

Passages de piste cyclable en milieu rural et périurbain (Rapport final)

Présenté au
Ministère des Transports du Québec
et à la
MRC de La Haute-Yamaska

par

Jean-François Bruneau,
Directeur de projet
et
Pierre-Louis Houle,
Professionnel de recherche

Département de géomatique appliquée
Université de Sherbrooke
11 octobre 2012

©

COMITÉ DE SUIVI

Voici les membres ayant fait partie du comité de suivi de ce projet :

- M. Yani Authier, Ville de Granby
- M. Jean Breton, Ville de Granby
- M. Jean-François Bruneau, Université de Sherbrooke
- M. Louis Carpentier, Vélo Québec
- M. André Delage, ministère des Transports du Québec
- M. Dominique Desmet, MRC de La Haute-Yamaska
- M. Maxime Gagnon, MRC de La Haute-Yamaska
- Mme Johanne Gaouette, MRC de La Haute-Yamaska
- M. Yvan Gatien, Ville de Granby
- M. Claude Gosselin, C.A.R.T.H.Y.
- M. Pierre-Louis Houle, Université de Sherbrooke
- M. Marc Panneton, ministère des Transports du Québec
- Mme Audrey Turcotte, ministère des Transports du Québec

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	7
2	OBJECTIFS.....	2
3	MÉTHODOLOGIE.....	2
3.1	Présentation du site et des caractéristiques biophysiques	2
3.2	Estimation du DJME en 2025 (scénarios de croissance).....	6
3.2.1	Taux de croissance moyen.....	7
3.2.2	Taux de croissance composé.....	9
3.2.3	Régression linéaire.....	10
3.2.4	Élasticité du DJME en fonction des données démographiques.....	12
3.2.5	Synthèse des projections de DJME.....	13
3.3	Collecte des données de terrain	14
3.3.1	Déroulement général et période de collecte.....	14
3.3.2	Vitesse des véhicules.....	15
3.3.3	Comptages manuels.....	16
3.3.4	Dépouillement des vidéos.....	17
3.4	Analyse des créneaux	18
4	RÉSULTATS	20
4.1	Volume de circulation	20
4.1.1	Volume de cyclistes.....	20
4.1.1	Volume de véhicules.....	22
4.2	Vitesse pratiquée	28
4.3	Type de clientèle.....	30
4.4	Mancœuvres entourant la traversée	30
4.5	Vitesse des cyclistes et temps de traversée.....	35
4.6	Temps d'attente et analyse des créneaux.....	40
4.7	Grilles de priorisation des aménagements	44
4.7.1	Nouvelle-Zélande.....	45
4.7.2	Royaume-Uni.....	46
4.7.3	Wisconsin.....	47
4.7.4	Finlande et Minnesota.....	53
4.7.5	Québec.....	54
4.7.6	Grilles de priorisation des passages piétons.....	55
4.7.7	Synthèse.....	55
5	CONCLUSION.....	56
6	RÉFÉRENCES	59
7	ANNEXE A	A-1

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 DJME extrapolé pour 2025 (taux de croissance moyen)	9
Tableau 2 DJME extrapolé pour 2025 (taux de croissance composé).....	10
Tableau 3 Évolution de la population et du DJME entre 1999 et 2009	11
Tableau 4 Coefficient de corrélation et régression linéaire entre la population et le DJME	11
Tableau 5 DJME extrapolé pour 2025 (régression linéaire).....	11
Tableau 6 DJME extrapolé pour 2025 (élasticité)	12
Tableau 7 Synthèse des DJME projetés pour 2025.....	13
Tableau 8 Caractéristiques des usagers de la piste cyclable	18
Tableau 9 Comptages d'une heure effectués sur la piste cyclable	20
Tableau 10 Comptage des véhicules sur la route 112 en 2010 (MTQ).....	23
Tableau 11 Volume horaire de véhicules en semaine (comptages MTQ et UdeS)	25
Tableau 12 Volume horaire de véhicules la fin de semaine (comptages MTQ et U de S).....	25
Tableau 13 Ratio DJME/DJMA pour une route « récréative » (barème du MTQ).....	26
Tableau 14 Estimation du volume de véhicules au site de passage (2011)	27
Tableau 15 Vitesses pour l'ensemble des véhicules motorisés	28
Tableau 16 Courtoisie des conducteurs de véhicule routier	34
Tableau 17 Passages sécuritaires et à risque selon le temps d'attente.....	43
Tableau 18 Scénarios de circulation et grille de priorisation du Royaume-Uni	47
Tableau 19 Facteur d'exposition de la méthode du Wisconsin	48
Tableau 20 Facteur d'exposition calculé avec la méthode du Wisconsin	48
Tableau 21 Volume d'usagers sur la piste lors des 12 journées échantillonnées.....	49
Tableau 22 Volume de véhicules requis pour atteindre les seuils critiques	49
Tableau 23 Applicabilité du dénivelé par mois et par critères	52
Tableau 24 Applicabilité du dénivelé par mois et par critères	55

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Zone d'étude	3
Figure 2	Localisation du passage cyclable.....	4
Figure 3	Croquis du passage	5
Figure 4	Zone inondable et milieu humide	6
Figure 5	Évolution du DJME sur une période de 10 ans (2000-2009)	8
Figure 6	Évolution du DJME sur une période de 5 ans (2005-2009)	9
Figure 7	Calendrier de la collecte de terrain	14
Figure 8	Localisation de la caméra et de la prise de données par radar	16
Figure 9	Extrait vidéo du site de passage	17
Figure 10	Zone de la DVA au passage	19
Figure 11	Volume journalier d'utilisateurs en fonction du mois	21
Figure 12	Variation moyenne du nombre d'utilisateurs en fonction de l'heure	22
Figure 13	Volume horaire de véhicules la semaine	24
Figure 14	Volume horaire de véhicules la fin de semaine.....	24
Figure 15	Ratio DJME/DJMA pour une route récréative (barème du MTQ)	26
Figure 16	Écart de vitesse des véhicules selon le nombre d'utilisateurs au passage	29
Figure 17	Type de freinage à l'approche du passage (total des observations).....	31
Figure 18	Type de freinage à l'approche du passage (en présence de véhicules).....	31
Figure 19	Type d'arrêt en marge du passage (total des observations).....	32
Figure 20	Type d'arrêt en marge du passage (en présence de véhicules)	33
Figure 21	Vitesse moyenne des usagers (2011 et 2000).....	35
Figure 22	Vitesse médiane des usagers (2011 et 2000).....	36
Figure 23	Vitesse 15 ^e percentile des usagers (2011 et 2000).....	36
Figure 24	Vitesse 95 ^e percentile des usagers (2011 et 2000).....	37
Figure 25	Temps de traversée selon le genre et l'âge en 2011	38
Figure 26	Temps de traversée selon le genre et l'âge en 2000	38
Figure 27	Temps de traversée selon le type de freinage en 2011	39
Figure 28	Temps de traversée selon le type de freinage en 2000	39
Figure 29	Temps de traversée selon le type d'arrêt en 2011	40
Figure 30	Temps de traversée selon le type d'arrêt en 2000.....	40
Figure 31	Temps d'attente en fonction de la présence de véhicule	41
Figure 32	Distribution des créneaux ouverts (comparaison 2000-2011).....	42
Figure 33	Distribution des créneaux fermés (comparaison 2000-2011)	42
Figure 34	Taux de traversées à risque lors des créneaux fermés	44
Figure 35	Scénarios de circulation et grille de priorisation de la Nouvelle-Zélande.....	46
Figure 36	Application de la méthode du Wisconsin pour mai 2010	50
Figure 37	Application de la méthode du Wisconsin pour juin 2010.....	50
Figure 38	Application de la méthode du Wisconsin pour juillet 2010	51
Figure 39	Application de la méthode du Wisconsin pour août 2010	51
Figure 40	Application de la méthode du Wisconsin pour septembre 2010	52
Figure 41	Scénarios de circulation et grilles de priorisation du Minnesota	53
Figure 42	Scénario d'aménagement selon la grille de priorisation du Québec	54

AVANT-PROPOS

Au début des années 2000, le ministère des Transports du Québec (MTQ) a financé une étude complète sur la sécurité des passages cyclables qui a abouti à la publication d'un guide de priorisation des choix d'aménagement pour les passages cyclables situés en milieu rural (Bruneau *et al.*, 2000). Cette étude, réalisée par le Coopératif de recherche en sécurité routière de l'Université de Sherbrooke, a permis de dresser un portrait complet de la situation, des facteurs de risque et des options d'aménagement à privilégier en fonction des paramètres retrouvés sur le site. Ce rapport fournit également des constats sur certains problèmes de sécurité observés lors d'une campagne de terrain.

Plusieurs sites furent décrits globalement et trois d'entre eux ont été passés au peigne fin. Au passage de l'Estriade sur la route 112, à Granby, les auteurs ont noté un important taux de conflits, et un temps d'exposition au risque accru en raison de la longueur de la traverse, le tout conjugué à des vitesses et un achalandage élevés. Fortement interpellés par ces constats d'insécurité, la MRC de La Haute-Yamaska, en collaboration avec le MTQ, ont mené une série d'actions inspirés des recommandations du rapport, qui ont abouti à la reconfiguration du passage cyclable. Le passage autrefois « oblique », une pratique récurrente au Québec sur les anciennes emprises ferroviaires, est maintenant redressé à « angle droit », ce qui réduit le temps de traverse et l'exposition des cyclistes aux risques de la route.

Toutefois, en dépit de cette intervention, le site préoccupe encore les intervenants régionaux et locaux, en raison de la vitesse pratiquée par les véhicules et de la croissance urbaine, qui aura des répercussions sur l'achalandage.

De cette préoccupation est né l'intérêt commun, pour le MTQ et la MRC de La Haute-Yamaska, de demander au Coopératif de réaliser un nouveau projet sur les passages cyclables. Il s'agit de vérifier si des gains de sécurité ont été apportés par le redressement de la traverse, et aussi de mettre à jour les connaissances scientifiques sur la question des passages cyclables. Ce projet vise donc deux objectifs, soit de vérifier la sécurité actuelle et future du passage cyclable, compte tenu des développements urbains projetés à Granby, et aussi de rafraîchir l'état des connaissances quant aux options d'aménagement qui s'offrent aux décideurs pour assurer la sécurité des usagers qui empruntent les réseaux cyclables.

Puisque ce projet est à la fois d'intérêt provincial et régional, le MTQ et la MRC de La Haute-Yamaska ont convenu de le financer en partenariat.

Deux rapports distincts ont été présentés aux mandataires. Le rapport d'étape, présenté aux partenaires en novembre 2011, est entièrement consacré à la recension des écrits. Il fait le point sur les facteurs de risque et le cadre conceptuel des méthodes de priorisation des choix d'aménagement aux passages cyclables. Dans le présent rapport final, les résultats d'une campagne de terrain réalisée en 2011, au passage Estriade – route 112, sont appliqués aux modèles conceptuels répertoriés dans le rapport d'étape.

1 INTRODUCTION

Le ministère des Transports du Québec (MTQ) et les gestionnaires de réseau cyclable sont préoccupés par la sécurité des cyclistes qui empruntent les passages cyclables, notamment lorsqu'ils sont situés sur des routes à haute vitesse. Les aménagistes et les décideurs souhaitent, lorsque des problématiques de sécurité sont observées à des endroits critiques, pouvoir disposer d'outils leur permettant d'évaluer la situation, de faire un bilan, et dans l'idéal, de pouvoir obtenir conseil sur les options d'aménagement les plus sécuritaires pour les utilisateurs du réseau.

Ce projet de recherche, réalisé en partenariat avec des instances gouvernementales et régionales, émane d'intérêts communs partagés par le MTQ et la MRC de La Haute-Yamaska. Ces deux organismes ont également des objectifs spécifiques à travers ce mandat, et c'est pourquoi les objectifs poursuivis sont autant généraux que particuliers. Le MTQ tient à faire un retour et une mise à jour d'une étude réalisée en 2000, sur l'ensemble des questions de sécurité routière liées aux passages cyclables. Cette recherche et les connaissances qui en seront dégagées doivent servir à tous les gestionnaires de réseau cyclable québécois. La MRC de La Haute-Yamaska, de son côté, souhaite obtenir des réponses précises. Dans le cas qui l'intéresse, la MRC veut savoir si au passage cyclable de l'Estriade avec la route 112, l'aménagement est satisfaisant dans sa forme actuelle, et dans le cas contraire, s'il est nécessaire d'y installer un feu ou d'y construire un tunnel.

Pour répondre à ces questions, et aussi satisfaire les besoins du MTQ, cette recherche utilise une double stratégie. Elle traite un cas précis, celui de l'Estriade, tout en illustrant l'ensemble des techniques offertes aux décideurs pour choisir un type de passage sécuritaire. Il s'agit de passer du général au particulier, dans l'espoir que d'autres répliquent la ou les méthodes de priorisation, afin de réaliser de façon autonome les études de circulation nécessaires pour porter un jugement sur la sécurité d'un site.

Le passage de l'Estriade avec la route 112 est situé à la limite de la ville de Granby et du canton de Shefford, dans un milieu rural mais non loin de la frange périurbaine. Au moment de l'étude de 2000, on notait les caractéristiques suivantes :

- DJME élevé;
- Vitesse affichée de 90 km/h et vitesses pratiquées élevées;
- Fort pourcentage de camions lourds;
- Passage de piste cyclable à géométrie désaxée, donc d'une longueur élevée;
- Fort débit de cyclistes;
- Aucun problème de distance de visibilité à l'arrêt;
- Pré-signalisation de passage conforme, mais peu visible en raison de la végétation;
- Marquage au sol conforme aux normes de l'époque, mais effacé.

Les faits majeurs observés furent les suivants :

- Clientèle d'usagers de la piste très variée;
- Vitesse médiane des cyclistes plus élevée qu'ailleurs;
- Temps de traversée plus importants;
- Créneaux de traversée plus brefs et moins fréquents (plus difficile de traverser);
- Plus longue attente des usagers de la piste;

- Arrêts complets souvent non respectés et traversées intempestives observées.

Ces constats ont mené la MRC de La Haute-Yamaska, en collaboration avec la Direction de l'Est-de-la-Montérégie du MTQ, à ré-établir en 2005 la géométrie du passage cyclable à angle droit, afin de réduire sa longueur et d'augmenter la sécurité. Cependant, il y a lieu de se questionner sur la sécurité actuelle du passage compte tenu du réaménagement du passage et de la croissance des volumes d'usagers sur la route et sur le sentier. De plus, le territoire bordant la piste est sujet à d'importants développements domiciliaires. Les impacts de cette urbanisation doivent être pris en compte afin de proposer une solution durable.

Afin d'établir un comparatif entre la situation du passage en 2000 et la situation qui prévaut en 2011, une campagne de terrain a été réalisée. En 2011, le volume de circulation est encore plus élevé qu'en 2000, avec maintenant 11 200 véhicules en moyenne par jour pour la période estivale, selon les données de 2010. De plus, la piste cyclable est tout aussi prisée par la clientèle grand public, notamment les familles et les vacanciers. Même s'il est difficile de le chiffrer précisément, l'achalandage sur la piste a augmenté au cours des dix dernières années.

Ce rapport présente les résultats de cette campagne de terrain avec de nouvelles analyses permettant d'apprécier la sécurité du passage. Les sections traitent de la localisation du site et de ses caractéristiques, du volume de cycliste, de la vitesse pratiquée par les automobilistes, du type de clientèle sur la piste cyclable, des manœuvres entourant la traversée, de la vitesse des cyclistes et du temps de traversée, du temps d'attente et des analyses de créneaux pour finalement conclure avec le choix des aménagements selon les différents modèles de la littérature.

2 OBJECTIFS

Ce projet de recherche vise l'atteinte des objectifs suivants :

- Répondre aux préoccupations du MTQ et de la MRC de La Haute-Yamaska;
- Analyser l'évolution du contexte au passage cyclable tenant compte de deux points de référence temporels (2000 et 2010);
- Mesurer le niveau de sécurité actuel du passage, et le comparer à celui qui prévalait en 2000, tenant compte des interventions récentes (réalignement du passage);
- Valider la situation actuelle en termes de sécurité routière;
- Vérifier les mesures potentielles applicables à la situation actuellement observée
- Proposer divers scénarios d'aménagement en fonction des développements urbains projetés dans la Ville de Granby

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 Présentation du site et des caractéristiques biophysiques

Le réseau cyclable de la MRC est bien développé. Il s'étend aux municipalités de Granby, Waterloo, Roxton Pond et Saint-Joachim-de-Shefford (figure 1). Les nombreuses ramifications autour des lacs Boivin, Waterloo et du réservoir Choinière, accentuent la vocation récréative des lieux. À proximité de l'autoroute 10, Granby et Waterloo sont des portes d'entrée idéales pour les gens de l'extérieur, de même que la sortie 78 de Bromont, où un stationnement est aménagé pour la piste cyclable. Cette facilité d'accès, jumelée aux attraits naturels de la piste, font en sorte que l'achalandage y est important et constant tout au long de la saison estivale.

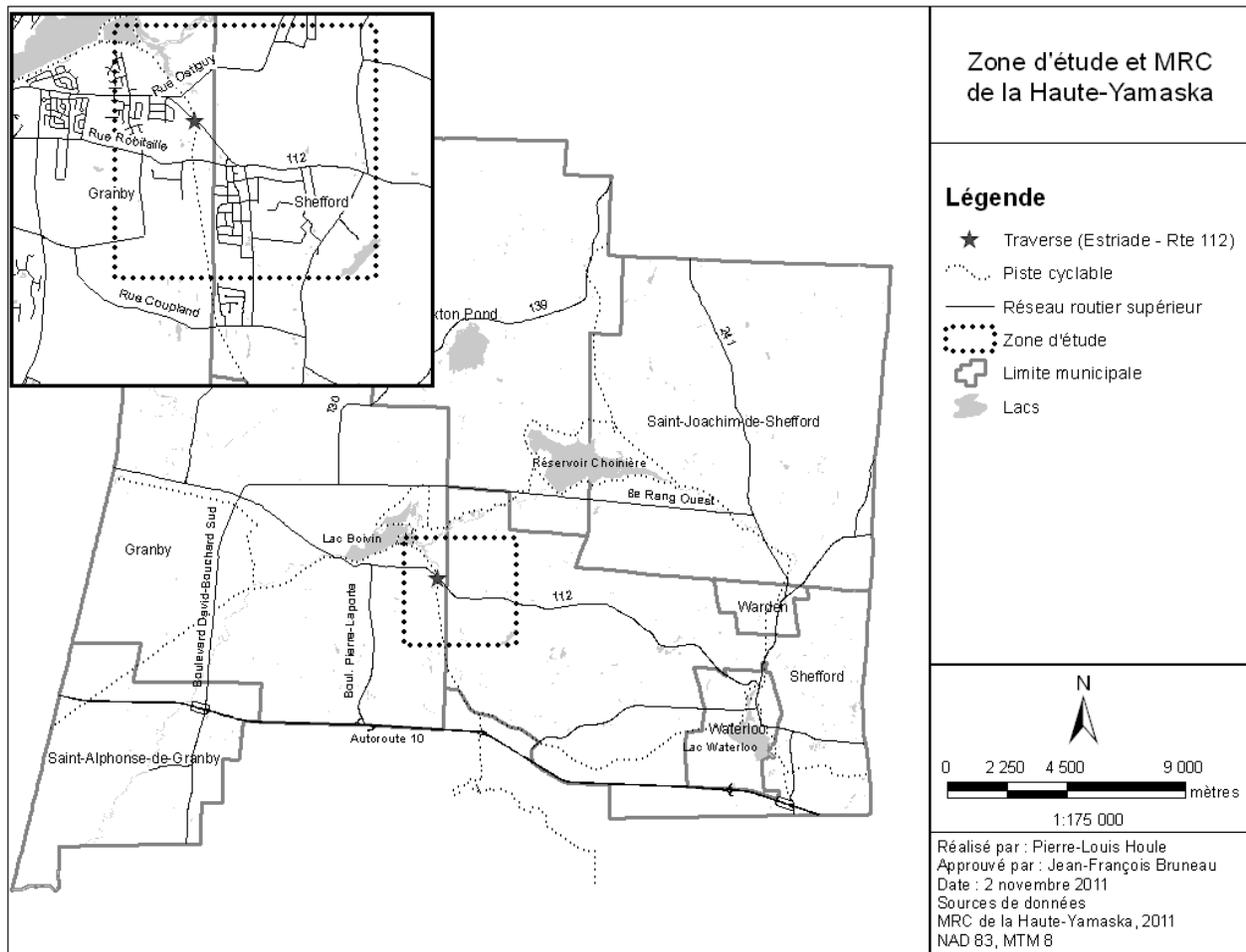


Figure 1 Zone d'étude

Le passage cyclable Estriade – route 112 est à la limite de la Ville de Granby et du Canton de Shefford (figure 2). Ce passage est le seul croisement entre la piste l'Estriade et une route nationale à l'entretien du MTQ, qui comprend les routes numérotées de 100 à 199. En plus de croiser la route 112, l'Estriade compte trois autres passages sur une distance de 3,8 km autour du site, soit vers les rues Coupland, Robitaille et Ostiguy. En périphérie du passage cyclable se trouve un pôle résidentiel important à la limite de Granby.

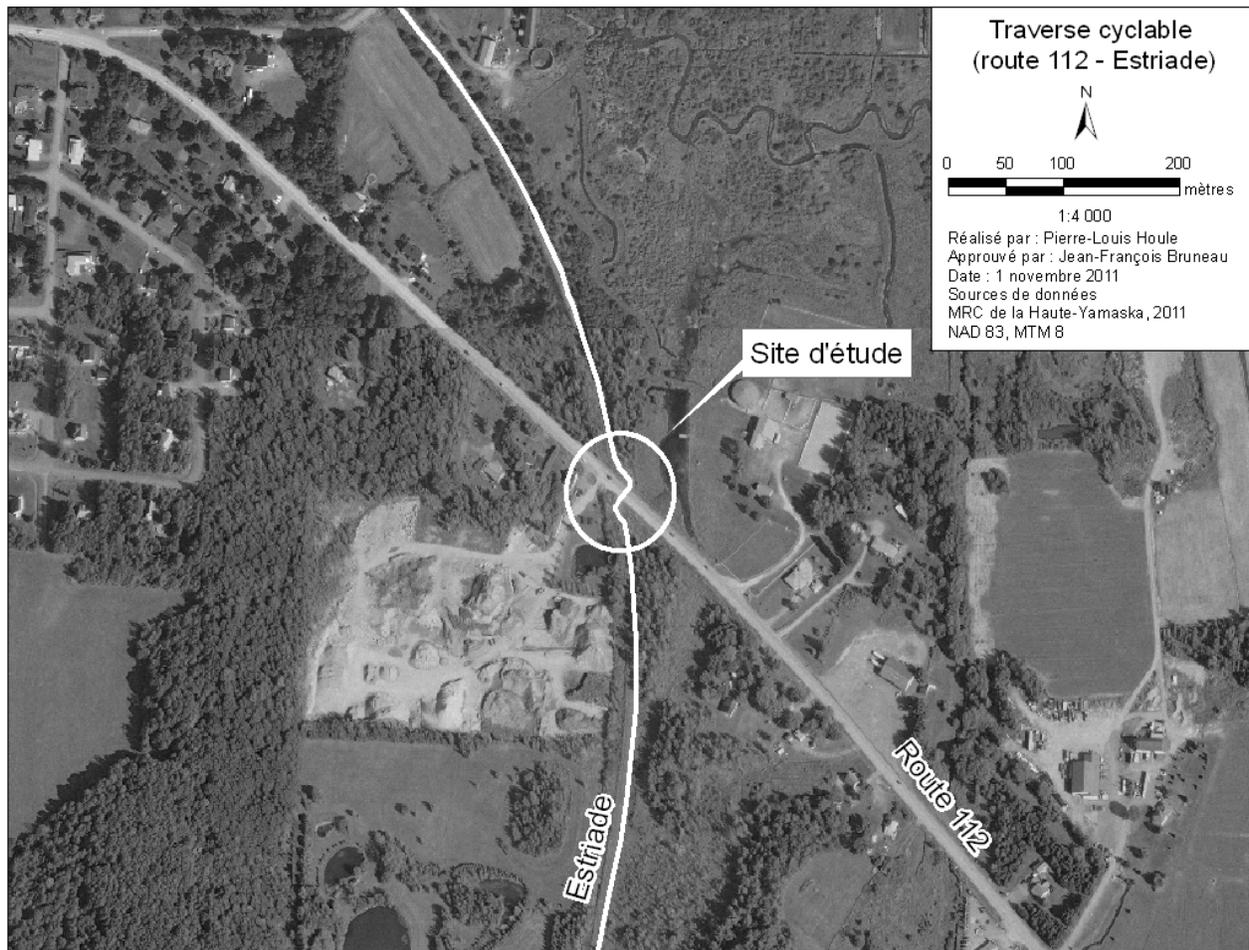


Figure 2 Localisation du passage cyclable

L'environnement routier est très contrasté de chaque côté du passage. À l'Est on retrouve des champs et de vastes étendues. Les bâtiments et les accès privés sont éloignés les uns des autres; l'utilisation du sol est rurale et agricole. À l'Ouest, il s'agit d'un milieu de transition, où la frange périurbaine n'est pas très loin. À environ 250 mètres à l'Ouest du passage, la vitesse affichée passe de 90 à 70 km/h. La densité des bâtiments et des accès privés devient aussi plus élevée.

Ces environnements influencent à leur façon la conduite, autant à l'approche qu'à la hauteur du passage cyclable. Toutefois, l'effet produit par l'environnement sur la vitesse pratiquée est probablement le même dans un cas comme dans l'autre. La vitesse affichée est 90 km/h aux deux approches, et les séquences visuelles offertes aux conducteurs dans une direction et dans l'autre, à l'Est comme à l'Ouest, créent une problématique de vitesse élevée. Celle-ci a été observée dans le passé, et rien ne laisse présager qu'elle a pu changer au cours des dix dernières années.

En allant vers l'Est, le conducteur accélère. Il quitte la ville et il est aidé d'une pente descendante, ainsi que par une perspective visuelle qui s'ouvre à la fois sur le plan latéral et longitudinal. Auparavant limitée par l'abondante végétation, la vision devient soudainement excellente et ceci va de pair avec l'accroissement de la vitesse pratiquée.

