas, les statistiques montrent que le choix modal du vélo est populaire chez tous les groupes de la population, en particulier chez les moins de 25 ans, et que les cyclistes sont presque à égalité des hommes et des femmes (Pucher & Buehler, 2008). Par ailleurs, dans les deux cas, le mode de transport dominant est l'automobile, à 60 % pour le Danemark (The Ministry of Transport, 2012) et environ 47 % pour les Pays-Bas (Fruianu et al., 2010). La principale motivation du choix modal du vélo à Amsterdam et Copenhague serait la praticité du vélo (City of Copenhagen, 2017; Pelzer, 2010).

Études et approche envers le vélo et les infrastructures cyclables

Bien que l'histoire du vélo aux Pays-Bas et au Danemark soit similaire, avec une présence modale dominante au début du XX^e siècle puis une décroissance dans la foulée de l'introduction massive de l'automobile (Carstensen, Olafsson, Bech, Poulsen, & Zhao, 2015; Ebert, 2004; Ministry of Transport Public Works and Water Management & Ligtermoet & Louwerse, 1999), les recherches réalisées pour ce travail ont montré que plus d'informations et de données longitudinales, scientifiques ou institutionnelles, sur la démarche envers le vélo et les cyclistes, les aménagements cyclables, les politiques vélo ou encore la sécurité et les accidents, sont disponibles, en anglais, pour les Pays-Bas. Pour le Danemark, l'information disponible se concentre principalement sur Copenhague, la capitale, médiatisée autour de son objectif de faire de la ville *the world's best bicycle city* (Carstensen et al., 2015; City of Copenhagen, 2012; van Goeverden & Godefrooij, 2011), et sur Odense, nommée *National Cycle City of Denmark* de 1999 à 2002.

L'ouvrage de référence néerlandais en gestion, planification et conception d'infrastructures cyclables *Design Manual for Bicycle Traffic* (DMBT) de Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (CROW) (2016) est largement cité dans le monde dans les ouvrages traitant des infrastructures cyclables. Le plan vélo de la Ville de Portland le qualifie « the world's most authoritative manual on bikeway design » (City of Portland (OR), 2010). Sans être normatif, le DMBT est un guide technique en infrastructures cyclables, qui rassemble des mesures, des procédures, des fiches techniques, des matrices décisionnelles, et des recommandations. L'édition de 2016 est la troisième édition d'un ouvrage issu du *Dutch Bicycle Master Plan* (plan vélo du gouvernement national néerlandais dans les années 90), et rassemble les connaissances et apprentissages réalisés lors du vaste projet de recherche et développement qui s'est échelonné des années 70 à la fin des années 90 dans différentes villes du pays.

Collection of Cycle Concepts 2012 (CCC) du Cycling Embassy of Denmark, diffère du DMBT en ce qu'il correspond plutôt à un rapport détaillé décrivant la démarche et la vision du Danemark envers le vélo. Cet ouvrage, cité dans quelques recherches spécifiques, est le plus

formel trouvé en anglais sur les pratiques danoises en matière d'infrastructures cyclables dans le cadre de cette recherche. Il se base en majorité sur l'exemple de Copenhague et confirme que peu d'études permettent d'appuyer les recommandations qui y sont émises en matière d'infrastructures cyclables.

Dans les deux cas, les ouvrages montrent que les deux organisations font la promotion, et dans certaines de leurs organisations, l'application de plusieurs des mesures et approches précédemment mentionnées et soulevées par la recherche comme favorables au vélo utilitaire. À la base, le vélo serait reconnu, à l'échelle nationale, comme un moyen de transport démocratique qui doit être favorisé, car en compétition dans le système de transport. Dans les deux cas, la démarche en planification, conception et gestion des infrastructures cyclables est vue comme une réponse fonctionnelle à un besoin en mobilité. Les Pays-Bas et le Danemark disent reconnaître que les infrastructures cyclables doivent répondre aux besoins et caractéristiques des cyclistes et du vélo, selon les mêmes critères, soit cohérence d'ensemble, axes directs et efficaces, sécurité objective et subjective, confort et attrait.

Dans les deux cas, et rappelant le concept de culture de mobilité urbaine, faire du vélo une option modale attrayante, logique et naturelle au point d'induire un changement dans le choix modal des usagers en faveur du vélo est décrit comme l'objectif d'un programme complexe composé de mesures incitatives de différentes natures agissant simultanément et de façon continue sur l'image du vélo comme moyen de transport et sur la qualité de l'expérience de son utilisation pour se déplacer. À cet effet, CCC mentionne que la satisfaction est de première importance et utilise l'expression « *spoil the cyclists* ». Une approche intégrée verticalement (national, régional, local) et horizontalement (multidisciplinarité, différentes parties prenantes, implication citoyenne), et un engagement local (municipal) déclaré et assorti d'un plan vélo, sont expliqués comme base nécessaire à l'institutionnalisation du vélo de façon cohérente. L'approche préconisée par DMBT et CCC comprend également l'implantation de mesures dissuasives à l'automobile, vues comme nécessaires à la favorisation du vélo. Par ailleurs, les deux ouvrages soulignent l'importance d'une hiérarchie routière et de principes en sécurité routière en concordance avec l'échelle au vélo comme mode de transport. Aux Pays-Bas,

l'approche en sécurité routière *Sustainable Safety*, similaire à la Vision Zero suédoise (SWOV, 2013), et en application depuis 1992, positionne l'humain et ses limites comme « mesure de toutes choses », vise à proactivement prévenir tous les types d'accidents ou amenuiser leurs conséquences (SWOV, 2012), et est considérée comme un facteur contribuant à la création d'un contexte favorable au vélo (Bruneau & Morency, 2016; P. Schepers, Twisk, Fishman, Fyhri, & Jensen, 2017; Wegman, Zhang, & Dijkstra, 2012). 85 % des routes néerlandaises situées en milieu urbain seraient des routes dont la limite de vitesse est de 30 km/h (P. Schepers et al., 2017).

Vélos et cyclistes

Dans les deux ouvrages de référence, les cyclistes les plus vulnérables, comme les enfants ou les personnes âgées, sont placés comme l'unité de base en planification et conception d'infrastructures. DMBT fait la liste des caractéristiques du vélo et des cyclistes, à la base des infrastructures cyclables dites « bikefriendly » (notre traduction, Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (CROW), 2016) (DMBT):

- Les vélos sont propulsés par la force musculaire
- L'utilisation du vélo nécessite de l'équilibre;
- Les vélos n'ont pas de cage de protection;
- Les vélos ont très peu de suspension;
- Les cyclistes sont exposés aux intempéries;
- Faire du vélo est une activité sociale;
- Le vélo utilitaire doit être pensé à l'échelle humaine.

Aménagements cyclables

Les types d'aménagements cyclables présentés dans les deux ouvrages sont également similaires, sauf pour l'aspect fonctionnel de l'« approche réseau » néerlandaise (expliqué plus loin). Les recommandations de dimensionnement, en particulier, celles de largeur des voies, se basent sur la possibilité pour les cyclistes de se dépasser, de rouler deux à deux, ou d'être physiquement accessibles et confortables pour les vélos non standards, comme les vélos-cargo.

Par ailleurs, les deux ouvrages recommandent de séparer piétons et cyclistes sur les voies de circulation de transit cyclable.

Réseau cyclable

DMBT et CCC n'abordent pas l'ensemble des infrastructures cyclables d'une organisation par le même terme : DMBT utilise l'expression *bicycle network*, et fait directement référence à des axes cyclables, alors que CCC utilise majoritairement l'expression « cycle planning », qui revoit davantage à la planification des infrastructures cyclables d'une organisation. Dans les deux cas, ces expressions ne sont pas définies littéralement. Cependant, DMBT (CROW, 2016, p.61) mentionne: « [t]he cycle network is an important policy tool » et « [c]oherent policy should [...] have been formulated, specifying what is meant by “cycle network” status and what requirements in terms of quality related to this ».

Dans les deux cas, le réseau ou la planification sont expliqués comme l'élément central de l'organisation des infrastructures cyclables faisant partie d'un système de favorisation du vélo utilitaire. L'idée de la fonctionnalité, soit de permettre les déplacements quotidiens efficaces et agréables, est soulignée dans un contexte de compétition modale. Les qualités présentées à la section 1.3.1 sont évoquées, décrites et contextualisées, ainsi que d'autres comme la prévisibilité et l'uniformité. Par ailleurs, DMBT et CCC mentionnent que, bien que complémentaires, le réseau cyclable utilitaire et le réseau cyclable récréatif ne possèdent pas les mêmes qualités, car ils n'ont pas la même fonction.

Enfin, certaines différences demeurent entre les approches danoise et néerlandaise en matière de planification et de conception de réseau cyclable. Les prochaines sections décrivent les deux approches.

1.3.3.1 Démarche danoise

L'approche danoise de la planification du réseau cyclable n'est pas décrite dans CCC de façon méthodique et objective. Cette subjectivité est peut-être liée au fait que, selon CCC, les

municipalités danoises ont utilisé différents principes de base pour élaborer leur planification d'infrastructures cyclables. Parmi ces principes sont évoqués le volume de cyclistes, les lieux d'emploi, le potentiel de cycliste estimé, les routes d'acheminement vers les établissements scolaires, la sécurité, le confort, la connectivité, le ratio coûts/bénéfices. CCC précise que la méthode adoptée pour élaborer le plan d'infrastructures cyclables dépend du contexte de l'organisation.

Parmi les recommandations plus précises, CCC recommande de prioriser l'implantation de voies cyclable le long des principaux axes routiers pour favoriser l'orientation des cyclistes, et d'assurer que ces derniers ont un accès direct aux axes commerciaux.

CCC propose une liste de vérification pour s'assurer de la qualité de la planification d'infrastructures cyclables Andersen et al. (2012, p. 61) (CCC).

La démarche danoise met l'accent sur le suivi de l'implantation des infrastructures cyclables sur un territoire. La consultation régulière des usagers, pour connaître leur satisfaction et leur perception, comme celle bisannuelle réalisée à Copenhague depuis 1996 (*Bicycle Account*), est expliquée comme centrale à ce suivi. L'évaluation du niveau de service, donc de la qualité opérationnelle du réseau et de ses composantes est, selon CCC, clef au développement du réseau et de ses infrastructures en concordance avec les besoins et demandes des cyclistes. D'ailleurs, c'est dans la ville danoise d'Odense qu'a été implantée pour la première fois la synchronisation des feux de circulation pour cyclistes en 2002.

1.3.3.2 Démarche néerlandaise

Les recommandations présentées dans DMBT découlent de différentes études et projets réalisés depuis les 40 dernières années dans différentes villes des Pays-Bas. En matière de réseau cyclable utilitaire en milieu urbain, les renseignements fournis sur la structure de réseau cyclable proviennent du projet pilote réalisé à Delft en 1982.

La démarche technique présentée par DMBT en planification, conception et gestion des infrastructures cyclables se démarque des autres approches mentionnées précédemment en mettant d’abord l’accent sur la gestion d’ensemble des infrastructures cyclables d’un territoire, désigné « approche réseau » (*network approach*). Cette approche distingue les infrastructures selon trois échelles spatiales intégrées, soit du macro au micro, le réseau cyclable, les tronçons et carrefours, et les éléments d’aménagement. Une progression scalaire, comme illustré à la Figure 1.12, permet de considérer chaque élément du système d’infrastructures cyclables comme des composantes participant à la cohérence et à la fonctionnalité d’ensemble.

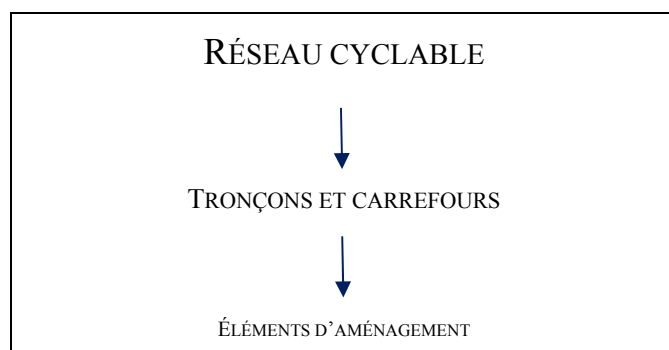


Figure 1.12 Illustration de l’approche réseau

Comme mentionné par Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (CROW) (2016, p. 61) : « [...] it holds that a proper design for a junction or road section can only be produced once the designer is aware of the function of the relevant junction or road section within the overall cycle network and within the structure of the other modalities ». Cette démarche, qui repose sur un principe d’équilibre entre fonction, utilisation et forme pour l’ensemble des infrastructures cyclables, fait appel aux mêmes notions que celles qui sous-tendent le réseau routier traditionnel, comme discuté à la section 1.1.

Élaboration du réseau cyclable

L’élaboration du réseau cyclable est expliquée dans DMBT comme une étape fondamentale dans la planification des infrastructures cyclables d’un territoire: « The most abstract and at the same time the most essential activity entailed in the design of cycle-friendly infrastructure

is developing a cycle network. » (Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (CROW), 2016, p. 61).

Le réseau cyclable néerlandais est, au même titre qu'un réseau routier, un réseau cyclable fonctionnel et hiérarchisé, composé d'axes classifiés selon leur fonction dans le réseau. Il constitue ainsi un outil de planification et de gestion, une base structurante qui oriente les actions relatives aux infrastructures à différentes échelles de conception. Selon l'expérience néerlandaise, le réseau cyclable d'un territoire est composé des trois niveaux fonctionnels et qualitatifs suivants :

1. Les axes « de base » (*basic network*): trame partagée entre différents types d'utilisateurs, mais aménagée pour favoriser les déplacements à vélo, et dont la principale fonction est l'accès aux résidences;
2. Les axes cyclables principaux (*main cycle network*): trame cyclable « principale », en majorité réservée aux cyclistes, dont le maillage se situe entre 300 et 500 m, qui permet le transit et la distribution des cyclistes sur le territoire selon une organisation hiérarchisée;
3. Les autoroutes cyclables (*bicycle highways*): axes interterritoriaux, permettant le transit sur de longues distances (5 km et plus).

La Figure 1.13 illustre la hiérarchisation fonctionnelle et qualitative de ces niveaux.

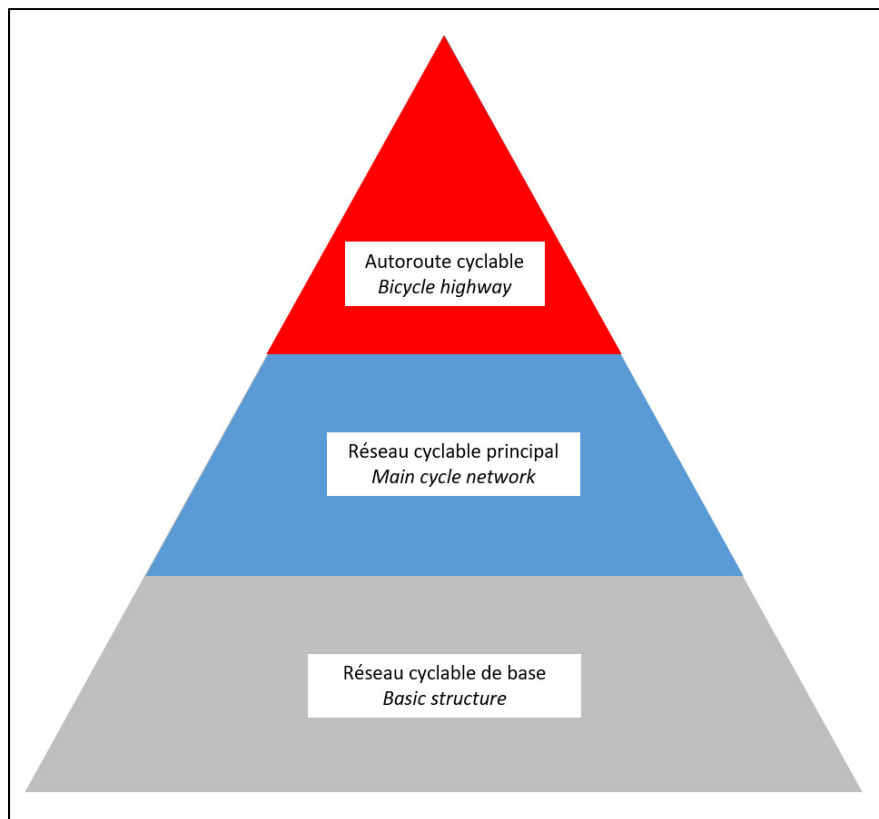


Figure 1.13 Hiérarchisation fonctionnelle du réseau cyclable néerlandais, adaptation de Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (CROW) (2016) (DMBT)

La carte du réseau de la ville néerlandaise d'Assen (Figure 1.14) permet de bien visualiser ces différents niveaux : autoroute cyclable en rouge, réseau cyclable principal en bleu et le réseau de base en gris. Les liens illustrés en vert sont les voies cyclables récréatives, complémentaires au réseau utilitaire.

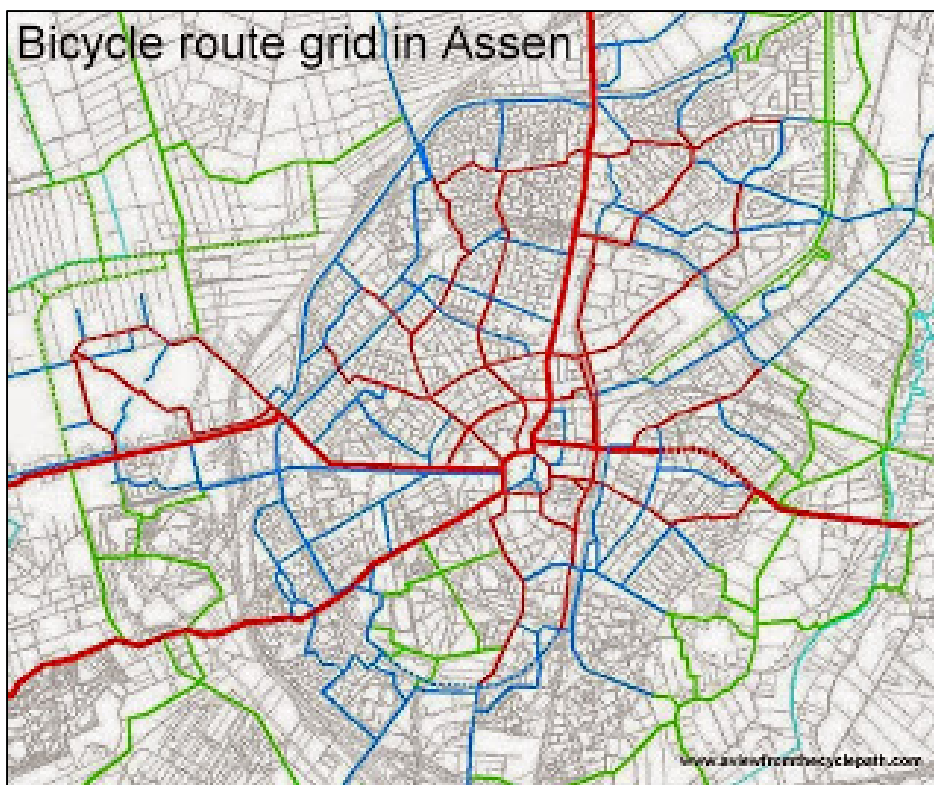


Figure 1.14 Réseau cyclable de la ville d'Assen, tirée de Hembrow (2015)

Selon l'expérience néerlandaise, une trame cyclable adaptée à la perception des distances des cyclistes offre des options de parcours parallèles dans une fourchette approximative de 300 à 500 m. La qualité de connectivité du réseau repose sur la densité de son maillage, donc sur le nombre d'intersections entre les axes du réseau et le nombre d'options de parcours disponibles aux cyclistes. Idéalement, le réseau cyclable est deux fois plus dense que le réseau routier. Enfin, cette qualité dépend également du nombre de points de rencontre avec les autres types d'utilisateurs.

Qu'elle soit faite à l'aide de logiciels ou non, l'élaboration du réseau d'axes cyclables, selon DMBT, comprend les étapes suivantes :

1. Identifier les besoins des cyclistes en termes de déplacement, par exemple, par une enquête O-D;

2. Localiser et cartographier les points d'origine et de destinations d'un territoire et les identifier en zones;
3. Localiser les barrières du territoire;
4. Localiser le réseau cyclable existant et identifier les différentes failles, par exemple, par le nombre d'accidents ou les plaintes;
5. Déterminer les trajets les plus directs pour répondre aux besoins de déplacements des cyclistes, en traçant des lignes droites (vol d'oiseau) entre les zones d'origine et les zones de destination;
6. Déterminer la classification fonctionnelle du réseau cyclable, incluant la détermination de la fonction des voies, leur type d'utilisation et les caractéristiques physiques et qualitatives de chaque niveau déterminé;
7. Hiérarchiser le réseau;
8. Ajuster les trajets cyclables déterminés en fonction des contraintes physiques de la trame urbaine, en tentant de créer les trajets les plus courts et en incluant le franchissement de barrières;
9. Déterminer l'aménagement des tronçons et des intersections en fonction du niveau déterminé (matrice décisionnelle).

Enfin, la révision a priori (avant implantation) de la qualité du résultat se fait par celle des cinq critères de base en conception, qui découlent des caractéristiques des cyclistes (notre traduction, Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (CROW), 2016) (DMBT):

- Cohérence
- Direct en termes de temps et de distance;
- Sécurité;
- Confort;
- Attrait.

La détermination des aménagements par niveaux de voies cyclables

L'« approche réseau » amène un concepteur à concevoir les aménagements cyclables d'abord comme des réponses à la fonction déterminée pour chacun des niveaux de voies cyclables : les aménagements permettent de remplir la fonction selon le débit cycliste prévu, et ils sont adaptés au contexte routier, caractérisé par un débit véhiculaire et une vitesse pratiquée. DMBT propose des matrices décisionnelles pour encadrer objectivement la détermination des aménagements cyclables selon le contexte, et harmoniser les aménagements d'un territoire (Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechiek (CROW), 2016) (DMBT). Ces matrices sont des lignes directrices, qui doivent être adaptées au contexte. Elles sont en lien avec les principes de l'approche *Sustainable Safety*, qui vise l'uniformisation des situations routières similaires, afin d'augmenter la prédictibilité des comportements de chaque usager.

Type d'aménagements cyclables

Une autre des particularités de DMBT est de hiérarchiser les aménagements cyclables, soit les tronçons et les carrefours, selon la qualité d'expérience qu'ils procurent aux cyclistes et le système de classification fonctionnelle des voies cyclables. En d'autres mots, le choix d'un aménagement cyclable est directement lié au niveau du réseau cyclable déterminé pour un axe. Par exemple, il présente une piste cyclable comme un aménagement de meilleure qualité qu'une bande cyclable, et donc plus adéquat à remplir une fonction plus importante dans la hiérarchie des voies cyclables. Un autre exemple est la *fietsstraat*, qui est une route cyclable principale, donc de niveau important, passant par une route locale, à défaut d'avoir pu être aménagée le long d'axes routiers plus importants, et non seulement une rue où les cyclistes sont, comme au Québec, favorisés, ou ont priorité ou peuvent emprunter la largeur de l'emprise au même titre que les automobiles. Une *fietsstraat* possède un aménagement distinctif et une priorité de passage pour les cyclistes, alors qu'une rue locale partagée ordinaire ne possède pas de telles dispositions. À certains égards, la *fietsstraat* néerlandaise s'apparente au *bicycle boulevard* américain.

Le Tableau 1.6 présente les types d'aménagements cyclables néerlandais usuels et fournit le niveau du réseau cyclable généralement associé.

Tableau 1.6 Type d'aménagement cyclable néerlandais de base et niveau du réseau cyclable

Type d'aménagement cyclable	Description physique sommaire	Niveau du réseau cyclable
Route partagée	Route locale située en milieu résidentiel, où les cyclistes et les automobilistes se partagent les voies de circulation.	Réseau cyclable de base
Bande cyclable	Une bande cyclable est une voie cyclable unidirectionnelle située sur la chaussée, et délimitée par deux lignes de marquage, ou une ligne et un élément de bordure.	Réseau cyclable principal
<i>Fietsstraat</i>	Une <i>fietsstraat</i> est un axe cyclable principal du réseau cyclable aménagée sur une rue locale où la circulation des cyclistes est quotidiennement deux fois plus importante que celle des automobilistes. Les cyclistes y ont la priorité de passage. Certaines <i>fietsstraat</i> constituent des axes parallèles à un lien routier important du territoire, où l'aménagement de voies cyclables séparées est physiquement impossible, ou bien ni sécuritaire ni invitant pour les cyclistes	Réseau cyclable principal
Piste cyclable	La piste cyclable est une voie cyclable physiquement séparée des voies pour véhicules motorisés et réservée aux cyclistes.	Réseau cyclable principal Autoroute cyclable

1.3.3.3 Synthèse des recommandations danoises et néerlandaises

Les approches danoises et néerlandaises en matière de favorisation du vélo utilitaire partagent plusieurs similarités qui se traduisent par des parts modales élevées pour le vélo. Dans les deux cas, la praticité des déplacements, la sécurité et le confort sont des éléments centraux des mesures entreprises pour favoriser le vélo utilitaire.