En direction Ouest, les véhicules arrivent du milieu rural et ils circulent déjà à leur vitesse de croisière, soit 90 km/h ou davantage si on considère le 85^e centile. Un ralentissement n'est pas non plus escompté en direction de Granby, à la hauteur du passage cyclable, car le panneau annonçant la vitesse de 70 km/h est plus loin à l'Ouest, 250 m après la traverse cyclable. Enfin, la route est plane à cet endroit et le conducteur sort d'une courbe un peu avant le passage. On peut donc anticiper que si le conducteur roule à une vitesse légèrement moindre que la vitesse de croisière normale en milieu rural, il aura tôt fait de la reprendre une fois sorti de la courbe.

Autre fait important à mentionner : la présence d'une carrière dont l'accès routier est juste à côté du passage cyclable. Utilisé par de nombreux poids lourds durant la période de collecte, on arrose cet accès pour garder la poussière au sol, mais les roues des camions déplacent le gravier du chemin vers la route. À la longue, la boue finit par masquer la ligne de rive, la ligne d'arrêt du passage de même que le marquage du passage (figure 3). Et malgré l'arrosage préventif, d'importantes quantités de poussières sont tout de même projetées dans les airs, affectant par beau temps, surtout par grand vent, la visibilité des conducteurs et des usagers de la piste.

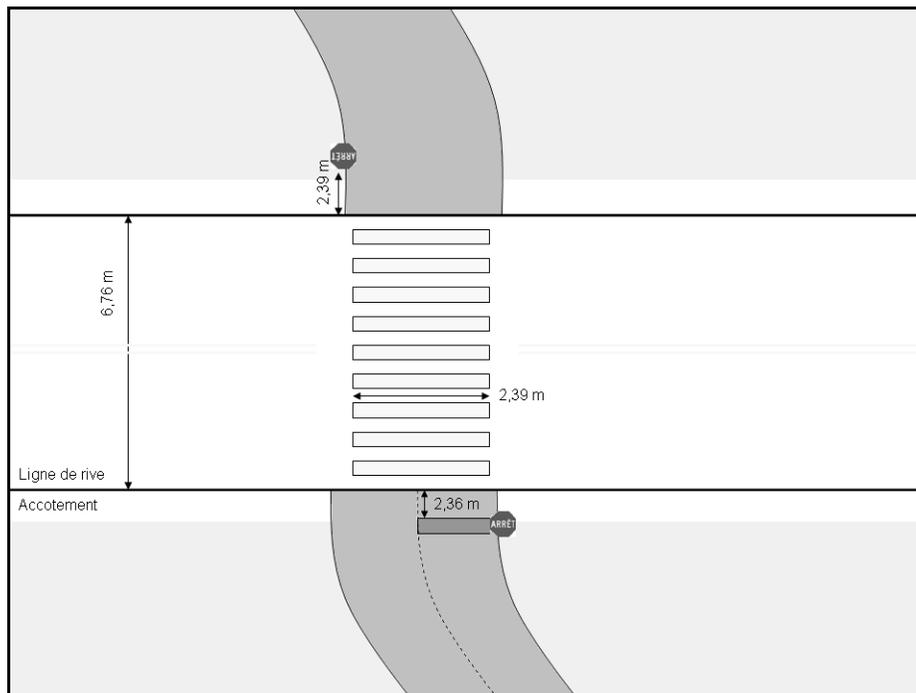


Figure 3 Croquis du passage

Lors de l'étude de 2000, le passage mesurait 12,8 m de longueur. Avec la nouvelle géométrie à angle droit, le passage mesure maintenant 6,8 m, une distance deux fois plus courte. La largeur des marques du passage est de 2,49 m.

Les milieux humides occupent un vaste territoire sur la portion nord-est de la piste cyclable (figure 4). Ils s'étendent en périphérie de la rivière Yamaska Nord jusqu'à la route 112. Le passage cyclable n'est pas situé dans ce milieu humide, mais il en est tout près, et il se trouve aussi en zone inondable. En effet, bien qu'un dénivelé d'une dizaine de mètres se trouve à une cinquantaine de mètres à l'Ouest, la topographie est plane autour du site de passage et le corridor cyclable est entièrement situé en zone inondable. Ceci vient complexifier le choix d'une option ou la faisabilité d'un dénivelé. Si cette option devait s'avérer plus sécuritaire pour prévenir les accidents, comment construire un tunnel en zone inondable ? Quant à une passerelle, l'absence de pente dans l'axe du corridor la rend tout aussi difficile et coûteuse à aménager. Une passerelle serait aussi moins attrayante pour les cyclistes et les patineurs, à cause de la grimpe et de la descente à pic qu'elle impliquerait.

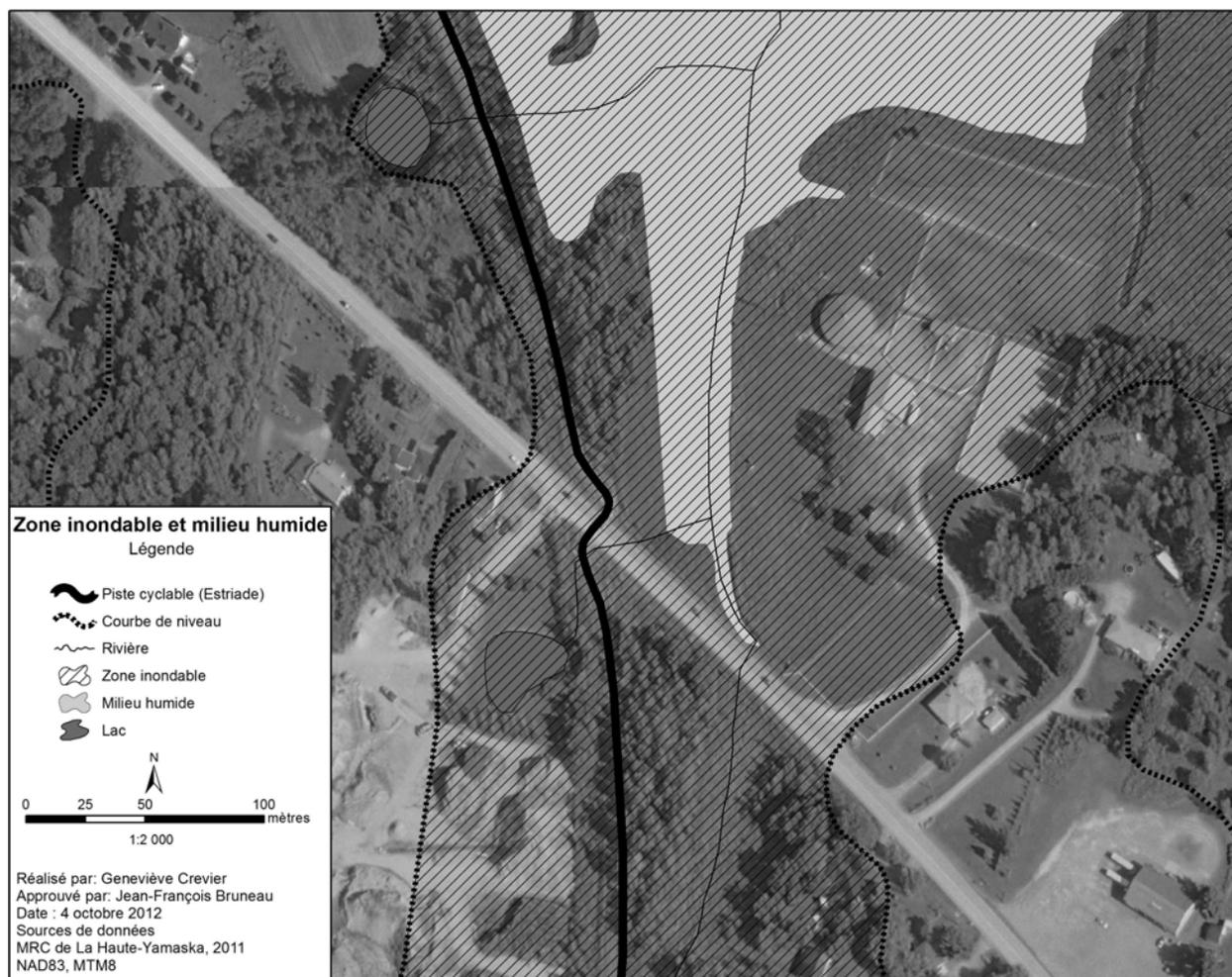


Figure 4 Zone inondable et milieu humide

3.2 Estimation du DJME en 2025 (scénarios de croissance)

Le DJME a un impact important sur la sécurité du passage cyclable. Il détermine les opportunités offertes aux usagers de la piste pour traverser la route de façon sécuritaire. Pour réaliser une projection du DJME d'une route, deux types de mesures existent : une analyse des tendances ou une estimation des trajets générés par les développements projetés.

Pour les développements projetés, la méthode de l'Institute of Transportation Engineers (ITE, 2004), expliquée dans le *Trip Generation Handbook*, tient compte de la localisation des développements projetés et en parallèle, des enquêtes origine-destination. Les développements sont cartographiés en fonction du type et du nombre d'habitations. Les trajets sont modélisés en fonction de la répartition des déplacements estimés par enquête origine-destination. La MRC de La Haute-Yamaska a fourni une carte des développements par unités de logement. Toutefois, cette carte ne distingue pas les types d'habitation et aucune donnée sur l'origine et la destination des déplacements, effectués à partir et à destination des zones limitrophes au passage, n'a pu être obtenue. Il est donc impossible d'utiliser la méthode de l'ITE dans ce mandat. Aussi, Dresser *et al.* (1995) mentionne que cette méthode est surtout conçue pour les études de transport complexes en milieu urbain, ce qui n'est évidemment pas le cas ici.

3.2.1 Taux de croissance moyen

Les autres méthodes disponibles pour estimer le DJME consistent à analyser la tendance d'une ou plusieurs séries de données afin de prévoir les valeurs futures. L'approche la plus simple consiste à estimer le DJME considérant que son évolution suivra, dans le futur, la tendance récente. L'ITE (2005) suggère d'entrer dans une régression linéaire simple, les valeurs des cinq dernières années. Selon eux, une période trop courte (2 ou 3 ans) peut refléter une tendance irrégulière, alors qu'une période trop longue (8 à 10 ans) risque de mettre trop d'emphase sur un phénomène ou un événement qui n'est plus d'actualité. Le Florida Department of Transportation (FIDOT, 2002) préconise plutôt l'utilisation des cinq ou dix dernières années. Dans tous les cas, il est important de ne pas utiliser les données qui semblent erronées ou à variation trop brusque.

Pour Al-Masaied *et al.* (1998), la simple extrapolation du DJME est imprécise. Ils privilégient l'emploi d'un modèle de régression avec des variables socio-économiques. Selon eux, cela est plus précis pour une extrapolation à moyen terme. Certains états américains (New York, Minnesota, Floride et Ohio) utilisent cette méthode sur des horizons de cinq ou dix ans pour calculer les paramètres nécessaires à la réfection des chaussées (Dresser *et al.*, 1995).

Le département de transport du Texas considère que l'extrapolation du DJME par le biais d'une tendance socio-économique est une méthode simple et efficace pour une analyse à moyen terme (cinq à dix ans). Au-delà de dix ans, l'imprécision devient plus grande. Toutefois, elle est souvent utilisée pour faire des prévisions sur une période de 20 ans. Pour une telle prévision, on considère qu'une erreur de $\pm 25\%$ est acceptable (Dresser *et al.*, 1995).

L'extrapolation du DJME est fréquemment utilisée pour faire des projections sur des routes rurales et elle donne d'excellents résultats. Les valeurs historiques de DJME représentant la tendance actuelle sont utilisées dans le calcul. Cette analyse est particulièrement efficace pour une région où la croissance est constante ou définie (par exemple une région ne pouvant accueillir qu'un nombre défini de nouvelles habitations par année). Un DJME variant de façon linéaire peut être estimé avec les équations 1 et 2 (Dresser *et al.*, 1995) :

[1] Taux de croissance moyen (à partir de deux valeurs connues) :

$$T = \left(\frac{(x_2 - x_1)}{x_1 N} \right) 100\%$$

Où :
 T = taux de croissance moyen
 x_1 = DJME initial
 x_2 = DJME final
 N = nombre d'années entre x_1 et x_2

[2] Extrapolation du DJME :

$$V = (TNx) + x$$

Où :
 V = DJME projeté
 T = taux de croissance
 N = nombre d'années entre l'année du DJME le plus récent et l'année recherchée
 x = DJME le plus récent

Les graphiques suivants présentent la variation du DJME sur une période de 10 ans (figure 5) et de 5 ans (figure 6). La période de cinq ans est marquée par une variation négative entre 2007 et 2008. Cette fluctuation aura pour effet d'atténuer le taux de croissance et du même coup les valeurs prédites. La période de dix ans est plus stable et linéaire, particulièrement de 2003 à 2009. Le taux de croissance pour cette période sera plus grand, puisque la diminution du DJME de 2008 et 2009 est atténuée.

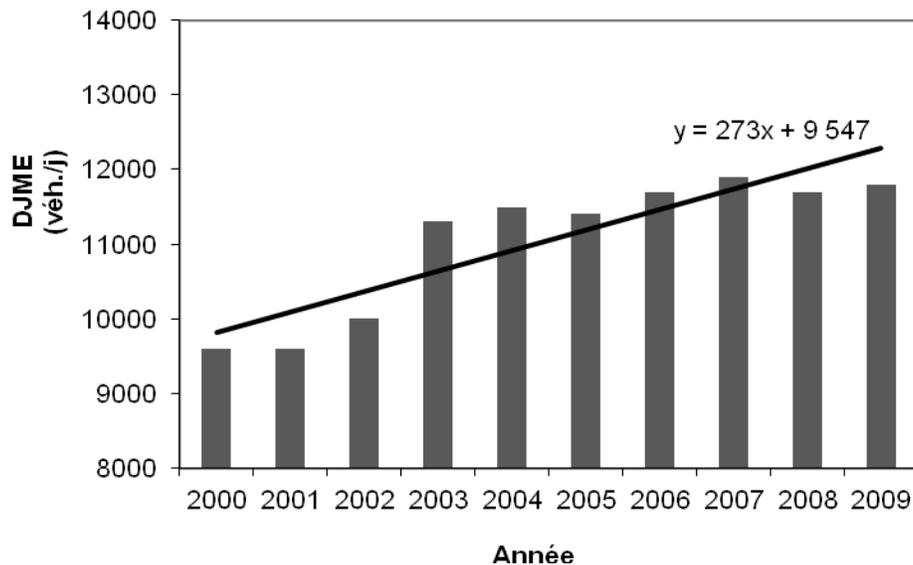


Figure 5 Évolution du DJME sur une période de 10 ans (2000-2009)

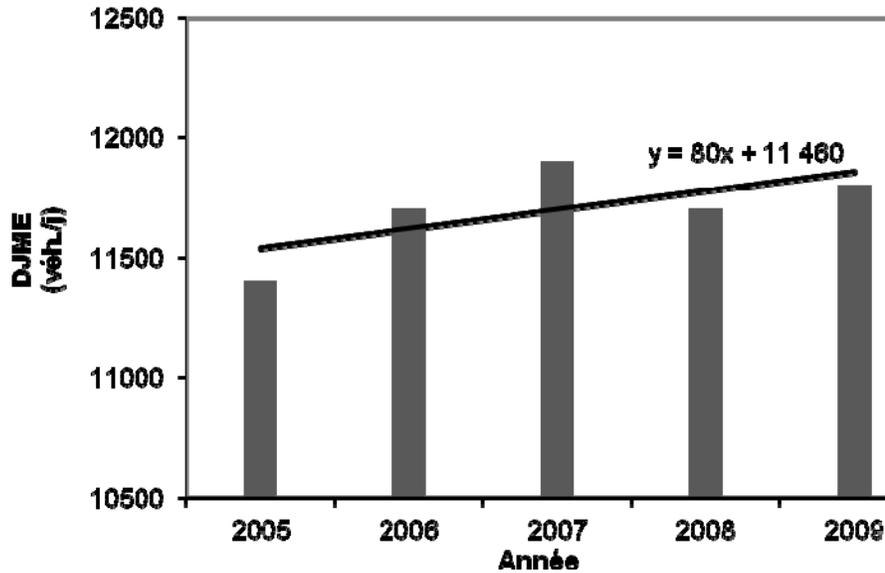


Figure 6 Évolution du DJME sur une période de 5 ans (2005-2009)

Le tableau 1 présente les taux de croissance pour les deux périodes de référence (5 et 10 ans) et les valeurs de DJME extrapolés pour l'année 2025. Le taux de croissance pour la période de dix ans est nettement plus élevé, une différence d'un peu plus de 20 %.

Tableau 1 DJME extrapolé pour 2025 (taux de croissance moyen)

Taux de croissance	DJME (2009)	DJME (2025)
0,00702 (5 ans)	11 800	13 125
0,02292 (10 ans)		16 127

3.2.2 Taux de croissance composé

Lorsque les valeurs de DJME ne suivent pas une tendance linéaire, il est plus approprié d'utiliser un taux de croissance composé. Cette méthode n'est pas adéquate pour estimer sur de longues périodes (maximum dix ans), puisque le taux exponentiel deviendra progressivement plus important pour chaque année additionnelle (Dresser *et al.*, 1995). Puisque le DJME des cinq dernières années présente de légères fluctuations, l'utilisation de cet indice est toute indiquée. Il se calcule avec les équations 3 et 4 (Dresser *et al.*, 1995) :

[3] Taux de croissance composé :

$$T = \left(\frac{x_2}{x_1} \right)^{1/N} - 1$$

Où :

T = taux de croissance composé

x_1 = DJME initial

x_2 = DJME final

N = nombre d'années entre x_1 et x_2

[4] Extrapolation du DJME :

$$V = (x_2)(1+T)^{N_1}$$

Où :

V = DJME projeté

x_2 = DJME le plus récent

T = taux de croissance

N_1 = nombre d'années entre la dernière année et l'année recherchée

Le tableau 2 présente les résultats du taux de croissance composé. Encore une fois, la croissance estimée sur une période de référence de dix ans est nettement plus élevée. Aussi, la période extrapolée (16 ans) compte 6 années de plus que la période maximale conseillée par Dresser *et al.* (1995). Ainsi, il est possible de croire que ce résultat est légèrement surestimé.

Tableau 2 DJME extrapolé pour 2025 (taux de croissance composé)

Taux de croissance	DJME (2009)	DJME (2025)
0,00692 (5 ans)		13 176
0,02084 (10 ans)	11 800	16 416

3.2.3 Régression linéaire

Une autre façon intéressante d'estimer le DJME consiste à établir une relation statistique entre le DJME et des variables exploratoires (socio-économique, démographique et niveau fonctionnel et hiérarchique de la route). Si une croissance constante de la population est prévue, la croissance du DJME devrait suivre la même tendance, mais dans une proportion différente. Il est donc possible de connaître les valeurs futures du DJME à l'aide d'un modèle de régression simple ou multiple (Dresser *et al.*, 1995, Al-Masaied *et al.* 1998, FIDOT, 2002). Que la régression soit simple (une variable exploratoire) ou multiple (plus d'une variable exploratoire), il faut nécessairement connaître la valeur des variables exploratoires pour l'année projetée.

Des projection de population sont disponibles pour les 20 prochaines années, mais cela n'est pas le cas pour les données socio-économiques. Il est donc impossible de créer un modèle de régression linéaire multiple, faute de données socio-économiques.

Par contre, il est possible de produire un modèle de régression linéaire simple à l'aide des données démographiques de l'Institut de la statistique du Québec en s'assurant que celles-ci soient corrélées aux DJME. Avec les données historiques de DJME et de population, le modèle de régression linéaire simple prend la forme illustrée à l'équation 5 :

[5]
$$DJME = ax + b$$

Où :

a = coefficient de régression

x = variable exploratoire (population)

b = constante

À l'aide des valeurs de DJME et des données démographiques de la MRC (tableau 3), les coefficients de corrélation de même que les modèles de régression linéaire simple ont été calculés avec les valeurs historiques des cinq et des dix dernières années (tableau 4).

Tableau 3 Évolution de la population et du DJME entre 1999 et 2009

Années	Population	DJME
2000	75 134	9 600
2001	75 880	9 600
2002	76 495	10 000
2003	77 203	11 300
2004	78 112	11 500
2005	79 093	11 400
2006	80 410	11 700
2007	81 007	11 900
2008	82 125	11 700
2009	83 245	11 800
2025	95 466	?

Tableau 4 Coefficient de corrélation et régression linéaire entre la population et le DJME

Période	Coefficient de corrélation	Régression linéaire
En fonction de la variation démographique		
5 (2005-2009)	0,67	$0,0787x + 5\,308,8$
10 (2000-2009)	0,85	$0,2883x - 11\,687$
En fonction de la variation annuelle du DJME		
5 (2005-2009)	0,68	$80x - 148\,860$
10 (2000-2009)	0,89	$273,33x - 536\,847$

À cause des fluctuations de DJME observées entre 2005 et 2009, la corrélation entre la population et le DJME est meilleure lorsque la période de référence est dix ans. Le modèle de régression linéaire permet d'estimer qu'en 2025, lorsque la population de la MRC aura atteint 95 466 personnes, le DJME se situera quelque part entre 12 825 et 15 834, en tenant compte de la variation démographique (tableau 5). Quant à la régression linéaire utilisant la variation annuelle du DJME, les résultats sont similaires aux taux de croissance moyenne et composée.

Tableau 5 DJME extrapolé pour 2025 (régression linéaire)

Période	Modèle de régression linéaire	DJME
En fonction de la variation démographique		
5 (2005-2009)	$0,0787x + 5\,308,8$	12 825
10 (2000-2009)	$0,2883x - 11\,687$	15 834
En fonction de la variation annuelle du DJME		
5 (2005-2009)	$80x - 148\,860$	13 140
10 (2000-2009)	$273,33x - 536\,847$	16 653

3.2.4 Élasticité du DJME en fonction des données démographiques

Une autre méthode pour estimer le DJME en 2025 est en fonction de son élasticité par rapport à certains facteurs socioéconomiques. L'élasticité mesure le degré de sensibilité du DJME aux variations socio-économiques. Tout comme en régression linéaire multiple, il faut que les facteurs choisis soient significativement corrélés au DJME. Il faut également connaître la valeur des données socio-économique pour l'année projetée. De plus, la qualité de la projection dépend de la qualité des données socio-économiques. Les modèles élastiques supposent que l'élasticité d'une variable est constante, alors que celle-ci peut varier dans le temps. L'élasticité du DJME se calcule avec les équations 6 et 7 (Dresser *et al.*, 1995) :

$$[6] \quad e(DJME, x) = \frac{\left(\frac{\Delta DJME}{DJME}\right)}{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)} = \left(\frac{x}{DJME}\right) \left(\frac{\Delta DJME}{\Delta x}\right)$$

Où :

$\Delta DJME$ = variation du DJME pour l'année i et l'année actuelle

Δx = variation du facteur socio-économique pour l'année i et l'année actuelle

$$[7] \quad e(DJME, x) = \frac{\left(\frac{\Delta DJME}{DJME}\right)}{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)} = \left(\frac{x}{DJME}\right) \left(\frac{\Delta DJME}{\Delta x}\right)$$

Où :

$\Delta DJME$ = variation du DJME pour l'année i et l'année actuelle

Δx = variation du facteur socio-économique pour l'année i et l'année actuelle

La MRC de la Haute-Yamaska compile l'évolution des ménages et produit des données d'évolution de la croissance urbaine, notamment des projections du nombre de nouvelles unités d'habitations pour l'année 2025. Les projections de DJME réalisées avec l'élasticité tiennent compte des données démographiques sur des périodes de référence de 5 et 10 ans. Les unités d'habitation sont référencées sur une période de 8 ans (tableau 6). Encore une fois, les données démographiques référencées sur 10 ans donnent un DJME plus élevé. Les données d'habitations donne un résultat légèrement supérieur, et ceci est peut-être dû au fait que les prévisions en besoins d'unités de logement sont supérieures à la demande réelle, ce qui vient gonfler le DJME.

Tableau 6 DJME extrapolé pour 2025 (élasticité)

Période	Élasticité	DJME
En fonction de la démographie		
5 (2005-2009)	0,4123	12 514
10 (2000-2009)	2,2123	15 632
En fonction des unités de logement		
8 (2001-2009)	1,3119	15 952

3.2.5 Synthèse des projections de DJME

Si on compare les quatre méthodes de projection entre elles, les résultats sont similaires (tableau 7). Ce sont les écarts obtenus entre les périodes de référence de cinq et dix ans qui s'affichent retiennent surtout l'attention. Cette importante variation s'explique par la variation du DJME entre les deux séries de données. Entre 2000 et 2009, le DJME affiche deux augmentations importantes, ce qui amène la projection à suivre elle-aussi l'équivalent de ces deux hausses. En contrepartie, la série de données 2005-2009 montre une croissance modérée, suivie d'une légère diminution. Il est donc normal que la projection soit beaucoup plus modeste, même si la période d'extrapolation est relativement longue. Sans qu'il soit possible de connaître le DJME réel de 2025, il est possible d'établir trois scénarios de croissance du DJME pour 2025 : faible, moyenne et forte croissance. Si la tendance observée dans les 5 dernières de référence se maintient, la croissance du DJME sera faible, soit environ 13 000 véhicules par jour en période estivale. Si la tendance observée au cours des 10 dernières années se maintient, le DJME connaîtra une forte croissance d'ici 2025, soit environ 16 000 véhicules par jour en période estivale. Bien qu'aucune n'ait spécifiquement donné cette valeur, le scénario de croissance « moyen » est évalué à environ 14 500 véhicules par jour.

Tableau 7 Synthèse des DJME projetés pour 2025

Période	DJME
Taux de croissance linéaire	
5 ans	13 125
10 ans	16 127
Taux de croissance composé	
5 ans	13 176
10 ans	16 416
Modèle de régression linéaire (démographie)	
5 ans	12 825
10 ans	15 834
Modèle de régression linéaire (DJME)	
5 ans	13 140
10 ans	16 653
Modèle d'élasticité (démographie)	
5 ans	12 514
10 ans	15 632
Modèle d'élasticité (unités de logement)	
8 ans	15 952

Entre la première étude, réalisée en 2000, et la présente, le DJME a crû de 23 %. Il est passé de 9 600 à 11 800 véhicules par jour en 2009. Si l'on appliquait le même taux de croissance que celui observé sur la période 2000-2009, mais en l'additionnant sur 16 ans à partir de 2009, on obtiendrait un DJME de 15 700 en 2025. Ceci ressemble étrangement, quoiqu'un peu en deçà des valeurs estimées par les 4 méthodes de projection.

3.3 Collecte des données de terrain

3.3.1 Déroutement général et période de collecte

La campagne de terrain permet d'obtenir des données qui caractérisent à la fois la piste cyclable et la route 112. L'ensemble des informations relatives à la traversée des cyclistes est captée à l'aide d'une caméra numérique. Des comptages manuels sont également effectués sur la piste afin de valider le décompte chiffré par le compteur automatique à cet endroit. Finalement, la vitesse des véhicules est prise aux deux approches de la route, avant et sur le passage cyclable, à l'aide d'un appareil laser (lidar).

Les observations de terrain sont colligées par une seule personne, qui installe et synchronise la caméra avec l'audio, qui prend des relevés de vitesse pendant quatre heures (deux heures par approche) et qui effectue le comptage des usagers de la piste pendant une heure. L'essentiel des données sont obtenues par visionnement et traitement des bandes audio-vidéo numériques.

La campagne de terrain, d'une durée de 20 jours tel que prévue au devis, se déroule lors des mois de juillet et août 2011 (figure 7). Puisqu'un nombre maximal d'observation est recherché, les observations ont lieu entre 9 h et 16 h, soit la période de la journée où le volume de cyclistes est le plus élevé. Finalement, pour des raisons pratiques et d'achalandage, les sorties sur le terrain devaient avoir lieu lorsque la météo était favorable.

Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
Juillet						
17	18	19 9h52– 16H18 Ensoleillé + 29°C	20 9h45– 15H45 Ensoleillé + 34°C	21	22 9h35– 15H40 Ensoleillé + 35°C	23 9h22– 15H25 Ensoleillé + 34°C
24 9h26– 15H26 Nuageux 27°	25 9h15– 15H15 Nuageux 26°C	26	27 9h18– 15H18 Nuageux 22°C	28 9h48– 15H48 Ensoleillé + 30°C	29 9h50– 15H50 Nuageux 26°C	30 9h21– 15H31 Nuageux 28°C
Août						
31 9h14– 15H16 Ensoleillé + 38°C	1 9h10– 15H10 Ensoleillé 33°C	2 9h48– 15H48 Ensoleillé 28°C	3 9h21– 15H21 Ensoleillé 28°C	4 9h22– 15H22 Ensoleillé + 31°C	5 9h26– 15H27 Ensoleillé + 30°C	6 9h18– 15H18 Ensoleillé + 30°C
7	8 9h15– 15H15 Ensoleillé 28°C	9 9h19– 15H19 Ensoleillé 29°C	10	11 9h23– 15H23 Ensoleillé 22°C	12	13

Légende :

Ensoleillé + : sans nuages

Ensoleillé : généralement ensoleillé, avec quelques nuages

Nuageux : généralement nuageux

Figure 7 Calendrier de la collecte de terrain

Tel qu'il était prévu au devis, 20 journées de collecte ont été réalisées sur le terrain. Des vingt journées échantillonnées, douze ont été dépouillées en laboratoire. Ces douze journées d'observation, qui constituent la banque de données finale, apparaissent en gris dans le tableau. Le 22 juillet et le 27 juillet ont été éliminés avant même d'être visionnés, puisque des travaux routiers perturbaient la circulation. Ces journées auraient été considérées en dernier recours seulement, en raison de leur nature différente sur le plan de la circulation. Hormis ces deux exclusions volontaires, les autres journées furent dépouillées une à la suite de l'autre, à tour de rôle, en suivant la séquence des relevés.

Les six dernières journées ne furent pas dépouillées parce que le volume de données était suffisant et pour une question de ressources. En effet, avec les 12 journées dépouillées, la banque de données avait atteint un volume plus que satisfaisant sur le plan scientifique, qui dépassait largement nos attentes et aussi le volume collecté en 2000. Avec plus de 10 000 usagers observés sur la piste, et au-delà de 5 000 mesures de vitesse prises chez les automobilistes, les besoins de comparaison « avant – après » sont satisfaits et tout dépouillement supplémentaire n'apporte aucun gain à l'étude. Pour cette raison, nous avons préféré investir les ressources dans l'analyse des vitesses et dans le comptage des véhicules routiers lors de l'application des méthodes de priorisation des choix d'aménagement.

3.3.2 Vitesse des véhicules

Les relevés de vitesse ont été captés à l'aide d'un lidar Ultralyte (Marksman LTI-2020). Pour éviter que la vitesse soit sous-évaluée, une attention a été portée à l'angle formé entre le radar et la trajectoire du véhicule. Celui-ci doit être inférieur à 10 degrés. Aussi, pour éviter de faire ralentir indûment les conducteurs, l'observateur a tout fait pour assurer sa discrétion.

La vitesse est prise lorsque le véhicule est en circulation libre. Ainsi le véhicule peut être seul ou en tête de peloton, mais jamais en train de suivre un autre véhicule. La vitesse du véhicule est captée environ 175 m avant le passage, ainsi qu'à la hauteur du passage, afin d'évaluer si le passage cyclable produit un effet quelconque sur la vitesse des conducteurs.

Les vitesses sont prises dans les deux directions. À l'Est, l'observateur se place tout près de la caméra vidéo, et à l'Ouest, il se camoufle près du fossé (figure 8). Les relevés de vitesse sont pris en huit blocs consécutifs de 15 minutes, pour chaque approche. La première série de huit blocs s'échelonne entre 9h00 et 12h00, l'autre a lieu entre 13h00 et 16h00. Durant ces deux périodes, le volume de trafic est supérieur à 400 véhicules à l'heure, ce qui assure un nombre suffisant d'observations pour être statistiquement significatif. Les vitesses de l'approche Est sont captées en avant-midi, alors que celles de l'approche Ouest se font l'après-midi.

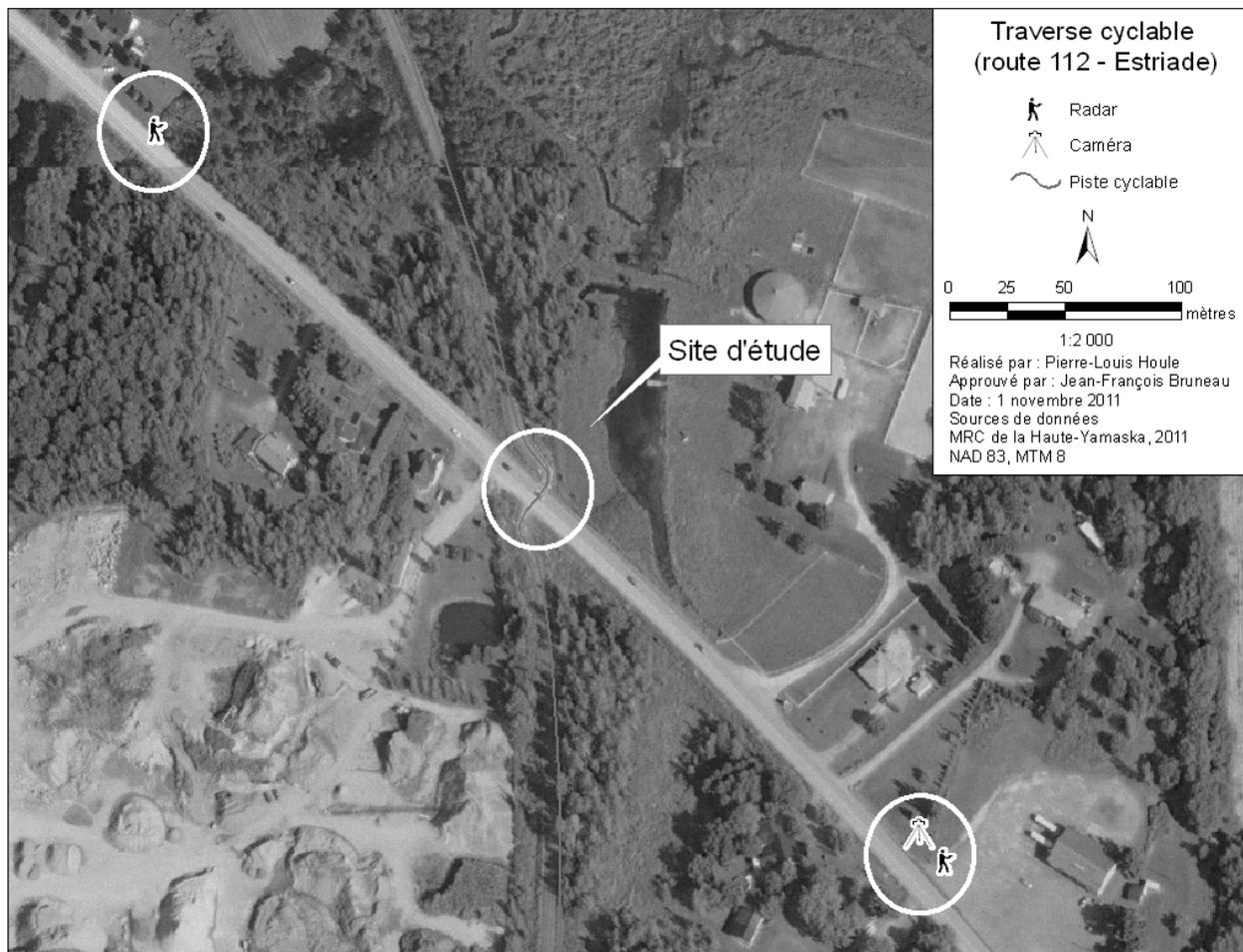


Figure 8 Localisation de la caméra et de la prise de données par radar

3.3.3 Comptages manuels

Le comptage des usagers de la piste cyclable s'effectue au même endroit où a été installé le compteur automatique sur la piste cyclable. L'objectif de ces comptages manuels est d'évaluer dans quelle proportion le compteur automatique à boucle d'induction, géré par CARTH Y, sous-estime le nombre total d'usagers sur la piste cyclable, compte tenu qu'il détecte seulement les masses métalliques, et non les patineurs et les marcheurs. Le comptage manuel vise aussi à déterminer la proportion d'usagers qui pourraient effectuer un virage en « U », en arrivant de Granby pour y retourner. Dans ce cas, le cycliste franchirait le compteur automatique deux fois sans emprunter le passage (ex. aller-retour à la halte). En effectuant un comptage des usagers ayant franchi le compteur, simultanément à un décompte des usagers qui franchissent le passage, il est possible d'estimer dans quelle proportion le compteur automatique surestime ou sous-estime le volume total d'usagers. La proportion obtenue peut ainsi être reportée sur les données de 2010, pour estimer le volume quotidien de cyclistes, de patineurs et de marcheurs qui franchissent le passage.

3.3.4 Dépouillement des vidéos

La majorité des paramètres de l'étude sont compilés lors du visionnement des bandes vidéo. Pour faciliter cette compilation, la méthodologie de collecte a été planifiée avant le début des observations. Premièrement, la caméra numérique, qui devait se trouver à endroit discret, donc loin du passage, devait aussi posséder un zoom puissant et une grande résolution, afin d'offrir un champ de vision adéquat et de qualité lors du dépouillement. La caméra a été installée sur un trépied à 220 m à l'est du passage. Le cadrage de l'appareil (figure 9) a été déterminé de façon à inclure une partie des deux approches de la piste. L'angle choisi, suffisamment large, facilite le calcul des temps d'attente et de traversée, ainsi que l'observation des manœuvres à l'approche du passage.



Figure 9 Extrait vidéo du site de passage

Des repères de cadrage sont aussi prévus. Au sol, des marques sont faites à l'endroit exact où la caméra doit être installée. Sur l'image, une image imprimée sert à définir les balises gauche-droite et bas-haut, en combinaison avec un facteur zoom préétabli. Tous ces repères permettent de reproduire aisément le cadrage d'une journée à l'autre, de sorte que les images visionnées soient toujours les mêmes.

Le volet « vitesse des conducteurs » demandait, sur le plan technique, une planification particulière. Pour mettre les relevés de vitesse en lien direct avec les autres paramètres de l'étude, les relevés sont synchronisés avec la captation des images vidéo. La stratégie consiste à créer une bande audio distincte, contenant les relevés de vitesse, et de la synchroniser avec la caméra vidéo, à l'aide d'un protocole de notation des temps (annexe A). Lors de la collecte, la vitesse des véhicules est lue par lidar, et dictée verbalement par l'observateur. Au même moment, elle est enregistrée sur un support audio numérique. Cet enregistreur audio est ficelé au lidar. Ceci libère l'observateur, qui n'a qu'à énumérer les vitesses qui s'affichent sur l'appareil. Pour assurer la synchronisation des deux enregistrements, l'audio et la vidéo sont

d'abord activés simultanément, et puisque la vidéo fonctionne en continu, les temps de redémarrage de l'audio (2 périodes différentes) sont pris en note par rapport au temps affiché sur la vidéo. Une fois au montage, il est possible d'unir les deux enregistrements (audio et vidéo), en greffant la bande audio à l'endroit exact où elle doit s'insérer sur le fichier vidéo.

Lors du dépouillement, l'observateur entend la vitesse du véhicule qu'il aperçoit à l'écran. Ceci permet de compiler les paramètres propres aux véhicules en lien direct avec ceux des usagers de la piste, sur une même ligne du chiffrier. Ainsi, pour chaque usager observé sur la piste, le fichier contient tous les paramètres énumérés au tableau 8, et s'il y a lieu, la vitesse du véhicule « avant » le passage, « sur » le passage, la provenance du véhicule (Est ou Ouest), ainsi que le type de véhicule (véhicule de promenade ou poids lourd). Il est donc possible d'analyser les vitesses et les changements de vitesse en fonction des contextes observés sur la piste cyclable.

Tableau 8 Caractéristiques des usagers de la piste cyclable

Variable	Catégories
Date	AAAA-MM-JJ
Sexe	Homme / Femme
Âge	1-14 ans / 15-54 ans / 55 ans et plus
Provenance usager	Nord (Granby) / Sud (Waterloo)
Type d'usager	Cycliste / Patineur / Piéton
Vitesse à l'approche	Continue de pédaler / Arrêt du pédalage / Freinage partiel / Freinage complet
Type d'arrêt	Non, en mouvement / Presque immobile / 1 pied à terre / 2 pieds à terre / Traverse en marchant
Repérage visuel	Aucun / Avant la ligne de rive / Sur la ligne de rive / Sur la chaussée
Temps d'arrêt	Secondes (arrondi au 1/10 s)
Temps de traversée	Secondes (arrondi au 1/10 s)
Vitesse du cycliste	Km/h (arrondi au 1/10 km/h)
Véhicule chaussée	Absence / présence de véhicule sur la chaussée
Conflit	Absence / présence de conflit de trajectoire
Caractéristiques vélo	Siège pour bébé / Remorque ou girafe / Tandem / Équipement cyclotourisme / Vélo à position allongée / Vélo à main / Vélo elliptique
Accompagnement	Usage traverse seul / Traverse le premier / Suit un autre usager
Trajectoire usager	Trajectoire continue / Louvoie pour éviter d'arrêter ou contourner un véhicule
Courtoisie	Véhicule circule normalement / Véhicule s'immobilise par courtoisie
Provenance véh.	Est (Shefford) / Ouest (Granby)

Le visionnement des bandes vidéo a également servi à un comptage des véhicules, une information requise pour appliquer la méthode du Wisconsin (voir 4.7.3). Les véhicules qui franchissent le passage cyclable ont été comptés pour trois journées différentes, chacune par blocs de 15 minutes, sur une période de quatre heures consécutives. En excluant les heures de pointes du matin et du début de la soirée, en semaine, cette période se situe entre 9 heures et 16 heures. Le nombre de poids lourds est également noté pour connaître leur pourcentage.

3.4 Analyse des créneaux

L'observation des vidéos a aussi servi à réaliser l'analyse des créneaux. Celle-ci met en relief les possibilités mises à la disposition des usages pour traverser la route de façon sécuritaire, en fonction des vagues d'achalandage ou d'accalmie. Dans un créneau dit « ouvert », l'usager dispose de suffisamment de temps pour traverser sans risque. Mais lorsque le créneau est

« fermé », il ne peut théoriquement traverser de façon sécuritaire. Pour déterminer si un créneau est ouvert ou fermé, le critère de la DVA est utilisé. Un créneau est « fermé » à l'instant où un véhicule atteint la DVA, et ne l'est plus quand le dernier véhicule d'une vague ininterrompue franchit l'intersection. Concrètement, le créneau est fermé lorsqu'il y a, dans la figure 10, présence de véhicule dans la zone grisée. Inversement, le créneau est ouvert s'il n'y a aucun véhicule dans cette zone. Les créneaux ouverts et fermés se succèdent donc en alternance.



Figure 10 Zone de la DVA au passage

Dans l'étude, la DVA employée correspond à la vitesse « pratiquée », soit 90 km/h. Elle ne doit pas être confondue avec la valeur théorique des normes du MTQ (Tome V, chap. 3, tableau 3.5-1). Dans sa vitesse de conception, le MTQ majore de 10 km/h la vitesse affichée, ce qui fait que la DVA théorique n'est pas 170 m mais plutôt 200 m. Dans la présente analyse, la valeur est précise et non théorique, car elle reflète les relevés de vitesse qui ont été pris en 2000. La valeur de 170 m ayant été utilisée en 2000, elle doit nécessairement être réutilisée dans la présente étude, pour des fins de comparaison. Pour estimer le temps qu'un conducteur met pour franchir la zone de DVA au complet, on fait le calcul en présumant que les conducteurs circulent à 90 km/h. À raison de 25 mètres parcourus par seconde, les 170 m sont donc franchis en 6,8 s. Le temps servant à discriminer deux vagues de véhicules est donc arrondi à 7 s.

L'analyse des créneaux permet de calculer le taux de traversées à risque. Une traversée est dite à risque lorsqu'elle s'effectue pendant un créneau fermé. Par exemple, le cycliste visible sur l'image de la figure 11 effectue une traversée à risque. Il franchit le passage lorsqu'un véhicule se trouve en deçà de la DVA expérimentale, ou si l'on préfère, lorsque le créneau est fermé. Le taux de traversées à risque correspond au nombre de traversées effectuées lors d'un créneau fermé, rapporté aux nombre d'usagers présents au passage durant les créneaux fermés de même durée. Ce paramètre, mis en relation avec le temps d'attente, permet de mesurer la tolérance des usagers en fonction de la longueur d'attente. Une grille spécifique est utilisée pour compiler les créneaux (annexe A).

4 RÉSULTATS

4.1 Volume de circulation

4.1.1 Volume de cyclistes

La corporation d'aménagement récréo-touristique de la Haute-Yamaska (CARTHY) dispose d'un compteur automatique sur la piste cyclable, implanté de façon permanente à 150 m au nord du passage. Au moment de l'étude, les données de ce compteur sont disponibles pour l'année 2010, par tranches de 15 minutes. Le système fonctionne à l'aide d'une boucle magnétique qui détecte uniquement les vélos. Les piétons et les patineurs sont donc exclus du fichier en main. Pour estimer le nombre réel d'utilisateurs empruntant le passage, en se basant sur le comptage automatique livré par CARTHY, un protocole a été établi et réalisé pendant une heure, à chaque journée de terrain (tableau 9). Celui-ci a permis d'établir un facteur de correction à appliquer.

Tableau 9 Comptages d'une heure effectués sur la piste cyclable

Date	Usagers passant au compteur		Usagers tournant sur la 112 (C)	Usagers traversant la 112 (D)	% Variation ((A-D)/A)*100
	Cyclistes (A)	Patineurs + piétons (B)			
2011-07-20	60	2		62	-3,3
2011-07-22	61	2	5	58	4,9
2011-07-23	86	2		88	-2,3
2011-07-25	138	5		143	-3,6
2011-07-27	131	0		131	0,0
2011-07-29	108	0		108	0,0
2011-07-30	171	12		183	-7,0
2011-07-31	237	20	3	254	-7,2
2011-08-01	69	5		74	-7,2
2011-08-02	82	2		84	-2,4
2011-08-04	155	6		161	-3,9
2011-08-05	133	14		147	-10,5
2011-08-06	173	26		199	-15,0
2011-08-08	56	7		63	-12,5
2011-08-09	168	7		175	-4,2
2011-08-10	35	0		35	0,0
	1863	110	8	1965	-5,5

Dans ce comptage effectué de visu, deux catégories d'utilisateurs sont distinguées : les utilisateurs qui, par le compteur, sont automatiquement comptabilisés, soit les cyclistes (colonne A) et ceux qui ne le sont pas, soit les patineurs et les piétons (colonne B). Ces deux catégories sont comptées séparément à l'emplacement même du compteur. Un deuxième décompte est effectué au passage, sans distinction de la catégorie d'utilisateur. Ce deuxième point d'observation sert à isoler les utilisateurs tournant sur la route 112 (colonne C), de ceux qui traversent la route (colonne D). Le facteur de correction correspond au pourcentage de la variation observée dans la colonne de droite, qui équivaut dans l'ensemble à 5,5 %. À la lumière de ce résultat, les volumes comptabilisés en 2010, à l'aide du compteur automatique, sont tous majorés de 5,5 %.

Il est à noter que quatre journées ont été exclues du calcul en raison d'erreurs survenus lors des comptages ou simplement parce que le débit trop élevé d'utilisateurs ne permettait pas la prise de données. Il faut également souligner que durant l'échantillonnage, aucun virage en «U» n'a été observé en provenance de Granby. Ceci porte à croire que le comptage électromagnétique des cyclistes est assez représentatif du nombre de cyclistes utilisant le passage. En fait, le seul écart probable entre le nombre de traversées et le comptage automatisé correspond aux cyclistes qui, une fois arrivés à la route 112, choisissent de l'emprunter sans la traverser. Au début de ce projet, certains intervenants croyaient qu'en raison des virages en « U », le compteur surestimait la fréquentation du passage. Le comptage de visu a donc permis de prouver le contraire. Non seulement le virage en « U » n'a pu être observé pendant la vingtaine d'heures consacrées au comptage, mais le compteur sous-estimerait le volume réel en raison des nombreux patineurs indétectables par le compteur.

Partant des données automatisées auxquelles le facteur de correction a été appliqué, une assez forte variation du nombre d'utilisateurs est observée en fonction du mois et du jour de la semaine (figure 11).

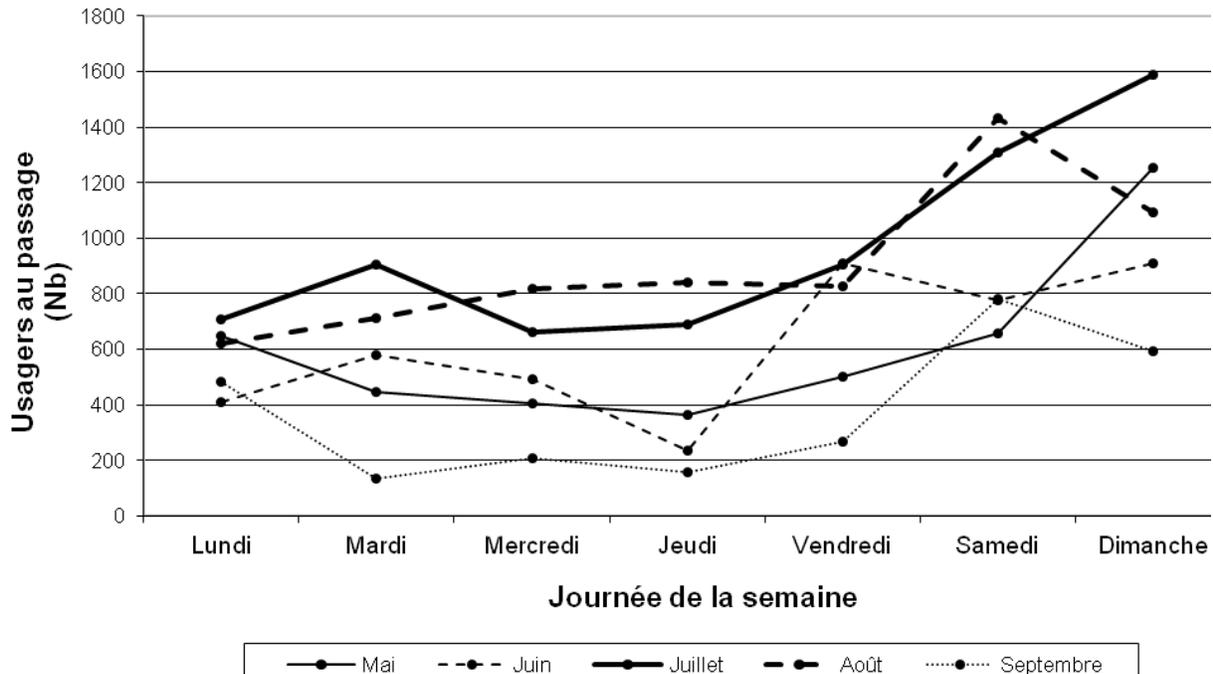


Figure 11 Volume journalier d'utilisateurs en fonction du mois

Dans l'ensemble, la saison 2010 indique un achalandage minimal en septembre et maximal dans les mois de juillet et août. L'affluence est aussi stable du lundi au vendredi, mais en forte croissance la fin de semaine. Les variations journalières sont influencées par les conditions météorologiques, les périodes de vacances et les congés fériés. Mai et septembre affiche un achalandage anormalement élevé le lundi en raison de congés fériés. On remarque également que les mois de septembre et août affiche une diminution de l'achalandage le dimanche qui peut s'expliquer en partie par la fin ou par l'absence de vacances.

La distribution des volumes horaires d'utilisateurs pour l'ensemble de la saison cyclable (mai à septembre) prend la forme d'une courbe de loi normale (figure 12). La plage d'utilisation extensive s'étend de 6:00 à 21:00, mais la zone en gris pâle correspond à la période la plus achalandée, qui récolte 70 % des passages de la journée. Cet intervalle de 6 heures, compris entre 10:00 et 16:00, est conséquemment celui choisi pour réaliser les observations de terrain.