En ce qui a trait au réseau cyclable, la méthode danoise telle que présentée dans CCC, est difficile à cerner techniquement. Des qualitatifs et des principes généraux ayant servi dans différentes municipalités danoises pour élaborer leur planification des infrastructures cyclables de leur territoire sont proposés en exemple, mais aucune méthode n'est recommandée.

La méthode proposée par DMBT pour élaborer un réseau cyclable est plus objective. De plus, elle découle d'exemples concrets probants à court et long termes. Selon une *approche réseau* des infrastructures, qui amène à d'abord découper le territoire selon un maillage adapté aux cyclistes et non en fonction des axes routiers et leurs contraintes de circulation et d'aménagement, la méthode néerlandaise favorise l'élaboration d'un réseau cyclable « idéal » où le moins de compromis possible est fait en défaveur de la fonctionnalité de l'ensemble du système pour les cyclistes.

Dans le cadre de ce travail, c'est la méthode néerlandaise qui a été retenue pour être testée.

1.3.4 Transposition des pratiques culturelles en mobilité

L'emprunt de la démarche néerlandaise pour élaborer un réseau cyclable implique la transposition de pratiques en mobilité qui, comme montré par le concept de culture de mobilité urbaine, appartiennent à un contexte social propre à une organisation. Plusieurs études soulignent l'importance de prendre en compte les limites des transpositions des pratiques en matière de favorisation du vélo utilitaire, car la performance globale de ces initiatives ne dépendent pas seulement du concept mis en application, mais également du contexte d'implantation qui les accueille et les soutient (Gössling, 2013; Handy et al., 2014; Heinen et al., 2010; Pucher et al., 2010). D'ailleurs, dans leur étude, van Goeverden et Godefrooij (2011) écrivent :

A note on the recommendations is that findings for the Netherlands might not always be transferable to other countries. One important point is that the evaluated Dutch interventions were implemented in the situation that the bicycle was a common mode and a reasonably good bicycle infrastructure was already available. In countries that start “from scratch” with low bicycle use and a poor bicycle network, interventions that promote cycling may have different (probably larger) impacts. van Goeverden et Godefrooij (2011)

D'abord, il y a des limites dites « technologiques », liées par exemple, aux types d'aménagements cyclables empruntés d'ailleurs. Comme mentionné par City of Portland (2010) dans son catalogue synthèse *Bikeway Facility Design: Survey of Best Practices*,

« transfer of any appropriate engineering technologies from other countries will require context-sensitive translation to fit local conditions. » À titre d'exemple, la vélorue québécoise et la vélorue néerlandaise se présentent comme deux concepts différents, autant en matière de fonction, d'utilisation que d'aménagement.

Ensuite, il y a les limites dites « culturelles » liées au développement durable, comme celles relatives à la mobilité. Des organisations où des transpositions de pratiques en développement durable liées au transport ont été faites connaissent des failles dans leur capacité à les mettre en place (Langeland, 2014). De plus, les interventions visant des changements dans les normes sociales et les habitudes des individus, comme celles relatives à la mobilité et au vélo en particulier, sont des processus d'essais et d'erreurs qui prennent du temps à prendre leur forme finale (Handy et al., 2012; Savan et al., 2017). La personnalisation des politiques, selon la population et le lieu, est importante pour leur succès (Harms, Bertolini, & te Brömmelstroet, 2014; Savan et al., 2017). Comme le rappelle Alpkokin (2012): « Although the aim of policy debates and efforts around the world is to achieve sustainable development and individual wellbeing, there is no one solution or optimum combination of policies that assures economic, social and environmental sustainability and of political and public acceptability ».

Enfin, l'observation de la transposition du modèle de réseau cyclable néerlandais en cours depuis 1999 à Portland (OR), une ville nord-américaine, permet de mieux cerner les types d'adaptation qu'il est possible d'apporter au modèle de base.

1.3.5 Synthèse



Les qualitatifs d'un réseau cyclable participant à la popularité du vélo tels que soulevés par la littérature sont variés, mais on note une récurrence envers ces derniers : cohérence, le fait d'être étendu, dense, perméable, prévisible, composé de voies cyclables interconnectées permettant des déplacements directs et rapides.



Certaines recherches quantitatives ont tenté d'évaluer le dimensionnement du réseau et d'autres ont développé des méthodes d'évaluation du potentiel de l'existant à recevoir la circulation des cyclistes ou des aménagements cyclables. Ces études envisageant le réseau cyclable en fonction

de l'environnement existant, et non en fonction de ce qui lui permettrait d'être idéal pour les cyclistes.



Outre les normes du MTMDET, les décideurs et concepteurs québécois peuvent recourir à d'autres documents techniques canadiens ou américains pour élaborer un réseau cyclable. Ces sources se distinguent des normes québécoises par leur considération des caractéristiques des cyclistes et par le fait qu'elles abordent le réseau cyclable, cependant elles ne le font pas de façon méthodique et technique.



L'approche de la Ville de Portland, reconnue pour ses initiatives en matière de favorisation du vélo utilitaire, se distingue de celle des guides techniques canadiens et américains, en mettant l'accent sur l'organisation de son réseau cyclable, et plus précisément sur son organisation fonctionnelle.



Les approches danoises et néerlandaises en matière de favorisation du vélo utilitaires partagent plusieurs similarités qui se traduisent par des parts modales élevées pour le vélo. L'approche réseau néerlandaise en élaboration du réseau cyclable est cependant plus méthodique et objective, et favorise la réalisation d'un réseau cyclable où le moins de compromis est fait en défaveur de la fonctionnalité de l'ensemble du système pour les cyclistes.

**La méthode néerlandaise propose une démarche technique méthodique
envers l'élaboration d'un réseau cyclable fonctionnel qui a fait ses
preuves aux Pays-Bas, et est également en essai à Portland, OR, USA.
C'est cette technique qui est retenue dans le cadre de ce travail.**



CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre détaille la méthodologie qui a été appliquée pour atteindre l'objectif général du présent travail, soit élaborer un réseau cyclable utilitaire fonctionnel.

La méthodologie appliquée pour la réalisation du réseau cyclable est divisée en trois grandes étapes :

1. Élaborer un réseau cyclable idéal;
2. Déterminer les niveaux de voies cyclables et hiérarchiser le réseau;
3. Déterminer des aménagements par niveau de voie.

2.1 Élaboration du réseau cyclable idéal

Un réseau cyclable idéal est pleinement fonctionnel, c'est-à-dire qu'il assure, de façon optimale, l'efficacité des déplacements des cyclistes, l'accessibilité des cyclistes aux différents pôles d'origine et de destinations et la sécurité des usagers tout le long de leur trajet et aux lieux de points de rencontre. Ce réseau est construit de mailles correspondantes à l'échelle des cyclistes, assurant des trajets courts et rectilignes, et s'inspirant également des lignes de désir telles qu'expérimentées par les usagers sur le terrain. Un réseau idéal peut inclure des infrastructures inexistantes. C'est un réseau où les compromis en défaveur des cyclistes sont réduits au minimum.

L'élaboration du réseau idéal inclut l'identification des éléments spécifiques au territoire et liés aux déplacements, soit :

- un portrait du réseau routier et du réseau cyclable existant;
- une prise de connaissances de :
 - o certaines données géographiques du territoire;
 - o des habitudes de déplacements des citoyens;

- de l'occupation du sol;
- des pôles générateurs de déplacements;
- des problèmes et irritants actuels vis-à-vis le réseau cyclable existant;
- l'application d'un gabarit de maillage à l'échelle des cyclistes et;
- la détermination de critères qualitatifs établissant la vision pour le vélo.

2.1.1 Réseau routier

Le portrait du réseau routier est dressé grâce aux données disponibles sur le site des données ouvertes de la Ville de Montréal.

2.1.2 Réseau cyclable existant

Le portrait du réseau cyclable existant est dressé grâce aux données disponibles sur le site des données ouvertes de la Ville de Montréal.

2.1.3 Déplacements

Les données concernant les motifs et modes de déplacements dans Verdun proviennent de l'enquête origine-destination 2013 de l'Agence métropolitaine de transport (AMT) (actuellement, Autorité régionale de transport métropolitain (ARTM)). Ce sont ces données qui ont été utilisées par le territoire à l'étude dans le cadre de l'élaboration de son Plan local de déplacements (PLD).

2.1.4 Pôles générateurs de déplacements

Les données sur les motifs de déplacements permettent de cibler les catégories de pôles générateurs de déplacements du territoire à l'étude. Les données géoréférencées de l'Observatoire Grand Montréal de la Communauté métropolitaine de Montréal fournissent une cartographie polygonale de l'utilisation du sol du territoire selon onze catégories. De plus, les

principaux pôles, identifiés dans le cadre de l'élaboration du PLD de Verdun, ont été illustrés sur la carte de travail (voir Figure 3.10).

2.1.5 Problèmes et irritants actuels

Les problèmes et irritants entourant les déplacements à vélo et les aménagements cyclables existants du territoire à l'étude sont recensés dans le cadre du PLD par le biais de sondages, de consultations publiques, de rapports de consultations publiques antérieures ou encore de mémoires. La compilation de ces irritants est cartographiée et constitue l'annexe A-2 *Synthèse des problématiques se rapportant au vélo* du PLD. Ces informations sont validées par les acteurs du milieu et transposées sur la carte de l'élaboration du réseau cyclable idéal.

2.1.6 Le gabarit de maillage à l'échelle des cyclistes

Le gabarit de maillage consiste en un maillage d'axes superposés au territoire de l'arrondissement et suivant la direction de la trame urbaine. Il est établi selon les recommandations de *Design Manual for Bicycle Traffic* (DMBT), avec un ajustement en fonction de la forme urbaine du territoire à l'étude.

2.1.7 Critères qualitatifs du réseau cyclable idéal

Les critères qualitatifs du réseau cyclable idéal sont choisis en fonction des objectifs établis par les acteurs du milieu. Qualitativement, ces critères transmettent la vision pour le vélo et ses infrastructures et techniquement, ils permettent d'ajuster le positionnement des mailles en fonction des attentes et des lignes de désirs connues. Les critères qualitatifs sont listés en ordre alphabétique au Tableau 2.1.

Tableau 2.1 Critères qualitatifs du réseau cyclable idéal déterminés par les acteurs du milieu

Critère	Description
Accessibilité	Réseau ramifié, connecté et maillé, donnant accès aux lieux d'intérêt à l'intérieur de l'arrondissement et hors arrondissement, et accessible toute l'année.
Cohérence	Réseau organisé, signalisé, intuitif et logique.
Confort	Réseau composé d'axes cyclables confortables (tenant compte de la perception de sécurité des cyclistes), agréables, plaisants, invitatants, permettant de rouler deux à deux (accompagnement ou dépassement) et minimisant l'effort.
Efficacité	Réseau direct et sans détour, assurant la fluidité des déplacements à vélo.
Sécurité	Réseau composé d'axes cyclables séparés sur les routes où les vitesses pratiquées dépassent 30 km/h, de routes partagées où les cyclistes sont favorisés, et de carrefours où les points de conflit potentiels sont réduits au minimum.

2.1.8 Positionnement des axes du réseau cyclable idéal

Des mailles sont tracées entre les pôles d'origine et de destination ciblées, ainsi qu'aux endroits où des problèmes quant aux déplacements à vélo ont été soulevés par les acteurs du milieu. Les critères qualitatifs et le maillage permettent de consolider le réseau tracé.

2.2 Détermination des niveaux fonctionnels et hiérarchisation des axes

Suite à l'élaboration et à la consolidation des axes du réseau cyclable souhaité et répondant aux besoins du milieu et aux critères, les étapes suivantes de conception du réseau cyclable consistent en la détermination des classes fonctionnelles des voies cyclables et en la hiérarchisation des mailles. Ces deux étapes sont à la base de ce qui caractérise le réseau cyclable néerlandais comme réseau « fonctionnel et hiérarchisé ».

2.2.1 Détermination des niveaux fonctionnels des voies cyclables

La détermination des classes de voies cyclables consiste en l'établissement d'une hiérarchie basée sur la fonction de déplacement. Une analyse fonctionnelle des habitudes en déplacements des usagers, colligées précédemment, permet de définir les besoins généraux en mobilité et les

catégories fonctionnelles à la base de la division hiérarchique. L'analyse fonctionnelle peut générer la création de deux réseaux cyclables. Chaque niveau fonctionnel est également défini par des caractéristiques physiques, opérationnelles, qualitatives et d'utilisation (débit de cyclistes envisagé), à des fins de meilleure compréhension de leur vocation dans l'ensemble.

L'exercice comprend une comparaison de l'expérience néerlandaise en classification de voies cyclables avec les besoins en déplacements identifiés pour le territoire à l'étude, et une détermination des niveaux. Cette détermination, incluant les caractéristiques respectives, est validée par les acteurs du milieu.

2.2.2 Hiérarchisation des axes

La hiérarchisation des voies du réseau cyclable consiste en la désignation d'un niveau fonctionnel à chacun des axes déterminés. Cette désignation est réalisée selon les caractéristiques des niveaux fonctionnels définis à l'étape précédente.

La procédure à suivre pour cette étape débute par la détermination de deux axes perpendiculaires principaux structurants, ciblés pour leur concordance avec les caractéristiques de ce niveau.

Ensuite, les autres axes de même niveau et de niveaux secondaires sont désignés en suivant les caractéristiques des niveaux et le gabarit de maillage.

Parallèlement à cette désignation, le réseau cyclable déterminé est cartographié à l'aide du logiciel QGIS, un système d'information géographique.

2.2.2.1 Dénombrement des nœuds

La ramification et la connectivité d'un réseau reposent sur la rencontre des axes qui le constituent. Un nœud est un lieu où les axes d'un réseau se rencontrent. La diversité d'options d'itinéraires et de directions qu'offre un réseau cyclable dépend de la quantité d'intersections qui le constituent. La grandeur du réseau et sa ramification sont à la base de sa qualité à offrir

des options de parcours répondant aux besoins ou aux habiletés des cyclistes. Il est à noter que le changement d'aménagement cyclable sur un même axe ne constitue pas un nœud.

Le dénombrement des nœuds du réseau est un indicateur de sa qualité en termes de connectivité et de ramification.

2.2.2.2 Désignation des axes

Les axes d'un réseau correspondent aux différentes branches de ce dernier; chaque axe représente une option d'itinéraire et de direction pour les usagers.

La désignation des différents axes d'un réseau consiste en l'attribution d'un nom spécifique à chacun d'eux. Les nœuds servent d'outils à la séparation de certains axes, selon leur direction générale, nord-sud ou est-ouest. Les axes parallèles sont ceux permettant de parcourir le territoire dans une direction similaire : nord-sud ou est-ouest. En cas de discontinuité *in situ* importante d'un axe, sans option de liaison entre les sections discontinues, il y a désignation de deux axes.

Un territoire peut posséder plusieurs réseaux cyclables, c'est-à-dire, des systèmes répondant à différents usages du vélo. Chaque réseau possède ses propres axes ainsi qu'un système de désignation spécifique; même dans le cas de la jonction de deux axes appartenant à des réseaux différents, les deux axes ne possèdent pas la même désignation.

Le nom de chaque axe débute par son niveau d'appartenance (ou son réseau), suivi d'une lettre attribuée selon sa localisation sur l'ensemble du territoire, en suivant l'ordre de l'ouest vers l'est, puis du nord vers le sud. Par exemple, l'axe 1-A est celui situé le plus au nord-ouest du territoire.

La désignation des axes du réseau cyclable est un outil d'organisation du réseau, qui sert de base à l'analyse du maillage, soit de sa densité et des distances moyennes entre les axes de même niveau et de même direction. La distance moyenne entre les axes parallèles adjacents correspond à la distance moyenne des mailles connectant deux axes. En pratique, cette distance

équivalent à la distance moyenne qu'un cycliste doit parcourir entre deux axes parallèles et adjacents du réseau, et elle est un indicateur de la qualité du maillage du réseau et son adaptation à l'échelle des cyclistes.

Le calcul de la distance moyenne entre deux axes parallèles adjacents est réalisé grâce au logiciel QGIS. Dans un premier temps, les intersections des axes servent de points de coupure, et la longueur des tronçons est ensuite colligée grâce à l'outil de mesure intégré. Différentes opérations mathématiques de caractérisation de base sont ensuite réalisées grâce au logiciel Excel.

2.3 Détermination des aménagements par niveaux fonctionnels de voies cyclables

La détermination des aménagements par niveau fonctionnel de voies cyclables vise à donner des outils pour une prochaine étape de planification d'interventions à mettre en œuvre.

2.3.1 Détermination des aménagements par niveaux de voies cyclables

La détermination d'options d'aménagements cyclables par niveaux de voies cyclables s'inspire directement de l'expérience néerlandaise. Les matrices décisionnelles de *Design Manual for Bicycle Traffic* (DMBT) ainsi que ses définitions des aménagements cyclables (voir section 1.3) servent de guide à l'élaboration de matrices décisionnelles par niveau de voies cyclables pour le réseau déterminé.

CHAPITRE 3

ÉTUDE DE CAS

L'application de la méthode d'élaboration d'un réseau cyclable utilitaire et fonctionnel a été réalisée dans l'arrondissement de Verdun, à Montréal. Ce chapitre présente les différentes étapes de cette étude de cas.

3.1 Élaboration et consolidation du réseau cyclable idéal

Cette sous-section présente les résultats de la première étape menant à la réalisation d'un réseau cyclable utilitaire fonctionnel.

3.1.1 Identification des éléments spécifiques au territoire et liés aux déplacements

Les différents éléments identifiés sont le réseau routier, le réseau cyclable existant, les déplacements, les pôles générateurs de déplacements ainsi que les problèmes et irritants.

L'élaboration du réseau cyclable tel que proposé par DMBT est réalisée dans le cadre de l'élaboration du PLD de l'arrondissement de Verdun, à Montréal. Un rapport synthèse décrivant le projet dans la forme des PLD se situe à l'Annexe C du PLD de Verdun (Arrondissement de Verdun, 2017).

3.1.1.1 Caractéristiques physiques et sociodémographiques

L'arrondissement de Verdun est situé dans le sud-ouest de l'Île de Montréal. Délimité, au nord, par l'autoroute A15, au sud, par l'arrondissement de Lasalle, à l'ouest par le canal de l'Aqueduc, et à l'est, par le fleuve Saint-Laurent, c'est un « arrondissement géographiquement enclavé » (Concertation en développement social de Verdun (CDSV), 2012). La Figure 3.1 montre cette localisation.

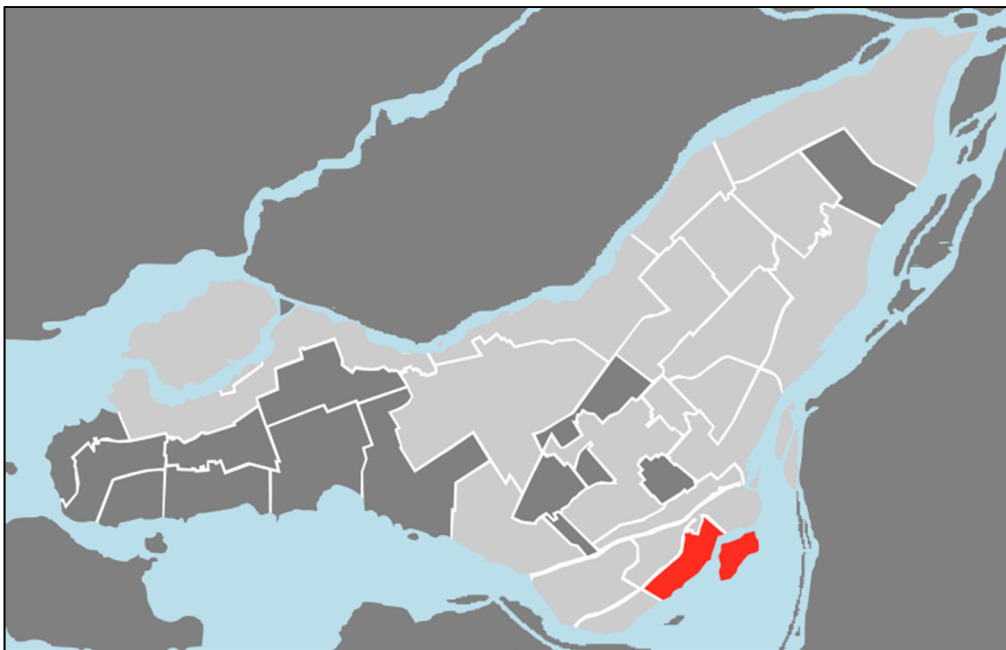


Figure 3.1 Localisation de l'arrondissement de Verdun sur l'Île de Montréal, tirée de Wikipédia (2018)

L'arrondissement de Verdun a une superficie totale de 9,7 km² divisée en deux secteurs principaux, l'Île-des-Sœurs (3,8 km²) et la Terre ferme (6,1 km²), séparés par le fleuve Saint-Laurent. Le territoire est également divisé en trois quartiers de référence en habitation⁷ : le quartier Verdun-Centre (aussi appelé Wellington-De l'Église) et Desmarchais-Crawford compris sur la Terre ferme et le quartier Île-des-Sœurs, s'étalant sur toute l'Île-des-Sœurs. La Figure 3.2 montre cette division territoriale.

⁷ « Les quartiers de référence ne sont pas des entités administratives officielles, mais représentent des entités de planification (les anciens quartiers de planification de Montréal). Ils offrent un profil socio-économique relativement homogène ou sont délimités par des barrières physiques importantes (chemin de fer, autoroute, etc.). Ces quartiers représentent parfois des réalités historiques. » (Ville de Montréal, 2014). Les quartiers de référence en habitation sont également utilisés dans l'Enquête nationale auprès des ménages de 2011 de Statistique Canada pour réaliser le profil des ménages et des logements.



Figure 3.2 Quartiers de référence en habitation de l'Arrondissement de Verdun, image tirée de Ville de Montréal (2014)

La population de Verdun en 2016 était de 69 229 habitants, et la densité à 7 126 habitants/ km² (Ville de Montréal, 2018a). Ce total représente une augmentation de 4,6 % par rapport à la population de 2011, qui totalisait 66 155 habitants, dont 47 840 sur la Terre ferme et 18 315 sur l'Île-de-Sœurs. La Figure 3.3 montre la répartition de la densité de la population sur le territoire de l'arrondissement en 2011. On y observe que la population est plus dense dans le quartier Verdun-Centre.

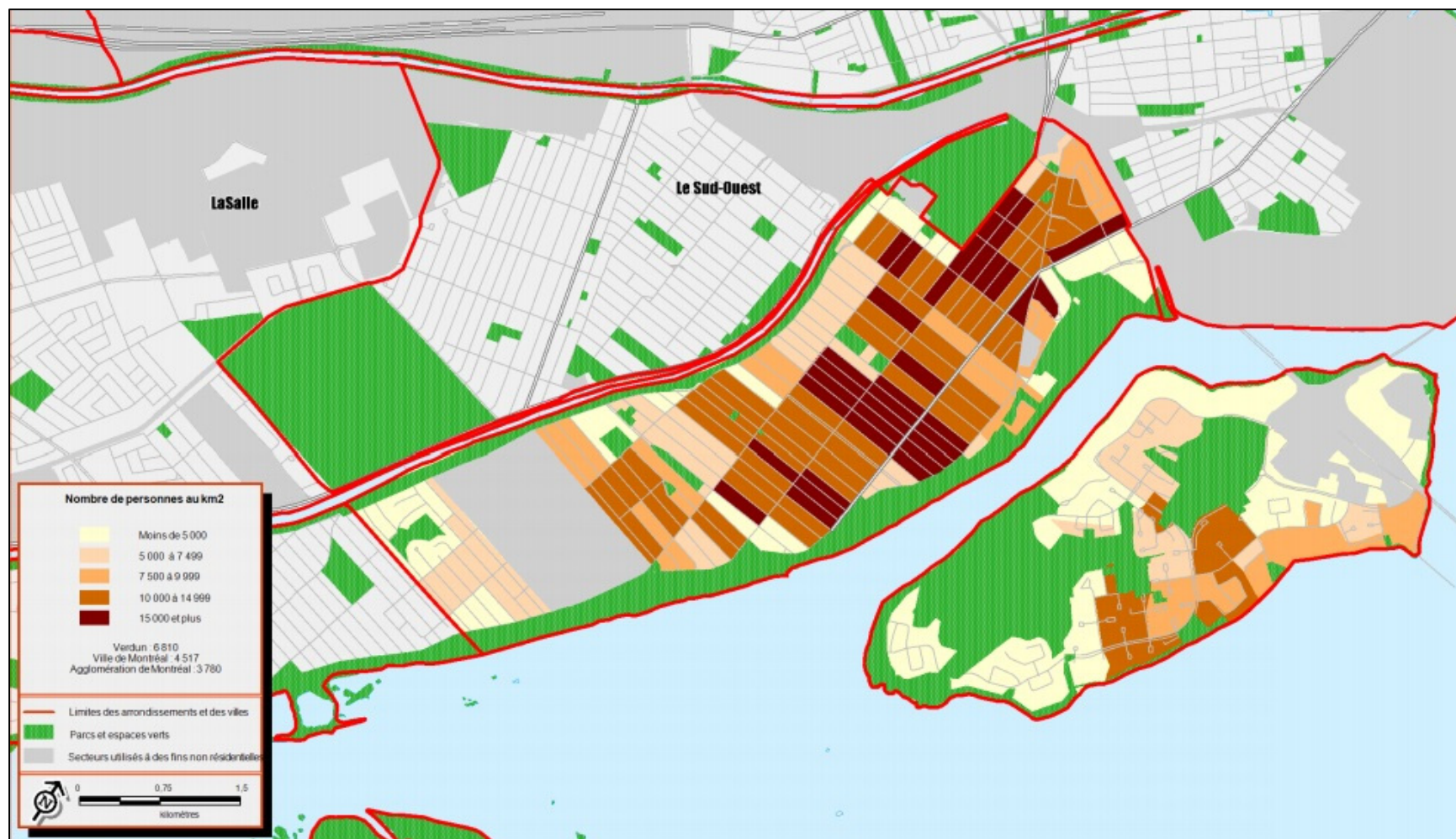


Figure 3.3 Répartition de la densité de la population dans l'arrondissement de Verdun, selon les données de Statistiques Canada de 2011, tirée de Ville de Montréal (2011)

3.1.1.2 Trame urbaine et occupations du sol

La fonction résidentielle est la plus grande à Verdun, avec 55 % du territoire (Concertation en développement social de Verdun (CDSV), 2012). Les pôles de services se concentrent sur la Terre ferme, autour de la rue Wellington, et à l'Île des Sœurs, à la Place du Commerce et à la Pointe-Nord.

La forme urbaine diffère d'un quartier à l'autre. De compacte et serrée dans Verdun-Centre, elle est beaucoup moins dense dans Desmarchais-Crawford et sur l'Île-des-Sœurs.

La trame urbaine des quartiers Verdun-Centre et Desmarchais-Crawford est orthogonale, alors que celle de l'Île-des-Sœurs est organique, cependant que des sentiers piétonniers offrent une meilleure perméabilité pour les piétons.

3.1.1.3 Réseau routier

Les routes de Verdun sont classées selon le système de classification routière établie par la Ville de Montréal, la CMM et le MTMDET, et dont l'organisation repose sur une fonction principale de déplacement (transit, distribution, accès). Ce système se décline selon les classes suivantes, telles que listées sur la page de la géobase du *Portail des données ouvertes* de Ville de Montréal (2018b):

- Classe 0 : Rue locale
- Classe 1 : Certaines voies piétonnières
- Classe 2 : Places d'affaire
- Classe 3 : Quai
- Classe 4 : Privée
- Classe 5 : Collectrices
- Classe 6 : Artères secondaires
- Classe 7 : Artères principales
- Classe 8 : Autoroute

- Classe 9 : Rue projetée

Des caractéristiques physiques, opérationnelles et de débits précisent la classe fonctionnelle d'attribution, comme montré à la Figure 3.4.

CARACTÉRISTIQUES DES AXES				
Type d'infrastructures	Autoroute	Artère principale	Artère secondaire	Collectrices
Caractéristiques physiques				
Nombre total de voies	4 à 8	4 à 8	4 à 6	4 à 6
Raccordement	Autoroute, artère	Autoroute, artère, collectrice	Autoroute, artère, collectrice	Artère, collectrice, locale
Chaussée	Divisée	Généralement divisée	Souvent divisée	Généralement non divisée
Accès	Contrôlés	Limités	Limités	Partiellement limités
Caractéristiques opérationnelles				
Écoulement	Ininterrompu	Ininterrompu sauf aux feux	Interrompu sauf aux feux et aux passages piétonniers	Interrompu aux feux, panneaux d'arrêt et passages piétonniers
Vitesse affichée en km/h	70-100	50-70	50	50
Gestion de l'écoulement ¹	S/O ²	Prépondérante	Importante	Peu
Stationnement	S/O	Interdit aux période de pointe	Interdit aux périodes de pointe	Généralement permis
Caractéristiques de l'utilisation				
Débit de circulation	>45 000	>30 000	<30 000	1000 - 15 000
Fonction prédominante	Transit	Transit/distribution	Transit/distribution	Distribution/accès
Caractère régional des artères	S/O	Est une voie de service ou donne un accès direct à un point ou croise d'autres artères donnant un accès direct à un point		S/O

¹ La fluidité de l'écoulement est favorisée par le recours aux moyens habituels suivants : synchronisation des feux, interdiction des virages à gauche ou aménagement de baies de virage, aménagement d'une voie de virage à gauche dans les deux sens, sens unique. La gestion de l'écoulement est conditionnée par l'ampleur des moyens mis en place.

² Sans objet

Figure 3.4 Classification fonctionnelle du réseau routier de l'île de Montréal, tirée de Ville de Montréal et al. (2010)

L'arrondissement de Verdun dispose de 126,73 km de route sur son territoire (Ville de Montréal - Division de la géomatique, 2018b). Verdun comporte principalement des routes locales (78,76 km, soit 62 %) et collectrices (32,73 km, soit 26 %), mais également des routes privées (1 %), des artères secondaires (1 %), des artères principales (2 %) et des autoroutes (9 %, incluant les ponts entre les secteurs), (Ville de Montréal - Division de la géomatique, 2018b). Près de 41 % de ces routes sont à double sens alors qu'environ 59 % de ces routes sont

à sens unique. Il est à noter que seules les routes locales et certaines collectrices sont sous la responsabilité de l'arrondissement.

Le Tableau 3.1 rassemble quelques données générales permettant de dresser un portrait géographique et routier résumé de l'arrondissement de Verdun.

Tableau 3.1 Portrait géographique et routier de l'arrondissement de Verdun

Éléments	Terre ferme	Île-des-Sœurs	Pont	Total	Source
Population (2016)				69 229	Ville de Montréal (2018a)
Population (2011)	47 840	18 315		66 155	Paquin (2014)
Superficie (km²)	6,1	3,8		9,7	Ville de Montréal (2018c)
Densité de population (habitants/ km²)	7 878 (2011)	4 855 (2011)		7 126 (2016)	Ratio
Longueur maximale approximative nord-sud (km)	4,7	3,7			Mesurée par <i>Google Map</i>
Longueur du réseau routier (km)	79,20	44,14	3,39	126,74	Ville de Montréal (2018b)
Densité du réseau routier (km/km²)	13,0	11,7		13,1	Ratio
Densité du réseau routier (km/1000 habitants)	1,7	2,4		1,9	Ratio
Superficie des espaces verts (km²)				2	Ville de Montréal (2018a)

En matière de transport en commun, l'arrondissement de Verdun est desservi par quatre stations de métro, De l'Église, Lasalle, Verdun et Jolicoeur, dont les trois premières se trouvent sur son territoire, ainsi que dix lignes d'autobus de jour, soit les lignes 12, 21, 37, 58, 61, 107, 108, 112, 168, 178, et une de nuit, la ligne 350 (Société de transport de Montréal, 2018).

3.1.1.4 Réseau cyclable existant

Le réseau cyclable existant de l'arrondissement de Verdun totalise un peu plus de 45,0 km⁸ (Ville de Montréal - Division de la géomatique, 2018a). Il se distribue sur tout le territoire, et se qualifie principalement par le type d'aménagement. La Figure 3.5 permet de voir la distribution du réseau sur le territoire, alors que le Tableau 3.2 détaille la répartition en termes de type d'aménagement.



Figure 3.5 Réseau cyclable existant de Verdun

⁸ Ce total inclut la voie cyclable en site propre longeant le Parc de l'Aqueduc de Montréal et la piste liant les secteurs Terre-ferme et l'Île-des-Sœurs (arrondissement du Sud-Ouest), et la voie cyclable de l'Estacade du Pont Champlain, compte tenu de leur localisation enclavée sur le territoire de Verdun et de leur intégration dans le réseau cyclable de l'arrondissement. Par ailleurs, les voies cyclables en cours d'implantation sur les rues Stephens, Rolland, Beatty et Osborne, ont également été incluses à ce total. Sans ces aménagements, le réseau cyclable de l'arrondissement de Verdun a une longueur totale d'environ 43,7 km.

Tableau 3.2 Longueur du réseau cyclable existant de Verdun par type de voie cyclable et par secteur

Type d'aménagement	Île-des-Sœurs (km)	Terre ferme (km)	Barrière (km)	Longueur totale (km)	Répartition (%)
Bande cyclable (sens unique, sauf sur Wellington)	0,00	7,60	0,00	7,60	17 %
Chaussée désignée	0,38	4,42	0,00	4,80	11 %
Piste cyclable au niveau du trottoir	0,69	0,06	0,00	0,75	2 %
Piste cyclable en site propre	13,04	14,52	2,67	30,24	67 %
Piste cyclable sur rue	0,00	1,40	0,00	1,40	3 %
Sentier polyvalent	0,27	0,00	0,00	0,27	1 %
Longueur totale (km)	14,38	28,01	2,67	45,06	100 %
Répartition (%)	32 %	62 %	6 %	100 %	
Densité km/km²	3,79	4,59			

Les Figure 3.6 et Figure 3.7 illustrent la répartition du réseau cyclable existant par type de voies cyclables et par secteur de l'arrondissement.

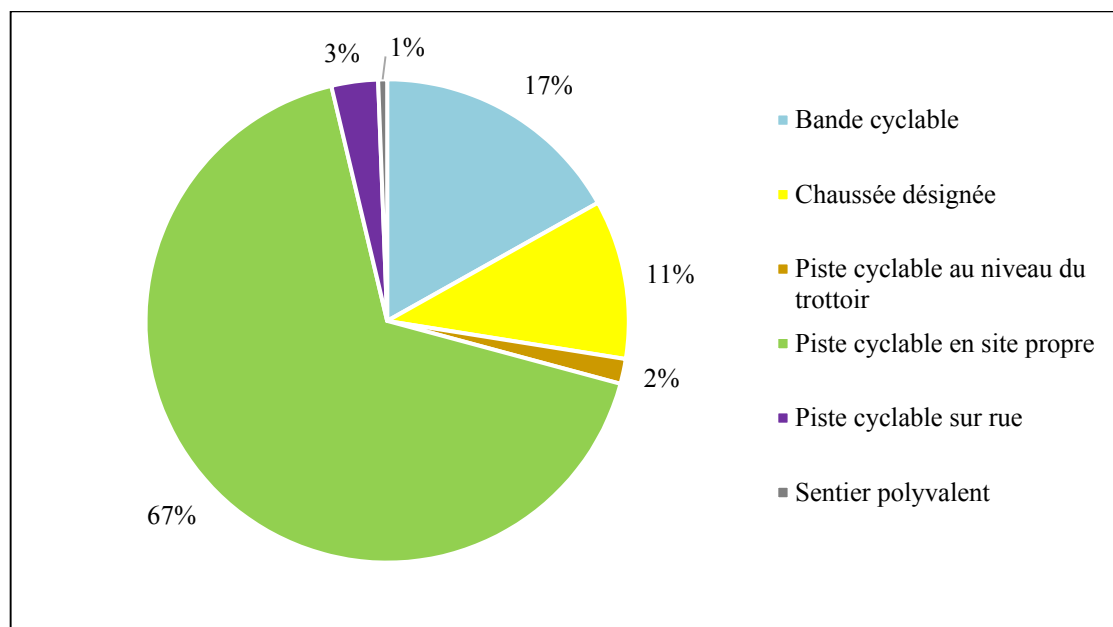


Figure 3.6 Répartition du réseau cyclable existant par type de voie cyclable

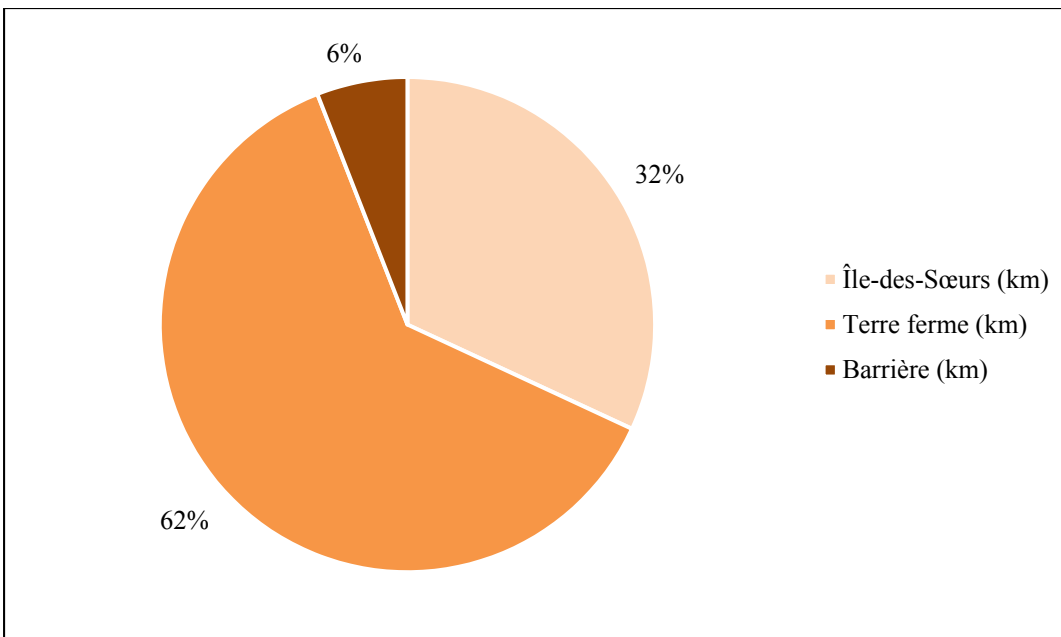


Figure 3.7 Répartition du réseau cyclable existant par secteur

La géographie de l'arrondissement de Verdun le confine à l'intérieur de barrières importantes du point de vue des déplacements, notamment le canal de l'Aqueduc et le fleuve Saint-Laurent. Comme montré à la Figure 3.7 précédente, le réseau cyclable actuel dispose d'infrastructures permettant de franchir ces barrières.

Selon le portail des données ouvertes de la Ville de Montréal - Division de la géomatique (2018a), 77 % de la longueur du réseau cyclable existant de Verdun est accessible quatre saisons.

Nombre d'axes et maillage

La trame organique et discontinue du réseau cyclable actuel ainsi que la présence de voies cyclables à sens unique, rend la détermination du nombre d'axes ainsi que celle de la grandeur moyenne du maillage subjective. Un raccordement virtuel des axes non parallèles permet d'obtenir un éventail de distances entre 100 m et 1,3 km⁹ pour les axes situés dans le même

⁹ Sans tenir compte de la direction et du fait que certains axes cyclables sont à sens unique.

quartier. Les petites distances sont notamment dues à la présence de voies cyclables de direction complémentaire situées sur des rues à sens unique adjacentes.

Nombre de nœuds

Le dénombrement des nœuds du réseau existant comporte des complications d'objectivité en raison de sa discontinuité et de l'absence d'aménagements cyclables dans les carrefours.

Une discontinuité importante tient à l'absence d'aménagement cyclable dans les carrefours pour guider et protéger les cyclistes entre les tronçons cyclables. Un seul carrefour du réseau cyclable de Verdun, soit celui formé par les rues Wellington et l'axe cyclable sur Gilbert-Dubé, possède des feux pour cyclistes.

Une autre discontinuité tient au fait que certains axes situés à proximité d'autres axes et visant à offrir une option d'itinéraire ou de direction différents aux cyclistes n'intersectent pas directement et ne sont parfois pas visibles pour les cyclistes. C'est le cas des axes des rues Osborne et Beatty et de la piste cyclable des Berges, et de la rue Osborne et de la piste cyclable de l'Aqueduc. Dans d'autres cas, les voies cyclables sont visibles, mais elles ne sont atteignables qu'en faisant un détour ou en franchissant des obstacles, comme des voies de circulation ou un espace gazonné; c'est le cas de la voie cyclable de Beatty et de la piste de l'Aqueduc (voir Figure 3.8), ou encore des voies cyclables de Stephens, Rolland et Crawford et de la piste cyclable des Berges.

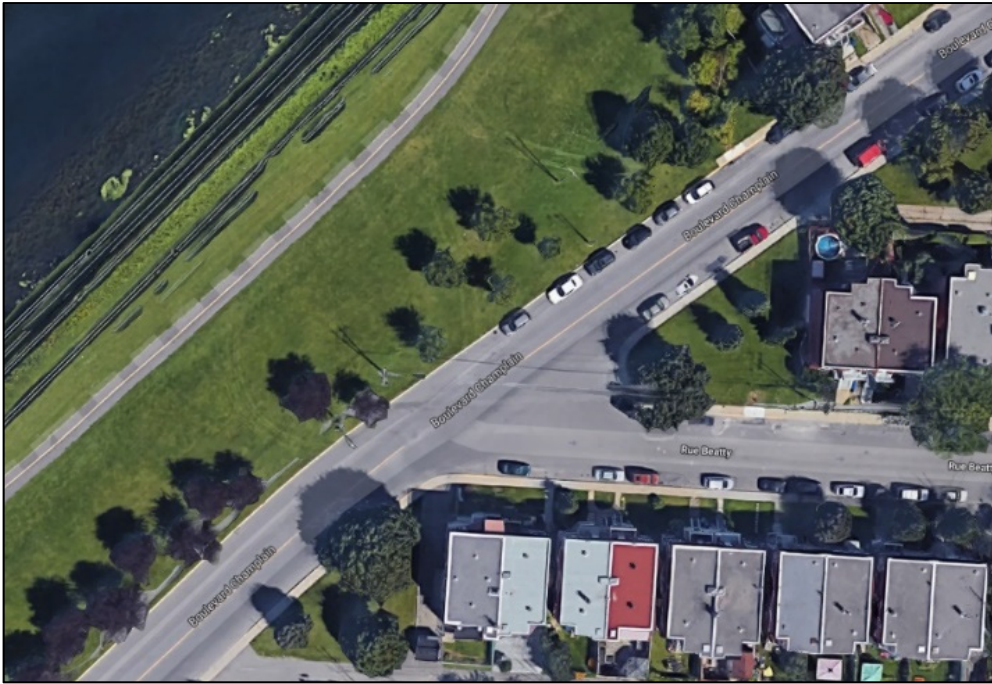


Figure 3.8 Discontinuité entre la bande cyclable de la rue Beatty et la piste cyclable de l'Aqueduc, tirée de Google Map

3.1.1.5 Habitudes de déplacements

La consultation des données de l'enquête origine-destination 2013 utilisées dans le cadre du PLD (Réseau de transport métropolitain, 2014) fait ressortir les données inscrites aux Tableau 3.3 et Tableau 3.4 au sujet des déplacements quotidiens dans Verdun.

Tableau 3.3 Principales origines et destinations des déplacements générés par Verdun, selon le motif, tous motifs confondus, sauf retour à domicile

Déplacements	Motifs	Origine 1	Origine 2	Origine 3
60 220 déplacements attirés à Verdun	<i>Tous les motifs</i>	44 % Verdun	9 % Sud-Ouest	8 % LaSalle
	33 % travail	17 % Verdun	8 % Sud-Ouest	7 % LaSalle
	10 % études	73 % Verdun	8 % LaSalle	6 % Sud-Ouest
	57 % autres ¹⁰	55 % Verdun	10 % Sud-Ouest	9 % LaSalle
Déplacements	Motifs	Destination 1	Destination 2	Destination 3
77 839 déplacements produits par Verdun	<i>Tous les motifs</i>	34 % Verdun	21 % Centre-ville et périphérie	9 % LaSalle
	35 % travail	34 % Centre-ville et périphérie	12 % Verdun	7 % Sud-Ouest
	14 % études	41 % Verdun	21 % Centre-ville et périphérie	9 % Côte-de-Neiges
	51 % autres	48 % Verdun	12 % Centre-ville et périphérie	11 % LaSalle

Tableau 3.4 Principales origines et destinations des déplacements générés par Verdun, selon le mode

Déplacements	Mode	Origine 1	Origine 2	Origine 3
60 220 déplacements attirés à Verdun	60 % automobile	31 % Verdun	10 % LaSalle	9 % Sud-Ouest
	16 % transport en commun	24 % Verdun	14 % Centre-ville et périphérie	10 % Sud-Ouest
	23 % transport actif	91 % Verdun	6 % Sud-Ouest	1 % Centre-ville et périphérie
Déplacements	Mode	Destination 1	Destination 2	Destination 3
77 839 déplacements produits par Verdun	51 % automobile	28 % Verdun	14 % Centre-ville et périphérie	13 % LaSalle
	30 % transport en commun	47 % Centre-ville et périphérie	10 % Verdun	9 % Côte-de-Neiges
	19 % transport actif	86 % Verdun	5 % Sud-Ouest	5 % Centre-ville et périphérie

Les valeurs des tableaux permettent d'observer que les déplacements externes et internes dans Verdun sont presque également importants. Les principaux déplacements attirés à Verdun proviennent de Verdun (44 %), du Sud-Ouest (9 %) et de LaSalle (8 %). Les principaux

¹⁰ « Loisir, visite d'ami/parenté, magasinage, reconduire quelqu'un, chercher quelqu'un, sur la route et autre »

déplacements produits par Verdun se dirigent vers Verdun (34 %), le Centre-ville et sa périphérie (21 %) et LaSalle (9 %). L'automobile est le principal mode de déplacement pour venir à Verdun (60 %) ou sortir de l'arrondissement (51 %), alors que les déplacements internes sont réalisés principalement en transports actifs (47 %). Parmi les déplacements attirés par Verdun et y venant en automobile, 10 % proviennent de LaSalle et 10 % du Sud-Ouest. Parmi les déplacements produits par Verdun et se véhiculant par automobile, 14 % se dirigent vers le Centre-ville ou sa périphérie alors que 13 % se dirigent vers LaSalle. Le principal motif de déplacement vers Verdun et dans Verdun est « autres », ce qui signifie que Verdun est une destination pour d'autres motifs que le travail ou les études.

À titre comparatif, selon les données de l'enquête O-D 2008, les transports actifs possédaient une part modale de 17,9 % dans Verdun. Une analyse de ces données par Morency (2011) dissociait la marche et le vélo du mode « transport actif », montrant que la marche est significativement plus populaire que le vélo à Verdun, avec une part de 16,5 % pour la marche, soit 92 % des déplacements actifs et 1,4 % pour le vélo, soit 8 % de ces déplacements.

Enfin, les données des enquêtes OD montrent que les déplacements générés par Verdun se déploient en grande majorité sur l'île de Montréal, plus précisément dans Verdun ou bien vers les arrondissements limitrophes ou situés dans un rayon d'environ 5 km. Cette distance concorde avec l'échelle du vélo utilitaire et la création d'un réseau cyclable favorisant les déplacements vers les pôles générateurs de déplacements de l'arrondissement, et vers le Centre-ville.

3.1.1.6 Pôles générateurs de déplacements

Les motifs de déplacements autres que les résidences, soit travail, études et autres, sont déclinés en catégories de pôles :

- Commerces et bureaux;
- Écoles et centres de formation;
- Lieux publics et communautaires;

- Hôpital et services de santé publics;
- Garderies;
- Parc et jeux d'eau.

Une couleur a été attribuée à chaque catégorie, et leurs principaux pôles respectifs ont été illustrés sur la carte de travail. La majorité de ces pôles sont regroupés, par catégories et secteur, au Tableau 3.5. Il est à noter que plusieurs garderies ont également été cartographiées.