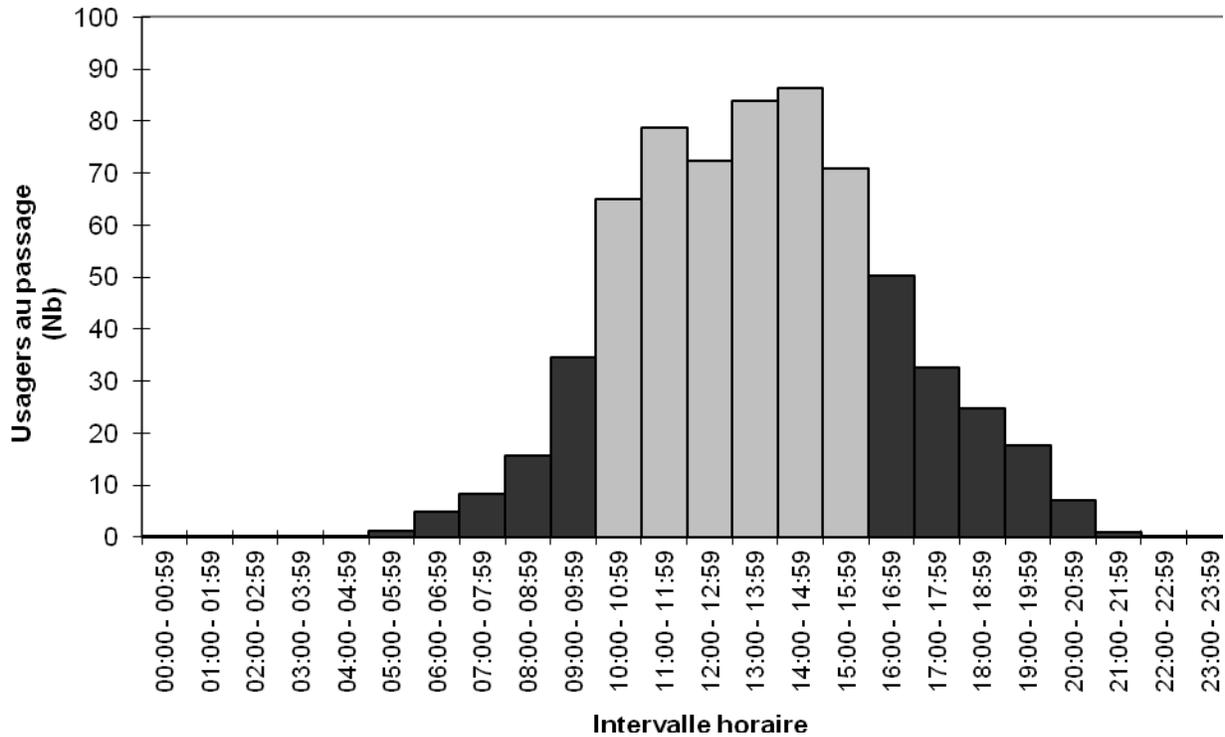


Figure 12 Variation moyenne du nombre d'utilisateurs en fonction de l'heure

Afin d'appliquer la méthodologie proposée par l'État du Wisconsin, un calendrier des volumes d'utilisateurs est présenté pour la saison cyclable 2010 (annexe A). Il détaille pour chaque journée, de mai à septembre, l'achalandage « ajusté », soit le total d'utilisateurs pour la journée, pour la période de pointe (10:00 à 16:00), ainsi que le débit horaire en période de pointe.

Les données du compteur automatique révèlent que l'achalandage est plus important la fin de semaine. On remarque également un achalandage plus important lors des vacances de juin, juillet et août. Il s'agit d'ailleurs de la période ayant le plus d'utilisateurs en semaine.

4.1.1 Volume de véhicules

Le volume de véhicules est une donnée importante. Que ce soit sous la forme du volume journalier moyen annuel ou du volume à l'heure, cette donnée est utilisée dans toutes les grilles décisionnelles répertoriées. Pour l'étude, la variable préconisée est le débit journalier moyen estival (DJME). Les prochaines sections dressent un portrait de la classification routière de la route 112, du volume de trafic observé lors de la campagne de terrain, des valeurs historiques de DJME comptabilisées par le MTQ ainsi que de l'évolution future du volume de trafic.

Comme pour les usagers au passage cyclable, les données disponibles permettent de construire un calendrier indiquant le volume total de véhicules, le volume de véhicules entre 10:00 et 16:00, et le débit de véhicules à heure. Pour se faire, il faut d'abord estimer le DJME à l'aide la valeur du DJMA la plus récente et appliquer les ratios DJME/DJMA pour une route récréative. Dans un deuxième temps, il faut connaître la distribution sur 24 heures afin de connaître le pourcentage de véhicules entre 10:00 et 16:00. Les DJME sont estimés à partir du DJMA de 2009, se chiffrant à 9200 véhicules par jour. Pour établir la distribution du trafic sur 24 heures, les deux comptages réalisés par le MTQ en 2010 sont utilisés (tableau 10). Le premier comptage a été effectué du 4 au 7 juin 2010, alors que le deuxième fût accompli les 8 et 9 septembre 2010. Ces comptages ont été réalisés à l'extérieur de la période estivale.

Tableau 10 Comptage des véhicules sur la route 112 en 2010 (MTQ)

Date	Journée	Direction	Volume partiel	Volume total	% camion
2010-06-04	Vendredi	1	3931	8184	9,2
2010-06-04	Vendredi	2	4253		
2010-06-05	Samedi	1	3108	6598	5,2
2010-06-05	Samedi	2	3490		
2010-06-06	Dimanche	1	2420	5136	3,5
2010-06-06	Dimanche	2	2716		
2010-06-07	Lundi	1	3332	6971	10,1
2010-06-07	Lundi	2	3639		
2010-09-08	Mercredi	1	3540	7326	8,7
2010-09-08	Mercredi	2	3786		
2010-09-09	Jeudi	1	3635	7631	9,4
2010-09-09	Jeudi	2	3996		

Le volume horaire de véhicules pour ces relevés est présentée la semaine (figure 13) et la fin de semaine (figure 14). La proportion des véhicules passant entre 10:00 et 16:00 équivaut à 36 % la semaine, et à 48 % la fin de semaine. En semaine, le volume horaire est stable entre 10:00 et 16:00, mais deux pointes sont observables le matin et le soir. La fin de semaine, la seule pointe est à l'heure du diner. Le débit augmente constamment entre 6 heures du matin et midi, où l'achalandage est maximal, et il redescend plus graduellement par la suite.

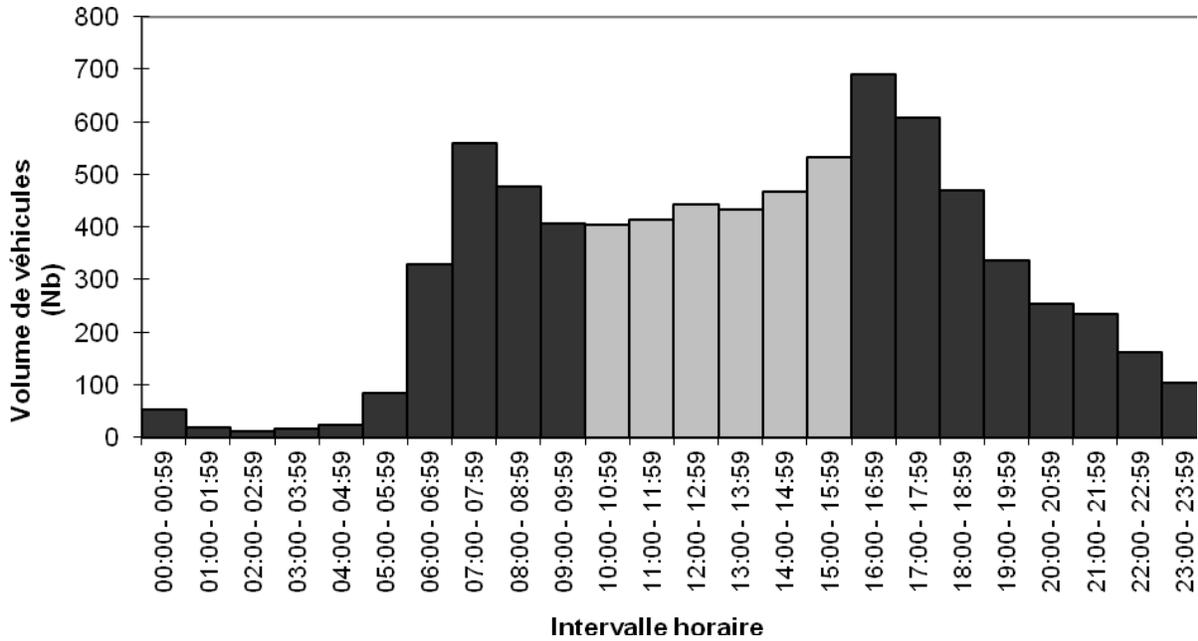


Figure 13 Volume horaire de véhicules la semaine

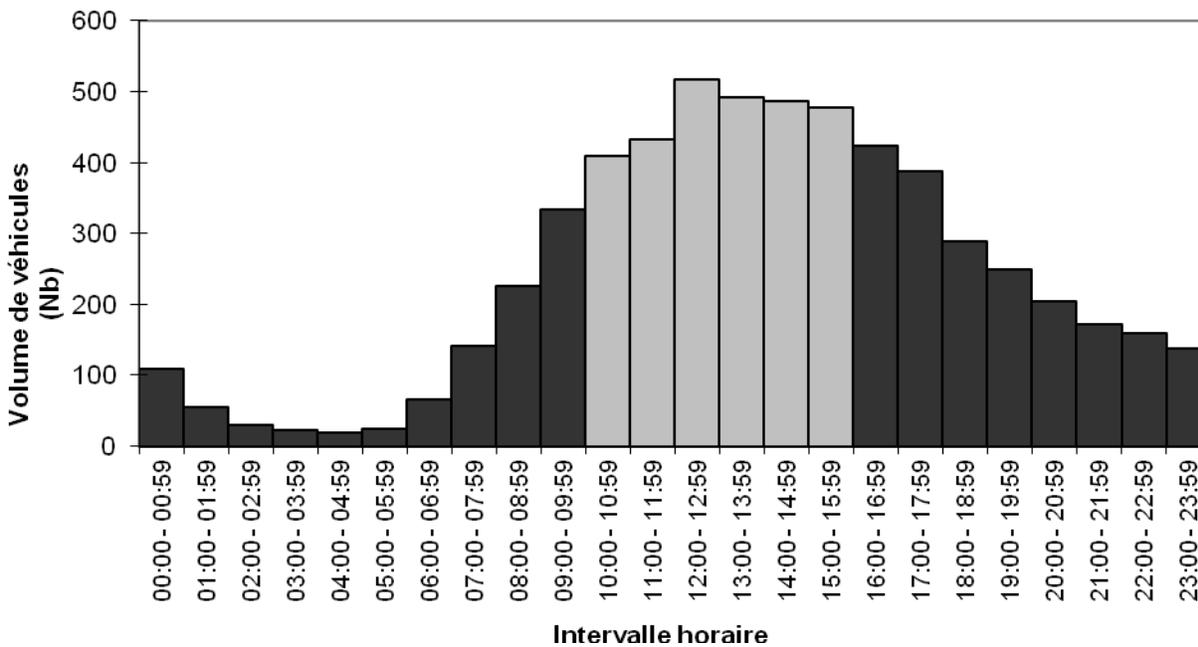


Figure 14 Volume horaire de véhicules la fin de semaine

Pour améliorer la justesse de la projection du volume de véhicules, les trois comptages réalisés par l'équipe de recherche ont été ajoutés aux 6 comptages du MTQ. Seule la plage d'observation de terrain est considérée, soit de 10:00 à 16:00. Les résultats sont présentés pour les jours de semaine (tableau 11) et de fin de semaine (tableau 12).

Tableau 11 Volume horaire de véhicules en semaine (comptages MTQ et UdeS)

Heure	Lundi MTQ		Mercredi				Jeudi MTQ		Vendredi MTQ		Moyenne	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
10 – 10:59	433	15,6	398	15,2	419	14,6	414	15,0	351	14,3	403	14,9
11 – 11:59	455	16,4	394	15,1	471	16,4	444	16,1	415	16,9	436	16,2
12 – 12:59	475	17,1	426	16,3	460	16,0	454	16,5	464	18,9	456	16,9
13 – 13:59	460	16,6	421	16,1	485	16,9	445	16,2	489	19,9	460	17,1
14 – 14:59	458	16,5	441	16,9	499	17,4	478	17,4	448	18,2	465	17,3
15 – 15:59	496	17,9	537	20,5	533	18,6	519	18,8	289	11,8	475	17,6
Total 6h (A)	2 777		2 617		2 867		2 754		2 456		2 694	
Total 24h (B)	6 971		7 326		n. d.		7 631		8 184		n. d.	
Ratio A/B (%)	39,8		35,7		n. d.		36,1		30,0		n. d.	
Moyenne 6h	463		436		467		459		409		447	

Tableau 12 Volume horaire de véhicules la fin de semaine (comptages MTQ et U de S)

Heure	Samedi				Dimanche				Moyenne	
	MTQ		U de S		MTQ		U de S		Nb	%
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
10 – 10:59	213	14,5	480	14	363	13,7	472	13,8	438	13,9
11 – 11:59	216	14,7	527	16	389	14,7	509	14,9	475	15,1
12 – 12:59	263	17,9	556	16	451	17,0	574	16,8	527	16,8
13 – 13:59	229	15,6	564	17	470	17,8	587	17,2	540	17,2
14 – 14:59	290	19,7	596	18	474	17,9	661	19,4	577	18,4
15 – 15:59	258	17,6	652	19	499	18,9	609	17,8	587	18,7
Total 6h (A)	1 469		3 375		2 646		3 412		3 144	
Total 24h (B)	6 598		n. d.		5 136		n. d.		n. d.	
Ratio A/B (%)	22,3		n. d.		51,5		n. d.		n. d.	
Moyenne 6h	245		563		441		569		524	

Le MTQ considère que le site d'étude revêt un profil de circulation de type « récréatif ». Ce profil théorique permet d'estimer les volumes de circulation théoriques selon le mois et le jour de la semaine, sur la prémisse que le site ait un véritable profil récréatif. Les volumes théoriques s'obtiennent en appliquant des ratios DJME/DJMA en fonction du mois et du jour de la semaine. Le tableau 13 et la figure 15 illustre la valeur des ratios préétablis pour un profil récréatif.

Tableau 13 Ratio DJME/DJMA pour une route « récréative » (barème du MTQ)

Mois	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
Janvier	90,5	58,3	59,0	61,6	64,4	88,3	67,2
Février	110,0	65,2	63,7	64,3	68,7	97,8	76,4
Mars	107,7	64,3	66,6	69,2	72,0	98,2	77,7
Avril	111,3	69,3	69,5	72,1	74,3	103,8	80,3
Mai	147,0	79,8	79,9	81,6	87,3	129,4	103,1
Juin	174,8	92,2	89,5	89,6	94,7	147,7	118,8
Juillet	200,7	113,1	108,6	110,2	116,9	173,0	141,6
Août	198,9	109,9	104,8	107,2	113,6	171,2	141,3
Septembre	158,8	81,2	82,5	83,7	89,1	131,8	105,3
Octobre	136,9	77,7	78,6	79,8	85,9	119,3	93,6
Novembre	113,1	70,9	70,1	72,4	75,6	100,8	77,3
Décembre	89,9	64,0	63,7	62,6	67,9	86,3	66,0

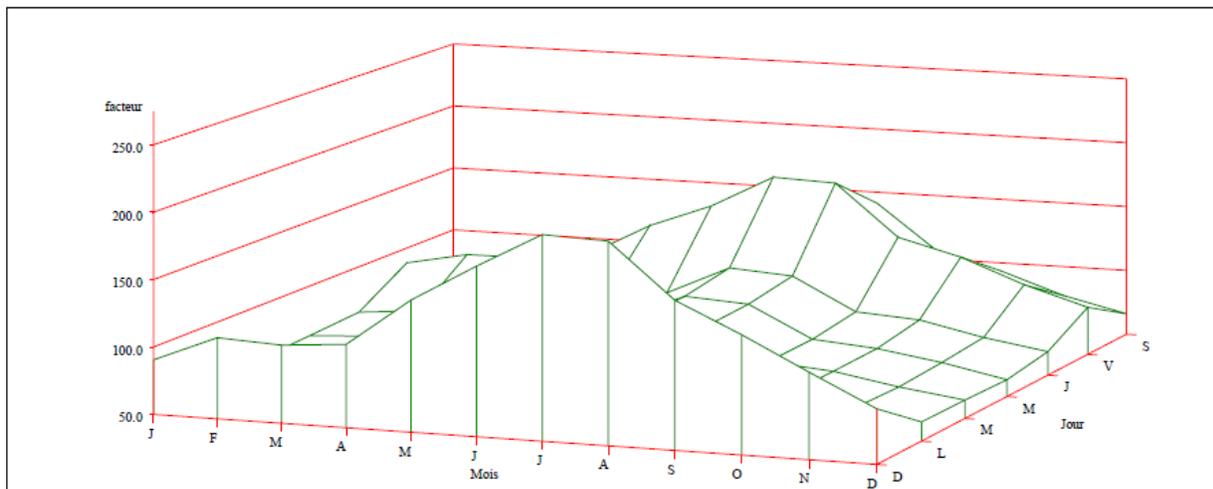
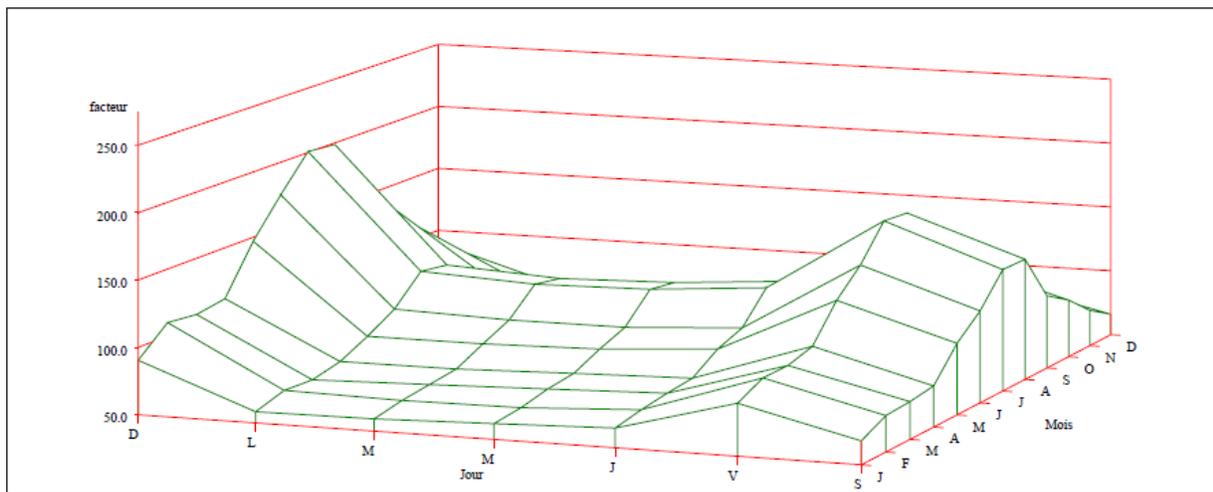


Figure 15 Ratio DJME/DJMA pour une route récréative (barème du MTQ)

Le tableau 14 présente, pour les mois d'avril à septembre, la projection du volume de véhicules issue des ratios récréatifs, et estimée pour chaque jour de la semaine. Chaque case affiche le volume journalier ou le DJME, le volume entre 10:00 et 16:00, ainsi que la moyenne horaire au cours de cette période.

Tableau 14 Estimation du volume de véhicules au site de passage (2011)

Mois	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
Avril	10 240 ¹	6 376	6 394	6 633	6 836	9 550	7 388
	4 915 ²	2 295	2 302	2 388	2 461	3 438	3 546
	819 ³	383	384	398	410	573	591
Mai	13 524	7 342	7 351	7 507	8 032	11 905	9 485
	6 492	2 643	2 646	2 703	2 891	4 286	4 553
	1 082	440	441	450	482	714	759
Juin	16 082	8482	8 234	8 243	8 712	13 588	10 930
	7 719	3054	2 964	2 968	3 136	4 892	5 246
	1 287	509	494	495	523	815	874
Juillet	18 464	10405	9 991	10 138	10 755	15 916	13 027
	8 863	3746	3 597	3 650	3 872	5 730	6 253
	1 477	624	599	608	645	955	1 042
Août	18 299	10 111	9 642	9 862	10 451	15 750	13 000
	8 783	3 640	3 471	3 550	3 762	5 670	6 240
	1464	607	578	592	627	945	1 040
Septembre	14 610	7 470	7 590	7 700	8 197	12 126	9 688
	7 013	2 689	2 732	2 772	2 951	4 365	4 650
	1 169	448	455	462	492	728	775

¹ : DJME

² : Volume de véhicules entre 10:00 et 16:00

³ : Volume moyen de véhicules à l'heure

En comparant les résultats théoriques du tableau 14 avec ceux obtenus sur le terrain (tableaux 11 et 12), on constate d'importants écarts. Les volumes chiffrés à l'aide des vidéos tournées par l'Université de Sherbrooke et à l'aide des compteurs automatiques installés par le MTQ, montrent une constance et un réalisme indéniables. Mais les volumes théoriques du profil récréatif sont loin de correspondre aux données réelles. Dans les comptages manuels et automatiques, le volume de véhicules augmente légèrement la fin de semaine par rapport à la semaine, environ 75 véhicules de plus à l'heure, entre 10:00 et 16:00 (524 vs 447 véhicules à l'heure).

Cette augmentation est cependant beaucoup plus marquée avec le modèle théorique, et elle surtout disproportionnée en juin et juillet. À titre d'exemple, le modèle théorique donne, pour un dimanche de juillet, 1 477 véhicules par heure, alors que la valeur de terrain s'établit à 510 véhicules. L'écart entre le modèle théorique et les données de terrain s'estompent un peu la semaine. Une moyenne de 680 véhicules à l'heure est estimée en juillet, alors que la moyenne de terrain se chiffre à 447 véhicules à l'heure.

Cette comparaison laisse croire que la circulation sur la route 112, à la hauteur du passage cyclable, suit une autre tendance que celle d'un profil récréatif. En fait, le profil de la route 112 est davantage comparable à celui d'une route touristique, où les débits de semaine sont constant et les débits de fin de semaine sont plus élevés et égaux entre le samedi et le dimanche. Puisqu'aucun modèle théorique ne colle parfaitement à la situation observée, et que les théoriques du modèle récréatif sont surestimés, il est préférable de ne pas utiliser ceux-ci

avec la méthode du Wisconsin, qui exige des données précises. Par contre, pour les méthodes qui ne requièrent pas de données exactes, le DJME estimé par le MTQ est valable, et peut être utilisé dans les grilles décisionnelles sans crainte d'y amener un biais. Le DJME est estimé à 11 800 véhicules par jour, pour l'année 2011.

Un constat peut être tiré de cette section de résultats. Les deux mesures d'achalandage, le volume d'usagers sur la piste et le volume de véhicules sur la route, suivent tous les deux la même tendance. La fréquentation est en forte croissance en période estivale (juillet et août) et les journées de fin de semaine (samedi autant que dimanche). Cette forte corrélation entre les deux distributions a pour effet d'augmenter le niveau d'interaction entre les deux groupes d'utilisateurs. Les deux clientèles du réseau enregistrent un maximum d'achalandage en même temps. Par le fait même, ceci vient multiplier le risque de conflits.

4.2 Vitesse pratiquée

La vitesse pratiquée par les conducteurs est un autre paramètre déterminant pour la sécurité d'un site de passage. Bien que la majorité des grilles décisionnelles utilisent la vitesse affichée comme critère de base, il semble plus réaliste de tenir compte de la vitesse pratiquée. La vitesse pratiquée représente mieux la réalité de terrain. Comme il est mentionné dans la section « méthodologie », les vitesses pratiquées sont enregistrées à l'approche du passage et au passage, lors de chaque journée de terrain, à raison de 2 blocs de deux heures, soit un bloc de deux heures en chaque direction. Les données compilées sont la vitesse moyenne avec écart-type, ainsi que la vitesse du 85^e centile (tableau 15). Cette dernière, qui retient la vitesse du 15^e conducteur le plus rapide dans un groupe de 100 conducteurs, est l'indicateur de vitesse le plus fréquemment utilisé dans les études de circulation. Au total, la vitesse de 5 427 conducteurs a été relevée à l'approche du passage cyclable, ainsi que le même nombre sur le passage-même. De ce nombre, 3 629 usagers ont été observés en l'absence d'usager au passage cyclable, et 1 798 conducteurs ont été relevés en présence d'au moins un usager au passage. Les vitesses sont présentées indépendamment du jour de la semaine car aucune différence significative n'a pu être relevée entre les vitesses captées la semaine et la fin de semaine.

Tableau 15 Vitesses pour l'ensemble des véhicules motorisés

Vitesse (km/h)	Sans usagers au passage			Avec usagers au passage			Total		
	Approche	Passage	Écart	Approche	Passage	Écart	Approche	Passage	Écart
2 directions									
Moyenne	80	83,2	3,2	77,3	72,3	-5	79,6	80,1	0,5
Écart-type	8,9	9,2		8,6	18,9		8,9	13,4	
85 ^e centile	89	93	4	86	86	0	89	91	2
Provenance de Shefford									
Moyenne	82,5	85,7	3,2	81,1	76,7	-4,4	82,1	82,7	0,6
Écart-type	8,1	8,3		7,6	17,4		8,2	12,5	
85 ^e centile	91	94	3	88	89	1	90	93	3
Provenance de Granby									
Moyenne	76,8	80	3,2	74,2	68,6	-5,6	76,7	77,1	0,4
Écart-type	8,8	9,2		8,1	19,4		8,7	13,7	
85 ^e centile	86	90	4	82	82	0	86	88	2

Pour l'ensemble des données de vitesse compilées (2 directions), la vitesse globale du 85^e centile au passage est de 91 km/h. Elle équivaut donc à la vitesse affichée, qui est de 90 km/h. Il est cependant surprenant de constater que la vitesse est plus élevée au passage qu'à son approche (89 km/h). En fait, les conducteurs accélèrent en direction du passage lorsqu'il n'y a aucun usager au passage, le 85^e centile passant de 89 à 93 km/h. Inversement, lorsqu'un usager est présent au passage, la vitesse demeure exactement la même (86 km/h avant et après).

Si on prend la vitesse moyenne, l'écart de vitesse passe de +3,2 km/h sans usager au passage, à -5,0 km/h lorsqu'il y a un usager. L'écart-type permet aussi de bien apprécier l'effet de la présence d'un usager au passage sur le comportement du conducteur. L'écart-type est très stable lorsqu'il n'y a pas d'usager au passage, alors qu'il varie fortement en présence d'usager(s). Cette variation est causée principalement par les arrêts brusques et soudains de conducteurs qui se font couper le chemin, ou qui décident d'être courtois face aux usagers de la piste cyclable.