Tableau 3.5 Principaux pôles générateurs de déplacements dans Verdun, par catégorie et secteur

Catégories	Secteurs	Pôles
Commerces et bureaux	Terre ferme	Rue Wellington
		Rue Verdun
		De l'Église
		Maxi
		Canadian Tire
		Quartier Dupuis-Lesage et garage municipal
	Île-des-Sœurs	Place du Commerce
		Complexe du Club de tennis de l'Île-des-Sœurs
		Siège social de Bell
Lieux publics et communautaires	Terre ferme	Mairie
		Centre communautaire Marcel-Giroux
		Centre culturel de Verdun et Bibliothèque Jacqueline-De Repentigny
		Le chapiteau
		Serres de Verdun
		Piscines publiques et pataugeoires : - Natatorium - Parc Arthur-Therrien
		Stations de métro : - Verdun - De l'Église - Lasalle
		Auditorium de Verdun
		Quai 5160 et École de cirque de Verdun
		Maison Nivard-De Saint-Dizier
	Île-des-Sœurs	Centre communautaire Elgar et Bibliothèque de l'Île-des-Sœurs
		Piscines extérieures : - Parc Elgar - Parc de la Fontaine
	Terre ferme	Écoles primaires :

Tableau 3.5 Principaux pôles générateurs de déplacements dans Verdun, par catégorie et secteur

Catégories	Secteurs	Pôles
Écoles et centres de formation		<ul style="list-style-type: none"> - École primaire Notre-Dame-des-Lourdes - École primaire Notre-Dame-de-la-Paix - École primaire Lévis-Sauvé - École primaire Notre-Dame-des-Sept-Douleurs - École primaire Riverview - École primaire Chanoine-Joseph-Théorêt - École primaire Notre-Dame-de-la-Garde - Elementary School of Verdun - École des Saules Rieurs (ouverture sept. 2017) - École Crawford (en construction)
		Écoles secondaires et centres de formation professionnelle: <ul style="list-style-type: none"> - École secondaire Monseigneur Richard - Beurling Academy - CFPV, édifice Galt - Centre d'éducation aux adultes Champlain
	Île-des-Sœurs	Écoles primaires : <ul style="list-style-type: none"> - École primaire Île-des-Sœurs - École primaire des Marguerites
Hôpitaux et services de santé publics	Terre ferme	Hôpital de Verdun
		SCSLD
		Institut universitaire en santé mentale Douglas
		CLSC de Verdun
	Île-des-Sœurs	Clinique Médicale Ile-des-Sœurs
Parc et jeu d'eau (les principaux)	Terre ferme	Arthur-Therrien
		Honorable-George-O'Reilly
		Les Berges
		Willibrord
	Île-des-Sœurs	L'Esplanade de la pointe Nord
		de la Fontaine
		de West-Vancouver
		Elgar
		Lacoursière

3.1.1.7 Problèmes et irritants

Les problèmes et irritants de l'annexe A-2 Synthèse des problématiques se rapportant au vélo du PLD ont été validés, précisés et augmentés comme ici décrits :

- Carrefour problématique : carrefour présentant des problèmes liés aux déplacements à vélo et aux infrastructures cyclables du territoire;
- Aménagement existant inadéquat : aménagement inadapté à l'usage des cyclistes;
- Vitesse trop élevée : vitesse pratiquée par les véhicules motorisés perçue comme trop élevée par les cyclistes;
- Aménagement cyclable souhaité : aménagement cyclable demandé par les cyclistes;
- Aménagement cyclable à réviser : aménagement présentant des problèmes de cohabitation entre différents usagers et nécessitant une révision importante;
- Aménagement cyclable à éliminer : aménagement isolé présentant des problèmes liés à la sécurité des individus.
-

Le Tableau 3.6 présente la liste des lieux problématiques pour chaque catégorie de problèmes et irritants.

Tableau 3.6 Problèmes et irritants actuels liés aux déplacements à vélo et aux infrastructures cyclables du territoire

Problème	Secteurs	Emplacements
Carrefour problématique	Terre ferme	Piste cyclable du Canal de l'Aqueduc et les rues : <ul style="list-style-type: none"> - Rue Crawford - Rue Stephens - 4^e et 5^e avenue (Pont Jolicoeur) - Rue Galt - Rue De l'Église
		Rue Godin et rue Verdun
		Boul. LaSalle et rue Fayolle
		Rue Brown et rue Bannantyne
		Rue Osborne et boul. LaSalle
		Rue Regina et rue Wellington
		Rue Verdun et boul. Henri-Duhamel
		Boul. LaSalle et boul. Henri-Duhamel
		Rue Wellington et rue Gilberte Dubé
		Rue Gaétan-Laberge et rue Gilberte-Dubé
		Piste cyclable des Berges et l'entrée de la future plage (aménagement imminent)
	Île-des-Sœurs	Boul. Île-des-Sœurs et boul. René-Lévesque
		Boul. Île-des-Sœurs
		Boul. René-Lévesque et rue Berlioz

Tableau 3.6 Problèmes et irritants actuels liés aux déplacements à vélo et aux infrastructures cyclables du territoire

Problème	Secteurs	Emplacements
		Rue Cours du Fleuve et l'entrée du Parc-du-Cours-du-Fleuve
Aménagement existant inadéquat	Terre ferme	Entrée à la Piste cyclable des Berges depuis la rue Fayolle
		Entrée à la Piste cyclable des Berges depuis la rue Crawford
		Rue Verdun
		Rue Wellington, entre les rues Galt et De l'Église
Vitesse trop élevée	Terre ferme	Rue Verdun
		Rue Ouimet
		Rue Regina
Aménagement cyclable souhaité	Terre ferme	Rue Crawford
		Rue Brown
		Rue Woodland
		Rue Wellington
		Boul. LaSalle, entre rue Wellington et rue Argenson (Sud-Ouest)
		Pont entre la Terre ferme et l'Île-des-Sœurs, vis-à-vis les rues Galt ou De l'Église
	Île-des-Sœurs	Rue Elgar
		Chemin de la Pointe-Sud, depuis la fin du boul. Île-des-Sœurs
		Lien cyclable entre la rue Jacques-Le Ber et la piste cyclable en site propre qui longe le fleuve
		Lien cyclable entre la station du REM et la Place du Commerce
		Lien cyclable entre la station du REM et la boul. René-Lévesque
Aménagement cyclable à réviser	Terre ferme	La piste cyclable de l'Aqueduc
		La piste cyclable des Berges
		Rue De l'Église
		Ru Galt
	Île-des-Sœurs	Les pistes cyclables en site propre longeant les boulevards Île-des-Sœurs et René-Lévesque, depuis l'entrée de l'Île-des-Sœurs à la rue Cours du Fleuve
Aménagement à éliminer	Terre ferme	Piste cyclable en piste propre longeant le garage municipal et le Canal de l'Aqueduc, entre la rue Dupuis et la rue De l'Église

3.1.2 Gabarit du maillage idéal

Le gabarit du maillage idéal a été établi à 300 et 600 m, selon la trame urbaine de Verdun. Le gabarit est superposé au territoire avec, comme point de départ l'axe central formé par la rue Verdun pour le secteur de la Terre ferme. 300 m est la distance approximative entre les rues nord-sud sur la Terre ferme, donc la plus petite distance du gabarit : 600 m a été établi en doublant cette distance.

Ce gabarit est désaxé d'environ 20 degrés pour le quartier au sud de l'Hôpital Douglas. À l'Île-des-Sœurs, le gabarit est adapté à la trame des axes principaux retenus, soit le boulevard Marguerite-Bourgeoys et le boulevard Île-des-Sœurs, en le désaxant. Le gabarit de maillage idéal est illustré à la Figure 3.9.



Figure 3.9 Gabarit de maillage à 300 m et 600 m

3.1.3 Réseau cyclable idéal et analyse

La carte de travail illustrant le réseau cyclable idéal élaboré suite à la prise en compte des éléments précédents est montrée à la Figure 3.10.



Figure 3.10 Réseau cyclable idéal déterminé

La carte réalisée permet d'observer que les axes du réseau idéal déterminé relient les zones résidentielles aux principaux pôles générateurs de déplacements et passent aux endroits où la circulation des cyclistes a été ciblée problématique dans les deux secteurs du territoire. À l'Île-des-Sœurs, le réseau montre une concentration de liens vers la Place du Commerce ainsi que vers la future station du Réseau express métropolitain (REM). Sur la Terre ferme, la densité plutôt uniforme des zones résidentielles, l'emplacement des écoles, des principaux commerces et des points de services et des endroits problématiques ainsi que des lieux permettant de franchir le territoire expliquent le schéma orthogonal du réseau cyclable idéal.

Le réseau cyclable idéal est la résultante, dans une proportion subjective et impossible à déterminer, de la considération des éléments permettant d'élaborer le réseau idéal et l'avis des

acteurs du milieu. La comparaison entre le gabarit du maillage idéal et la carte du réseau idéal déterminé montre un écart dont une part d'explication tient aux particularités du territoire et une autre part à l'avis personnel des participants. Par exemple, on observe que le réseau cyclable idéal contient moins d'axes que le gabarit de maille à l'échelle des cyclistes. Cette réduction tient à une incertitude des acteurs du milieu quant à la « nécessité » d'axes cyclables à certains endroits du territoire. Cette nécessité peut être vue comme l'expression des « lignes de désir ». Par exemple, la nécessité d'un lien direct entre la Terre ferme et l'Île-des-Sœurs vis-à-vis l'Auditorium est claire, alors qu'un tel lien plus au sud du territoire n'est pas envisagé. De même, il n'a pas été jugé important de créer un lien est-ouest vis-à-vis le terrain de l'Hôpital Douglas, mais il a été jugé important de créer un lien vers le centre-ville vis-à-vis l'A10. Le réseau cyclable idéal déterminé témoigne d'ailleurs d'un besoin de plus d'options cyclables vers le centre-ville.

Outre les lignes de désirs, d'autres contraintes ont contribué à créer une différence entre le gabarit et le réseau idéal. Les écoles, par exemple, sont vues comme des pôles devant être desservis directement par le réseau cyclable idéal. Sur la Terre ferme, un lien a ainsi été créé vis-à-vis la rue Caisse plutôt que vis-à-vis Régina, afin de créer un lien cyclable direct à l'école primaire Notre-Dame-de-Lourdes sur Caisse, et ce, malgré les problèmes de vitesse identifiés sur Régina.

3.2 Détermination des niveaux de voies cyclables et hiérarchisation

3.2.1 Détermination des niveaux de voies cyclables

L'analyse du territoire de Verdun en fonction des classes de voies cyclables et de leurs caractéristiques décrites au *Design Manual for Bicycle Traffic* (DMBT) permet de déterminer et de définir les classes pour Verdun. D'abord, la catégorie « autoroute cyclable » est éliminée, étant donné que le réseau à planifier dans Verdun n'est pas interterritorial et que le territoire de l'arrondissement ne s'étend pas sur au moins 5 km. Ensuite, deux catégories de voies cyclables sont nécessaires, soit celles du réseau cyclable utilitaire principal, et les liens d'accès aux résidences. Enfin, à ce dernier s'ajoute un réseau polyvalent, qui vise offrir une option de

parcours aux cyclistes moins directe, mais plus tranquille. Le Tableau 3.7 résume les caractéristiques des niveaux de voie cyclable. **xxx**

Tableau 3.7: Caractéristiques générales des niveaux de voies cyclables déterminés

Caractéristiques	Réseau utilitaire			Résidentiel	Réseau polyvalent
	Niveau 1	Niveau 2			
Générales	Ossature du réseau cyclable	Axes alternatifs	Axes de destinations communes	Rue locale conviviale	Ambiance
Fonctionnelles	Transit principal Accès inter arrondissement	Distribution		Accès aux résidences seulement (limitation du transit)	Distribution
		Accès intraarrondissement			
D'utilisation	Débit important	Débit moyen	Débit moyen à important Présence d'autres types d'usagers	Débit faible : riverains seulement	Débit faible à important
Opérationnelles	Écoulement ininterrompu	Écoulement ininterrompu	Écoulement interrompu	Écoulement interrompu	Écoulement interrompu
Qualitatives	Sécurité et Confort				
	Efficacité Fluidité	Fluidité Accessibilité	Accessibilité	Accessibilité Attrait Tranquillité	Attrait Tranquillité
Physiques	Aménagement physiquement séparé ou <i>fietssstraat</i>	Aménagement séparé	Aménagement séparé ou partagé	Aménagement partagé	Aménagement physiquement séparé
Distance moyenne entre les axes parallèles	600 m	300 m	-	-	-
Présence possible de piétons	Non	Non	Oui	Oui	Oui
Présence possible de véhicules motorisés	Non	Non	Oui	Oui	Non

Cette classification hiérarchisée mise sur la complémentarité des fonctions respectives des axes pour répondre aux besoins des cyclistes en termes de déplacement inter et intraarrondissement et d'accès. Les axes de niveau 1 sont les axes de transit principaux, qui permettent les liens interarrondissements, qui assurent l'efficacité des déplacements, par leur minimisation des détours et la gestion de l'écoulement qui donne priorité aux cyclistes. Les axes de niveau 2 ramifient le réseau formé par les voies de niveau 1, et donnent des accès directs aux lieux d'intérêt de l'arrondissement. À l'intérieur de l'arrondissement, le transit vise à atteindre les commerces et services, et les résidences.

La hiérarchie est également traduite en aménagement, étant donné que les axes de niveau 1 sont plus complexes que les axes de niveau 2 par exemple.

Ces caractéristiques représentent des lignes directrices et leur niveau de détail reste, à cette étape de réalisation du réseau cyclable, sommaire. Par exemple, le débit des cyclistes attendu reste pour l'instant inchiffrable, étant donné qu'il est difficile d'estimer la popularité réelle des aménagements suite à leur implantation, qu'il est inapproprié de se fier aux références néerlandaises en cette matière, et également, qu'il n'y a pas de données disponibles sur la fréquentation des aménagements cyclables dans Verdun.

3.2.2 Hiérarchisation du réseau cyclable

La progression de la hiérarchisation a suivi les étapes illustrées et décrites à la Figure 3.11.

Étape 1

Sur la Terre ferme, les deux axes perpendiculaires unanimement choisis par les participants comme axes principaux sont les rues Verdun et De l'Église. À l'Île des Sœurs, c'est le lien Boul. Île-des-Sœurs et les liens donnant accès à la Terre ferme.

Étape 2

Sur la Terre ferme, les axes nord-sud ont ensuite été positionnés logiquement par rapport à la rue Verdun en suivant la trame urbaine de Verdun. Henri-Duhamel est un lien interterritorial qui s'est imposé comme axe de niveau 1. Du côté de l'Île-des-Sœurs, le critère « lien interterritorial » a permis de statuer que tous les axes de niveau 1 sont tracés pour le secteur. Enfin, les critères « tranquillité » a permis de désigner comme lien polyvalent l'axe correspondant à la piste cyclable des Berges et celui longeant la pointe sud de l'Île-des-Sœurs.

Étape 3

Pour les axes ouest-est de la Terre ferme, le critère « interterritorial » et l'emplacement des écoles ont départagé les liens de niveau 1 des liens de niveau 2. Sur l'île, les axes mitoyens du réseau idéal ont été désignés niveau 2.

Figure 3.11 Progression de la hiérarchisation des axes du réseau cyclable

Enfin, les critères « lien interterritorial », « lien intraterritorial » et « tranquillité » ont permis de désigner les liens restants.

3.2.3 Réseau cyclable hiérarchisé

La Figure 3.12 illustre le réseau cyclable hiérarchisé déterminé.

Le réseau cyclable hiérarchisé déterminé se compose de 26,58 km de voies cyclables de niveau 1 et de 27,51 km de voies cyclables de niveau 2. 28 % de ce réseau, soit 3,21 km de niveau 1 et 12,14 km de niveau 2, se situent sur l'Île-des-Sœurs, alors que 66 % de ce réseau, soit 20,29 km de niveau 1 et 15,37 km de niveau 2, se situent sur la Terre ferme. Les 6 % restant, soit 3,08 km, sont des voies cyclables de niveau 1 permettant de franchir la « barrière » que constitue le fleuve Saint-Laurent, et de créer un lien entre les deux secteurs de l'arrondissement.

À ce réseau cyclable utilitaire s'ajoutent 58,35 km de rues locales à vocation résidentielle, à aménager pour être favorables à l'utilisation du vélo, ainsi que 10,78 km de voies cyclables appartenant au réseau polyvalent.

Le tableau Tableau 3.8 liste les voies du réseau cyclable utilitaire hiérarchisé déterminé, selon le nom de la route longée.



Figure 3.12 Réseau cyclable consolidé et hiérarchisé

Tableau 3.8 Liste des voies cyclables des niveaux 1 et 2, selon la route longée

Niveau 1	Longueur (km)	Niveau 2	Longueur (km)	TOTAL (km)
Île-des-Sœurs				
Voies cyclables ne longeant pas une route	0,67	Voies cyclables ne longeant pas une route	2,84	
Boulevard Île-des-Sœurs	1,15	Boulevard Forêt	1,07	
Boulevard Marguerite-Bourgeoys	0,51	Boulevard Île-des-Sœurs	1,23	
Boulevard René-Lévesque	0,68	Boulevard René-Lévesque	0,25	
Chemin du Golf	0,11	Chemin Golf	1,18	
Cours du Fleuve	0,09	Chemin Marie-Le Ber	0,50	
		Chemin Pointe-Sud	1,14	
		Place Commerce	0,71	
		Rue André-Prévost	0,08	
		Rue Berlioz	1,30	
		Rue Camélias	0,31	
		Rue Elgar	0,26	
		Rue Grande-Allée	0,27	
		Rue Jacques-Le Ber	0,19	
		Voie non nommée	0,80	
Total Île-des-Sœurs	3,21	Total	12,14	15,35
Répartition	21 %	Répartition	79 %	100 %
Terre ferme				
Voies cyclables ne longeant pas une route	4,98	Voies cyclables ne longeant pas une route	0,76	
Allée Brises-du-Fleuve	0,12	Avenue 5e	1,22	
Boulevard Champlain	3,30	Avenue Brown	0,78	
Boulevard Gaétan-Laberge	0,82	Avenue Desmarchais	0,83	
Boulevard LaSalle	0,25	Rue Bannantyne	2,48	
Rue Crawford	1,03	Rue Beatty	1,27	
Rue Église	1,45	Rue Beurling	0,77	
Rue Galt	1,51	Rue Brault	0,34	
Rue Gilberte-Dubé	0,34	Rue Caisse	0,50	
Rue Godin	0,04	Rue Fayolle	0,96	
Rue Henri-Duhamel	0,36	Rue Hickson	1,24	
Rue Lesage	0,24	Rue Melrose	0,38	
Rue Stephens	1,11	Rue Osborne	0,03	
Rue Verdun	2,81	Rue Ouimet	0,47	
Rue Wellington	0,58	Rue Rushbrooke	0,11	
Rue Woodland	1,25	Rue Wellington	1,91	
Voie non nommée	0,10	Rue Willibrord	1,32	
Total	20,29	Total	15,37	35,66
Répartition	57 %	Répartition	43 %	100 %
Barrière	3,08		0	
Total	3,08		0	3,08
TOTAL Niveau 1	26,58	TOTAL Niveau 2	27,51	54,09
	49 %		51 %	100 %

Les Figures 3.9 à 3.12 illustrent la répartition par niveau et sectorielle de ce réseau.

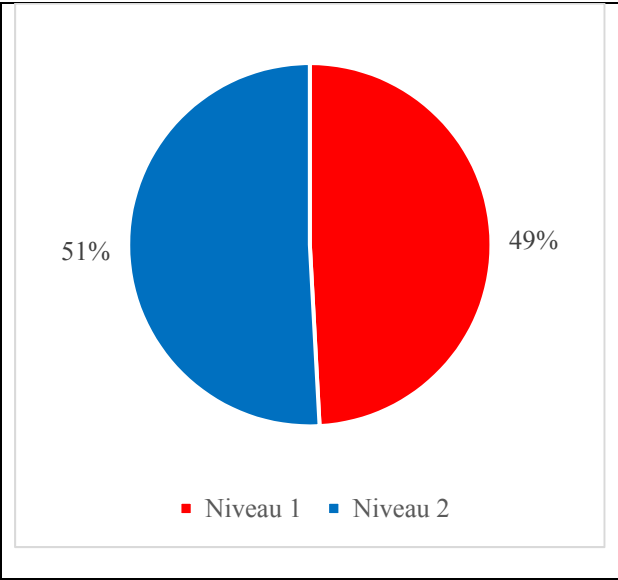


Figure 3.13 Répartition du réseau cyclable utilitaire hiérarchisé par niveau de voie cyclable

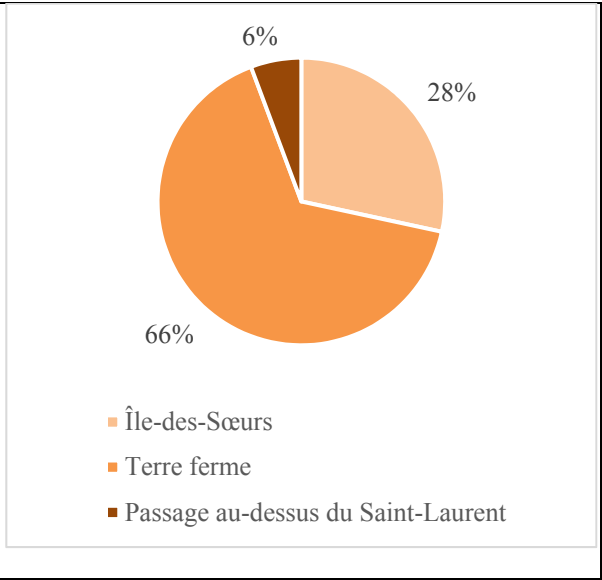


Figure 3.14 Répartition du réseau cyclable utilitaire hiérarchisé sur le territoire de l'arrondissement

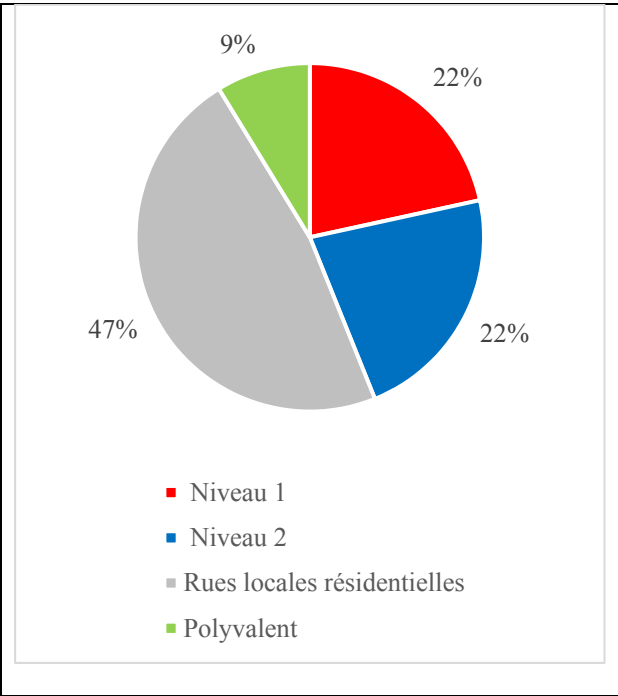


Figure 3.15 Répartition de l'ensemble des voies accessibles aux cyclistes par type

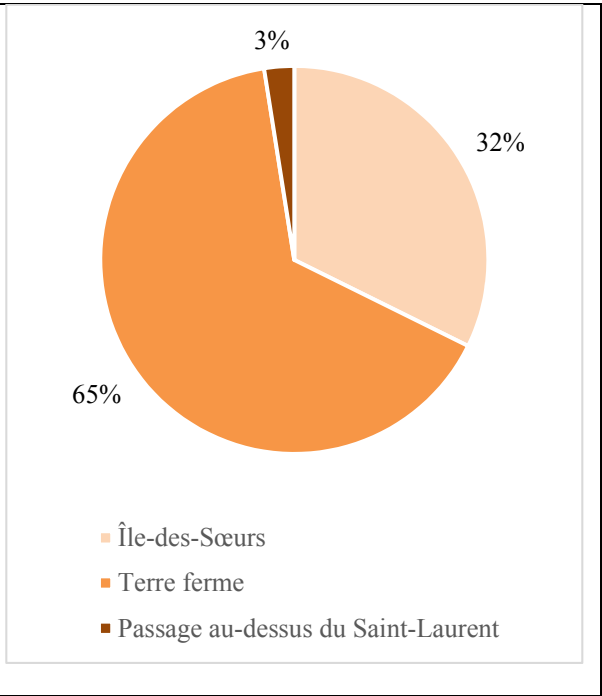


Figure 3.16 Répartition de l'ensemble des voies accessibles aux cyclistes sur le territoire de l'arrondissement

La majorité des branches du réseau cyclable déterminé longe des routes du réseau routier de classes collectrice ou locale. La Figure 3.17 illustre la répartition des axes cyclables utilitaires de niveau 1 et 2 selon la classe de route longée.

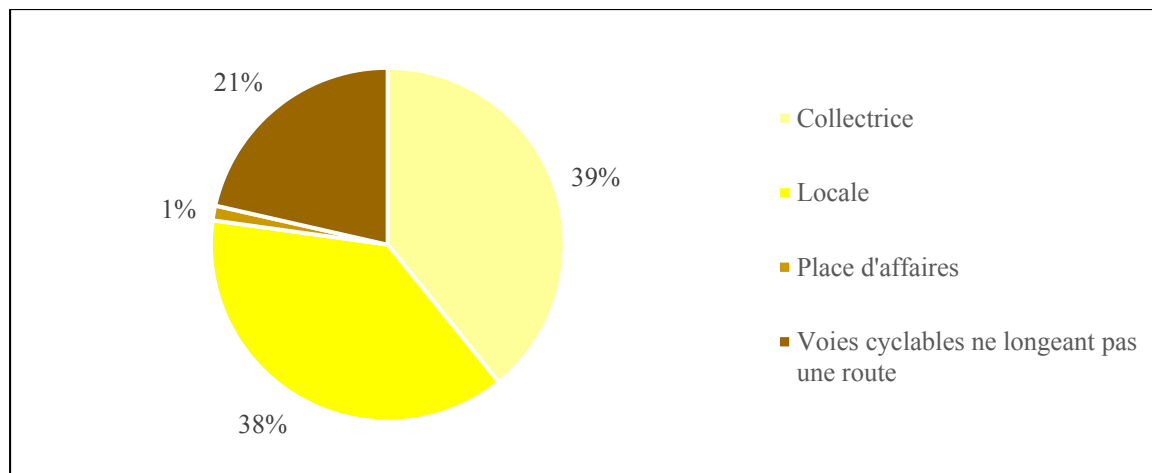


Figure 3.17 Répartition des axes cyclables utilitaires du réseau déterminé selon la classe de route longée

Enfin, au même titre que le réseau routier, le ratio de la longueur du réseau sur la superficie de chaque secteur et de l'arrondissement donne la densité du nouveau réseau cyclable, comme montré au Tableau 3.9.

Tableau 3.9 Densité du réseau cyclable déterminé

Densité du réseau cyclable déterminé	Terre ferme	Île-des-Sœurs	Barrière	TOTAL
Superficie (km ²)	6,1	3,8		9,7
Longueur réseau cyclable utilitaire (km)	35,66	15,35	3,08	54,10
Densité (km/km²) (réseau cyclable utilitaire)	5,9	4,1		5,6
Longueur réseaux cyclables utilitaires et polyvalent (km)	41,2	20,6	3,1	64,9
Densité (km/km²) (réseaux cyclables utilitaire et polyvalent)	6,8	5,5		6,7
Longueur réseaux cyclables utilitaire et polyvalent (km) et des axes résidentiels	80,32	39,82	3,08	123,22
Densité (km/km²) (tous les axes accessibles aux cyclistes)	13,2	10,6		12,7

3.2.3.1 Nœuds

Comme la connectivité est un critère de base du réseau cyclable néerlandais favorable au vélo, le réseau cyclable déterminé pour Verdun n'a été formé que d'axes se croisant directement entre eux, donc possédant des carrefours aménagés pour les cyclistes. Le dénombrement des intersections des réseaux utilitaire et polyvalent ensemble révèle 94 points de rencontre, donc 94 occasions de changer de direction ou de parcours, dont 66 sur la Terre ferme, et 28 à l'Île-de-Sœurs, comme illustré à la Figure 3.18



Figure 3.18 Nœuds du réseau cyclable déterminé

3.2.3.2 Axes et dimensions du maillage

La longueur de chaque tronçon du réseau cyclable utilitaire déterminé est mesurée et analysée selon un intervalle de mesure, en correspondance avec l'échelle des cyclistes. Le résultat de cette analyse est illustré à la Figure 3.19.



Figure 3.19 Tronçons du réseau cyclable déterminé selon l'intervalle de mesure

Cette figure montre que le maillage est plutôt serré sur la Terre ferme, en particulier dans le quartier Verdun-Centre. Cette figure permet également de rapidement cibler les zones où des axes seraient éventuellement à ajouter, par exemple, un axe longeant le boulevard LaSalle entre Wellington et le Sud-Ouest; un axe traversant le terrain de l'Hôpital Douglas; ou encore un axe

entre la Place du Commerce et le boulevard René-Lévesque. Il est à noter que la longueur des tronçons a été calculée en faisant abstraction des intersections avec le réseau polyvalent.

Pour le réseau utilitaire, 35 axes ont été désignés à partir des intersections et des directions dominantes de chaque axe : 14 pour le niveau 1 et 21 pour le niveau 2. Des tronçons situés sur différentes rues ont été rassemblés afin de créer des axes linéaires. Le Tableau 3.10 présente les axes parallèles (direction dominante nord-sud ou est-ouest) pour chacun des niveaux. Ce tableau comprend également les cinq axes du réseau polyvalent.

Tableau 3.10 Axes du réseau cyclable déterminé par niveau de voie cyclable et par direction dominante

Niveau / Réseau	Axes nord-sud	Axes ouest-est
Niveau 1	1-A à 1-E	1-F à 1-N
Niveau 2	2-A à 2-H	2-I à 2-W
Polyvalent	P1 à P5	

Niveau 1

La Figure 3.20 illustre les axes du niveau 1 du réseau cyclable utilitaire.



Figure 3.20 Axes du niveau 1

Le calcul de la distance moyenne entre les axes parallèles de chaque niveau du réseau utilitaire correspond à la moyenne des longueurs des axes perpendiculaires à deux axes adjacents. Par exemple, la distance moyenne entre les axes 1-A et 1-B correspond à la moyenne des longueurs des portions des axes 2-M, 1-J, 1-K, 2-O, 2-P, 2-R, 1-L, 2-S et 2-T situés entre ces axes. La médiane est également calculée compte tenu de la présence de valeurs s'écartant de la moyenne. Le Tableau 3.11 fournit la moyenne, la mesure maximale, minimale et la médiane des distances entre chaque axe parallèle du niveau 1. La distance moyenne est également fournie : pour les axes nord-sud, elle est de 606,8 m et pour les axes est-ouest, elle est de 821,6 m. La distance moyenne pour les deux directions est de 786,4 m.

Tableau 3.11 Valeurs des distances entre les mailles parallèles du niveau 1

Niveau 1						
	Axe 1	Axe 2	Moyenne (m)	Max (m)	Min (m)	Médiane (m)
Nord-sud	1-A	1-B	739,6	1122,7	584,2	620,9
	1-A	1-D	1039,5	1080,8	960,3	1077,4
	1-B	1-C	546,1	603,6	488,7	546,1
	1-B	1-D	543,7	739,6	739,6	614,9
	1-C	1-D	165,0	165,0	165,0	165,0
	1-D	1-E	2141,7	2141,7	1900,0	1900,0
MOYENNE (m)			862,6			
MOYENNE (m) , sans la distance entre 1-D (Terre ferme) et 1-E (Île-des-Sœurs)			606,8			
Est-ouest	1-F	1-J	964,8	1040,0	874,1	980,4
	1-G	1-K	1084,6	1207,4	961,8	1084,6
	1-J	1-K	99,7	104,0	95,7	100,2
	1-K	1-L	1130,4	1247,3	1066,4	1109,9
	1-L	1-M	863,2	949,9	650,1	926,4
	1-M	1-N	787,1	819,1	732,7	809,6
MOYENNE (m)			821,6			
MOYENNE (m), sans la distance entre 1-J (De l'Église) et 1-K (Galt)			966,0			
MOYENNE pour les deux directions sans la distance entre 1-D (Terre ferme) et 1-E (Île-des-Sœurs) et sans la distance entre 1-J (De l'Église) et 1-K (Galt)			786,4			

Niveau 2

La Figure 3.21 illustre les axes du niveau 2 du réseau cyclable utilitaire.

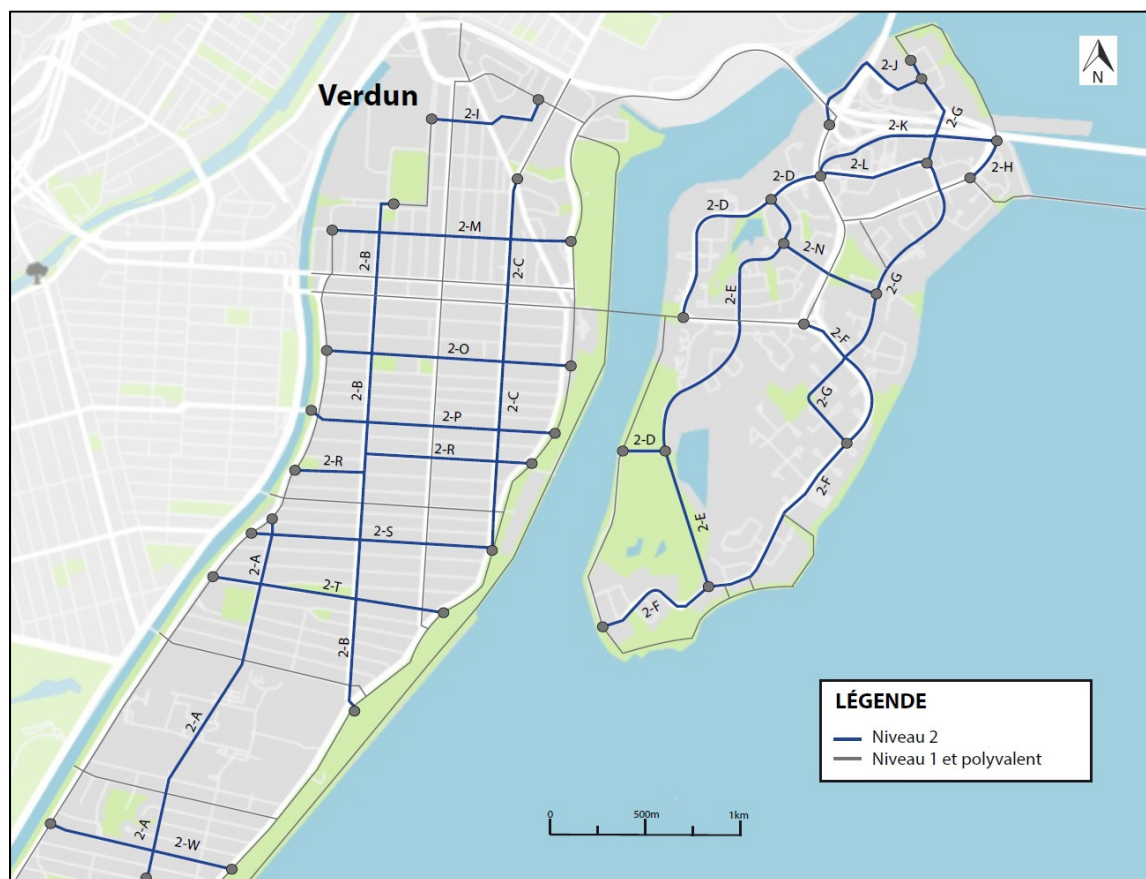


Figure 3.21 Axes du niveau 2

Le Tableau 3.12 fournit la moyenne, la mesure maximale, minimale et la médiane des distances entre chaque axe parallèle du niveau 2. La distance moyenne générale est également fournie : pour les axes nord-sud, elle est de 432,0 m et pour les axes est-ouest, elle est de 499,3 m. La distance moyenne pour les deux directions est de 401,1 m.

Tableau 3.12 Valeurs des distances entre les mailles parallèles du niveau 2

Niveau 2						
	Axe 1	Axe 2	Moyenne (m)	Max (m)	Min (m)	Médiane (m)
Nord-sud	2-A	2-B	518,9	518,9	468,9	510,0
	2-B	2-C	678,0	678,0	676,5	677,6
	2-C	2-D	527,0	527,0	527,0	527,0
	2-D	2-E	289,7	289,7	289,7	289,7
	2-E	2-F	328,2	328,2	328,2	328,2
	2-G	2-H	250,1	250,1	169,5	250,1
MOYENNE (m)			432,0			328,2
Est-ouest	2-I	2-M	760,3	849,1	596,7	835,0
	2-J	2-K	400,5	450,5	350,5	400,5
	2-K	2-L	157,2	157,2	157,2	157,2
	2-L	2-N	395,3	733,3	123,4	276,2
	2-M	2-O	632,6	639,3	626,8	631,0
	2-N	2-Q	665,5	855,7	475,3	665,5
	2-P	2-O	358,7	387,6	341,2	353,7
	2-P	2-R	225,2	310,7	171,4	202,8
	2-R	2-S	424,2	468,0	347,3	441,0
	2-S	2-T	335,1	460,8	271,1	306,5
	2-T	2-W	1137,7	1513,3	738,1	1149,6
MOYENNE (m)			499,3			400,5
MOYENNE pour les deux directions			401,1			

Réseau polyvalent

La Figure 3.22 illustre les axes désignés du réseau polyvalent.



Figure 3.22 Axes du réseau polyvalent

3.2.3.3 Analyse du réseau déterminé

Outre la hiérarchisation, le réseau cyclable déterminé comporte des différences avec le réseau cyclable idéal. Parmi elles, l'ajout d'un lien cyclable de niveau 1 à l'extrémité est de la Terre ferme, le long du boulevard Lasalle, afin d'offrir une alternative de transit rapide et plus efficace que la piste cyclable des Berges. On observe également que le lien sur le boulevard Lasalle entre la rue Wellington et l'intersection avec le boulevard Henri-Duhamel ne figure pas au plan final, tout comme le lien direct entre l'Île-des-Sœurs et le centre-ville de Montréal.

Les distances de référence entre les axes fournies par le gabarit (300 et 600 m) n'ont pas été respectées à plusieurs endroits, surtout dans la désignation des axes est-ouest du niveau 1. Les valeurs du Tableau 3.11 témoignent bien de cet écart, avec une distance moyenne entre les axes de 966,0 m.

En nord-sud, la distance entre les axes se rapproche plus de l'échelle cycliste. La particularité de l'environnement bâti de Verdun est une cause majeure des distances entre les axes nord-sud. Des liens cyclables ont été prévus sur tous les axes nord-sud, adjacents de la Terre ferme: le maillage réalisé est donc le plus serré qu'il était possible de faire en fonction de l'environnement bâti.

Les axes du niveau 2, bien qu'ils ne soient pas de qualité équivalente au niveau 1, augmentent les options de parcours des cyclistes. Ces axes sont séparés d'environ 400 m. L'aménagement des rues résidentielles en axes accessibles et conviviaux pour les cyclistes permettra une plus grande perméabilité du réseau.

Enfin, on observe que l'axe longeant les rues Joseph et Dupuis a été désigné polyvalent, malgré son lien direct avec deux axes de niveau 2. Cette aberration est due au fait que cet aménagement est actuellement une piste cyclable en site propre, à l'écart de la circulation, donc envisagée comme polyvalente par les acteurs du milieu.

3.3 Détermination des aménagements par niveau de voies cyclables

Une détermination préliminaire des aménagements des tronçons est réalisée pour chaque niveau de voie cyclable. Cette détermination constitue la base de l'élaboration de matrices décisionnelles.

3.3.1 Détermination des aménagements des tronçons par niveau de voies cyclables

La matrice décisionnelle créée pour guider l'aménagement des tronçons cyclables des différents niveaux de voies par classe de route s'inspire directement des recommandations du

DMBT. Le Tableau 3.13 présente ce qui a été déterminé et approuvé par les acteurs du milieu. Les types d'aménagement par niveau de voie cyclable et selon la classe fonctionnelle de la route longée ou partagée sont répartis dans un tableau sous forme de matrice décisionnelle, comme que montré au Tableau 3.13.

Tableau 3.13: Aménagements par niveaux de voies cyclables et routes

Classe de route	Séparation des usagers	Niveau 1	Niveau 2	Résidentiel
Collectrice (transit)	Aménagement séparé	Piste cyclable	Piste cyclable Bande cyclable	
	Aménagement non séparé	Rue parallèle : <i>Fietsstraat</i>		
Collectrice (destinations)	Aménagement séparé ou non séparé	À déterminer, selon l'espace et l'ambiance souhaitée		
Locale (30 km/h et moins)	Aménagement séparé et non séparé	<i>Fietsstraat</i>	Piste cyclable Bande cyclable Route partagée	Route partagée

Une différenciation a été faite pour l'aménagement des voies cyclables sur une route collectrice, selon si cette dernière sert, dans les faits, au transit (écoulement interrompu seulement aux carrefours) ou dessert plusieurs destinations d'intérêt pour les usagers (écoulement fréquemment interrompu). Cette distinction a pour but de pousser la réflexion sur l'aménagement cyclable à envisager dans le cas par exemple, des routes collectrices qui sont des artères commerciales, comme la rue Wellington, afin de réduire au maximum les conflits d'utilisation de la route. Cette différenciation de fonction, qui tient compte d'autres fonctions que le déplacement pour une route, diffère de la classification fonctionnelle du réseau routier de la Ville de Montréal.

Les aménagements des axes polyvalents ne sont pas abordés dans la matrice décisionnelle, car ces axes, par définition, ne partagent généralement pas l'emprise routière. Ils sont en site propre et l'aménagement répond à des critères de tranquillité et d'ambiance. La sécurité et le confort sont pris en compte par la largeur déterminée, le choix de revêtement, l'entretien, la stratégie de conciliation avec d'autres usagers, et l'aménagement des carrefours. Si un axe polyvalent

partage une emprise routière, alors les mêmes exigences d'aménagement que celles des axes utilitaires sont utilisées.

3.3.1.1 Aménagements des tronçons de niveau 1

Les aménagements des tronçons des voies cyclables utilitaires de niveau 1 soutiennent les caractéristiques de ce niveau, comme montré au Tableau 3.14.

Tableau 3.14 Caractéristiques des aménagements cyclables de niveau 1

Caractéristiques Niveau 1		Caractéristique des aménagements des tronçons
Générales	Ossature du réseau cyclable	Reconnaissance rapide des voies cyclables de niveau 1 par l'ensemble des usagers de la route
Fonctionnelles	Transit principal Accès inter arrondissement	
Qualitatives	Efficacité Fluidité Sécurité Confort	Tous les éléments de l'aménagement doivent répondre de ces critères
D'utilisation	Débit important	Largueur adéquate pour le dépassement, l'accompagnement, et l'utilisation par différents groupes d'usagers simultanément Visibilité à tout moment du parcours Rayon de courbure adapté Élimination des obstacles horizontaux et verticaux
Opérationnelles	Écoulement ininterrompu	Priorité de passage des cyclistes
Physiques	Aménagement physiquement séparé ou <i>fietsstraat</i>	Aménagement réservé aux cyclistes ou partage avec priorité aux cyclistes (<i>fietsstraat</i>) Pas de partage avec les piétons

Les aménagements de niveau 1 sont inscrits à la matrice décisionnelle du Tableau 3.15.

Tableau 3.15: Aménagements des tronçons par classe de route pour le niveau 1

Niveau de route	Séparation entre usagers	Type d'aménagement
Collectrice (transit)	Aménagement physiquement séparé	Pistes cyclables unidirectionnelles Piste cyclable bidirectionnelle
Locale	Aménagement partagé	<i>Fietsstraat</i>

Le choix entre une piste unidirectionnelle ou bidirectionnelle repose sur la présence de lieux d'intérêt pour les cyclistes de part et d'autre de la chaussée, et sur la fréquence des cyclistes à traverser cette dernière. De plus, il est à prendre en compte qu'une piste cyclable bidirectionnelle complique la gestion des intersections.

3.3.1.2 Aménagements des tronçons de niveau 2

Les aménagements des tronçons des voies cyclables utilitaires de niveau 2 soutiennent les caractéristiques de ce niveau, comme montré au Tableau 3.16.

Tableau 3.16 Caractéristiques des aménagements cyclables de niveau 2

Caractéristiques Niveau 2		Caractéristique des aménagements des tronçons
Générale	Transit secondaire	Reconnaissance rapide des voies cyclables de niveau 2 par l'ensemble des usagers de la route
Fonctionnelle	Distribution	
	Accès intraarrondissement	
Qualitatives	Fluidité Accessibilité Sécurité Confort	
D'utilisation	Débit moyen	Largeur adaptée pour les destinations desservies, par exemple, une école Visibilité à tout moment du parcours Rayon de courbure adapté Réduction des obstacles horizontaux et verticaux
Opérationnelles	Écoulement interrompu et ininterrompu	Priorité de passage aux axes de niveau 1 Priorité de passage des cyclistes aux carrefours
Physiques	Aménagement séparé ou non	Aménagement réservé aux cyclistes Aménagement partagé sur les rues locales

Les aménagements du niveau 2 sont inscrits à la matrice décisionnelle du Tableau 3.17.

Tableau 3.17: Aménagements des tronçons par niveau et fonction de route pour le niveau 2

Classe de route	Séparation des usagers	Niveau 2	
Collectrice (transit)	Aménagement séparé	Piste cyclable Bande cyclable	
Locale	Aménagement séparé et non séparé	Piste cyclable Bande cyclable Route partagée	<i>À déterminer, selon l'espace et l'ambiance souhaitée</i>

Dans l'emprise d'une route collectrice, le choix entre une piste cyclable ou une bande cyclable dépend de l'espace disponible et de la sécurité globale des cyclistes dans l'emprise de la route. Dans l'emprise d'une route locale dont la vitesse est de 30 km/h et moins, le choix repose sur l'espace, la sécurité ainsi que l'ambiance générale recherchée dans la rue.

3.3.1.3 Route collectrice de destinations

Les routes collectrices desservant plusieurs destinations et dont l'emprise est partagée avec des voies cyclables sont aménagées de façon à concilier harmonieusement l'interruption d'écoulement de différents types d'usagers et à réduire au maximum les conflits d'utilisation de la route.

L'aménagement des routes collectrices de destinations est complexe et nécessite une réflexion multifactorielle adaptée aux caractéristiques de la route à aménager, à ses contraintes spécifiques et aux fonctions à lui privilégier, par exemple, son nombre de voies, les horaires de livraison et l'ambiance recherchée. Aucune matrice décisionnelle générale pour les aménagements des tronçons cyclables de ce type de route n'est proposée dans le cadre du présent travail.

3.3.1.4 Axes résidentiels

Les aménagements des routes locales à vocation résidentielle, permettant aux cyclistes d'avoir un accès direct à leurs résidences, soutiennent les caractéristiques de ce niveau comme montré au Tableau 3.18.

Tableau 3.18 Caractéristiques des aménagements des axes résidentiels

Caractéristiques Résidentiel		Caractéristique des aménagements des tronçons
Générale	Rue locale	Rue locale conviviale et destinée à l'usage des riverains
Fonctionnelle	Accès aux résidences seulement (limitation du transit)	
Qualitatives	Accessibilité Attrait Tranquillité Sécurité Confort	
D'utilisation	Débit faible : riverains seulement	Visibilité des usagers entre eux
Opérationnelles	Écoulement interrompu	30 km/h et moins Priorité aux piétons Présence d'enfants qui jouent
Physiques	Aménagement partagé	Aménagement partagé avec les autres types d'usagers

Les axes résidentiels ne possèdent pas d'aménagement cyclable spécifique, mais comprennent des mesures de modération de la circulation et des mesures préférentielles pour piétons et cyclistes. Les aménagements possibles sont nombreux et sont choisis en fonction des caractéristiques de la route à aménager, des contraintes spécifiques et de l'ambiance recherchée. À titre de rappel, le Tableau 3.19 liste des exemples de mesures de modération de la circulation.

Tableau 3.19 Exemples de mesures d'apaisement de la circulation

Déviations verticales	Déviations horizontales	Rétrécissement de la largeur de la rue et perception d'obstacles	Gestion de la circulation
Dos d'âne allongé Plateau ralentisseur Coussin berlinois Dos d'âne Intersection surélevée Trottoir traversant	Goulot d'étranglement Chicanes Minigiratoire Îlot de canalisation	Traverse piétonne texturée ou intersection texturée Portail d'entrée (zone commerciale, résidentielle, etc.) Réduction de largeur de voie de circulation Avancée de trottoir Végétation	Fermeture de rue / Impasse Rue à double sens étroite Marquage de la vitesse limite au sol

3.4 Synthèse des caractéristiques techniques du réseau cyclable hiérarchisé

Le réseau cyclable est le principal résultat de la démarche réalisée. À titre de rappel, le Tableau 3.20 en résume les principales caractéristiques techniques.

Tableau 3.20 Caractéristiques techniques du réseau cyclable déterminé



Nouveau réseau cyclable

Longueur du réseau	Terre ferme			
	Niveau 1	Niveau 2	Polyvalent	Résidentiel potentiel
	20,29 km	15,37 km	5,55 km	39,11 km
	Total : 35,66 km			
	Total : 41,21 km			
	Total : 80,32 km			
	Île-des-Sœurs			
	Niveau 1	Niveau 2	Polyvalent	Résidentiel potentiel
	3,21 km	12,14 km	5,23 km	19,23 km
	Total : 15,35 km			
	Total : 20,59 km			
	Total : 39,82 km			
	Barrière – Niveau 1			
	Total : 3,08 km			
	Arrondissement de Verdun			
	Niveau 1	Niveau 2	Polyvalent	Résidentiel potentiel
	26,58 km	27,51 km	10,78 km	58,35 km
	Total : 54,10 km			
	Total : 64,88 km			
	Total : 123,22 km			
Densité	Réseau utilitaire (niveau 1 et 2)			
	Terre ferme		Île-des-Sœurs	Total
	5,9 km/km ²		4,1 km/km ²	5,6 km/km ²
	Réseaux utilitaire et polyvalent			
	Terre ferme		Île-des-Sœurs	Total
	6,8 km/km ²		5,5 km/km ²	6,7 km/km ²
	Tous les axes accessibles aux cyclistes			
	Terre ferme		Île-des-Sœurs	Total
	13,2 km/km ²		10,6 km/km ²	12,7 km/km ²
Nœuds	Terre ferme		Île-des-Sœurs	

Tableau 3.20 Caractéristiques techniques du réseau cyclable déterminé

**Nouveau réseau cyclable**

	66 nœuds		28 nœuds	
	Total : 94 nœuds			
Maillage (distance moyenne)	Niveau 1		Niveau 2	
	Nord-sud	Est-ouest	Nord-sud	Est-ouest
	606,8 m	966,0 m	432,0 m	499,3 m
	Moyenne : 786,4 m		Moyenne : 401,1 m	
Nombre d'axes	Niveau 1		Niveau 2	Polyvalent
	14		21	5
	Total : 35			
	Total : 40			
Répartition dans le réseau viaire	Collectrice		Locale	Site propre
	39 %		38 %	21 %

CHAPITRE 4

ANALYSE DES RÉSULTATS

La réalisation d'un réseau cyclable selon une méthode visant la fonctionnalité des déplacements des cyclistes n'est pas une fin en soi : c'est plutôt une première étape de réflexion visant une meilleure cohérence et efficacité d'ensemble des infrastructures cyclables d'un territoire. Évaluer empiriquement la performance du modèle de base en matière de fonctionnalité est la suite logique et nécessaire de cette première étape.