Suite à ce constat, la relation entre l'écart de vitesse moyen et la présence d'usagers a été approfondie. Pour vérifier la présence d'une relation statistique due à l'achalandage, l'écart de vitesse moyen est calculé en fonction du nombre d'usagers présents au passage. La figure 16 démontre que l'écart de vitesse moyen entre les deux points d'observation s'accroît à la négative, au fur et à mesure que le nombre d'usagers au passage augmente. En l'absence d'usager, l'écart de vitesse est de 3,2 km/h, alors qu'il devient négatif en présence d'usagers, atteignant jusqu'à 15,5 km/h lorsqu'il y a 6 usagers ou plus au passage. Le coefficient de détermination des écarts moyens se situe à 0,94 et le coefficient de corrélation, inverse et très fort (-0,36), est significatif à un seuil de 1 % ($p < 0,01$). L'achalandage est donc inversement corrélé aux écarts de vitesse. La diminution de vitesse s'amplifie à mesure qu'augmente le nombre d'usagers au passage. L'effet du nombre pourrait expliquer, du moins en partie, les freinages brusques et les gestes de courtoisie, sur la prémisse de deux hypothèses. Les conducteurs étant placés devant un plus grand groupe d'usagers, qui attendent sur le bord de la route, seraient davantage tentés de leur céder le passage. On pourrait aussi postuler qu'un nombre accru d'usagers sur la piste irait de pair avec des conflits de trajectoire plus fréquents.

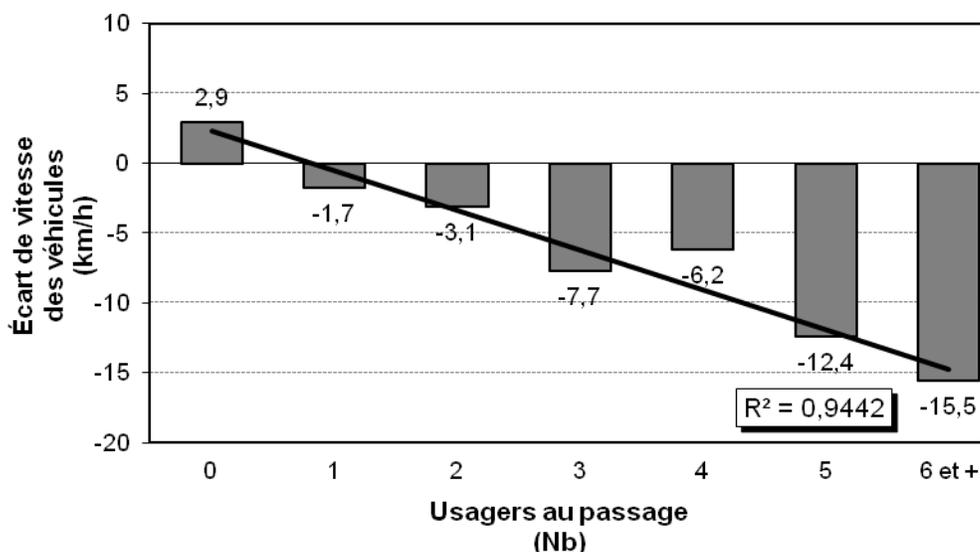


Figure 16 Écart de vitesse des véhicules selon le nombre d'usagers au passage

4.3 Type de clientèle

Lors de l'étude, 56 % des 10 186 usagers ont été observés lors des 8 journées de semaine, les 4 journées de fin de semaine recueillant les autres 44 %. Cette répartition s'approche de celle obtenue en 2000, qui comptait 1 866 passages, répartis à 61 % pour deux jours de semaine, et à 39 % pour deux jours de fin de semaine. Le fait saillant demeure donc la part d'observations colligées, qui est cinq fois élevée en 2011 qu'en 2000. La piste cyclable est donc plus fréquentée qu'auparavant, notamment la fin de semaine. Mais cette croissance est difficile à chiffrer avec précision, car il faut tenir compte de plusieurs facteurs. Il aurait fallu disposer d'un compteur automatisé en 2000 pour pouvoir apprécier l'évolution exacte.

La clientèle recensée sur l'Estriade a légèrement changée depuis l'étude réalisée en 2000. Il y a un peu moins de femmes (39 % vs 41 %), mais surtout, moins de patineurs (4 % vs 15 %). Les données montrent que l'Estriade reste toutefois une piste à caractère récréatif, familial et touristique. À cet effet, on note que trois quarts des passages se font en groupe de deux usagers ou plus. Une forte majorité circule en groupe, premièrement parce qu'il s'agit d'une activité qui se pratique en famille ou avec des amis. Mais il faut aussi considérer le volume élevé de véhicules sur la route 112, qui contribue à la formation de groupes en bordure de route. Parmi les usagers en groupe, 40 % sont en tête de peloton, les autres suivent un autre usager.

La distribution par tranches d'âges est sensiblement la même entre les deux études. Les 15 à 54 ans ont légèrement accru leur proportion (81 % vs 76 %). Conséquemment, la proportion d'enfants a un peu diminué (de 8 à 5 %), de même que celle des 55 ans et plus (de 16 à 14 %). Fait à noter, qui distingue les deux études : la part des inconnus au niveau de l'âge et du genre. Alors que l'étude de 2000 n'en compte aucun, l'étude de 2011 en dénombre 347, soit 3,4 % des observations. Cette différence est due à deux phénomènes, le positionnement de la caméra et les conditions d'observation qui ont changé. Premièrement, la caméra est plus loin qu'en 2000. Le cadrage est aussi plus large qu'en 2000, et l'angle du passage a changé. Presque perpendiculaire en 2000, l'angle d'observation peut difficilement s'approcher de 90° en 2011, car pour obtenir un angle droit avec la caméra, celle-ci devrait être placée sur le bord de la route. Mais la principale explication pour le nombre d'inconnus demeure la présence de groupes nombreux. Lorsque les usagers traversent pêle-mêle, et à la hâte, il est parfois impossible de distinguer le genre et l'âge des usagers.

L'Estriade fait partie de la Route Verte. Conséquemment, on y retrouve des usagers dont le vélo est muni d'équipement familial et/ou spécialisé, et qui peut avoir un impact sur certaines variables observées, dont les manœuvres du cycliste, le temps d'attente, ainsi que la vitesse et le temps de traversée. La part d'utilisation de certains équipements a légèrement changé d'une étude à l'autre. L'utilisation de sièges pour bébé est passée de 1,3 à 0,4 %, celle des tandems de 1,5 à 0,5 %, alors que la part des cyclotouristes est restée stable à 0,4 %. Par ailleurs, la proportion de vélos équipés de remorques ou de semi-vélos a grimpé de 1,6 à 2,6 %. De plus, les vélos à position allongée (0,4 %), les vélos à mains (0,1 %) et les vélos elliptiques (seulement 2 cas) ont été dénombrés en 2011.

4.4 Manœuvres entourant la traversée

Cette section détaille les manœuvres des usagers à l'approche (type de freinage) et à l'arrêt obligatoire du passage. Le repérage visuel pratiqué par les usagers est également noté de même que la position de l'usager et sa trajectoire. Du côté des automobilistes, la variable prise en compte est la courtoisie (volontaire ou involontaire).

La première manœuvre enregistrée chez l'utilisateur, à son arrivée au passage, est le type de freinage ou la décélération. La signalisation sur la piste demande aux usagers d'effectuer un arrêt complet. En théorie, les usagers devraient donc amorcer un freinage avant le panneau d'arrêt. En pratique, la situation est différente. Pour l'ensemble des passages compilés, seulement la moitié des usagers font un freinage complet (figure 17). Entre les deux études, on observe qu'une part accrue de cyclistes arrêtaient de pédaler en 2000. En 2011, la part des cyclistes qui continuent de mouliner a plus que doublé. Cette différence peut s'expliquer en partie par le redressement du passage, à angle droit. La correction de la trajectoire augmente la visibilité de part et d'autre, simplifiant ainsi les manœuvres à l'approche, dont le repérage visuel. Toutefois, en isolant les cas où il y a présence de véhicules, la part d'utilisateurs qui freinent complètement augmente à 70 % (figure 18).

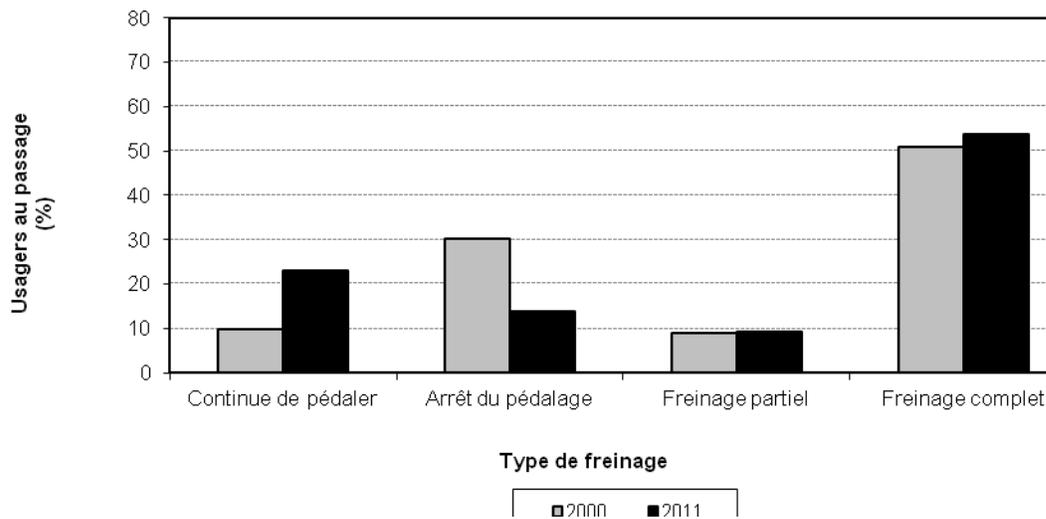


Figure 17 Type de freinage à l'approche du passage (total des observations)

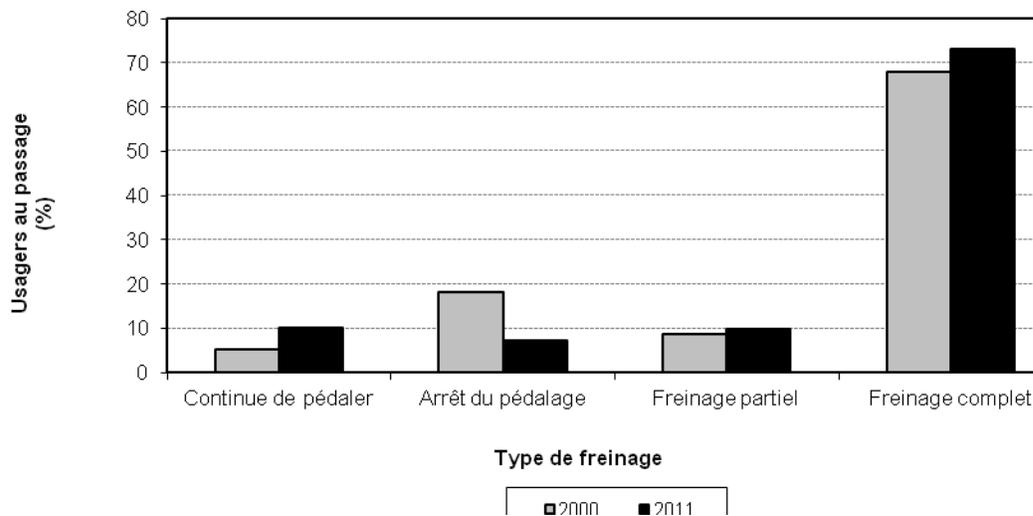


Figure 18 Type de freinage à l'approche du passage (en présence de véhicules)

Le repérage visuel est difficile à observer sur la bande vidéo. Les reflets du soleil, les ombrages de la végétation, de même que le panneau publicitaire, à droite de l'image, complexifient l'appréciation de cette variable. Parmi les données qui ont été saisies à l'approche Sud du passage, les résultats tendent à démontrer que l'ensemble des usagers font cette manœuvre, et ils le font bien avant la ligne de rive. Ainsi, puisque le panneau publicitaire cachait une bonne partie de l'approche Nord, les données pour cette approche n'ont pas été considérées. Dans l'ensemble, la proportion d'usagers repérant le trafic avant la ligne de chaussée demeure très élevée (> 95 %). Ceci corrobore les résultats obtenus en 2000.

La variable « arrêt » détaille le type d'arrêt et de traversée effectués par l'utilisateur. Puisque la vitesse d'approche diffère d'un usager à l'autre, et que les manœuvres diffèrent selon la vitesse, il n'y a pas d'adéquation parfaite entre la variable « freinage » et la variable « arrêt ». Comme pour le repérage visuel, cette variable comporte de nombreux inconnus. En effet, les groupes d'utilisateurs volumineux font en sorte que certains usagers sont arrêtés, au-delà de l'image captée par la caméra. Ceci empêche d'observer la variable « arrêt » chez ces sujets.

Le type d'arrêt effectué par l'utilisateur au passage semble avoir été influencé, dans la dernière étude, par le changement de la signalisation. Le panneau prescrivant à l'utilisateur de descendre de son vélo, et de traverser la route à pieds, a été enlevé entre les deux études. Conséquemment, la proportion de cyclistes marchant à côté de leur vélo a chuté de 17 % à 4 %, entre 2000 et 2011 (figure 19). On peut présumer que maintenant, seuls ceux qui souhaitent réellement marcher à côté de leur vélo, le font. Il s'en suit une proportion accrue de cyclistes ayant simplement posé pied à terre.

Près de 45 % des usagers sont restés en mouvement, si on considère l'ensemble des observations. Toutefois, si on isole les cas où l'utilisateur est en présence de véhicules, la proportion des usagers qui restent en mouvement chute de 20 % (figure 20). Ainsi, au-delà de 85 % de tous les usagers s'arrêtent, d'une façon ou d'une autre, lorsqu'il y a des véhicules à proximité.

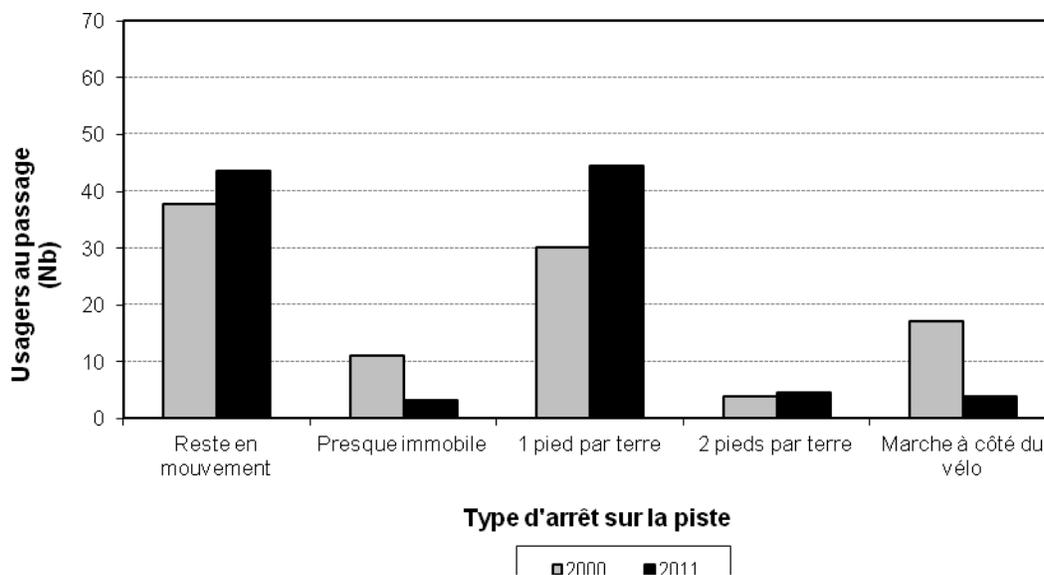


Figure 19 Type d'arrêt en marge du passage (total des observations)

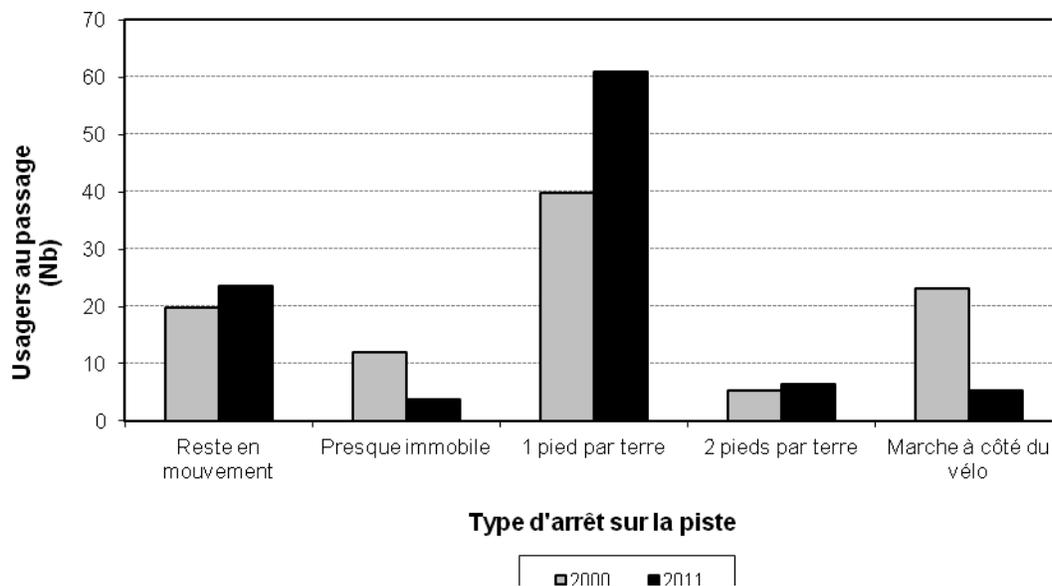


Figure 20 Type d'arrêt en marge du passage (en présence de véhicules)

Certains cyclistes, voyant des véhicules arriver, dévient de leur trajectoire et maintiennent leur inertie pour éviter de s'immobiliser. Leur trajectoire prend la forme d'un zigzag, d'un grand rond, ou ils longent l'accotement jusqu'à ce que le dernier véhicule soit passé, pour ensuite revenir vers la piste cyclable. Ce type de manœuvre, qui a très légèrement augmenté depuis la dernière étude (0,8 %), représente quand même 1,1 % des observations. Ceci surprend dans la mesure où l'angle du passage a été corrigé, et qu'il n'incite plus à une telle manœuvre.

Le passage cyclable est géré par des panneaux d'arrêt placés sur la piste cyclable. Cette signalisation à l'intention des cyclistes est doublée d'une signalisation sur la route qui indique aux conducteurs la présence du passage cyclable. Ce panneau n'oblige cependant pas les conducteurs à s'immobiliser, comme c'est le cas aux passages piétons. La priorité est en tout temps accordée aux usagers de la route 112, et non aux usagers de la piste.

Or, de très nombreux conducteurs s'arrêtent sur la route 112. Il est impossible de vérifier s'il s'agit dans tous les cas d'un geste volontaire de courtoisie, ou d'une mauvaise interprétation du panneau indiquant la présence du passage cyclable, ou encore s'il s'agit d'une situation conflictuelle et involontaire, provoquée par un usager téméraire qui coupe les conducteurs en traversant la chaussée, les forçant ainsi à s'immobiliser.

Si la courtoisie envers les cyclistes, les marcheurs et les patineurs est souhaitable lorsqu'il y a des arrêts en toute direction, la situation est différente lorsqu'il s'agit d'une route rurale à haute vitesse, où aucun arrêt obligatoire n'est escompté, à moins qu'il n'y ait de signaux avancés. Premièrement, un véhicule qui s'immobilise sans raison apparente, sans engager les feux de détresse ou un feu de direction, risque d'être heurté par l'arrière, ou d'être dépassé à un moment où un usager de la piste cyclable s'engage dans le passage.

Deuxièmement, pour un usager de la piste, le fait de voir des véhicules qui cèdent alors qu'ils ne devraient pas, peut entraîner un faux sentiment de sécurité. Ce n'est pas parce qu'un

conducteur s'immobilise que les autres en feront autant. Un geste non anticipé entraîne un effet de surprise et celui-ci est susceptible de compromettre la sécurité.

D'importants conflits ont été observés lors de l'étude, tels des crissements de pneus, parfois avec fumée, ainsi que de nombreuses déviations de trajectoire pour éviter des tamponnages arrière. Au moins trois quasi accidents ont été observés, et de très nombreuses situations où la confusion régnait. Un automobiliste est même débarqué de sa voiture pour aller sermonner les parents d'un enfant qui a feint traverser lors de son passage.

Bien qu'il soit impossible de dire si un conducteur arrête sur la route de façon volontaire ou involontaire, cette situation est appelée « courtoisie », de façon à être comparable à l'étude de 2000. La courtoisie a connu une augmentation fulgurante entre les deux études, passant de 1 % à 10 %. Cette hausse peut-être attribuable à la grande fréquence des groupes volumineux d'usagers, dont le passage se solde souvent par courtoisie. La ventilation de cette variable en fonction du jour de la semaine démontre que les conducteurs cédant le passage de façon volontaire ou involontaire sont plus nombreux la fin de semaine (tableau 16).

Tableau 16 Courtoisie des conducteurs de véhicule routier

Courtoisie du conducteur : cède à l'usager de la piste, de façon volontaire ou involontaire	Période d'observation				Total	
	Semaine		Fin de semaine			
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Usager de la piste exposé à un conducteur courtois	487	8,6	530	11,8	1017	10,0
Usager de la piste exposé à un conducteur conservant sa priorité	5 207	91,4	3 962	88,2	9169	90,0
Total	5 694	100,0	4 492	100,0	10186	100,0

Certaines pistes d'explication peuvent être avancées :

- Plus grande proportion de conducteur en provenance de l'extérieur
- Mauvaise connaissance de la signalisation et des règles de priorité;
- Habitudes de conduite différentes la semaine et la fin de semaine;
- De plus nombreux groupes d'usagers volumineux;
- Plus grand nombre de familles.

Les données montrent également que les véhicules en provenance de Granby sont plus enclins à céder le passage aux cyclistes. On peut supposer que la nature de l'environnement routier y est pour quelque chose (accès plus nombreux, densité de bâtiments plus élevée, zone de vitesse réduite), mais on peut aussi croire que les Granbyiens connaissent, pour la plupart, cette piste et la problématique du passage.

Un conflit de trajectoire est une situation qui est notée, lors de l'étude, à l'instant où un usager de la piste cherche à occuper le même espace que le conducteur, au moment où ce dernier en aurait besoin pour continuer à circuler normalement. Le conflit oblige le conducteur à pratiquer une manœuvre d'évitement, que ce soit un freinage brusque ou une déviation de trajectoire.

Les conflits sont rares mais il faut reconnaître qu'il est impossible, dans la quasi-totalité des cas, d'apercevoir l'activation des lumières de frein. Les conflits représentent environ 1 % des

observations. Il est possible que le rétrécissement du passage ait diminué le nombre de conflit (2 % en 2000). La majorité surviennent lorsque l'utilisateur :

- Traverse très lentement;
- Coupe un véhicule sur la route plutôt que d'attendre ou de s'arrêter;
- Empiète sur la chaussée;
- Traverse à la suite d'un autre usager déjà à risque.

4.5 Vitesse des cyclistes et temps de traversée

La vitesse de l'utilisateur de la piste détermine son temps de traversée et conséquemment le temps durant lequel il est exposé au risque d'être heurté sur la route. La vitesse peut être perçue de deux façons. D'une part, on demande aux usagers d'effectuer un arrêt complet et d'attendre que le champ soit complètement libre avant de traverser, de façon à accorder le temps nécessaire pour reprendre les pédales et accélérer. Or, dans le concret, le fait d'arrêter complètement et d'être en présence d'un important achalandage sur la route complique beaucoup la traversée pour les usagers vulnérables. En effet, de nombreux conflits surviennent lorsque les usagers de la piste sont très lents, ou qu'ils ont besoin de beaucoup de temps pour s'engager et traverser, comme par exemple les usagers qui traînent un équipement particulier (ex. semi-vélo à l'arrière). Que ce soit en raison de l'inexpérience ou de difficultés physiques, certains ont de la difficulté à engager le pédalage. Dans de telles situations, la lenteur de l'utilisateur n'est pas un élément positif pour sa sécurité. C'est pourquoi il est nécessaire de considérer les plus longs temps de traversées et les basses vitesses. Les prochaines figures détaillent, en fonction de la clientèle, la vitesse moyenne (figure 21), médiane (figure 22), et les vitesses du 15^e (figure 23) et du 95^e centile (figure 24), pour les études de 2000 et 2011.