La présente section discute des résultats obtenus à des fins pratiques et opérationnelles. Il interprète leur signification, développe sur quelques considérations, propose des pistes de réflexion et émet des recommandations pour assurer la poursuite du développement du projet dans le temps

4.1 Comparaison avec le réseau cyclable existant

La comparaison entre le réseau cyclable existant et le réseau cyclable déterminé en suivant la démarche néerlandaise est qualitative et quantitative. Elle fait ressortir l'aspect fonctionnel du nouveau réseau.

4.1.1 Organisation

Les deux réseaux diffèrent dans leur organisation. Les axes du réseau actuel se définissent par leur type d'aménagement alors que ceux du réseau déterminé se caractérisent par leur fonction spécifique au sein de l'ensemble. L'utilisation du vélo pour laquelle le réseau cyclable existant de Verdun a été conçu n'a pas de définition claire et le choix de l'emplacement des axes tient à des contraintes d'aménagement existant, comme l'espace de chaussée disponible.

Le réseau déterminé est conçu pour maximiser la praticité du vélo comme mode de transport : son objectif premier est la fonctionnalité. L'aménagement prévu pour les axes d'un tel réseau

est conséquent de la fonction et de l'utilisation qui leur sont déterminées, et cette adéquation tripartite assure la cohérence fonctionnelle du système.

Du point de vue des cyclistes, un réseau cyclable organisé selon une classification fonctionnelle organise leur compréhension des infrastructures qui leur sont accessibles sur le territoire et celle de la répartition spatiale des déplacements à vélo selon les besoins. Ce type de réseau facilite également la génération chez les cyclistes d'une image mentale du territoire et de ses pôles d'intérêt selon la trame cyclable. Les niveaux hiérarchiques du réseau impliquent un type d'utilisation prévisible et assurent une qualité d'expérience uniforme.

Du point de vue des gestionnaires, un réseau cyclable organisé selon une classification fonctionnelle est un outil de planification et de gestion des déplacements des cyclistes et des leurs infrastructures cyclables.

4.1.2 Longueur et densité

La longueur et la densité sont deux paramètres permettant de comparer quantitativement les réseaux actuels et déterminés. La différence dans l'organisation des deux réseaux complique toutefois la comparaison de leur longueur et de leur densité (km/km^2). Cette complication est accentuée par la divergence entre les concepts « chaussée désignée » et « rue à vocation résidentielle ».

En terme absolu, le réseau cyclable utilitaire déterminé est de 54,10 km et son complément polyvalent est de 10,78 km, ce qui totalise 64,88 km de voies cyclables réservées aux cyclistes dans l'arrondissement. La longueur du réseau cyclable existant est de 45,06 km, mais ce total inclut les voies « chaussées désignées », partagées avec les automobiles, mais dont les vitesses affichées peuvent être de plus de 30 km/h. Deux options sont alors possibles pour comparer la longueur des réseaux.

La première option est de retrancher la longueur des aménagements « chaussées désignées » dans le total de la longueur du réseau existant, ce qui résulte en un réseau de 40,26 km et une

densité de 4,15 km/km². La variation de longueur et de densité entre les deux réseaux est alors de 61 %.

Une deuxième option de comparaison possible est d'intégrer au réseau déterminé le total de la longueur des rues locales à vocation résidentielles, mais dont la circulation automobile ne devrait pas dépasser 30 km/h. Dans ce cas, la longueur du réseau déterminé monte à 123,22 km, la densité est de 12,7 km/km², et le gain consiste en une augmentation d'au moins 206 %. Le Tableau 4.1 résume ces variations.

Tableau 4.1 Gains en longueur et densité du réseau cyclable déterminé

Paramètres	Réseau existant	Réseau déterminé	Gain du réseau déterminé
Sans chaussée désignée pour le réseau existant Sans axes résidentiels pour le réseau déterminé			
Longueur (km)	40,26	64,88	+ 61 %
Densité (km/km²)	4,15	6,68	
Avec chaussée désignée pour le réseau existant Avec axes résidentiels pour le réseau déterminé			
Longueur (km)	45,06	123,22	+ 206 %
Densité (km/km²)	4,65	12,70	

4.1.3 Maille, maillage et nœuds

Le maillage des deux réseaux cyclables, incluant les mailles, le nombre d'axes et les nœuds, est difficilement comparable en raison des trames différentes et de la discontinuité réelle du réseau existant et de l'absence d'aménagements dans certaines intersections. La comparaison reste donc qualitative.

La trame du réseau cyclable déterminé s'apparente à la trame viaire : sur la Terre ferme, elle est orthogonale et à l'Ile-des-Sœurs, elle est plutôt organique, mais composée d'axes permettant les déplacements dans des directions claires (nord-sud ou est-ouest).

Les axes du réseau cyclable déterminé sont prévus pour se croiser directement et les carrefours doivent être aménagés de façon à guider les cyclistes dans le carrefour et à sécuriser leurs

manœuvres. Les 94 nœuds du nouveau réseau informent de sa connectivité et impliquent qu'il comprend 94 situations où les cyclistes peuvent changer de direction sur le territoire. Il implique également que les cyclistes ont le choix de plusieurs options de parcours.

La fourchette moyenne de mailles du réseau cyclable utilitaire déterminé, située entre 400 m et 800 m, et indique, pour les cyclistes, la présence prévisible d'un axe de niveau 1 ou 2 dans cette fourchette, soit d'un axe pourvu d'infrastructures réservées aux cyclistes. Sur la terre ferme, plusieurs mailles du réseau cyclable utilitaire ont moins de 500 m. Le maillage informe de la régularité et de la prévisibilité du réseau pour les cyclistes. Il informe également de la ramification du réseau.

Enfin, en comptant les axes résidentiels, le nouveau réseau offre aux cyclistes un accès direct à la majorité des destinations du territoire.

4.1.4 Perméabilité

La plus faible densité du réseau actuel, la présence de voies cyclables à sens unique ou l'absence de liens pour franchir des barrières à un intervalle à l'échelle des cyclistes enfreignent sa perméabilité, donc le nombre d'options de parcours possibles pour les cyclistes par rapport au réseau déterminé. Elles informent également de la longueur et du temps requis pour parcourir un trajet entre un point d'origine et de destination.

La distance de parcours peut servir à caractériser la perméabilité d'un réseau. Deux comparaisons pourraient être réalisées dans le présent cas : la distance à parcourir pour un cycliste entre un point d'origine et une destination par le biais du réseau cyclable existant vs par le réseau déterminé, ou encore la distance à parcourir pour un cycliste entre un point d'origine et une destination par le biais du réseau cyclable déterminé et celle que doit réaliser un automobiliste par le biais du réseau routier.

Il est prévisible que selon la nouvelle organisation des liens cyclables, qui autorise les cyclistes à emprunter toutes les rues de l'arrondissement dans les deux sens, et qui inclut un lien direct vis-à-vis le centre du quartier Terre ferme et l'Ile-des-Sœurs, la distance et le temps de parcours du réseau déterminé soit inférieur à celui du réseau cyclable actuel et du réseau routier, qui possède plusieurs rues à sens unique. La comparaison de ces mesures pourrait constituer un outil quantitatif de promotion intéressant du nouveau réseau cyclable.

Une méthode quantitative pour comparer les perméabilités des réseaux est le calcul du coefficient de détour. Le coefficient de détour consiste au détour imposé entre un point d'origine et un point de destination par le réseau viaire et ses contraintes opérationnelles, par rapport à la distance à vol d'oiseau (distance euclidienne) entre ces points.

Selon le *Design Manual for Bicycle Traffic* (DMBT), le coefficient à ne pas dépasser pour assurer de la fonctionnalité du réseau cyclable est 1,27 (Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (CROW), 2016, p. 66).

Pour obtenir une précision plus accrue, le calcul du coefficient de détour se fait à partir d'outils géomatiques. Dans les deux cas mentionnés ci-haut, la paramétrisation d'hypothèses concernant les décisions des usagers en matière de choix d'axes cyclables comporte un niveau de complexité important, puisque la décision des usagers d'emprunter une voie cyclable plutôt qu'une autre est en partie déterminée par leur perception des aménagements. Par ailleurs, plusieurs cyclistes actuels empruntent des axes sans aménagement cyclable. De plus, le choix de parcours de certains cyclistes est influencé par la présence d'infrastructures cyclables séparées et réservées. L'ensemble de ces hypothèses doit être confirmé par une étude avant de procéder à un calcul de coefficient de détour, ce qui va au-delà du présent mémoire.

4.1.5 Synthèse de la comparaison



Classification fonctionnelle vs organisation par type de voies cyclables

Le réseau cyclable organisé selon une classification fonctionnelle procure de nombreux avantages par rapport au réseau organisé par type de voies cyclables: une vision claire de la fonctionnalité des déplacements à vélo, une organisation cohérente et à la portée de tous les cyclistes, une utilisation et une qualité d'expérience prévisibles et uniformes par niveaux, et un outil de gestion et de planification des déplacements à vélo et des infrastructures cyclables du territoire.



Longueur du réseau

Le réseau déterminé implique des gains en longueurs, ce qui signifie de plus grandes distances parcourables sur des infrastructures réservées ou accessibles (perception) aux cyclistes. Il implique également un gain en densité, ce qui signifie une plus grande quantité de parcours cyclables sur un même territoire.

Gain en longueur et en densité, en retranchant les « chaussées désignées » du réseau existant: 61 %

Gain en longueur et en densité, en incluant les « rues à vocation résidentielle » du nouveau réseau: 206 %



Maille, maillage et nœuds

Avec sa trame similaire au réseau viaire, ses mailles entre 400 m et 800 m, et ses 94 nœuds, le réseau cyclable déterminé présente des caractéristiques de régularité, de prévisibilité et de connectivité intéressantes par rapport au réseau cyclable existant. Il offre également plusieurs situations où le cycliste peut choisir son parcours selon ses préférences ou ses habiletés. En comptant les axes résidentiels, le nouveau réseau offre aux cyclistes un accès direct à la majorité des destinations du territoire.



Perméabilité

En étant prévu de façon à ce que tous les axes accessibles aux cyclistes puissent être parcourus par ces derniers dans les deux directions, le nouveau réseau cyclable augmente la perméabilité de la trame cyclable de l'arrondissement par rapport au réseau actuel et par rapport au réseau routier.

La comparaison des réseaux existants et projetés fait ressortir les

caractéristiques qui participent à la fonctionnalité du nouveau

réseau. Du point de vue des cyclistes, ce réseau est organisé,

compréhensible, prévisible, dense, offre plusieurs options de parcours

et est donc personnalisable selon le cycliste et selon le besoin en

déplacements.



4.2 Caractéristiques d'analyse longitudinale

Le réseau cyclable déterminé est un prototype possédant, théoriquement, des caractéristiques visant assurer sa fonctionnalité pour les cyclistes. Le suivi de la performance de ce prototype se fait notamment par celui de ses caractéristiques. Ces caractéristiques sont le maillage, qui inclut la longueur du réseau et le nombre d'intersections, et la classification fonctionnelle hiérarchique et la hiérarchisation des axes, ainsi que les matrices décisionnelles des aménagements cyclables pour les tronçons de route cyclables. Une analyse longitudinale de ces paramètres permettra d'étudier et de documenter le prototype et son influence sur l'usage du vélo et, si nécessaire pour Verdun, d'apporter des modifications afin d'améliorer la performance du système.

4.2.1 Maillage

La densité du réseau cyclable découle de son maillage et ce dernier représente une caractéristique objective et quantitative importante qui peut être suivie et analysée longitudinalement.

Comme vu à la section 1, la densité du réseau de voies accessibles aux cyclistes figure parmi les paramètres les plus importants pour inciter plusieurs groupes de la population à opter pour le vélo pour leur déplacement. Une densité élevée, soit un maillage serré, signifie une plus grande quantité de mailles, donc une plus grande quantité d'options de parcours pour les cyclistes, à un intervalle rapproché.

Comme vu au chapitre 3, la densité du maillage du réseau cyclable utilitaire, formé des niveaux de voies 1 et 2, est en moyenne entre 400 et 800 m environ, ce qui déroge aux fenêtres recommandées par le DMBT. Cette dérogation tient principalement à trois facteurs.

Le premier est la forme urbaine, en particulier les îlots compacts composés d'immeubles en rangée sur parfois plus d'une centaine de mètres, sans perméabilité. Cette particularité du tissu urbain est à la base de l'image mentale du territoire chez les citoyens et de la perception des distances à parcourir pour tous les déplacements dans l'arrondissement, peu importe le mode. Une façon de réduire les mailles dans le temps sera donc de déplacer les axes des rues sélectionnées sur d'autres axes adjacents.

Le deuxième facteur tient aux objectifs transversaux des acteurs du milieu, par exemple, celui que le réseau cyclable doive desservir directement toutes les écoles de l'arrondissement. Ce type d'objectifs a participé à déroger du gabarit de maille théorique.

Le troisième est la perception des acteurs du milieu et leur connaissance de l'existant. Par exemple, aucun axe n'a été prévu au sud du territoire entre la Terre ferme et l'Île-des-Sœurs, et seulement un lien a été prévu dans le sud de l'Île. L'hypothèse de cette absence repose sur la présence d'un parc protégé dans le sud de l'Île, qui est vu comme une barrière infranchissable par les acteurs du milieu.

Le suivi des déplacements des cyclistes et également, de leurs perceptions comme usagers du nouveau réseau cyclable permettra d'ajuster les axes du réseau cyclable utilitaire afin de le rendre pleinement fonctionnel pour la population.

4.2.2 Classification fonctionnelle et hiérarchisation des axes

La classification fonctionnelle proposée pour Verdun est axée sur les déplacements utilitaires de transit. Similaire au réseau routier, et s'inspirant de l'expérience néerlandaise, cette classification vise à pourvoir les cyclistes de trajets efficaces pour réaliser leurs déplacements. Différents aspects sont à considérer dans le temps.

Premièrement, cette classification a été influencée par la perception des acteurs du milieu et leur expérience de l'existant, qui n'est parfois pas clairement définie. Un exemple de cette

incertitude est le fait que l'axe vis-à-vis la 5^e avenue, un lien inter arrondissement, a été désigné de niveau 2.

Deuxièmement, la hiérarchisation des rues de Verdun a probablement eu une influence sur la désignation du niveau de certains axes cyclables. C'est le cas pour les axes des rues De l'Église et Galt, ou encore de Wellington.

De l'Église et Galt ont toutes deux été désignées comme voies cyclables principales dans le réseau cyclable déterminé, car ces deux voies de transit interterritorial complémentaires (sens unique contraire) sont centrales et structurantes dans le réseau routier du territoire et, corolairement, dans la compréhension des usagers de la trame de déplacement verdunoise. Or, ces deux axes n'attirent pas les usagers nécessairement pour les mêmes raisons : si Galt demeure principalement un lien de transit, De l'Église donne accès à plusieurs destinations de proximité. De façon similaire, la rue Wellington a pour sa part été désignée comme voie cyclable secondaire, bien qu'elle représente un pôle de destination commercial majeur dans l'arrondissement. Il est prévisible que la désignation de ces axes cyclables envisagés pour le transit sur des axes donnant l'accès à plusieurs destinations engendre des conflits entre les usagers. Toutefois, il n'est pas inexact d'interpréter la désignation actuelle des axes du réseau cyclable déterminé comme l'expression de la volonté des acteurs du milieu à rendre sécuritaires et confortables à vélo l'accès et le déplacement sur certains axes stratégiques de l'arrondissement.

La distinction, dans la matrice proposée, entre les routes collectrices « de transit » et les collectrices « des destinations » visent une meilleure adaptation des aménagements cyclables en fonction de l'activité dominante d'une route fréquentée pour l'accès à ses destinations. Il est possible que plus de précisions soient éventuellement requises pour ces axes à même la classification fonctionnelle, afin d'assurer un encadrement plus uniforme des interventions pour ces situations.

Enfin, la classification élaborée est adaptée à l'échelle de l'arrondissement. L'éventualité d'un réseau inter arrondissement pourrait impliquer de revoir cette classification selon la grandeur du territoire couvert, et la population desservie. Par exemple, l'ajout dans ce cas d'une classe « autoroute cyclable » pourrait devenir pertinent.

Pour toutes ces raisons, certains axes pourraient voir le niveau qui leur a été désigné revu dans le temps.

4.2.3 Matrice(s) décisionnelle(s)

La création des matrices décisionnelles des aménagements et leur détermination par classe de route et par niveau de voies cyclables sont inspirées de l'expérience néerlandaise. Les prémisses de base visent une gradation en matière de la qualité d'expérience pour le cycliste, et également, à ce que le réseau cyclable utilitaire soit formé d'infrastructures cyclables séparées et réservées aux cyclistes.

L'avantage d'une matrice décisionnelle est qu'elle favorise l'harmonisation des situations routières où on trouve des aménagements cyclables sur le territoire, et participe ainsi à la cohérence d'ensemble des aménagements du réseau cyclable. La répétition de situations routières similaires accroît la familiarisation des usagers avec ces dernières, et participe à la prévisibilité des comportements des usagers, à une meilleure connaissance des manœuvres attendues, et à réduire les risques d'erreurs. Le désavantage de la matrice est sa généralisation des situations routières, qui peut conduire à des recommandations répondant mal aux caractéristiques spécifiques d'un milieu d'implantation. Sa performance dépend donc autant de sa simplicité d'utilisation que de la finesse de sa généralisation, donc de sa capacité d'aider les gestionnaires à déterminer facilement un aménagement cyclable qui sera en adéquation avec le milieu d'implantation. Cette performance doit être en constante évaluation, surtout au début de l'implantation du réseau, alors que tout est encore à consolider.

Il est à noter l'absence, dans le présent mémoire, de matrices d'aménagement pour les carrefours, alors que ces derniers sont pourtant cruciaux dans la fonctionnalité du réseau cyclable. Cette absence tient au peu d'aménagements cyclables pour les carrefours au Québec, qui aurait impliqué, dans le présent cas, de créer une matrice à partir d'aménagements néerlandais. Le réseau proposé est une occasion d'entreprendre des projets pilotes en matière d'aménagements cyclables dans les carrefours. Ces projets pilotes pourront, éventuellement, servir à l'établissement d'une matrice pour les carrefours avec voies cyclables.

Il est à rappeler que la matrice reste un outil général de planification, et sa performance dépendra également des paramètres techniques des aménagements qu'elle propose, par exemple, la largeur des voies cyclables. À cet égard, la création de fiches techniques décrivant les situations routières et les paramètres de conception pour cyclistes pourrait représenter un outil complémentaire intéressant à développer.

4.2.4 Synthèse des paramètres à suivre dans le temps

Le réseau cyclable déterminé est un prototype possédant, théoriquement, des caractéristiques visant à assurer sa fonctionnalité pour les cyclistes. Le suivi de la performance de ce prototype se fait notamment par celui de ces caractéristiques. Le maillage, la classification fonctionnelle et la hiérarchisation des axes, ainsi que les matrices décisionnelles pour les aménagements des sections cyclables sont des outils caractéristiques du réseau déterminé pour assurer sa fonctionnalité et pour faciliter la gestion des déplacements des cyclistes sur le territoire.

Le suivi de l'utilisation du réseau cyclable et la mise en œuvre de projets pilotes permettront de peaufiner ces outils dans le temps et d'élaborer une matrice pour les carrefours.



CHAPITRE 5

DISCUSSION

La détermination d'un réseau cyclable selon la méthode néerlandaise dans Verdun est un exercice de prime abord théorique, à l'échelle réseau, dont les prochaines étapes d'implantation, de suivi et de gestion comportent certaines difficultés. De plus, ces difficultés sont couplées à d'autres de nature administratives et culturelles, dû à un système qui, comme vu à la section 1.2, ne supporte pas adéquatement le vélo utilitaire et ne favorise pas sa popularité et son acceptabilité sociale comme moyen de transport.

La présente section discute de certaines des difficultés d'implantation du réseau cyclable déterminé et de certaines limites, dont quelques-unes découlent de la transposition des notions néerlandaises au Québec. Elle se termine par une proposition de pistes de solutions à envisager pour surmonter ces défis.

5.1 Existant vs concept idéal

La détermination du nouveau réseau cyclable de Verdun est basée sur des paramètres de planification et de conception précis visant à optimiser la fonctionnalité du réseau d'infrastructures cyclables. Pour éviter les compromis en défaveur de cette fonctionnalité, plusieurs éléments de l'existant autres que la forme urbaine n'ont pas été pris en compte dans l'exercice, notamment :

- Gabarit de rue et espace disponible;
- Présence de stationnements sur rue;
- Éléments de drainage;
- Présence d'entrées et leur type;
- Présence de saillies;
- Dénivelés;
- Débits de circulation et vitesses pratiquées.

Cette omission volontaire en faveur du vélo implique une remise en question de certaines géométries de rues traditionnelles, un exercice politiquement délicat. En revanche, cette omission participe également à une réflexion globale déjà entamée dans l'arrondissement sur la répartition de l'espace public entre les usagers (Bergeron & Roberge, 2017, p. 14). Elle est donc cohérente avec la tendance actuelle, participe donc à la créativité et oblige à revoir l'existant autant dans sa forme, sa fonction que dans son utilisation.

5.2 Conception et suivi: indicateurs quantitatifs et qualitatifs

Le suivi de l'implantation des infrastructures cyclables du réseau déterminé par des indicateurs quantitatifs, par exemple, la longueur des liens cyclables ajoutés, l'augmentation de la part modale du vélo, ou encore la proportion de la longueur de liens cyclables revus sur la longueur des liens cyclables confirmés comme problématiques, est usuel (Arrondissement de Verdun, 2017). Selon le *Design Manual for Bicycle Traffic* (DMBT), l'impact de l'implantation des infrastructures peut également se mesurer par le taux de fréquentation des voies cyclables: «[i]f around 70% of the cycle route kilometers can be covered through the main cycle network, it may be inferred from this that the network is fulfilling transport needs.» (Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (CROW), 2016, p. 64).

Parallèlement, l'expérience néerlandaise, de laquelle s'inspire le réseau cyclable développé, appelle à un suivi qualitatif des infrastructures cyclables, une démarche encore peu usitée au Québec. À cet effet, un exercice de traduction technique des critères qualitatifs déterminés pour le réseau cyclable par les acteurs du milieu (section 2.1.7) est une avenue qui pourrait être envisagée pour assurer que les aménagements à implanter répondent de ces critères de façon optimale. Cette traduction technique permet de créer un lien direct entre les attentes et besoins des cyclistes, et les éléments concrets et techniques dont ils font expérience en roulant à vélo. Des initiatives québécoises de ce type ont d'ailleurs été développées dans les dernières années pour mieux répondre aux perceptions des usagers et réaliser des aménagements urbains

répondant de critères liés à la qualité de leur expérience dans le réseau viaire (Blais, 2016; Lessard & Jean, 2016).

Enfin, la participation citoyenne reste centrale dans la cueillette de données qualitatives sur les infrastructures cyclables.

5.3 Hiérarchisation routière en milieu urbain

L'exercice de détermination d'un nouveau réseau cyclable soulève inmanquablement des questions et des réflexions sur la fonction, l'utilisation et l'aménagement des routes existantes. La démarche traditionnelle qui sous-tend la classification des routes est actuellement l'objet d'une remise en question pour le milieu urbain, où les routes desservent des fonctions urbaines autres que les déplacements et l'accès et pour d'autres usagers que les véhicules motorisés. Or, comme vu à la section 1.2, cette tendance n'est pas encore effective dans l'aménagement au Québec, et plusieurs routes, peu importe leur classe, sont utilisées et perçues principalement comme des voies de transit, en raison de leur aménagement qui optimise la fluidité automobile. Cette organisation des routes fait obstacle à une intégration du vélo comme mode de transport fonctionnel dans le système de transport et à la sécurité des cyclistes.

Une façon pour Verdun de déjouer cette difficile comptabilité serait de « revoir la hiérarchie routière locale en concordance avec les milieux de vie », comme recommandé par Vivre en Ville au MTMDDET, dans son mémoire déposé dans le cadre de la Consultation publique sur la sécurité routière en 2017 (Vivre en ville, 2017), et en phase avec les comportements qu'on souhaite concrètement observer chez les différents types d'usagers sur un axe donné.

5.4 CSR : les rues à vocation résidentielle et les *fietsstraat*

Les principes sous-tendant le CSR québécois ne sont pas tous favorables au vélo utilitaire. Dans le cas précis du réseau cyclable dans Verdun, deux types d'aménagement prévus dans la classification soulèvent des défis de compréhension et d'implantation dus à leur différence conceptuelle dans le CSR: les rues à vocation résidentielle et la *fietsstraat*.