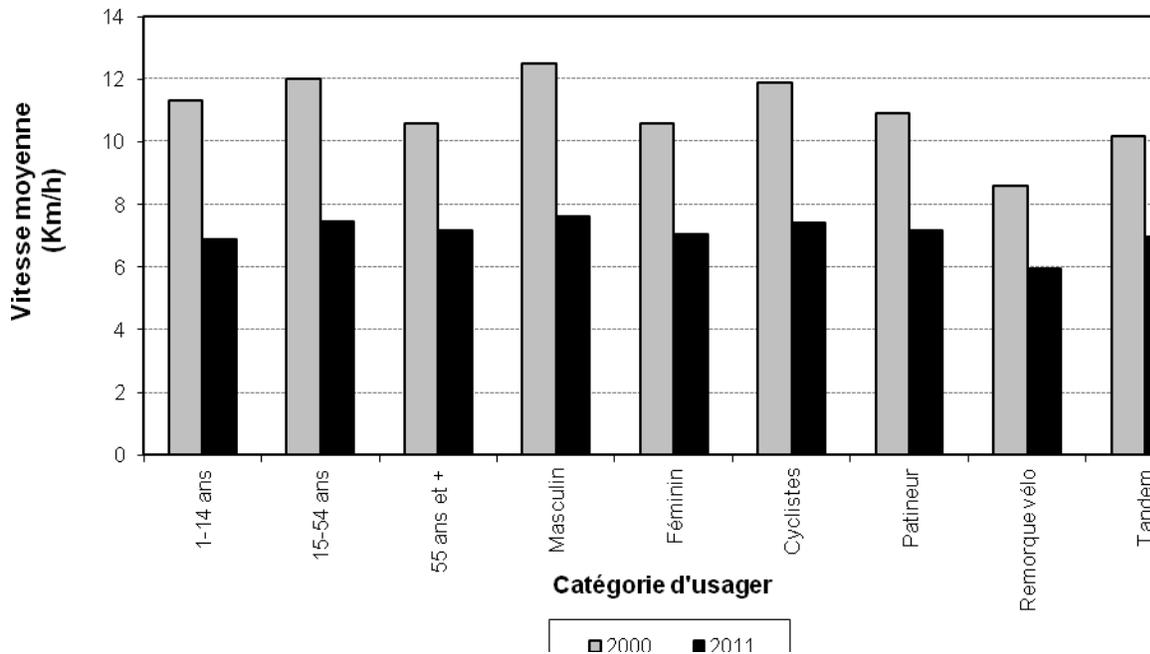


Figure 21 Vitesse moyenne des usagers (2011 et 2000)

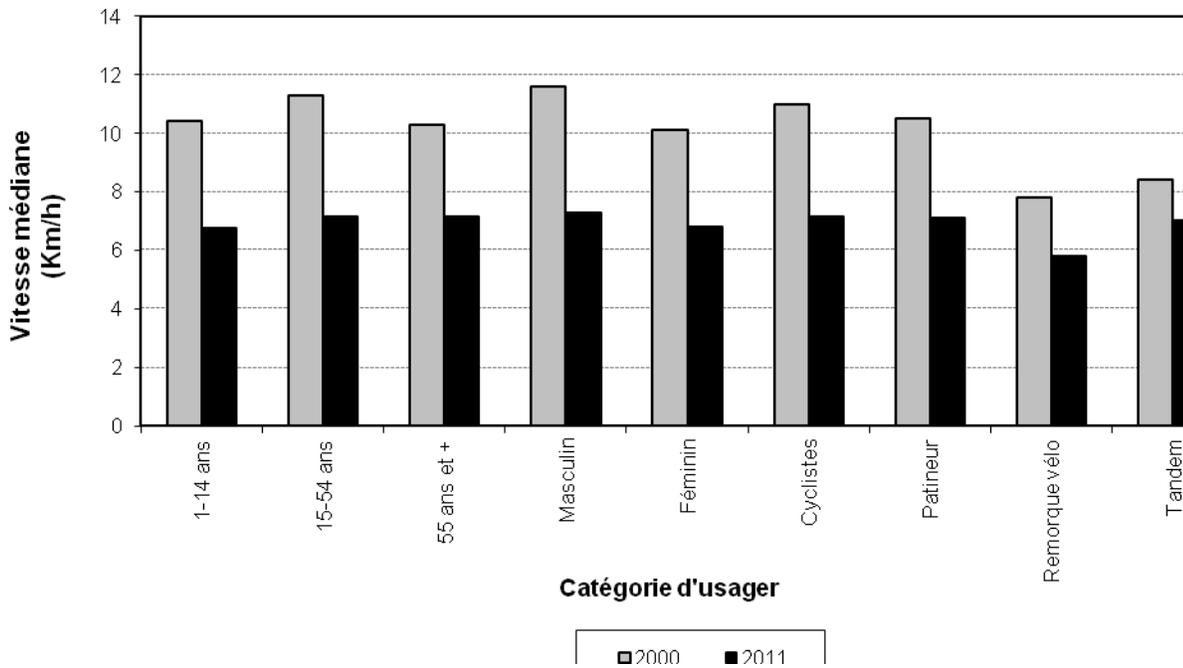


Figure 22 Vitesse médiane des usagers (2011 et 2000)

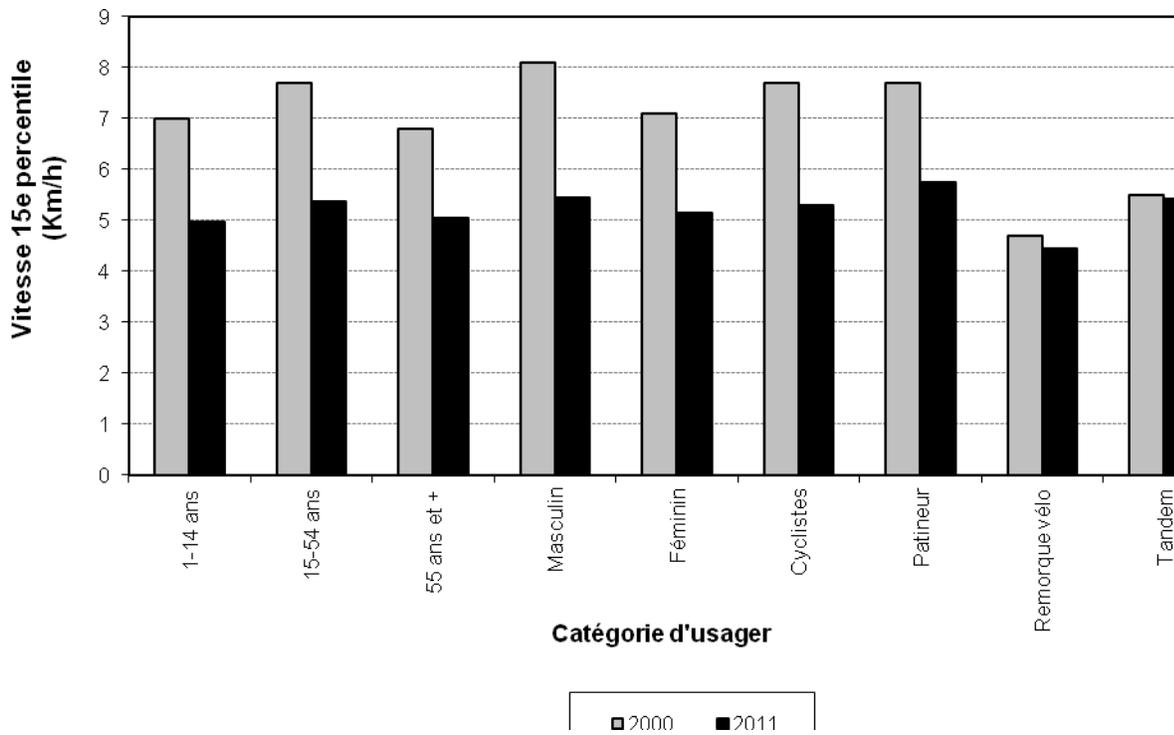


Figure 23 Vitesse 15^e percentile des usagers (2011 et 2000)

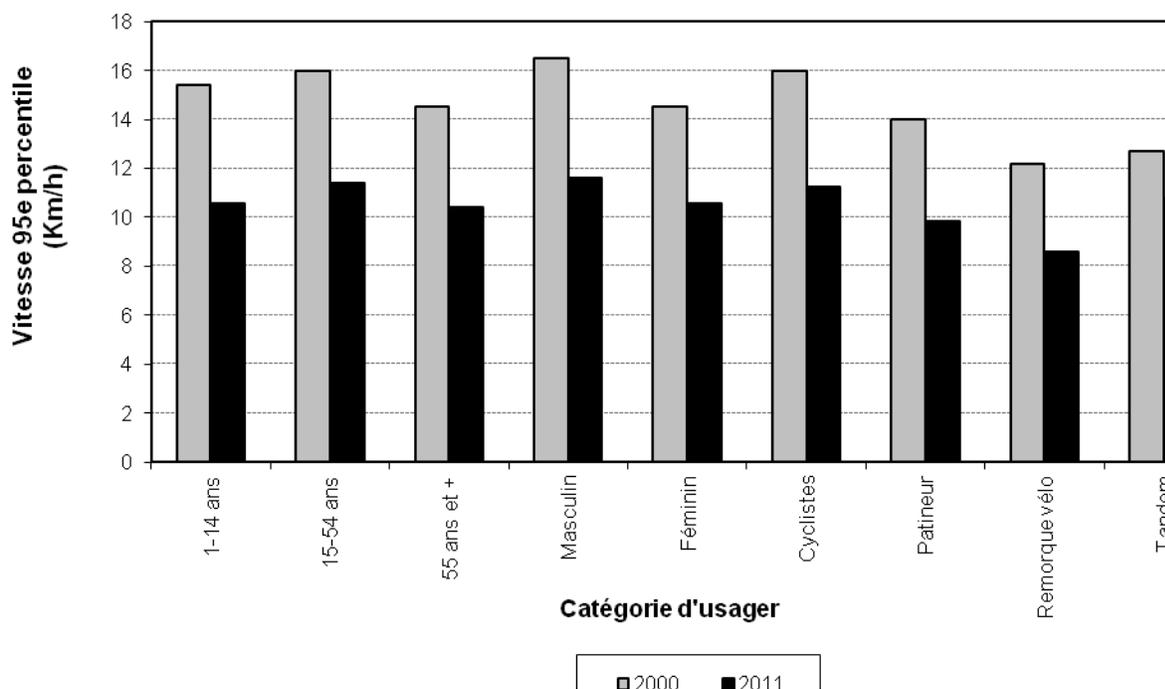


Figure 24 Vitesse 95^e percentile des usagers (2011 et 2000)

En général, les vitesses les plus élevées sont observées chez les hommes, les usagers de 15 à 54 ans, les cyclistes, les tandems et les vélos à position allongés. Les vitesses les plus faibles sont enregistrées pour les groupes d'âge de 14 ans et moins, les 55 ans et plus, les femmes, les patineurs et les piétons ainsi que les vélos équipés de remorques ou de semi-vélos.

Par ailleurs, les histogrammes démontrent clairement que les vitesses mesurées en 2011 sont bien en-deçà de celles mesurées en 2000. Plusieurs explications peuvent être apportées. Premièrement, des courbes ont été créées aux approches lors du redressement. La deuxième explication est liée à la longueur du passage. Celui-ci ayant été réduit de moitié, avec 6,36 m comparativement à 12,85 m, la version actuelle du passage limite au minimum le facteur « accélération » après un arrêt. En 2000, lorsque le passage était plus long, les cyclistes pouvaient mettre à profit leur accélération dans les derniers 6 m du passage. Mais la lenteur observée en 2011 n'est pas nécessairement synonyme de sécurité.

Mais pour apprécier l'exposition au risque d'accident, le temps de traversée est une donnée plus pertinente que la vitesse. De façon générale, les temps de traversée ont été raccourcis par le réaligement à angle droit du passage cyclable. Il s'en suit une vitesse moins élevée sur une courte distance, mais un temps total d'exposition au risque légèrement réduit.

Ventilés en fonction des caractéristiques démographiques, les temps de traversée ne permettent pas de distinguer de grands écarts entre les deux années de référence (figures 25 et 26), sauf chez les personnes âgées de plus de 55 ans. Ce groupe d'âge a réduit ses temps de traversée de façon significative et il est possible que la popularisation des vélos électriques, attirants pour cette clientèle, y soit pour quelque chose.

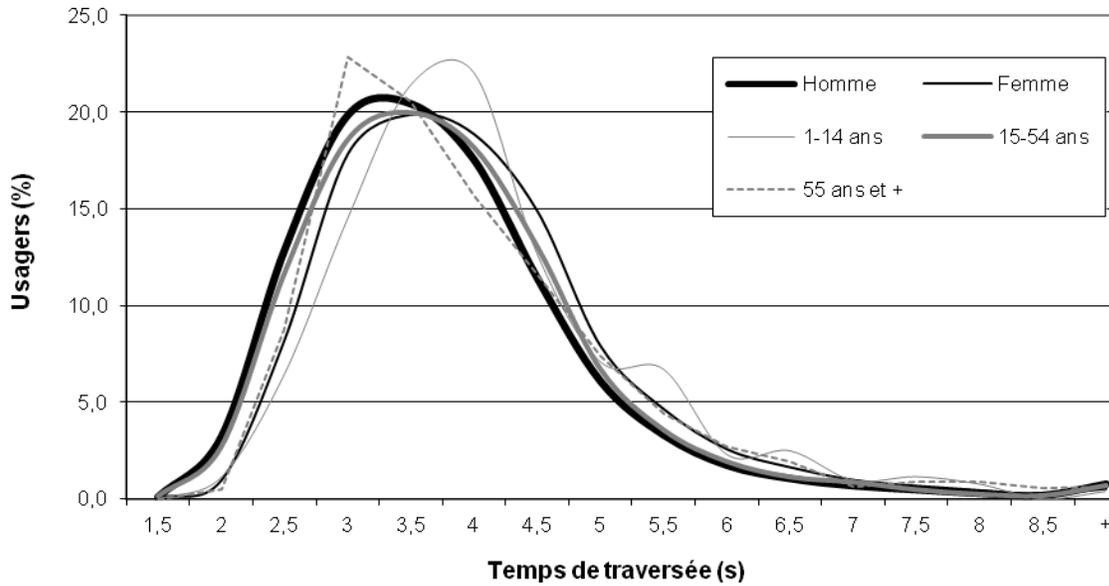


Figure 25 Temps de traversée selon le genre et l'âge en 2011

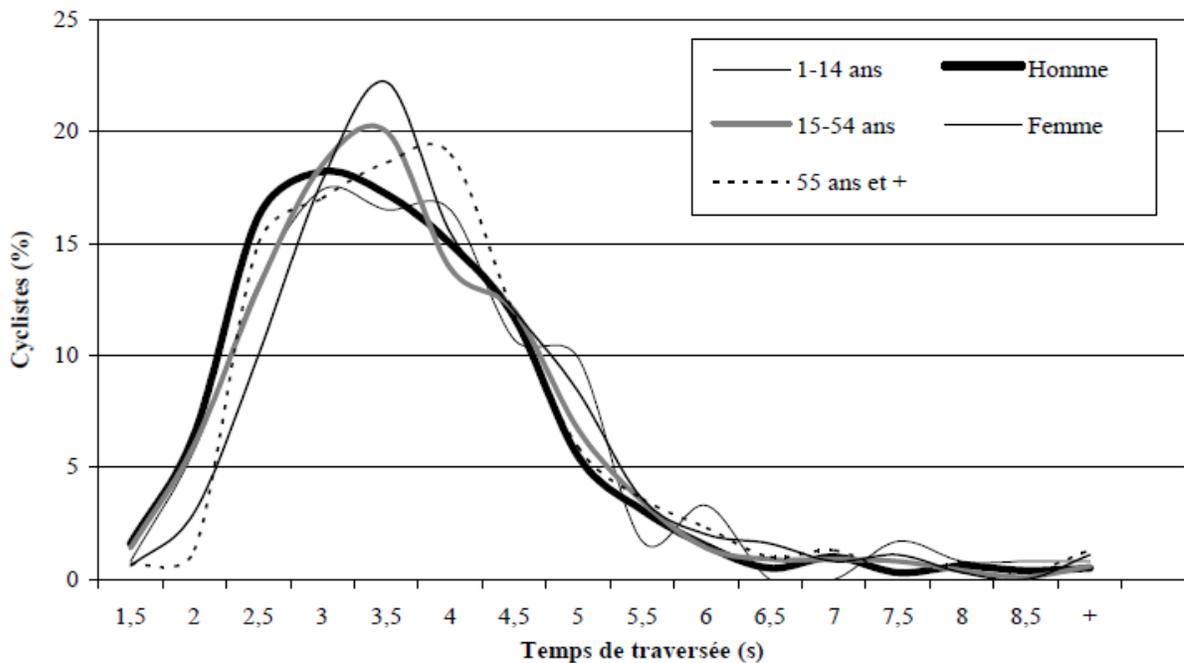


Figure 26 Temps de traversée selon le genre et l'âge en 2000

C'est en répartissant les temps de traversée en fonction du type de freinage que l'on aperçoit plus clairement la distinction entre les deux études. Peu importe la manœuvre de décélération pratiquée à l'approche du passage, les temps de traversée sont plus courts en 2011 (figure 27) qu'en 2000 (figure 28). Toutes les courbes de 2011 sont décalées vers la gauche.

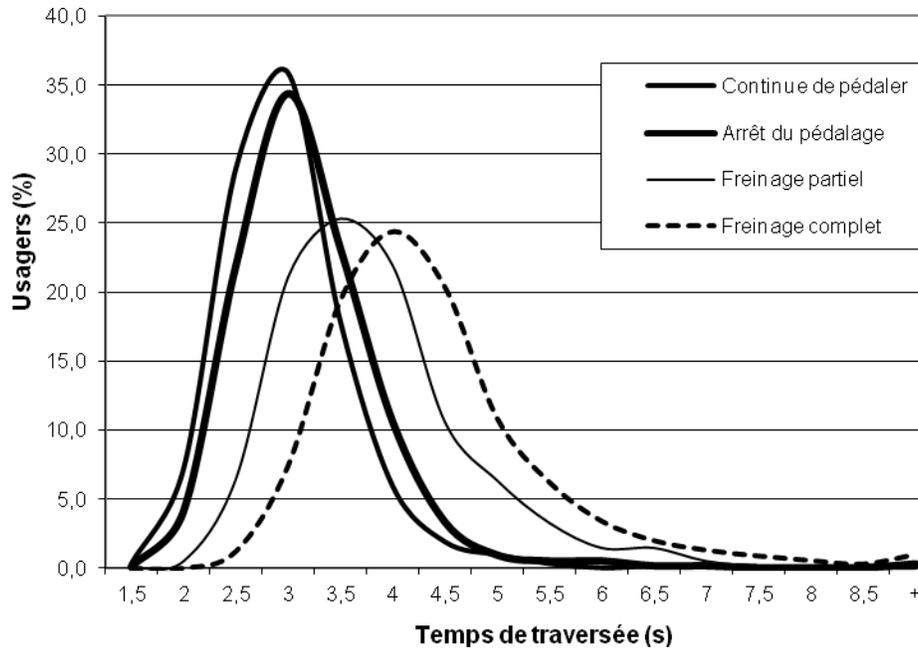


Figure 27 Temps de traversée selon le type de freinage en 2011

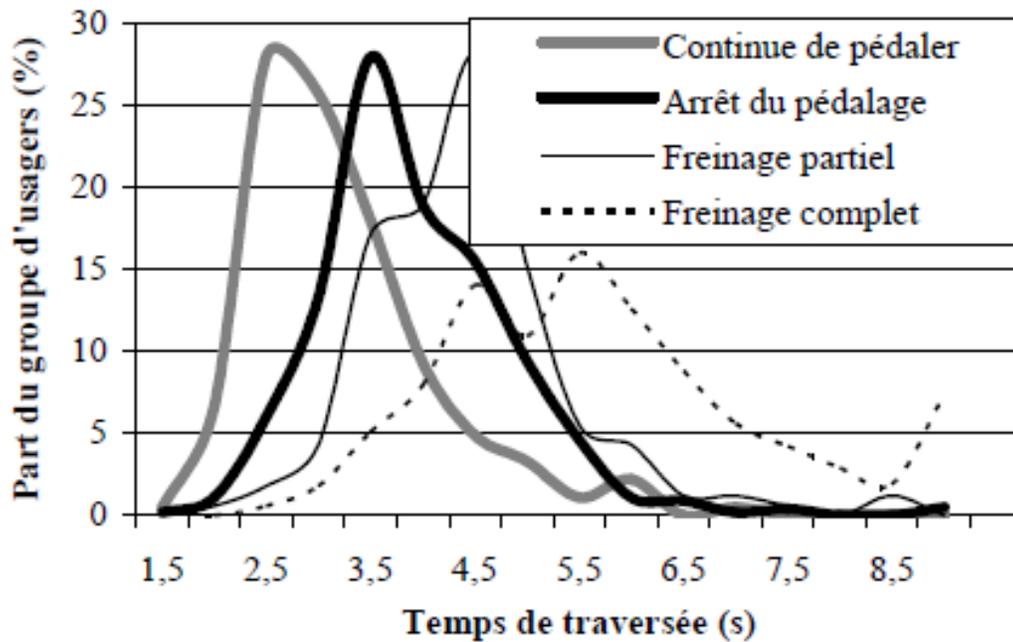


Figure 28 Temps de traversée selon le type de freinage en 2000

La répartition des temps de traversée selon le type d'arrêt révèle un écart marqué entre les deux années d'observation pour les usagers qui sont restés en mouvement. Ces usagers ont de beaucoup réduit leur temps en 2011 (figure 29), en comparaison avec 2000 (figure 30).

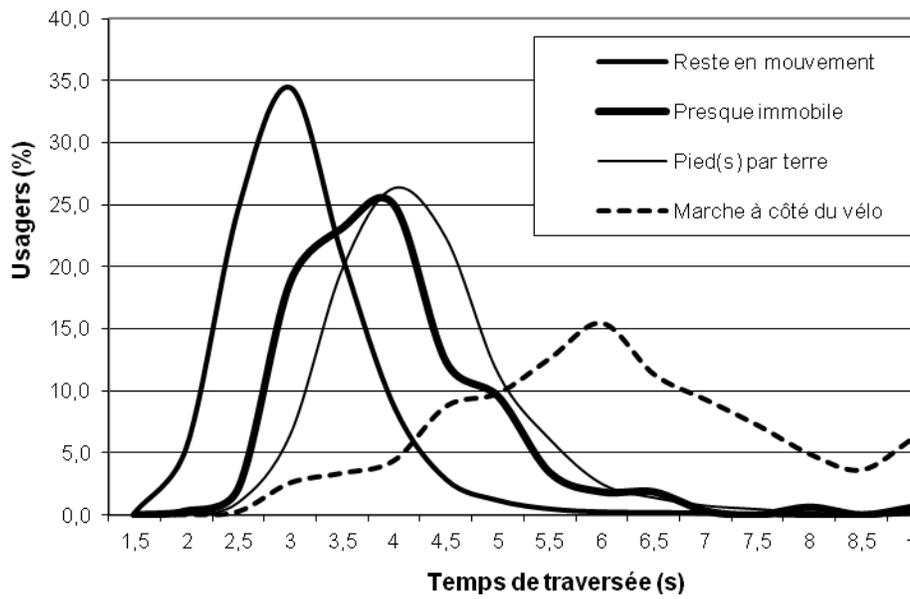


Figure 29 Temps de traversée selon le type d'arrêt en 2011

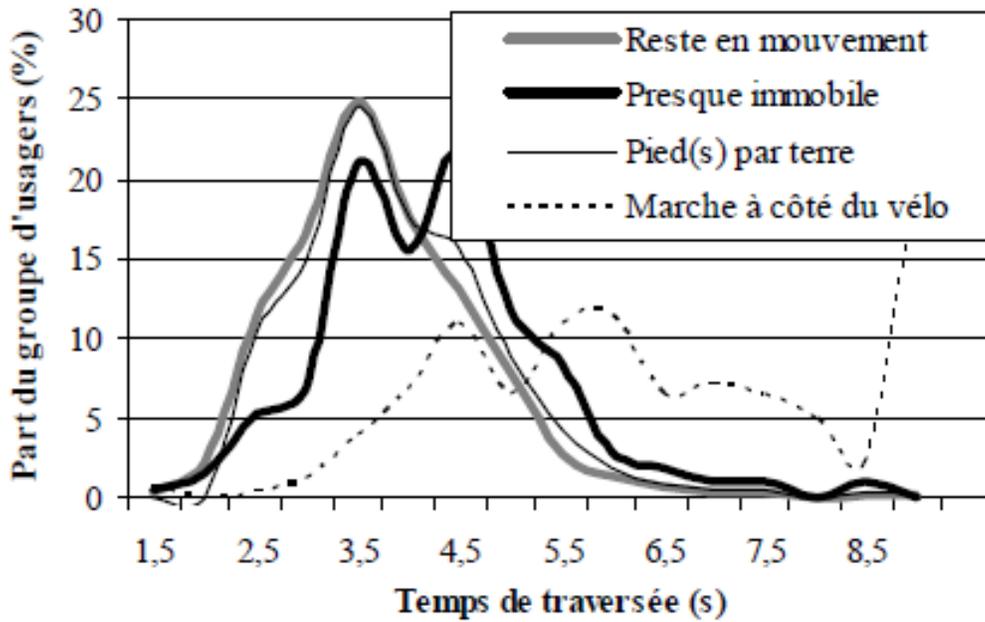


Figure 30 Temps de traversée selon le type d'arrêt en 2000

4.6 Temps d'attente et analyse des créneaux

Le temps d'attente au passage est un autre élément déterminant dans l'équation du risque. Lorsqu'elle est trop longue, l'attente suscite l'impatience et elle peut mener à des traversées précipitées, à haut risque d'accident. En fait, il s'agit de voir si les créneaux mis à la disposition des cyclistes et des patineurs sont suffisants pour traverser entre deux vagues de véhicules.

Pour les 12 journées de terrains compilées, on dénombre un total de 10 186 passages. Un peu plus du quart (28 %) de ces passages se font en l'absence de véhicule sur la route 112. Dans ces cas précis, l'attente est bien sûr moins longue, hormis peut-être les usagers qui s'arrêtent pour attendre quelqu'un (figure 31).

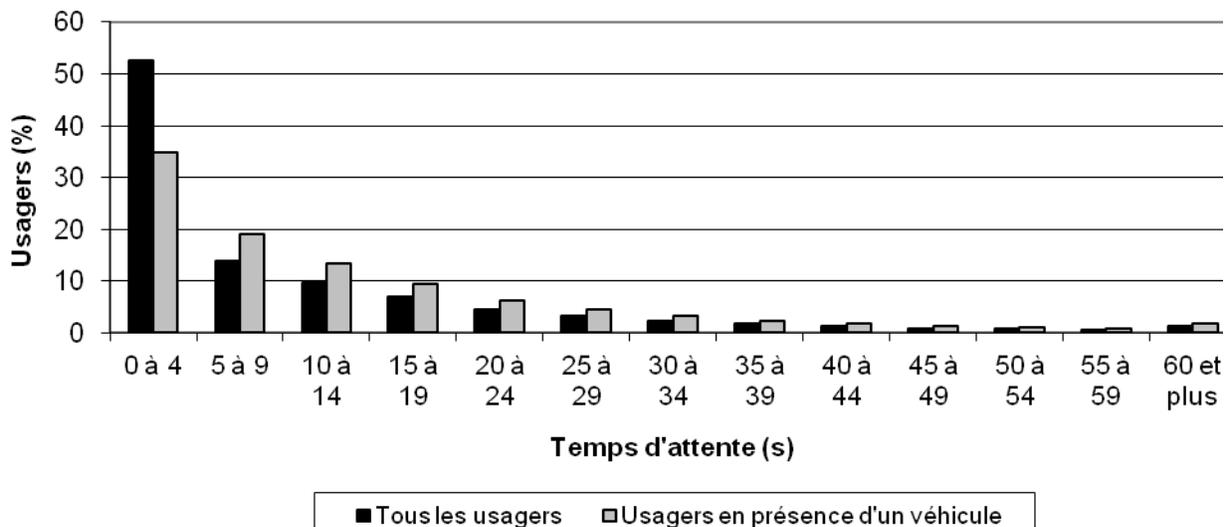


Figure 31 Temps d'attente en fonction de la présence de véhicule

Le temps d'attente des 10 186 usagers est relativement élevé. La moyenne se situe à 9,8 s, comparativement à 8,1 s en 2000. De plus, l'écart-type est prononcé (15,1 s), excédant de beaucoup la valeur de la moyenne.

Le temps d'attente moyen est aussi plus élevé chez les enfants (moins de 15 ans). Ceux-ci attendent, en moyenne, deux fois plus longtemps que les autres groupes d'âge avant de traverser. Il faut toutefois nuancer ces résultats car les observations vidéo démontrent que dans bien des cas, les enfants sont les premiers arrivés au passage, et qu'ils repartent souvent derrière un adulte. Probablement que les parents donnent la consigne aux enfants de les attendre avant de traverser.

Les hommes attendent en moyenne une seconde de moins que les femmes, mais les jeunes filles (20 s) attendent plus longtemps que les garçons (15 s). Finalement, on note que les cyclistes munis d'un siège pour bébé, d'une remorque, d'un semi-vélo et les tandems attendent aussi plus longtemps que la moyenne des autres usagers.

En retirant les observations faites en l'absence de véhicule, les mêmes tendances sont observées, mais avec des temps d'attente supérieurs.

Pour mieux apprécier l'effet de l'attente sur le comportement des cyclistes, une analyse des créneaux a été réalisée. Les observations sont prises sur une période de quatre heures, de

11:00 à 15:00, le dimanche 24 juillet 2011. Durant cette période d'observation, le volume de circulation équivaut à 285 usagers à l'heure sur la piste cyclable, et à 601 véhicules à l'heure sur la route 112. Un total de 1 154 créneaux ont été observés, soit un enchaînement en alternance de 554 créneaux ouverts (figure 32) et de 554 créneaux fermés (figure 33). En 2000, l'étude comptait, pour une période de référence similaire, 1 059 créneaux (529 ouverts et 530 fermés).

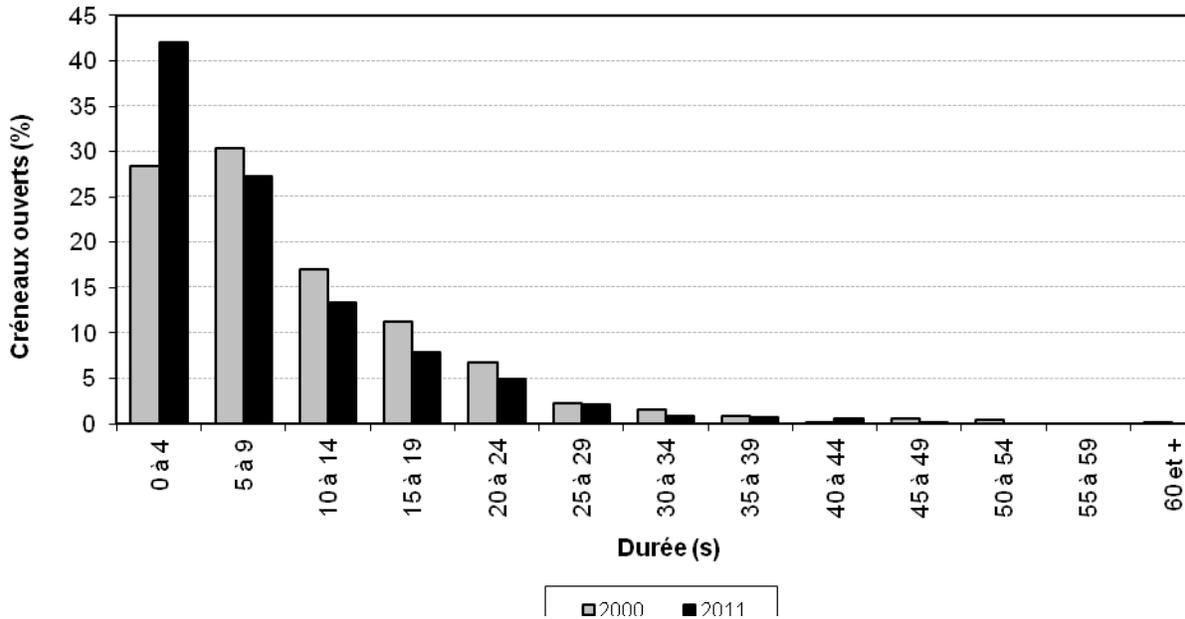


Figure 32 Distribution des créneaux ouverts (comparaison 2000-2011)

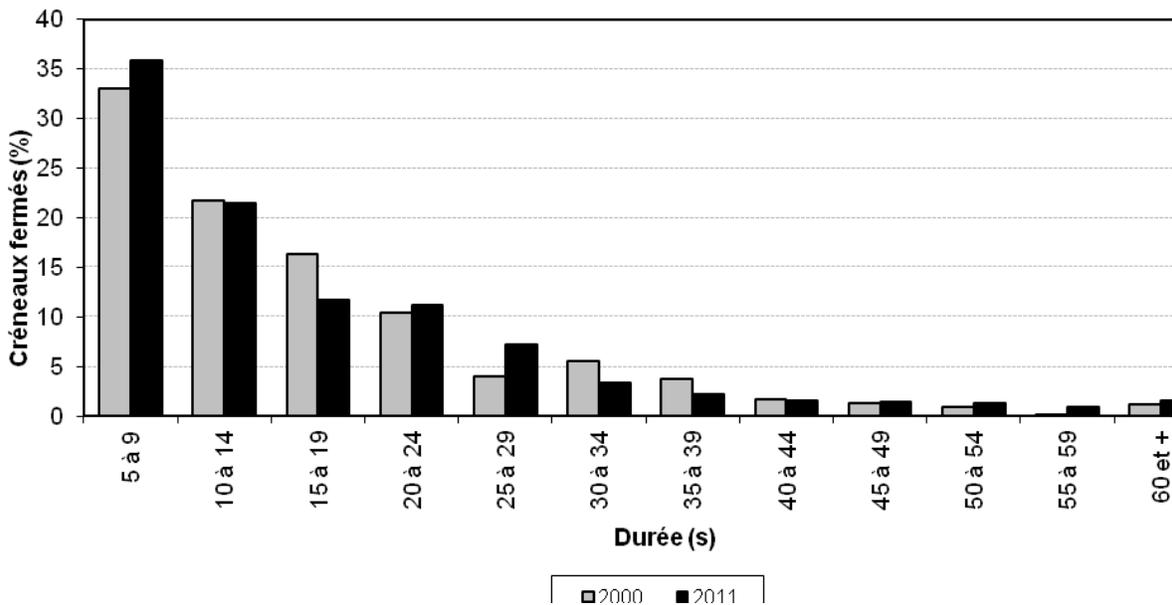


Figure 33 Distribution des créneaux fermés (comparaison 2000-2011)

La distribution des créneaux fermés affiche peu de changement. Dans les deux études, près de 75 % des créneaux fermés durent moins de 25 secondes.

La principale différence, en 2011, tient au nombre accru de créneaux ouverts de très courte durée. La part des créneaux ouverts de moins de 5 s s'est considérablement accrue, passant de 28,4 % à 42,1%. C'est donc dire que près de la moitié des créneaux ouverts n'offrent pas une protection suffisante aux usagers plus vulnérables.

Les données indiquent que les usagers effectuant un arrêt complet prennent de 2,4 à 6 secondes pour franchir le passage. Cet intervalle de temps correspond à l'exposition sur la chaussée, soit le temps écoulé lors du franchissement des deux lignes de rives. Le temps de traversée exclut donc le temps de freinage et d'arrêt, ainsi que le temps de réaction et de départ. En ajoutant ces délais supplémentaires, d'environ 2,5 secondes, le temps nécessaire pour effectuer un passage sécuritaire se situe entre 7,4 et 11 secondes. Il est donc réaliste de considérer qu'une dizaine de secondes sont requises pour effectuer un passage en toute sécurité, pour la très grande majorité des usagers. En comparant cette valeur à l'histogramme des créneaux ouverts, on remarque que cette fenêtre de temps ne se présente qu'une fois sur trois, en 2011 (30,6 %), comparativement à 41,2 % en 2000. Ce constat démontre que l'achalandage routier au passage a augmenté entre les deux études, resserrant les créneaux, ce qui complique le passage des usagers.

Le principal constat qui découle de l'analyse des créneaux est la très forte augmentation du taux de passages à risque (tableau 17). Sur les 1 130 passages compilés dans l'analyse des créneaux, 479 ont été effectués dans des conditions objectives de risque (42,4 %). Cette proportion est énorme en comparaison avec celle enregistrée en 2000, soit 16 %. Autre fait marquant, le taux de passages à risque est toujours élevé en 2011, peu importe le temps d'attente. L'étude de 2000 révélait un taux de passages à risque qui augmentait de façon exponentielle à mesure qu'augmentait l'attente. En 2011, ce n'est pas le cas, le taux est constamment élevé, que l'attente soit courte ou longue.

Tableau 17 Passages sécuritaires et à risque selon le temps d'attente

Temps d'attente (s)	Passage à risque (Nb)	Passage Sécuritaire (Nb)	Total (Nb)	T Taux de passage à risque (%)
0	161	289	450	35,8
> 0 à 4	24	32	56	42,9
5 à 9	81	90	171	47,4
10 à 14	63	47	110	57,3
15 à 19	43	40	83	51,8
20 à 24	27	31	58	46,6
25 à 29	14	21	35	40,0
30 à 34	22	18	40	55,0
35 à 39	11	30	41	26,8
40 à 44	7	9	16	43,8
45 à 49	6	12	18	33,3
50 à 54	10	10	20	50,0
55 à 59	6	4	10	60,0
60 et plus	4	18	22	18,2
Total	479	651	1130	42,4

Le taux de passages à risque ventilé par la durée des créneaux fermés illustre bien ce nouveau phénomène (figure 34). En 2000, ce taux augmentait de façon exponentielle à partir de 30 à 35 secondes, mais en 2011, il est toujours élevé, peu importe la durée du créneau fermé. Même si

le créneau n'est fermé que 5 à 9 s, le taux de passages à risque dépasse 35 %. En somme, que l'utilisateur soit placé devant une attente courte ou longue ne fait plus aucune différence.

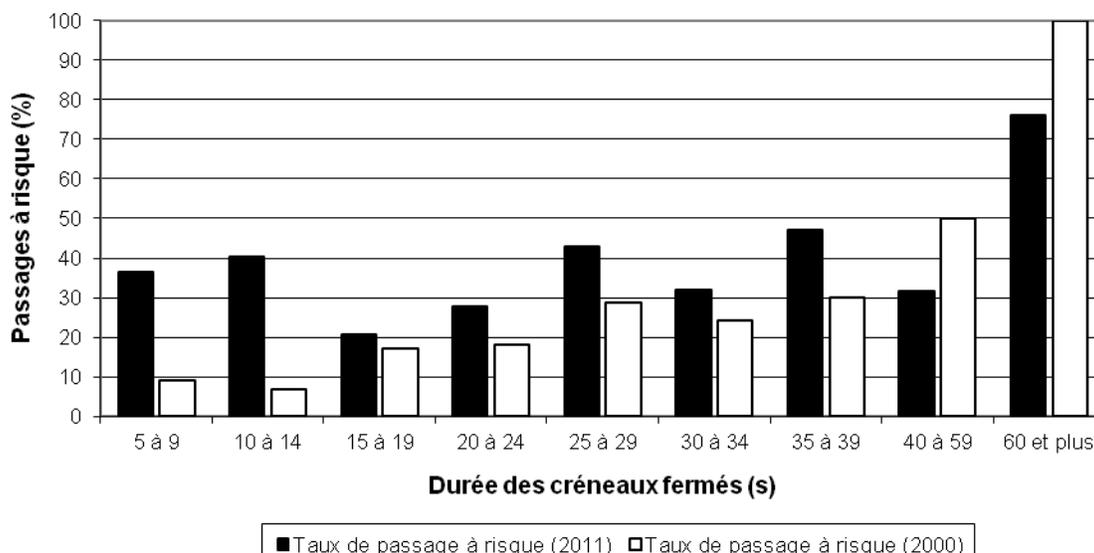


Figure 34 Taux de traversées à risque lors des créneaux fermés

La tolérance à l'attente est plus basse en 2011 qu'en 2000. On peut avancer des pistes d'explication liées au comportement. Comme le démontre la distribution des créneaux, il est possible que le débit de véhicules soit rendu si élevé que les usagers n'hésitent plus à se précipiter pour traverser, estimant leurs chances de traverser amoindries. En ce sens, il est possible que la clientèle soit de plus en plus habituée au site. La connaissance d'un site et de sa problématique peut être un facteur contribuant à la prise de risque. Par ailleurs, on pourrait aussi avancer que le taux élevé et constant de passages à risque soit dû à un faux sentiment de sécurité ou à une mauvaise perception du risque réel. Certains usagers peuvent croire leur manœuvre adéquate, alors que d'autres peuvent tout simplement avoir de la difficulté à évaluer les créneaux, surtout sur une route à vitesse élevée.

On pourrait également questionner l'effet de l'aménagement, à savoir si la correction géométrique du passage a amené une modification des comportements. La longueur réduite du passage (6,76 m vs 12,85) fait en sorte qu'il est maintenant possible de le traverser dans un délai plus court. Est-ce la distance réduite qui incite à prendre plus de risques ? L'angle droit est pourtant un principe de base, un standard permettant d'assurer la visibilité et de réduire l'exposition au risque. Et si l'angle était demeuré tel qu'auparavant, quelle serait la situation observée avec les conditions actuelles de circulation ?

L'analyse des créneaux montre enfin que les usagers circulant en groupe ont plus de difficultés à franchir le passage. Les usagers seuls ou en tête de peloton effectuent un passage à risque moins d'une fois sur trois (32 %), alors que c'est le cas de près d'un usager sur deux (46 %) qui suit quelqu'un d'autre. Ceci importe dans la mesure où 80 % des usagers circulent en groupe.

4.7 Grilles de priorisation des aménagements

Cette section du rapport fait le lien entre les méthodes de priorisation des choix d'aménagement employées par les agences de transport et les données obtenues sur le site à l'étude. Trois périodes de référence sont considérées. Pour chaque méthode répertoriée, trois résultats sont donnés, chacun ayant son symbole respectif : les conditions qui prévalaient en 2000, les conditions actuelles du site (2011), ainsi que les DJME estimés en 2025. Ces DJME sont ventilés en trois scénarios de croissance, chacun d'eux ayant aussi son symbole respectif dans les figures qui vont suivre :

1. croissance faible : 13 000 véhicules par jour;
2. croissance moyenne : 14 500 véhicules par jour;
3. croissance élevée : 16 000 véhicules par jour.

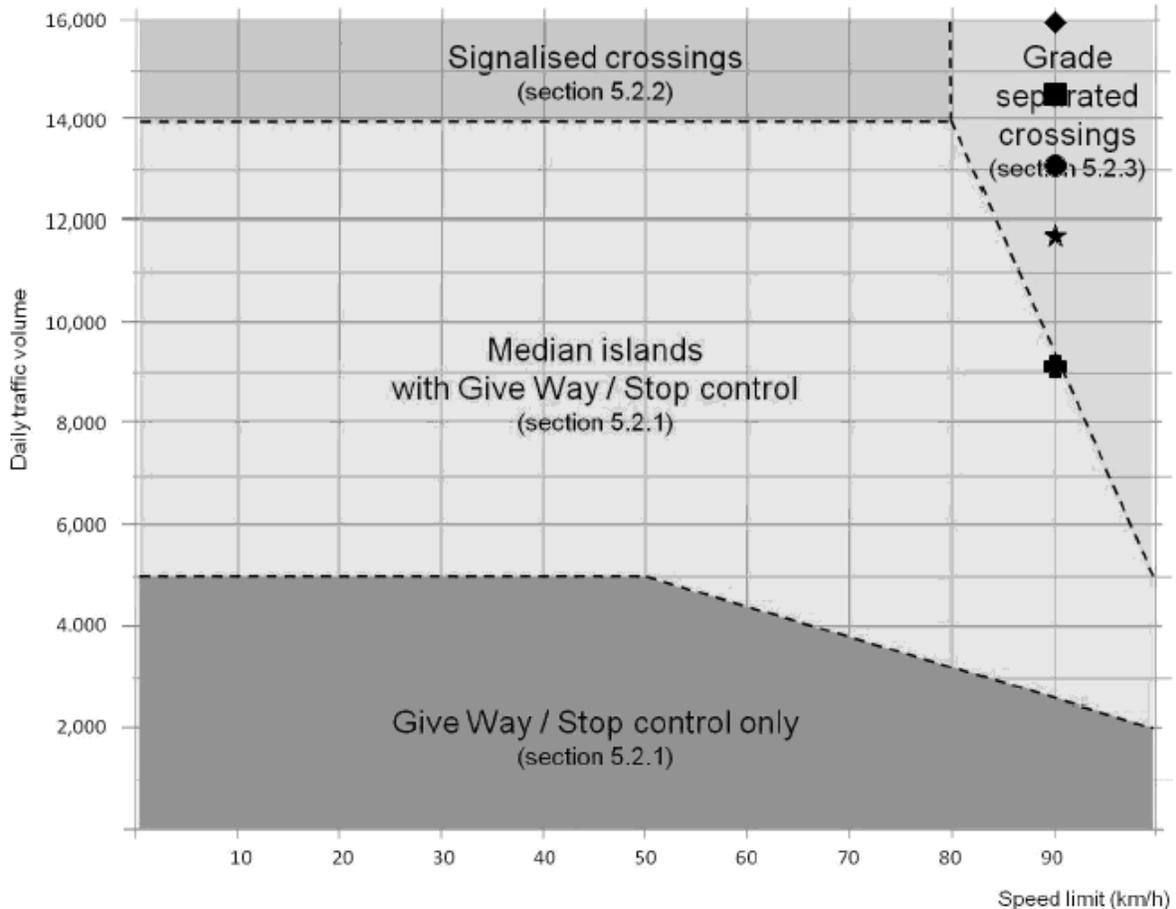
Il est à noter que la méthode du Wisconsin, qui nécessite des données précises ne pouvant pas être livrées pour 2000 et pour 2025, n'offrent pas la comparaison avec 2000, ni la projection pour 2025. Les données de 2011 qui sont entrées dans les grilles et les méthodes de priorisation proviennent de toutes les sources employées, soit les vidéos de terrain, les données du compteur automatique et des comptages manuels effectués sur la piste cyclable, ainsi que les comptages du MTQ.

4.7.1 Nouvelle-Zélande

En Nouvelle-Zélande (ViaStrada, 2010), le type de passage cyclable à aménager sur une rue ou sur une route est choisi en fonction de la vitesse et du DJMA. Un écart de 10 % dans la vitesse et le volume de trafic est toléré pour le choix des aménagements. L'agence recommande également d'utiliser la vitesse du 85^e centile lorsque celle-ci est disponible. Quatre types d'aménagement sont proposés en fonction des résultats :

1. **Arrêt sur la piste cyclable** : lorsque le DJMA est faible;
2. **Îlot de protection avec arrêt ou « cédez le passage » sur la piste** : utilisé pour les DJMA modérés à élevés selon la vitesse affichée sur la route;
3. **Feux de signalisation** : en milieu urbain ou périurbain seulement (vitesse inférieure à 80 km/h), où le DJMA est élevé;
4. **Passage dénivelé** : en milieu rural (vitesse d'au moins 80 km/h), où le DJMA est modéré ou élevé.

En 2000, la situation était telle que deux options se présentaient aux décideurs, soit un passage dénivelé, soit un îlot de protection avec des panneaux d'arrêt ou des panneaux « cédez » (figure 35). En 2011, le DJME a franchi le cap des 10 000 véhicules par jour (11 800). La seule option sécuritaire dorénavant disponible, selon cette méthode, est d'aménager un dénivelé. Aussi, plus le volume de circulation ira en augmentant au cours des prochaines années, plus cette option s'imposera comme la seule vraiment sécuritaire.



Légende :

- + : 2000
- ★ : 2011
- : scénario croissance faible
- : scénario croissance moyenne
- ◆ : scénario croissance élevée

Modifié de : ViaStrada (2010), *Cycle trail design guide*.

Figure 35 Scénarios de circulation et grille de priorisation de la Nouvelle-Zélande

4.7.2 Royaume-Uni

La méthodologie du Royaume-Uni donne des résultats similaires. Leur grille utilise comme données de base la vitesse du 85^e centile et le DJMA. Elle prévoit une distinction claire entre le milieu urbain et le milieu rural, ce qui est fort utile. Avec les données enregistrées sur l'Estrade en 2000, le type de passage que suggère cette grille est un îlot de protection (tableau 18). Toutefois, avec les données de 2011 et celles qui sont prévues pour 2025, la grille ne permet pas de combiner simultanément une vitesse de 90 km/h et un débit de plus de 10 000 véhicules en milieu rural. Si on assume que 96 km/h est le seul choix se rapprochant le plus de la situation observée, la grille ne donne qu'un seul choix sécuritaire : le passage dénivelé.

Tableau 18 Scénarios de circulation et grille de priorisation du Royaume-Uni

Vitesse (85 ^e centile)	DJMA (veh./j)	Type de passage	Scénario de croissance					
			2000	2011	Faible	Modéré	Élevé	
< 32 km/h (20 mph)	< 1 000	Priorité à la piste cyclable						
< 48 km/h (30 mph)	< 2 000	Priorité aux cyclistes passage surélevé						
< 80 km/h (50 mph)	< 6 000	Priorité à la route						
< 80 km/h (50 mph)	< 8 000	Priorité à la route îlot central (zone urbaine)						
< 96 km/h (60 mph)	< 10 000	Priorité à la route îlot central (zone rurale)	+					
< 80 km/h (50 mph)	> 8 000	Feu de circulation						
> 80 km/h (50 mph)	> 8 000	Tunnel/passarelle (zone urbaine)						
> 96 km/h (60 mph)	> 10 000	Tunnel/passarelle (zone rurale)		★	●	■	◆	

Légende :

- + : 2000
- ★ : 2011
- : scénario croissance faible
- : scénario croissance moyenne
- ◆ : scénario croissance élevée

4.7.3 Wisconsin

La méthode préconisée par l'état du Wisconsin est spécifique au milieu rural. Il s'agit de la seule méthode qui tient compte du volume de cyclistes. En effet, les règles décisionnelles sont établies par la multiplication des volumes de vélos et de véhicules, lesquels doivent être comptabilisés lors des pointes d'achalandage. Pour être analysé, un site doit préalablement détenir un DJMA de 3 500 véhicules par jour et une vitesse affichée entre 64 et 89 km/h (40 et 55mph). Lorsque ces deux critères sont satisfaits les volumes de véhicules sur la route et les volumes d'utilisateurs sur le sentier sont comptabilisés par périodes d'une heure. Les volumes sont ensuite multipliés pour obtenir le facteur d'exposition (E). Les facteurs d'exposition de l'heure la plus achalandée (E_{max}) et de la quatrième heure la plus achalandée (E_4) justifient l'aménagement d'un dénivelé selon les critères du tableau 19.

$$E_{max} = DHR_{max} \times DHC_{max} \quad E_4 = DHR_4 \times DHC_4$$

Où :

E_{max} = facteur d'exposition maximal (heure la plus achalandée)

DHR_{max} = débit horaire maximal de la route (heure la plus achalandée)

DHC_{max} = débit horaire maximal de la piste cyclable (heure la plus achalandée)

E_4 = facteur d'exposition (4^{ième} heure la plus achalandée)

DHR_4 = débit horaire de la route (4^{ième} heure la plus achalandée)

DHC_4 = débit horaire de la piste cyclable (4^{ième} heure la plus achalandée)

Tableau 19 Facteur d'exposition de la méthode du Wisconsin

Facteur d'exposition (/1000)	Justification d'un passage dénivelé		
	Non applicable	Peut-être applicable	Applicable
E_4	<25	25-35	>35
E_{max}	<40	40-60	>60

Modifié de : WisDOT (2004) *Wisconsin bicycle facility design handbook*.

Cette méthodologie a été appliquée à trois journées de la campagne de terrain, soit le dimanche 24 juillet, le samedi 30 juillet et le mercredi 3 août 2011. Les facteurs d'exposition obtenus pour les trois journées dépassent nettement les seuils minimaux prescrits pour justifier la dénivellation du passage (tableau 20). Par exemple, pour le dimanche 24 juillet, le E_{max} de 183,1 est trois fois plus élevé que la valeur maximale prescrite de 60. Même la journée de mercredi surpasse les seuils maximaux, à un point tel qu'un dénivelé est entièrement justifié.

Tableau 20 Facteur d'exposition calculé avec la méthode du Wisconsin

Heure	Dimanche 24 Juillet			Samedi 30 Juillet			Mercredi 3 Août		
	Usagers	Véhicules	E	Usagers	Véhicules	E	Usagers	Véhicules	E
1	119	472	56,2	111	480	53,3	103	414	42,6
2	260	509	132,3	133	527	70,1	195	440	85,8
3	286	574	164,2	164	556	91,2	197	461	90,8
4	285	587	167,3	184	564	103,8	175	495	86,6
5	277	661	183,1	232	596	138,3	145	458	66,4
6	272	609	165,6	226	652	147,4	166	533	88,5
E_{max}		183,1			147,4			90,8	
E_4		164,2			91,2			85,8	

Les résultats obtenus pour ces trois journées de référence sont sans équivoque. Toutefois, parce que les données nous le permettent, et que cette méthode est intéressante à explorer, nous avons poussé l'analyse plus loin. En effet, puisque les volumes horaires d'usagers de la piste sont déjà connus, pour la totalité des 12 journées échantillonnées, et qu'il est relativement facile de reproduire sans trop de variation une projection horaire du volume de véhicules, nous avons poussé plus loin l'application de cette méthode.

Partant des volumes horaires de la piste fournis par le compteur, lesquels ont été corrigés pour inclure les patineurs (tableau 21), un nombre minimal de véhicules à l'heure a été établi, pour chaque jour et chaque heure de la période étudiée, dont l'atteinte « justifie entièrement » ou « pourrait justifier » un dénivelé (tableau 22). Les volumes de trafic moyen par heure estimés pour la semaine (447) et la fin de semaine (524) ont servi de base théorique de calcul. Autrement dit, le volume réel d'usagers de la piste a été multiplié par le volume théorique de la route.