Rues à vocation résidentielle

Suivant les principes néerlandais, aucun aménagement cyclable spécifique n'est prévu dans le projet pour les 58 km d'« axes résidentiels », qui représentent près de 50 % des liens de l'arrondissement accessibles aux cyclistes. Ces rues, qui constituent les points de départ et d'arrivée des trajets journaliers des cyclistes, sont prévues comme des *rues à vocation résidentielle néerlandaises*, soient des rues pourvues de mesures de modération de la circulation et règlementées selon un principe de prudence, qui oblige les véhicules motorisés à assurer la sécurité des usagers plus vulnérables, comme les piétons et les cyclistes. Or, comme vu précédemment, le nouveau principe de prudence du CSR québécois n'est conceptuellement pas équivalent aux dispositions néerlandaises du *Sustainable Safety*. De plus, aucun article n'oblige les municipalités à arrimer l'aménagement de leur route aux vitesses qu'elles établissent pour ces dernières. Enfin, plusieurs routes à vocation résidentielle verdunoises, ciblées comme des axes résidentiels dans le réseau cyclable déterminé, cumulent plusieurs plaintes d'excès de vitesse et sont également utilisées à des fins de transit (Arrondissement de Verdun, 2017). Il devient donc important, pour assurer la performance de ce type de lien, soit sa qualité à être objectivement et subjectivement accessible aux cyclistes, que le concept de rue à vocation résidentielle soit rigoureusement analysé et réfléchi.

L'absence d'encadrement normatif et législatif en termes d'aménagement de rue à vocation résidentielle est connu au Québec (Ville de Québec, 2017). Une avenue à envisager pourrait être d'y donner la priorité aux piétons et aux cyclistes, cependant ce concept n'est pas encore très répandu au Québec (Bruneau & Morency, 2016). Dans tous les cas, le succès de l'implantation de ce type d'axe dans l'arrondissement de Verdun exige donc de la créativité de la part de la municipalité, des essais et des erreurs, et un suivi serré des différents impacts des mesures implantées. Cette réflexion pourrait être accompagnée par la consultation de plusieurs guides ou articles récemment publiés en Amérique du Nord et en Europe sur des concepts d'aménagements apparentés, par exemple, le *Shared Space*.

Fietsstraat

La *fietsstraat* néerlandaise est également un concept d'aménagement cyclable qui diffère de son nouveau pendant québécois « vélorue ». Suivant les principes d'aménagement routier néerlandais, les *fietsstraat* prévues pour le réseau cyclable déterminé dans Verdun sont liées aux voies cyclables principales, prévues pour accueillir un nombre important de cyclistes, leur donnent priorité et autorisent la circulation des cyclistes dans les deux directions, même si implantée sur une rue à sens unique. Une implantation progressive de mesures visant l'implantation de ce type de rue est à prévoir pour assurer l'adaptation de l'ensemble des usagers au concept de *fietsstraat* dans Verdun.

Enfin, il est important de prendre en considération que sans référence pour l'aménagement et cadre législatif permettant d'implanter pleinement le concept d'infrastructures cyclables prévus pour le réseau cyclable déterminé et inspiré de l'expérience néerlandaise, il est possible que certains aménagements prévus pour le réseau cyclable de Verdun n'obtiennent pas la performance connue aux Pays-Bas.

5.5 Institutionnalisation du vélo utilitaire

Le présent travail est construit sur la prémisse qu'il y a, au Québec, place pour une amélioration des pratiques des concepteurs pour favoriser l'utilisation du vélo utilitaire en milieu urbain. Cependant, la portée du travail réalisé et de sa poursuite en implantation sont limitées par des obstacles liés au contexte de mobilité québécois qui, pour rendre attrayante l'utilisation du vélo par plusieurs groupes de la population, requiert des changements de fonds liés à la culture de mobilité. Comme mentionné par (Jolicoeur & Vélo Québec, 2009, p. 159): « au-delà des interventions isolées, le développement à long terme des villes et des villages favorables à la marche et au vélo passe par l'institutionnalisation de la planification des aménagements pour les piétons et les cyclistes. Il s'agit non seulement d'élaborer des plans spécifiques pour le transport actif, mais aussi de considérer systématiquement les déplacements à pied et à vélo dans la prise de décisions concernant les quartiers, les municipalités et les régions. » Cette institutionnalisation inclut des budgets conséquents, des interventions cohérentes minimisant les compromis en défaveur de la fonctionnalité des infrastructures cyclables et pénalisant

l'utilisation de l'automobile pour les distances franchissables à vélo, une administration locale des actions envers le vélo, une intégration des activités départementales, une promotion politique du vélo, et un suivi longitudinal et mesurable de l'ensemble des mesures entreprises pour le favoriser.

À l'échelle de Verdun, un PLD comprenant des mesures concrètes en faveur du vélo utilitaire est un élément d'institutionnalisation de ce moyen de transport, pourvu que ces mesures soient reconnues par la Ville centre, et qu'elles soient implantées et suivies selon les critères qui en assurent la performance aux yeux des cyclistes.

Enfin, la certification Vélosympathique de Vélo-Québec pourrait être envisagée comme cadre d'organisation des actions en faveur du vélo dans l'arrondissement et comme engagement formel de l'organisation et de ses partenaires dans le temps envers le maintien, le développement et le suivi de ces actions. Un employé dédié au dossier vélo faciliterait également les échanges et la coordination des projets avec la ville centre.

5.6 Amélioration des pratiques en ingénierie: recherche et diffusion

Le réseau cyclable déterminé dans Verdun est un prototype, une participation au domaine du génie à la recherche et développement en matière de fonctionnalité des aménagements cyclables d'un territoire. Ce travail s'inscrit parmi d'autres initiatives qui visent à explorer de nouvelles façons techniques pour répondre plus adéquatement aux caractéristiques des cyclistes et du vélo comme véhicule utilitaire (Audet, 2018; Kellner & Fiset, 2016; Lafond, 2018). Ce projet ne peut cependant se référer à aucun autre projet similaire québécois pour orienter sa planification, son implantation, son développement et son suivi. Le projet proposé doit maintenant être testé *in situ* et documenté pour créer une banque d'informations à l'interne sur sa performance et sa gestion.

La recherche et le développement en ingénierie en matière d'infrastructures cyclables restent peu développés, comportent peu d'outils de suivi connus et la recherche réalisée dans d'autres

domaines manque de liens transversaux avec le domaine technique. Le partage des connaissances techniques est à ce jour encore peu développé.

Dans le cas des Pays-Bas, deux éléments ont été centraux au développement des connaissances générales, qualitatives, quantitatives et transversales, relativement à la favorisation du vélo utilitaire au courant des dernières décennies du XX^e siècle : un vaste programme de recherche et de développement étalé sur plusieurs années et géré et soutenu financièrement par l'État, ainsi que l'octroi d'importantes subventions (80 %) pour les initiatives municipales et régionales en matière de développement d'infrastructures cyclables. Déterminantes dans la popularité que connaît le vélo comme mode de transport, ces programmes ont contribué à la construction du vaste réseau cyclable dont les Néerlandais disposent aujourd'hui (Ministry of Transport Public Works and Water Management & Ligtermoet & Louwerse, 1999). La recherche néerlandaise en matière de vélo utilitaire et de sécurité routière se poursuit toujours de nos jours. Le Dutch Cycling Embassy est une plateforme d'échanges entre partenaires publics et privés, qui rassemble l'expérience et les savoirs sur le vélo utilitaire, diffuse ces derniers à l'interne et à l'international et crée des liens directs avec les organisations locales et les citoyens par le biais de comités locaux et régionaux qui visent la concertation entre les partenaires.

Ailleurs dans le monde, l'attention portée au vélo comme mode de déplacement en milieu urbain dans les dernières années ne s'est pas que soldée en de nombreuses publications, elle a aussi motivé la création de projets ou de programmes visant à regrouper les chercheurs et les professionnels. Parmi les plus connus, on note Cities for Cycling de NACTO, Scientists for Cycling de l'European Cyclists' Federation ou encore Central MeetBike du programme Central Europe de l'Union européenne (échu en 2014). D'autres groupes formés au sein d'organisations en transport d'autorités gouvernementales nord-américaines ou européennes ont également été créés pour se pencher spécifiquement sur le vélo utilitaire. En plus de nombreux départements d'universités en transport et urbanisme s'intéressant au vélo, comme ceux affiliés à plusieurs chercheurs cités dans ce travail, des départements de recherche consacrés au vélo utilitaire ont également été créés, par exemple, le Urban Cycling Institute du

département Faculty of Behavioural and Social Sciences de l'université d'Amsterdam, ou encore le programme Cycling in Cities du School of Population & Public Health de University of British Columbia. Plusieurs conférences mondiales regroupent également la communauté cherchant à faire la promotion du vélo utilitaire, par exemple, Velo-city conference, International Cycling Conference, ou encore Winter Cycling Congress. Parallèlement, dans plusieurs pays, des municipalités, des autorités régionales et/ou d'autres organismes voués à la promotion du vélo utilitaire se regroupent pour partager les connaissances et concerter les actions en faveur de la pratique du vélo.

De façon analogue, la recherche et le développement consacrés au vélo utilitaire au Québec pourraient être davantage développés. Plus de recherche sur le choix modal du vélo chez les différents groupes de la population, les déplacements à vélo en milieu urbain et les infrastructures cyclables utilitaires fonctionnelles, incluant la vulgarisation des résultats et la mise sur pied d'outils d'application présentent une avenue intéressante pour inspirer et encadrer des initiatives et des innovations locales. L'organisation du partage et de la diffusion des connaissances pourrait inclure la création d'un guide technique dédié aux infrastructures cyclables utilitaires en milieu urbain. Le MTMDET avait d'ailleurs, dès 1995, exprimé sa volonté de développer un savoir-faire québécois en matière cyclable: « Il est également important d'expérimenter et de développer en ce domaine un savoir-faire québécois afin que la nécessaire recherche de solutions économiques ne devienne pas un prétexte pour bâcler ou improviser des aménagements » (Ministère des Transports du Québec (MTQ) & Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ), 1995, p. 12).

Étant donné les actes réservés aux ingénieurs en conception routière, le domaine du génie a un pouvoir important sur la qualité de l'expérience des usagers qui empruntent les infrastructures cyclables, et les dépenses publiques relatives à la planification et l'implantation de telles infrastructures, mais également, aux accidents qui peuvent en découler. Concevoir des infrastructures cyclables en considérant avant tout la perception des usagers, et particulièrement celles des plus vulnérables, et la qualité de l'expérience routière en matière

de déplacement représente une avenue intéressante à explorer pour les ingénieurs pour favoriser l'utilisation du vélo utilitaire en milieu urbain.

5.7 Synthèses des difficultés et recommandations



Difficulté : Difficulté d'intégrer les aménagements cyclables déterminés à l'existant

Pistes de solution / Recommandations : Revoir la répartition de l'espace et la circulation sur le territoire

Paliers concernés : Local



Difficulté : Critères et indicateurs qualitatifs

Pistes de solution / Recommandations : Traduire les critères qualitatifs en indicateurs mesurables afin d'assurer un suivi technique et une meilleure cohérence entre les attentes et les perceptions des usagers et les aménagements réels, mettre en place des méthodes de consultation et de participation citoyenne permettant de récolter des données qualitatives

Paliers concernés : Local / Provincial



Difficulté : Hiérarchisation routière en milieu urbain

Pistes de solution / Recommandations : Revoir la typologie des rues pour intégrer la mixité des fonctions urbaines, des types d'usagers et définir les comportements souhaités par chaque type d'usager

Paliers concernés : Local / Provincial



Difficulté : CSR

Piste de solutions / Recommandations : Études de cas, consultation citoyenne, projets pilotes, arrimer aménagement et vitesse affichée, responsabiliser les moins vulnérables de la route à la sécurité des plus vulnérables

Paliers concernés : Local / Provincial



Difficulté : Reconnaissance du vélo comme mode de transport / Institutionnalisation

Pistes de solution / Recommandations : Intégration verticale et horizontale du vélo utilitaire dans les différents paliers de gouvernement, avec budgets conséquents à une augmentation et à un transfert modal.

Paliers concernés : Local / Régional / Provincial



Difficulté : Recherche technique en infrastructures cyclables fonctionnelles et diffusion

Pistes de solution / Recommandations : Créer des plateformes de travail et de diffusion, faire des projets pilotes, rassembler les connaissances et créer un guide d'aménagements cyclables utilitaires fonctionnels en milieu urbain

Paliers concernés : Local / Régional / Provincial



Le projet développé dans le cadre de ce travail offre plus qu'un nouveau réseau cyclable utilitaire fonctionnel. Il participe également à remettre en question la répartition de l'espace et la fonction des routes selon la perception des usagers plus vulnérables et le comportement qu'il est souhaité que les différents types d'usagers adoptent pour assurer une dynamique de rue en cohérence avec ses fonctions réelles.



CONCLUSION

Ce mémoire s'intéresse à la problématique des déplacements à vélo en milieu urbain, et en particulier, à la fonctionnalité des voies cyclables dans le cadre d'un usage utilitaire du vélo par différents groupes de la population. L'objectif principal de ce mémoire est de mettre en application une méthode d'élaboration d'un réseau cyclable utilitaire et fonctionnel dans un contexte urbain québécois.

Puisqu'il constitue la base de l'organisation des infrastructures cyclables d'un territoire, le réseau cyclable est prépondérant dans l'utilisation du vélo comme mode de déplacement. Plusieurs études ont d'ailleurs fait ressortir les caractéristiques qualitatives d'un réseau cyclable attrayant auprès d'un plus grand nombre, alors que peu d'entre elles se sont penchées sur sa forme, sa structure, sa méthode d'élaboration, et les paramètres techniques assurant la fonctionnalité des déplacements de cyclistes appartenant à différents groupes sociaux.

La méthode néerlandaise, forte d'une expérience de plus de 40 ans, et basée sur une approche réseau et une organisation des voies cyclables selon une classification fonctionnelle hiérarchisée, permet de planifier un réseau cyclable utilitaire et fonctionnel répondant aux besoins et aux caractéristiques des cyclistes et à celles du vélo. Cette méthode constitue la base méthodologique du réseau cyclable utilitaire et fonctionnel qui a été appliquée dans l'arrondissement de Verdun à Montréal dans le cadre de ce mémoire.

Le résultat obtenu dans ce travail présente des avantages pour les cyclistes en matière d'organisation et de compréhension des déplacements à vélo sur le territoire, de perméabilité, de densité, de connectivité et d'options de parcours par rapport au réseau d'infrastructures existant, bref, des avantages de fonctionnalité. Cependant, il reste que l'implantation d'un tel réseau et un suivi rigoureux d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs sont nécessaires à l'évaluation de sa performance. Plusieurs défis sont à prendre en considération. Qu'ils relèvent de la législation en matière de sécurité routière, de gestion, de conception ou de mise en œuvre,

la plupart de ces défis découlent du contexte actuel qui favorise, de facto et dans toutes les sphères qui influent sur le choix modal, la circulation en véhicule motorisé.

Les pays et les villes où il est reconnu que le vélo détient une forte part modale partagent une prémisse fondamentale: la reconnaissance du vélo comme moyen de transport et une volonté de lui faire une place dans le réseau de transport, traduite par l'entreprise d'actions concrètes en ce sens. Bien qu'elle semble aller de soi, cette prémisse est de loin ce qui est le plus complexe à intégrer au sein des institutions. Au-delà des mesures qui incitent directement les citoyens à opter pour le vélo pour se déplacer, elle nécessite également la mise en place d'une structure interne qui favorise le vélo de façon indirecte : un cadre législatif adapté à la réalité des cyclistes en milieu urbain, une organisation des responsabilités, des tâches, des méthodes de travail et des pratiques internes permettant d'arrimer les actions des différents départements, des projets de recherche et développement, la création d'outils techniques adéquats et l'émission de ressources budgétaires suffisantes. Cette structure interne, qui institutionnalise le vélo comme moyen de déplacement, constitue le support essentiel à la réussite de l'intégration du vélo au réseau de transport à court, moyen et long termes, et à sa popularité auprès d'un grand nombre. Cette institutionnalisation est centrale au développement d'une culture de mobilité inclusive au vélo utilitaire.

Au final, la qualité du nouveau réseau cyclable de Verdun de contribuer à l'augmentation de la part modale du vélo dans l'arrondissement reste à vérifier avec le temps. En ce sens, le projet développé dans le cadre de ce mémoire est un prototype pour le domaine de l'ingénierie civile. Il participe à approfondir les connaissances et à améliorer les pratiques techniques en aménagements cyclables. Il incite également à une révision de la typologie des routes et de leur classification fonctionnelle selon la perception des usagers plus vulnérables et le comportement qu'il est souhaité que les différents types d'usagers adoptent pour assurer une dynamique de rue en cohérence avec ses fonctions réelles. Par cette démarche, le vélo se positionne comme un vecteur de changement au sein des mentalités et des pratiques actuelles en aménagement routier, et participe à remettre en question le paradigme automobile par la base.

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Albert de la Bruheze, A. A. (2000). Bicycle use in the twentieth century Western Europe. The comparison of nine cities. Dans *Proceedings Velomondial 2000, proceedings (CD-rom) van het Internationale Fietscongres 'Velo 2000'*. Repéré à <http://www.velomondial.net/velomondial2000/PDF/BRUHEZE.PDF>
- Aldred, R. (2013). Incompetent or Too Competent? Negotiating Everyday Cycling Identities in a Motor Dominated Society. *Mobilities*, 8(2), 252-271. doi: 10.1080/17450101.2012.696342. Repéré à <http://dx.doi.org/10.1080/17450101.2012.696342>
- Alpkokin, P. (2012). Historical and critical review of spatial and transport planning in the Netherlands. *Land Use Policy*, 29(3), 536-547. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.09.007>. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837711001013>
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2012). *Guide for the Development of Bicycle Facilities (4th Edition)*. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Repéré à <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpGDBFE008/guide-development-bicycle/guide-development-bicycle>
- Andersen, T., Bredal, F., Weinreich, M., Jensen, N., Riisgaard-Dam, M., & Kofod Nielsen, M. (2012). *Collection of Cycle Concepts 2012*. Copenhagen: Cycling Embassy of Denmark. Repéré à <http://www.cycling-embassy.dk/wp-content/uploads/2013/12/Collection-of-Cycle-Concepts-2012.pdf>
- Arrondissement de Verdun. (2017). *Plan local de déplacements*. Montréal. Repéré à http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/ARROND_VER_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PLD_VERDUN_20170905_WEB.PDF
- Audet, J.-S. (2018, 10 avril 2018). *Plan directeur du réseau cyclable de Laval: Bilan d'un blitz pour l'ajout d'infrastructures cyclables stratégiques à Laval* présentée à 53e Congrès de l'AQTr : l'innovation, ça nous transporte!, Québec, Qc.
- Bergeron, J., & Roberge, M. (2017). *Plan local de développement durable 2016-2020 : Ensemble pour une métropole durable*. Montréal, Qc: Arrondissement de Verdun. Repéré à http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/d_durable_fr/media/documents/verdun_plan_developpement_durable_2016_2020.pdf

- Blais, S. (2016). *La créativité de l'ingénieur : un atout pour améliorer la qualité de vie des citoyens* Communication présentée à INFRA 2016 : L'innovation et l'intégration des compétences au service des collectivités, Montréal, Qc. Repéré à <https://ceriu.qc.ca/system/files/programmeinfra2016.pdf>
- Boucher, I., & Fontaine, N. (2011). *L'aménagement et l'écomobilité, Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire Repéré à http://www.mamot.gouv.qc.ca/pub/grands_dossiers/developpement_durable/amenagement_ecomobilite_partie_1.pdf.
- Bruneau, J.-F., & Morency, C. (2016). *Évaluation du potentiel d'application d'une démarche "Code de la rue" pour le Québec et identification des enjeux et stratégies liés à sa mise en oeuvre: Rapport final, version finale*. Montréal, Qc: Polytechnique Montréal. Repéré à <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1192646.pdf>
- Buehler, R., & Dill, J. (2016). Bikeway Networks: A Review of Effects on Cycling. *Transport Reviews*, 36(1), 9-27. doi: 10.1080/01441647.2015.1069908. Repéré à <http://dx.doi.org/10.1080/01441647.2015.1069908>
- Carstensen, T. A., Olafsson, A. S., Bech, N. M., Poulsen, T. S., & Zhao, C. (2015). The spatio-temporal development of Copenhagen's bicycle infrastructure 1912–2013. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 115(2), 142-156. doi: 10.1080/00167223.2015.1034151. Repéré à <https://doi.org/10.1080/00167223.2015.1034151>
- Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond Water-en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (CROW). (2016). *Design manual for bicycle traffic* (3 éd.). Ede: Fietsberaad CROW.
- Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gomez, L. F., & Neiman, A. (2009). Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation*, 3(4), 203-226. doi: 10.1080/15568310802178314. Repéré à <https://doi.org/10.1080/15568310802178314>
- Chardonnel, S., du Mouza, C., Fauvet, M.-C., Josselin, D., & Ruigaux, P. (2004). *Patrons de mobilité : proposition de définition, de méthode de représentation et d'interrogation* présentée à Journées Cassini. Repéré à <https://cedric.cnam.fr/fichiers/RC681.pdf>
- City of Copenhagen. (2012). *Good, Better, Best: The City of Copenhagen's Bicycle Strategy 2011-2025*. Copenhagen: Technical and Environmental Administration Traffic Department.
- City of Copenhagen. (2017). *Copenhagen City of Cyclists : The Bicycle Account 2016* Technical and Environmental Administration Mobility.

- City of Portland. (2010). *Bikeway Facility Design: Survey of Best Practices*. Portland, OR, USA: Bureau of Transportation. Repéré à <https://www.portlandoregon.gov/transportation/article/334689>
- City of Portland (OR). (2010). *Portland Bicycle Plan for 2030: A healthy community, vibrant neighborhoods... and bicycles everywhere ! Part Two: A framework for bicycling policy*. Portland, OR: Repéré à <https://www.portlandoregon.gov/transportation/article/289122>.
- Code de la sécurité routière, C-24.2 C.F.R. (2018).
- Communauté métropolitaine de Montréal (CMM). (2017a). Le vélo dans le Grand Montréal : un mode de transport de plus en plus populaire. *Perspective Grand Montréal*, (37). Repéré à http://cmm.qc.ca/fileadmin/user_upload/periodique/31_Perspective.pdf
- Communauté métropolitaine de Montréal (CMM). (2017b). *Plan directeur du réseau vélo métropolitain: Grand Montréal, Horizon 2031*. Communauté métropolitaine de Montréal (CMM). Repéré à http://cmm.qc.ca/fileadmin/user_upload/documents/20171117_ReseauVelo_planMetrropolitain.pdf
- Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), & Vélo Québec. (2014). *Développer le Réseau vélo métropolitain : Guide pratique à l'intention des municipalités de la Communauté métropolitaine de Montréal*. Repéré à http://cmm.qc.ca/fileadmin/user_upload/documents/20150423_guide-forum-velo-2014.pdf
- Concertation en développement social de Verdun (CDSV). (2012). *Portrait des déplacements: décembre 2012*.
- Couillard, S. (2018). *Mobilité durable : le transport actif, parent pauvre de la nouvelle politique de Mobilité durable*. Montréal, Qc: Vélo Québec,.
- Damant-Sirois, G., Grimsrud, M., & El-Geneidy, A. M. (2014). What's your type: a multidimensional cyclist typology. *Transportation*, 41(6), 1153-1169. doi: 10.1007/s11116-014-9523-8. Repéré à <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9523-8>
- Deffner, J., Götz, K., Schubert, S., Potting, C., Stete, G., Tschann, A., & Loose, W. (2006). *Entwicklung eines integrierten Konzepts der Planung, Kommunikation und Implementierung einer nachhaltigen, multioptionalen Mobilitätskultur*. Frankfurt am Main, Allemagne: Institut für sozial-ökologische Forschung GmbH. Repéré à <http://www.isoe.de/uploads/media/mobilitaetskultur-bericht-2006.pdf>

- Dill, J., & McNeil, N. (2013). Four Types of Cyclists? Examination of Typology for Better Understanding of Bicycling Behavior and Potential. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2387. doi: 10.3141/2387-15
- Ebert, A. K. (2004). Cycling towards the nation: the use of the bicycle in Germany and the Netherlands, 1880–1940. *European Review of History: Revue européenne d'histoire*, 11(3), 347-364. doi: 10.1080/1350748042000313751. Repéré à <http://dx.doi.org/10.1080/1350748042000313751>
- Écho Sondage. (2011). *État de la pratique du vélo au Québec en 2010*. Montréal: Vélo Québec Association. Repéré à http://www.velo.qc.ca/files/file/edvaq2010/EV2010_SondageResultats.pdf
- European Platform on Mobility Management (EPOMM). (2018). TEMS: The EPOMM Modal Split Tool. Repéré le 31 mai 2018 à <http://www.epomm.eu/tems/index.phtml>
- Federal Highway Administration (FHWA). (2015). *Separated Bike Line : Planning and Design*. Washington D.C., USA.
- Federal Highway Administration (FHWA). (2016). *Bike Network Mapping Idea Book*. Federal Highway Administration (FHWA).
- Forester, J. (1994). *Bicycle transportation, A Handbook for Cycling Transportation Engineers* (2 éd.). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Forsyth, A., & Krizek, K. (2011). Urban Design: Is there a Distinctive View from the Bicycle? *Journal of Urban Design*, 16(4), 531-549. doi: 10.1080/13574809.2011.586239. Repéré à <https://doi.org/10.1080/13574809.2011.586239>
- Fortier, D., & Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2009). *Les aménagements cyclables: un cadre pour l'analyse intégrée des facteurs de sécurité*. Québec: Gouvernement du Québec.
- Fruianu, M., van Leeuwen, F., Blanker, F., & Stelling, C. (2010). *Public Transport in the Netherlands*. Den Haag, Netherlands: Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Government of the Netherlands.
- Furth, P. G. (2012). Bicycling Infrastructure for Mass Cycling: A Transatlantic Comparison. Dans J. Pucher & R. Buehler (Éds.), *City Cycling* (pp. 105-139). Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology (MIT).
- Furth, P. G., Mekuria, M. C., & Nixon, H. (2012). *Network Connectivity for Low-Stress Bicycling*. San Jose, CA: Mineta Transportation Institute Publications. Repéré à <https://transweb.sjsu.edu/sites/default/files/1005-low-stress-bicycling-network-connectivity.pdf>

- Furth, P. G., Mekuria, M. C., & Nixon, H. (2016). Network Connectivity for Low-Stress Bicycling. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2587, 41-49. doi: 10.3141/2587-06. Repéré à <https://doi.org/10.3141/2587-06>
- Garrad, J., Handy, S., & Dill, J. (2012). Women and Cycling. Dans *City Cycling* (pp. 211-234). Cambridge, Massachussets: The MIT Press.
- Geller, R. (2009). *Four Types of Cyclists* (). Portland, Oregon: Portland Bureau of Transportation. Repéré à <https://www.portlandoregon.gov/transportation/44597?a=237507>
- Gerike, R., & Parkin, J. (2015). Strategic Planning of Bicycle Network as Part of an Integrated Approach. Dans *Cycling Futures: From Research into Practice* (pp. 115-136). Farnham: Routledge.
- Global Designing Cities Initiative, & National Association of City Transportation Officials (NACTO). (2016). *Global street design guide*.
- Gössling, S. (2013). Urban transport transitions: Copenhagen, City of Cyclists. *Journal of Transport Geography*, 33, 196-206. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.10.013>. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692313002111>
- Goto, A., & Nakamura, H. (2016). Functionally Hierarchical Road Classification Considering the Area Characteristics for the Performance-oriented Road Planning. *Transportation Research Procedia*, 15, 732-748. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.06.061>. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516305932>
- Gouvernement du Québec. (2008). *Politique sur le vélo. Du loisir à l'utilitaire: Le vélo, un moyen de transport à part entière*. Québec.
- Handy, S., Heinen, E., & J.Krizek, K. (2012). Cycling in Small Cities. Dans J. Pucher & R. Buehler (Éds.), *City Cyling* (pp. 257-286). Cambridge, Massachussets: The MIT Press.
- Handy, S., van Wee, B., & Kroesen, M. (2014). Promoting Cycling for Transport: Research Needs and Challenges. *Transport Reviews*, 34(1), 4-24. doi: 10.1080/01441647.2013.860204. Repéré à <http://dx.doi.org/10.1080/01441647.2013.860204>
- Harkey, D., Reinfurt, D., & Sorton, A. (1998). *The Bicycle Compatibility Index: A Level of Service Concept, Implementation Manual*. Alexandria, VA: Highway Safety Research Center, University of North Carolina. Repéré à <https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/bci.pdf>

- Harms, L., Bertolini, L., & Brömmelstroet, M. T. (2016). Performance of Municipal Cycling Policies in Medium-Sized Cities in the Netherlands since 2000. *Transport Reviews*, 36(1), 134-162. doi: 10.1080/01441647.2015.1059380. Repéré à <http://dx.doi.org/10.1080/01441647.2015.1059380>
- Harms, L., Bertolini, L., & te Brömmelstroet, M. (2014). Spatial and social variations in cycling patterns in a mature cycling country exploring differences and trends. *Journal of Transport & Health*, 1(4), 232-242. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2014.09.012>. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140514000802>
- Heinen, E., van Wee, B., & Maat, K. (2010). Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature. *Transport Reviews*, 30(1), 59-96. doi: 10.1080/01441640903187001. Repéré à <http://dx.doi.org/10.1080/01441640903187001>
- Hembrow, D. (2008). The Grid - How the Dutch found that the only thing which really encouraged cycling was a dense network of high quality infrastructure. Repéré sur A View from the Cycle Path à <http://www.aviewfromthecyclepath.com/2008/09/grid.html>
- Hembrow, D. (2015). The Grid. The most important enabler of mass cycling, but a cycling concept which is often misunderstood. Repéré à <http://www.aviewfromthecyclepath.com/2015/05/the-grid-most-important-enabler-of-mass.html>
- Jolicoeur, M., & Vélo Québec. (2001). *L'état du vélo au Québec en 2000*. Montréal: Vélo Québec
- Jolicoeur, M., & Vélo Québec. (2009). *Aménagements en faveur des piétons et des cyclistes: guide technique*. Montréal: Vélo Québec Association.
- Jolicoeur, M., & Vélo Québec. (2011a). *L'état du vélo au Québec en 2010*. Montréal: Vélo Québec Association.
- Jolicoeur, M., & Vélo Québec. (2011b). *L'état du vélo en 2010. Zoom sur Montréal*. Montréal: Vélo Québec. Repéré à http://www.velo.qc.ca/files/file/edvaq2010/VQ_EV2010_zoom_Montreal.pdf
- Jolicoeur, M., & Vélo Québec. (2016). *L'état du vélo au Québec en 2015*. Montréal: Vélo Québec Association. Repéré à http://www.velo.qc.ca/files/file/expertise/VQ_EDV2015_Mtl.pdf
- Kellner, S., & Fiset, C. (2016). *Réaménagement d'un boulevard en y intégrant les besoins de tous les usagers de la route* Communication présentée à INFRA 2016 : L'innovation et l'intégration des compétences au service des collectivités, Montréal, Qc. Repéré à https://ceriu.qc.ca/system/files/e3.3_s.kellner_c.fiset_.pdf

- Klinger, T., Kenworthy, J. R., & Lanzendorf, M. (2013). Dimensions of urban mobility cultures – a comparison of German cities. *Journal of Transport Geography*, 31, 18-29. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.05.002>. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692313000793>
- Kuhnimhof, T., & Feige, I. (2013a). Introduction. Dans I. f. M. R. (ifmo) (Éd.), *Megacity Mobility Culture. How Cities Move on in a Diverse World. Lecture Notes in Mobility*. (pp. xv-xxii). Springer-Verlag.
- Kuhnimhof, T., & Feige, I. (2013b). Preface. Dans I. f. M. R. (ifmo) (Éd.), *Megacity Mobility Culture. How Cities Move on in a Diverse World. Lecture Notes in Mobility*. Springer-Verlag.
- Kuhnimhof, T., & Wulforth, G. (2013). The Reader's Guide to Mobility Culture. Dans I. f. M. R. (ifmo) (Éd.), *Megacity Mobility Culture. How Cities Move on in a Diverse World*. (pp. 55-63). Munich: Springer-Verlag.
- Kuipers, G. (2012). The rise and decline of national habitus. *European Journal of Social Theory*, 16(1), 17-35. doi: 10.1177/1368431012437482. Repéré à <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1368431012437482>
- Lafond, N. (2018). *Pliste cyclable de la rue Laurier: Du rêve à la réalité* présentée à 53e Congrès de l'AQTr : l'innovation, ça nous transporte!, Québec, Qc.
- Langeland, A. (2014). Sustainable Transport in Cities, Learning from Best and Worst Practices? *Proceedings of the Second International Conference on Traffic and Transport Engineering (Ictte)*, 965-973. Repéré à <Go to ISI>://WOS:000348569200118
- Lapointe, S. (2009). Pistes cyclables. Repéré le 10 mars 2017 à <http://www.pistescyclables.ca/index.html>
- Lareau, S. (2018). Les hauts et les bas du Code de la sécurité routière. Montréal, Qc: Vélo Québec.
- Larsen, J., & El-Geneidy, A. (2011). A travel behavior analysis of urban cycling facilities in Montréal, Canada. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(2), 172-177. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2010.07.011>. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920910001100>
- Larsen, J., Patterson, Z., & El-Geneidy, A. (2013). Build It. But Where? The Use of Geographic Information Systems in Identifying Locations for New Cycling Infrastructure. *International Journal of Sustainable Transportation*, 7(4), 299-317. doi: 10.1080/15568318.2011.631098. Repéré à <https://doi.org/10.1080/15568318.2011.631098>

- Lauwers, D. (2008). *Functional road categorization: new concepts and challenges related to traffic safety, traffic management and urban design: reflections based on practices in Belgium confronted with some Eastern European cases* présentée à Transportation and land use interaction, Bucharest. Repéré à <https://biblio.ugent.be/publication/512322>
- Lessard, D., & Jean, D. (2016). *Intégration du concept de qualité de vie urbaine dans les projets d'infrastructures à la Ville de Québec* Communication présentée à INFRA 2016 : L'innovation et l'intégration des compétences au service des collectivités, Montréal, Qc. Repéré à https://ceriu.qc.ca/system/files/e1.1_d.lessard_d.jean_.pdf
- Lowry, M., Callister, D., Gresham, M., & Moore, B. (2012). *Assessment of Communitywide Bikeability with Bicycle Level of Service* (Vol. 2314). doi: 10.3141/2314-06
- Massachusetts Department of Transportation. (2015). *Separated Bike Lane Planning & Design Guide*. Boston (MA).
- Massachusetts Department of Transportation (MASSDOT). (2015). *Separated Bike Lane : Planning and Design Guide* Boston, USA.
- McDonald, N. C. (2012). Children and Cycling. Dans *City Cycling* (pp. 235-255). Cambridge, Massachussets: The MIT Press.
- Meggs, J., Pashkevich, A., & Rupi, F. (2012). *Best Practices in Cycling*. Central Europe. Repéré à http://bicy.it/docs/128/WP3_2_1-Best-Practices-in-Bicycle-Planning.pdf
- Ministère de l'éducation et de l'enseignement supérieur (MEES). (2017). Voies cyclables. Normes et procédures. Repéré le 10 mars 2017 à <http://www.education.gouv.qc.ca/municipalites/ville-securitaire/installations-municipales/voies-cyclables/normes-et-procedures/>
- Ministère des Transports de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET). (2016a). *Ouvrages routiers. Tome I, Conception routière. Chapitre 1. Classification fonctionnelle*. Québec: Gouvernement du Québec.
- Ministère des Transports de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET). (2016b). *Ouvrages routiers. Tome I, Conception routière. Chapitre 15. Voies cyclables*. Québec: Gouvernement du Québec.
- Ministère des Transports de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET). (2016c). *Ouvrages routiers. Tome V, Signalisation routière. Chapitre 7. Voies cyclables*. Québec: Gouvernement du Québec.
- Ministère des Transports du Québec (MTQ). (2008). *Politique sur le vélo. Du loisir à l'utilitaire: Le vélo, un moyen de transport à part entière*. Gouvernement du Québec Repéré à <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/0979357.pdf>.

- Ministère des Transports du Québec (MTQ), & Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). (1995). *Politique sur le vélo*. Québec.
- Ministry of Transport Public Works and Water Management, & Ligtermoet & Louwerse. (1999). *The Dutch Bicycle Master Plan: Description and evaluation in an historical context*. The Hague: Ministry of Transport, Public Works and Water Management.
- Ontario Traffic Manual - Book 18 – Cycling Facilities (2013).
- Miranda-Moreno, L. F., Nosal, T., & Kho, C. (2013). If We Clear Them, Will They Come? Study to Identify Determinants of Winter Bicycling in Two Cold Canadian Cities. Dans *Transportation Research Board 92nd Annual Meeting*. Repéré à <http://docs.trb.org/prp/13-3153.pdf>
- Morency, C. (2011). *Rapport: Île de Montréal*. Montréal: École Polytechnique. Repéré à http://www.velo.qc.ca/files/file/edvaq2010/EV2010_RapportOD_Montreal.pdf
- Morency, C., Verreault, H., Bourdeau, J.-S., Frappier, A., Faucher, J., & Bahbouh, K. (2015). *Assistance méthodologique pour le traitement et l'analyse des données des enquêtes Origine-Destination québécoises pour dresser le portrait du Vélo au Québec en 2015*. Montréal, Québec: Polytechnique Montréal.
- National Association of City Transportation Officials (NACTO). (2014). *Urban Bikeway Design Guide*. New York, USA: Island Press.
- Paquin, C. (2014). *Portrait sociodémographique et socioéconomique de la population du CSSS du Sud-Ouest–Verdun*. Montréal, Qc: CSSS du Sud-Ouest–Verdun. Repéré à https://ccpsc.qc.ca/sites/ccpsc.qc.ca/files/PORTRAIT_CSSS_SudOuestVerdun_2014_v1.1_0.pdf
- Pelzer, P. (2010). *Bicycling as a Way of Life: A Comparative Case Study of Bicycle Culture in Portland, OR and Amsterdam* présentée à 7th Cycling and Society Symposium, Oxford.
- Perreault, M., & L.Bourque, G. (2014). *Évolution du transport routier au Québec. La crise d'un paradigme*. Institut de recherche en économie contemporaine (IRÉC). Repéré à <http://www.irec.net/upload/File/rapportinfrastructureroutiereavril2014.pdf>
- Pettinga, A., Rowette, A., Braakman, B., Pardo, C., Kuijper, D., Jong, H., . . . Goodefrooij, T. (2009). *Cycling Inclusive Policy Development: a Handbook*.
- Poirier, A. (2016). *Sondage sur la pratique du vélo en 2015*. Léger Marketing. Repéré à http://www.velo.qc.ca/files/file/expertise/VQ_EDV2015_Sondage.pdf

- Projet Montréal. (2017). Valérie Plante s'engage à créer un réseau express vélo sécurisé à Montréal. Repéré à http://www.projetmontreal.org/reseau_express_velo
- Pucher, J., & Buehler, R. (2007). At the Frontiers of Cycling: Policy innovations in the Netherlands, Denmark and Germany. *World Transport Policy & Practice*, 13(3), 8-56.
- Pucher, J., & Buehler, R. (2008). Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews*, 28(4), 495-528. doi: 10.1080/01441640701806612. Repéré à <http://dx.doi.org/10.1080/01441640701806612>
- Pucher, J., & Buehler, R. (2012a). Big City Cycling in Europe, North America and Australia. Dans *City Cycling* (pp. 287-318). Cambridge, Massachussets: The MIT Press.
- Pucher, J., & Buehler, R. (2012b). International Overview: Cycling Trends in Western Europe, North America and Australia. Dans *City Cycling* (pp. 9-29). Cambridge, Massachussets: The MIT Press.
- Pucher, J., & Buehler, R. (2012c). Introduction: Cycling for Sustainable Transportation. Dans *City Cycling* (pp. 1-7). Cambridge, Massachussets: The MIT Press.
- Pucher, J., & Buehler, R. (2012d). Promoting Cycling for Daily Travel: Conclusions and Lessons from across the Globe. Dans *City Cycling* (pp. 347-362). Cambridge, Massachussets: The MIT Press.
- Pucher, J., Dill, J., & Handy, S. (2010). Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. *Preventive Medicine*, 50, S106-S125. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.07.028>. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091743509004344>
- Réseau de transport métropolitain. (2014). *Mobilité des personnes dans la région de Montréal, Enquête Origine-Destination 2013, version 13.2a. Traitement: Catherine Turcot*.
- Savan, B., Cohlmeier, E., & Ledsham, T. (2017). Integrated strategies to accelerate the adoption of cycling for transportation. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 46, 236-249. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2017.03.002>. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847817301766>
- Schepers, P. (2013). *A safer road environment for cyclists* (Technische Universiteit Delft, Delft, the Netherlands).
- Schepers, P., Heinen, E., Methorst, R., & Wegman, F. (2013). Road safety and bicycle usage impacts of unbundling vehicular and cycle traffic in Dutch urban networks. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 13, 221-238.

- Schepers, P., Twisk, D., Fishman, E., Fyhri, A., & Jensen, A. (2017). The Dutch road to a high level of cycling safety. *Safety Science*, 92, 264-273. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.06.005>. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753515001472>
- Schoner, J. E., & Levinson, D. M. (2014). The missing link: bicycle infrastructure networks and ridership in 74 US cities. *Transportation*, 41(6), 1187-1204. doi: 10.1007/s11116-014-9538-1. Repéré à <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9538-1>
- Shaheen, H. (2014). *Evolution of Urban Roadway Design Approaches* présentée à Transportation 2014: Past, Present, Future - 2014 Conference and Exhibition of the Transportation Association of Canada // Transport 2014 : Du passé vers l'avenir - 2014 Congrès et Exposition de l'Association des transports du Canada, Montreal, Qc. Repéré à <http://conf.tac-atc.ca/english/annualconference/tac2014/s-30/shaheen.pdf>
- Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). (2017). *Bilan 2016: accidents, parc automobile et permis de conduire*. Québec, QC: Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). Repéré à <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/espace-recherche/dossier-statistique-bilan-2016.pdf>
- Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). (2018). *Bilan routier 2017: Annexes*. SAAQ. Repéré à <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/bilan-routier-2017-annexes.pdf>
- Société de transport de Montréal. (2018). Plans des réseaux. Repéré le 5 mai 2018 à <http://www.stm.info/fr/infos/reseaux/plans-des-reseaux>
- SOM Recherches et sondages, & Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). (2014). *Opinions, attitudes et comportements des automobilistes et des cyclistes en ligne avec le partage de la route*. Société de l'assurance automobile du Québec. Repéré à <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/espace-recherche/opinions-attitudes-partage-route.pdf>
- Statistique Canada. (2016). Recensement de 2016: Produits de données, Profil du recensement. In S. Canada (Éd.), (Vol. 2018): Statistique Canada.
- SWOV. (2012). *Background of the five Sustainable Safety principles*. Leidschendam: SWOV (Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid).
- SWOV. (2013). *Sustainable Safety: principles, misconceptions, and relations with other visions*. Leidschendam: SWOV (Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid).

The Ministry of Transport. (2012). *The Danish Transport System : Facts and Figures*. Copenhagen: The Ministry of Transport.

Transportation Association of Canada (TAC). (2017). *Chapter 5- Bicycle Integrated Design*. Ottawa : : Transportation Association of Canada

Vaismaa, K., Mäntynen, J., Metsäpuro, P., Lahtinen, T., Rantala, T., & Karhula, K. (2012). *Best European practices in promoting cycling and walking*. Tampere, Finlande. Repéré à http://www.tut.fi/verne/aineisto/Best_European_Practices.pdf

Van Acker, V., Van Wee, B., & Witlox, F. (2010). When Transport Geography Meets Social Psychology: Toward a Conceptual Model of Travel Behaviour. *Transport Reviews*, 30(2), 219-240. doi: 10.1080/01441640902943453. Repéré à <https://doi.org/10.1080/01441640902943453>

van Goeverden, K., & Godefrooij, T. (2011). *The Dutch Reference Study: Cases of interventions in bicycle infrastructure reviewed in the framework of Bikeability* (Delft University and Technology, Delft).

van Goeverden, K., Nielsen, T. S., Harder, H., & van Nes, R. (2015). Interventions in Bicycle Infrastructure, Lessons from Dutch and Danish Cases. *Transportation Research Procedia*, 10(Supplement C), 403-412. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.090>. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235214651500277X>

Vélo Québec (1997). *L'état du vélo au Québec en 1995 et 1996: Rapport final*. Vélo Québec. Repéré à <http://www.velo.qc.ca/documents/bicycling-quebec-95-96.pdf>

Vélo Québec. (2010). *Sécurité des cyclistes: miser sur une approche progressiste*. Vélo Québec. Repéré à http://www.velo.qc.ca/files/file/memoires/VQ-ProjetLoi71_25janv2010.pdf

Vélo Québec. (2013). *Le vélo dans l'avenir des villes: propositions 2014-2021 de Vélo Québec*. Montréal: Vélo Québec.

Vélo Québec. (2014). *Revoir le Code de la sécurité routières. Opter pour la démarche Code de la rue. Propositions de Vélo Québec pour réhabiliter le Code de la sécurité routière en faveur de la mobilité durable*. Montréal: Vélo Québec.

Vélo Québec. (2015). Route Verte. Repéré le 10 mars 2017 à <http://www.routeverte.com/>

Vélo Québec. (2018a). À propos de Vélo Québec. Repéré sur À propos à <http://www.velo.qc.ca/fr/vq/a-propos-de-Velo-Quebec>

- Vélo Québec. (2018b). Vélosympathique: À propos. Repéré à <http://velosympathique.velo.qc.ca/a-propos/le-mouvement-velosympathique/>
- Ville de Laval. (2013). *Plan de mobilité active de Laval*. Ville de Laval: Service de l'urbanisme, Service de l'ingénierie,. Repéré à <https://www.laval.ca/Documents/Pages/Fr/Citoyens/urbanisme-et-zonage/plan-mobilite-active.pdf>
- Ville de Montréal - Division de la géomatique. (2018a). *Géobase - Piste cyclable*. Repéré à <http://donnees.ville.montreal.qc.ca/dataset/pistes-cyclables>
- Ville de Montréal - Division de la géomatique. (2018b). *Géobase - Réseau routier*. Repéré à <http://donnees.ville.montreal.qc.ca/dataset/geobase>
- Ville de Montréal. (2011). *Atlas sociodémographique, Arrondissement de Verdun: Recensement de 2011, Enquête nationale auprès des ménages de 2011*. Montréal, Qc: Division de la planification urbaine, Direction de l'urbanisme, Service de la mise en valeur du territoire. Repéré à http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/MTL_STATS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/ATLAS_2011_VERDUN.PDF
- Ville de Montréal. (2014). *Profil des ménages et des logements: Arrondissement de Verdun, édition 2014*. Montréal, Qc: Division de la planification urbaine, Direction de l'urbanisme, Service de la mise en valeur du territoire Repéré à http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/MTL_STATS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PROFIL%20DES%20M%C9NAGES%20ET%20DES%20LOGEMENTS%20-%20VERDUN.PDF
- Ville de Montréal. (2017). *Montréal, ville cyclable. Plan-cadre vélo: sécurité, efficacité, audace*. Montréal, Qc. Repéré à http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/transports_fr/media/documents/doc_plan_cadre_velo_v8_lr.pdf
- Ville de Montréal. (2018a). Arrondissement de Verdun: Statistiques. Repéré le 5 mai 2018 à http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=8637,96333574&_dad=portal&_schema=PORTAL
- Ville de Montréal. (2018b). Portail des données ouvertes: Géobase. Repéré le 1 mai 2018 à <http://donnees.ville.montreal.qc.ca/dataset/geobase>
- Ville de Montréal. (2018c). Portail des données ouvertes: Quartiers de référence en habitation. Repéré le 1 mai 2018 à <http://donnees.ville.montreal.qc.ca/dataset/quartiers>

- Ville de Montréal, STM, & AECOM. (2010). *Guide des plans locaux de déplacements*. Montréal: Ville de Montréal, Direction des transports, Division du développement des transports.
- Ville de Québec. (2017). *Mémoire de la Ville de Québec. Consultation publique de la SAAQ sur la sécurité routière*. Ville de Québec.
- Ville de Sainte-Thérèse. (2018). Pistes cyclables. Repéré sur Cartes à <http://www.sainte-therese.ca/ville-sainte-therese/cartes/pistes-cyclables.html>
- Vivre en ville. (2017). *Mémoire. Sécurité routière: faire du Québec un leader. Revoir le design, les infrastructures et le Code de la sécurité routière*. Vivre en ville.
- Vivre en Ville (s.d.). (2018). Mobilité durable. Repéré sur Collectivitesviables.org à <http://collectivitesviables.org/articles/mobilite-durable.aspx>
- Wegman, F., Zhang, F., & Dijkstra, A. (2012). How to make more cycling good for road safety? *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 19-29. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.11.010>. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457510003416>
- Wikipédia. (2018). Verdun (Montréal). Repéré le 29 avril 2018 à [https://fr.wikipedia.org/wiki/Verdun_\(Montr%C3%A9al\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Verdun_(Montr%C3%A9al))
- Winters, M., Brauer, M., Setton, E., & Teschke, K. (2013). *Mapping bikeability: A spatial tool to support sustainable travel* (Vol. 40). doi: 10.1068/b38185
- Winters, M., Teschke, K., Grant, M., Setton, E., & Brauer, M. (2010). How Far Out of the Way Will We Travel? Built Environment Influences on Route Selection for Bicycle and Car Travel. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2190, 1-10. doi: 10.3141/2190-01. Repéré à <https://trrjournalonline.trb.org/doi/pdf/10.3141/2190-01>