Tableau 21 Volume d'usagers sur la piste lors des 12 journées échantillonnées

Heure	Journée											
	07-20	07-19	07-23	07-24	07-25	07-28	07-29	07-30	07-31	08-01	08-02	08-03
1	182	139	140	111	92	177	105	86	153	60	48	91
2	113	160	148	241	154	211	113	130	195	99	54	191
3	66	150	114	299	142	153	102	171	239	80	79	189
4	117	255	91	271	96	161	117	165	242	76	95	178
5	129	112	101	270	81	181	70	237	209	68	120	131
6	44	83	106	280	63	165	92	257	235	65	153	178
<i>DHc_{max}</i>	182	255	148	299	154	211	117	257	242	99	153	191
<i>DHc₄</i>	113	139	106	270	92	165	102	165	209	68	79	178

Tableau 22 Volume de véhicules requis pour atteindre les seuils critiques

Indice	Journée											
	07-20	07-19	07-23	07-24	07-25	07-28	07-29	07-30	07-31	08-01	08-02	08-03
Débit horaire routier nécessaire pour atteindre le seuil « applicable » ($E_{max}=60$ et $E_4=35$)												
<i>DHr_{max}</i>	330	235	405	201	390	284	513	233	248	606	392	314
<i>DHr₄</i>	310	252	330	130	380	212	343	212	167	515	443	197
Débit horaire routier nécessaire pour « peut-être applicable » ($E_{max}=40$ et $E_4=25$)												
<i>DHr_{max}</i>	220	157	270	134	260	190	342	156	165	404	261	209
<i>DHr₄</i>	221	180	236	93	272	152	245	152	120	368	316	140

Le résultat final est que seules les journées du vendredi 29 juillet et du lundi 1^{er} août ne rencontrent pas le critère « entièrement applicable ». Toutefois, ces deux journées dépassent le critère du seuil « peut-être applicable ». C'est donc dire que 10 des 12 journées échantillonnées justifient pleinement la présence d'un dénivelé, alors que les 2 autres le justifient peut-être. Les résultats ne peuvent pas être plus concluants.

Un troisième niveau d'analyse a été réalisé en appliquant une méthodologie similaire. Les données du compteur automatique ont été reprises et corrigées pour l'année 2010, de façon à inclure les patineurs dans le comptage. Les comptages ont été profilés de mai à septembre 2010. À partir de ces valeurs, et du débit moyen de véhicules estimé pour la semaine et la fin de semaine, cinq calendriers mensuels ont été dressés. Chaque calendrier présente les journées au cours desquelles les données surpassent les seuils « applicables » ou « peut-être applicables ». Lorsque la case est en gris pâle, le facteur E_4 « peut-être applicable ». Lorsque la case est en gris foncé, le E_4 est « entièrement applicable », et le E_{max} « peut-être applicable ». Enfin, les cases noires correspondent aux journées où la présence d'un dénivelé est justifiée à 100 %, par les deux indicateurs.

Déjà en mai, la moitié des journées justifient un dénivelé, au moins en partie (figure 36). Ce mois compte en effet 6 journées en gris pâle, autant en gris foncé, et 5 noires. Le mois de juin est assez semblable, avec 8 cases en gris foncé et 4 noires (figure 37). Les mois de juillet (figure 38) et d'août (figure 39) sont très « foncés ». On y observe respectivement 11 et 10 journées justifiant à 100 % un dénivelé, ainsi que 9 et 8 journées le justifiant en partie. En fait, lors de ces deux mois, seulement une journée sur cinq ne justifie pas de dénivelé. Même en septembre (figure 40), il y a encore plusieurs journées justifiant la présence d'un dénivelé.

Mai 2010						
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
					1 DHc : 105 E : 55	2 DHc : 95 E : 50
3 DHc : 16 E : 7	4 DHc : 24 E : 11	5 DHc : 74 E : 33	6 DHc : 8 E : 4	7 DHc : 29 E : 13	8 DHc : 4 E : 2	9 DHc : 1 E : 1
10 DHc : 11 E : 5	11 DHc : 36 E : 16	12 DHc : 29 E : 13	13 DHc : 56 E : 25	14 DHc : 23 E : 10	15 DHc : 16 E : 8	16 DHc : 208 E : 109
17 DHc : 86 E : 38	18 DHc : 89 E : 40	19 DHc : 38 E : 17	20 DHc : 45 E : 20	21 DHc : 90 E : 40	22 DHc : 113 E : 59	23 DHc : 267 E : 140
24 DHc : 188 - E : 84	25 DHc : 60 E : 27	26 DHc : 48 E : 21	27 DHc : 61 E : 27	28 DHc : 92 E : 41	29 DHc : 147 E : 77	30 DHc : 160 E : 84
31 DHc : 78 E : 35						

Légende :

DHc : Débit cycliste horaire moyen

E : Facteur d'exposition moyen

 E₄ >25 « peut-être applicable »

 E₄ >35 « applicable »; E_{max} >40 « peut-être applicable »

 E_{max} >60 « applicable »

Figure 36 Application de la méthode du Wisconsin pour mai 2010

Juin 2010						
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
	1 DHc : 9 E : 4	2 DHc : 80 E : 36	3 DHc : 15 E : 7	4 DHc : 102 E : 46	5 DHc : 25 E : 13	6 DHc : 2 E : 1
7 DHc : 43 E : 19	8 DHc : 54 E : 24	9 DHc : 89 E : 40	10 DHc : 5 E : 2	11 DHc : 61 E : 27	12 DHc : 107 E : 56	13 DHc : 149 E : 78
14 DHc : 11 E : 5	15 DHc : 104 E : 46	16 DHc : 35 E : 16	17 DHc : 49 E : 22	18 DHc : 100 E : 45	19 DHc : 152 E : 80	20 DHc : 46 E : 24
21 DHc : 115 E : 51	22 DHc : 117 E : 52	23 DHc : 38 E : 17	24 DHc : 41 E : 18	25 DHc : 160 E : 72	26 DHc : 79 E : 41	27 DHc : 227 E : 119
28 DHc : 23 E : 10	29 DHc : 54 E : 24	30 DHc : 44 E : 20				

Légende :

DHc : Débit cycliste horaire moyen

E : Facteur d'exposition moyen

 E₄ >25 « peut-être applicable »

 E₄ >35 « applicable »; E_{max} >40 « peut-être applicable »

 E_{max} >60 « applicable »

Figure 37 Application de la méthode du Wisconsin pour juin 2010

Juillet 2010						
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
			1 DHc : 39 E : 17	2 DHc : 221 E : 99	3 DHc : 211 E : 111	4 DHc : 176 E : 92
5 DHc : 69 E : 31	6 DHc : 54 E : 24	7 DHc : 43 E : 19	8 DHc : 34 E : 15	9 DHc : 26 E : 12	10 DHc : 96 E : 50	11 DHc : 164 E : 86
12 DHc : 82 E : 37	13 DHc : 58 E : 26	14 DHc : 67 E : 30	15 DHc : 89 E : 40	16 DHc : 25 E : 11	17 DHc : 142 E : 74	18 DHc : 203 E : 106
19 DHc : 18 E : 8	20 DHc : 149 E : 67	21 DHc : 96 E : 43	22 DHc : 109 E : 49	23 DHc : 130 E : 58	24 DHc : 107 E : 56	25 DHc : 158 E : 83
26 DHc : 160 E : 72	27 DHc : 162 E : 72	28 DHc : 104 E : 46	29 DHc : 131 E : 59	30 DHc : 126 E : 56	31 DHc : 208 E : 109	

Légende :

DHc : Débit cycliste horaire moyen

E : Facteur d'exposition moyen

 E₄ >25 « peut-être applicable »

 E₄ >35 « applicable »; E_{max} >40 « peut-être applicable »

 E_{max} >60 « applicable »

Figure 38 Application de la méthode du Wisconsin pour juillet 2010

Août 2010						
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
						1 DHc : 227 E : 119
2 DHc : 126 E : 56	3 DHc : 16 E : 7	4 DHc : 53 E : 24	5 DHc : 99 E : 44	6 DHc : 79 E : 35	7 DHc : 201 E : 105	8 DHc : 98 E : 51
9 DHc : 68 E : 30	10 DHc : 96 E : 43	11 DHc : 163 E : 73	12 DHc : 141 E : 63	13 DHc : 115 E : 51	14 DHc : 177 E : 93	15 DHc : 141 E : 74
16 DHc : 29 E : 13	17 DHc : 126 E : 56	18 DHc : 137 E : 61	19 DHc : 106 E : 47	20 DHc : 88 E : 39	21 DHc : 117 E : 61	22 DHc : 6 E : 3
23 DHc : 58 E : 26	24 DHc : 119 E : 53	25 DHc : 30 E : 13	26 DHc : 46 E : 21	27 DHc : 105 E : 47	28 DHc : 174 E : 91	29 DHc : 165 E : 86
30 DHc : 83 E : 37	31 DHc : 60 E : 27					

Légende :

DHc : Débit cycliste horaire moyen

E : Facteur d'exposition moyen

 E₄ >25 « peut-être applicable »

 E₄ >35 « applicable »; E_{max} >40 « peut-être applicable »

 E_{max} >60 « applicable »

Figure 39 Application de la méthode du Wisconsin pour août 2010

Septembre 2010						
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
		1 DHc : 53 E : 24	2 DHc : 37 E : 17	3 DHc : 57 E : 25	4 DHc : 55 E : 29	5 DHc : 86 E : 45
6 DHc : 140 E : 63	7 DHc : 27 E : 12	8 DHc : 24 E : 11	9 DHc : 5 E : 2	10 DHc : 31 E : 14	11 DHc : 170 E : 89	12 DHc : 67 E : 35
13 DHc : 10 E : 4	14 DHc : 12 E : 5	15 DHc : 19 E : 8	16 DHc : 16 E : 7	17 DHc : 26 E : 12	18 DHc : 114 E : 60	19 DHc : 96 E : 50
20 DHc : 37 E : 17	21 DHc : 19 E : 8	22 DHc : 8 E : 4	23 DHc : 32 E : 14	24 DHc : 12 E : 5	25 DHc : 25 E : 13	26 DHc : 27 E : 14
27 DHc : 38 E : 17	28 DHc : 4 E : 2	29 DHc : 16 E : 7	30 DHc : 1 E : 0			

Légende :

DHc : Débit cycliste horaire moyen

E : Facteur d'exposition moyen

 E₄ >25 « peut-être applicable »

 E₄ >35 « applicable »; E_{max} >40 « peut-être applicable »

 E_{max} >60 « applicable »

Figure 40 Application de la méthode du Wisconsin pour septembre 2010

Pour l'ensemble de la saison cyclable 2010, allant de mai à septembre inclusivement, 58 % des journées atteignent au moins le seuil « peut-être applicable » pour l'indicateur E₄ (tableau 23). Cet indicateur révèle qu'un dénivelé serait applicable pour un très grand nombre de journées de la saison cyclable, soit 44 %. Enfin, en isolant le critère le plus exigeant, soit le E_{max}, on constate que 22 % des journées sur l'ensemble de la saison cyclable justifient entièrement un dénivelé. Pour les deux principaux mois de la saison vélo, soit juillet et août, cette proportion grimpe à une journée sur trois.

Tableau 23 Applicabilité du dénivelé par mois et par critères

Mois	E ₄ «peut-être applicable» (>25)		E _{max} «peut-être applicable» et E ₄ «applicable» (>40)		E _{max} «applicable» (>60)	
	Jours applicables (Nb)	Proportion (%)	Jours applicables (Nb)	Proportion (%)	Jours applicables (Nb)	Proportion (%)
Mai	17	54,8	11	35,5	5	16,1
Juin	14	46,7	12	40,0	4	13,3
Juillet	24	77,4	20	64,5	11	35,5
Août	25	80,6	19	61,3	10	32,3
Septembre	8	26,7	5	16,7	3	10,0
Total	88	57,5	67	43,8	33	21,6

De toute évidence, les résultats montrent que l'option du dénivelé ne s'applique pas à quelques journées sporadiques, mais bien à l'ensemble de la saison cyclable. La pertinence du dénivelé prend tout son sens lorsqu'on ne tient compte que des journées de fin de semaine, lors de la période des vacances. En regroupant toutes les journées de fin de semaine allant de la deuxième semaine de juin jusqu'à la Fête du travail, incluant aussi le lundi, on observe que :

- E₄ « peut-être applicable » à 93 % des journées;
- E_{max} « peut-être applicable » et E₄ est « applicable » à 89 % des journées;
- E_{max} est « applicable » à 67 % des journées.

4.7.4 Finlande et Minnesota

L'état du Minnesota a publié deux grilles de priorisation. D'abord celle des finlandais (1996), puis une version légèrement modifiée en 2007. Dans les deux cas, le choix de l'aménagement est fait en fonction de la vitesse et du DJMA. De plus, un critère de qualité est applicable en fonction des caractéristiques du passage. Les données de 2000, 2011 et 2025 montrent que dans tous les cas, un dénivelé est justifié au passage Estriade/route 112 (figure 41).

A. Grille de priorisation 2007

Vitesse (km/h)	Critère de qualité	DJMA (véhicules par jour)			
		<5 000	5 000 à 7 000	7 000 à 9 000	>9 000
>80 km/h (>50mph)	Bon				+ ★ ● ■ ◆
	Acceptable				
70 km/h (45mph)	Bon				
	Acceptable				
60 km/h (40mph)	Bon				
	Acceptable				
50 km/h (30mph)	Bon				
	Acceptable				

B. Grille de priorisation 1996

Vitesse (km/h)	Critère de qualité	DJMA (véhicules par jour)			
		<4500	4500 à 8000	8000 à 10000	>10000
>80 km/h (>50mph)		Toujours un tunnel ou une passerelle + ★ ● ■ ◆			
70 km/h (45mph)	Bon				
	Acceptable				
60 km/h (40mph)	Bon				
	Acceptable				
50 km/h (30mph)	Bon				
	Acceptable				



Passage marqué
Passage marqué avec îlot de protection



Feu de circulation
Passage dénivelé

- Légende :
- + : 2000
 - ★ : 2011
 - : scénario croissance faible
 - : scénario croissance moyenne
 - ◆ : scénario croissance élevée

Figure 41 Scénarios de circulation et grilles de priorisation du Minnesota

Dans une grille comme dans l'autre, le dénivelé est la solution retenue car le critère « bon » est respecté. En effet, selon le département des transports du Minnesota, ce critère doit être privilégié lorsqu'au moins un des éléments suivants est rencontré :

- la piste est un trajet scolaire;
- il y a plusieurs utilisateurs vulnérables ou à risque;
- il y a un nombre élevé d'utilisateurs en période de pointe;
- la longueur du passage est grande;
- la piste cyclable fait partie d'un axe cyclable important ou
- des développements sont susceptibles d'augmenter le volume de véhicules et de vélos.

Et l'Estrade rencontre trois ou quatre des six critères. Elle compte un grand nombre d'usagers vulnérables (familles), elle est un des tronçons les plus achalandées de la Route Verte, et enfin, les développements domiciliaires prévus à Granby et Shefford feront augmenter le volume de véhicules sur la route 112 et d'usagers sur la piste cyclable.

4.7.5 Québec

Au Québec, Bruneau et Pouliot (2000) proposent une grille qui tient compte de l'environnement, du DJMA et du nombre de voies (figure 42). Alors qu'en 2000 un arrêt était préconisé sur la piste, l'évolution des conditions de circulation justifient maintenant un dénivelé. L'îlot n'est pas une solution appropriée puisque la longueur du passage est déjà réduite au strict minimum.

Environnement physique	DJMA < 500	DJMA 500 – 4999	DJMA 5000 - 9999	DJMA 10 000 et +
Urbain	Arrêt piste	Arrêt piste	Arrêt piste	Feu de circulation*
	<i>Arrêt piste</i>	<i>Arrêt piste + îlot</i>	<i>Arrêt piste + îlot</i>	<i>Arrêt piste + îlot ou feu de circulation*</i>
Périurbain	Arrêt piste ou Cédez piste	Arrêt piste	Arrêt piste	Arrêt piste + îlot ou feu de circulation*
		<i>Arrêt piste + îlot</i>	<i>Arrêt piste + îlot</i>	<i>Arrêt piste + îlot ou feu de circulation*</i>
Rural	Arrêt piste ou Cédez piste	Arrêt piste	Arrêt piste +	Passage dénivelé ou arrêt piste + îlot ★ ● ■ ◆
		<i>Arrêt piste + îlot</i>	<i>Arrêt piste + îlot ou passage dénivelé</i>	<i>Passage dénivelé ou arrêt piste + îlot</i>

Légende :

Deux voies
Plus de deux voies

* Feu de circulation sur demande

Légende .

- + : 2000
- ★ : 2011
- : scénario croissance faible
- : scénario croissance moyenne
- ◆ : scénario croissance élevée

Figure 42 Scénario d'aménagement selon la grille de priorisation du Québec

4.7.6 Grilles de priorisation des passages piétons

De nombreuses méthodes de priorisation traitent des passages pour piétons, et leur application est essentiellement urbaine, pour justifier des feux pour piétons, ou encore applicable au milieu rural, mais pour justifier un dénivelé dans des milieux très particuliers, dont les autoroutes où les routes très achalandées ayant plus d'une voie en chaque direction. Ces méthodes ont été présentées dans le rapport d'étape, car il était important à ce stade de recenser un maximum de méthodes, mais elles ne peuvent être ici présentées, dans le cas de l'Estriade, car elles ne s'appliquent tout simplement pas. C'est donc dire que les méthodes développées par la Ville de Portland (2006), la Californie (Fehr & Peers, 2003), l'Australie-Méridionale (Ribbens, 1985), la Nouvelles-Galles-du-Sud (TANSW, 1987), l'Australie (Austroads, 1995), l'Afrique du Sud (Ribbens, 1985), Turner et Carlson (2000), Turner *et al.* (2006), et Axler (1984), ne peuvent être prises en compte. Par ailleurs, Fitzpatrick *et al.* (2006) affirment que plusieurs méthodes des années 1970 et 1980 emploient des critères trop stricts et qu'ils doivent être adoucis. Néanmoins, même si les méthodes énumérées ci-haut traitent des piétons dans des conditions spécifiques, et que les critères sont parfois trop sévères puisque d'une autre époque, quelques une d'entre elles permettent de justifier un feu ou un dénivelé, si le dénivelé est une option envisagée.

4.7.7 Synthèse

L'ensemble des résultats obtenus avec les sept méthodes de priorisation démontrent clairement le changement de situation observable entre les deux études (tableau 24). Si en 2000 trois des sept méthodes toléraient comme option l'arrêt sur la piste, avec ou sans îlot de protection, la situation est toute autre en 2011, et elle le demeurera au cours des prochaines années. Effectivement, toutes les méthodologies présentées, dont le dénivelé fait partie des options, justifient la présence d'un dénivelé, que ce soit un tunnel ou une passerelle.

Tableau 24 Applicabilité du dénivelé par mois et par critères

Territoire (année)	Arrêt + marquage	Îlot avec/sans feu clignotant	Feu de circulation	Dénivelé (tunnel ou passerelle)
Nouvelle-Zélande (2010)		+		+ ★ ● ■ ◆
Royaume-Uni (2009)		+		★ ● ■ ◆
Wisconsin (2004)				★
Finlande (1996)				+ ★ ● ■ ◆
Minnesota (2007)				+ ★ ● ■ ◆
Québec (2000)	+	★ ● ■ ◆		★ ● ■ ◆

Légende :

- + : 2000
- ★ : 2011
- : scénario croissance faible
- : scénario croissance moyenne
- ◆ : scénario croissance élevée

5 CONCLUSION

La campagne de terrain a permis d'obtenir une très grande quantité d'informations sur la dynamique de circulation et la sécurité au passage cyclable Estriade/route 112.

Tout d'abord, entre 2000 et 2011, le volume d'usagers empruntant le passage semble avoir augmenté. La première étude comptait 15h30 de vidéos et une moyenne d'environ 120 usagers à l'heure. La présente étude, avec 72 heures de vidéos dépouillées, recense 10 186 passages, pour une moyenne d'environ 140 usagers à l'heure.

Les données entourant le type de clientèle démontrent peu de changement, à part peut-être une baisse de la proportion de patineurs. L'Estriade est une piste cyclable récréative, où les usagers circulent en groupe. La présence de jeunes enfants et de personne âgé de plus de 55 ans y est importante. Les vélos avec équipement (siège pour bébé, remorque) et les vélos spécialisés (tandem, vélo couché) sont régulièrement observés et doivent pris en compte dans l'analyse de sécurité.

Le réaménagement du passage a contribué à modifier les manœuvres entourant la traversée. Le redressement du couloir facilite le repérage visuel aux abords de la ligne de rive. Peut-être que ceci contribue à un plus grand nombre de cyclistes continuant de mouliner à l'approche du passage, surtout si le chemin est libre pour traverser, même si ce n'est pas nécessairement cette manœuvre que l'on souhaite voir accomplie.

Mais on note également, en présence de véhicules, une légère augmentation des freinages complets, ce qui va sans doute de pair avec le volume de trafic accru sur la route 112. L'élimination de la signalisation obligeant les cyclistes à traverser en marchant à côté du vélo fait en sorte que cette pratique n'est presque plus observée sur le site.

Les déviations de trajectoire, observées chez les usagers qui souhaitent garder leur inertie sans s'immobiliser au passage, sont toujours présentes dans de très faibles proportions (1,1 %). Néanmoins, dans un contexte où le passage est maintenant à angle droit, il est difficile de comprendre ce qui pousse certains usagers à accomplir une telle manœuvre. Le plus important à retenir est que plusieurs cas de conflits émanent de cette pratique, car en l'usager de la piste fini souvent par couper une voiture ou empiéter la chaussée.

De toutes les manœuvres entourant la traversée, deux phénomènes majeurs, qui existaient déjà en 2000, ont littéralement explosé en 2011, soit la proportion des conducteurs qui s'arrêtent subitement sur la route, ainsi que le taux de passages à risque effectués par les usagers.

En effet, les conflits observés dans la présente étude sont plus préoccupants que lors de la dernière étude. De 2000 à 2011, le nombre d'usagers de la piste exposés à un conducteur immobilisé sur la route est passé de 1 à 10 %. Dans certains cas, ce sont les usagers de la piste qui coupent les conducteurs, alors que dans bien des situations, c'est un conducteur courtois qui s'immobilise pour laisser passer les usagers de la piste. Bien que la volonté derrière le geste soit louable, il n'en demeure pas moins qu'avec cette manœuvre, quelques tamponnages arrière ont tout juste été évités. Lorsqu'un automobiliste s'immobilise, son geste n'est pas nécessairement perçu, compris ou imité par les voitures à l'arrière ou en sens inverse.

Les vitesses de traversée ont diminué au cours de la dernière étude, probablement parce que le facteur accélération ne peut être mis à profit sur une distance si courte. Or, les temps de

traversée ont diminué, et du fait même l'exposition au risque. Le réaménagement du passage à angle droit y est a largement contribué à réduire les temps de traversée, et incidemment l'exposition au risque.

Le temps moyen d'attente pour l'ensemble des usagers a augmenté de près de 2 s entre les deux études. Mais l'écart-type observé en 2011 est très prononcé (15,1 s). Cette augmentation du temps d'attente fait en sorte qu'il est encore plus difficile pour les usagers de traverser la route, malgré la longueur de traversée réduite de moitié. L'attente est également plus élevée chez les enfants et les usagers qui transportent un siège pour bébé ou une remorque.

Conséquemment à l'augmentation du volume de véhicules sur la route 112, les créneaux de passages se sont resserrés en 2011. Cette situation explique l'augmentation des temps d'attente. Les créneaux ouverts de très courte durée sont maintenant très nombreux, alors que les créneaux plus longs se font rares, car pour effectuer un passage adéquat, le créneau ouvert doit être d'au moins 10 s. Ce type de créneau se présente maintenant dans 31 % des cas, comparativement à 41 % en 2000.

La donnée la plus préoccupante émane de l'analyse des créneaux. Plus des deux cinquièmes des usagers (42 %) effectuent une traversée à risque, lorsqu'ils se trouvent confrontés à un créneau fermé. On enregistrait moins de 16 % de passages à risque en 2000, l'écart démontre donc la nette détérioration de la sécurité objective du passage. De plus, ce problème n'est pas lié avec l'attente accrue des usagers, car les pourcentages de passage à risque sont toujours élevés, que l'attente soit longue ou très courte.

Quant aux grilles de priorisation des options d'aménagement, la vitesse et le volume de circulation sur le site de passage, de même que les projections pour 2025, ont permis de constater que l'aménagement requis sur l'Estriade, au croisement de la route 112, est sans contredit un dénivelé.

L'aménagement d'un îlot de protection fait face à deux difficultés techniques de taille. Premièrement, la carrière Ostiguy génère un trafic de poids lourds important et ceux-ci effectuent leur manœuvre de virage directement à la localisation du passage. De plus, il faut considérer que des camions surdimensionnés transportant des pelles mécaniques tournent à la carrière. Deuxièmement, l'îlot doit être assez large pour accueillir le grand nombre d'usagers présents au passage et les nombreux vélos équipés de remorque. Par ailleurs, plusieurs auteurs du rapport d'étape réservent l'îlot de protection à des routes à plus de trois voies, et au Québec, les îlots centraux compliquent le déneigement, surtout qu'il s'agit d'une route à haute vitesse.

Quant à un feu de circulation, tout porte à croire que les temps de traversée très courts, ainsi que les nombreux passages à risque observée sur des créneaux d'attente très courts, feront en sorte que peu d'usagers l'utiliseront, ou l'attendront une fois demandé. De plus, il est fort possible que le feu de circulation soit saturé lors des journées les plus achalandées. Enfin, l'observation des cas où les véhicules s'immobilisent sur la chaussée démontrent clairement qu'en présence d'un feu rouge. La route 112 sera vite congestionnée à cet endroit, un phénomène non désirable en milieu rural, surtout à un endroit où la pente viendra obstruer la visibilité.

D'autre part, la problématique du passage cyclable de la route 112 et de l'Estriade n'est pas attribuable à quelques journées spécifiques. L'application de la méthode Wisconsin sur l'ensemble de la saison 2010 démontre clairement que le passage dénivelé s'applique à la longueur de la saison de vélo.

Par ailleurs, selon le rapport d'étape et l'étude antérieure réalisée sur le même site (Bruneau *et al.*, 2000) le tunnel représente la meilleure option pour la clientèle de l'Estriade. En effet, la piste cyclable présente un grand nombre d'utilisateurs vulnérables, tel que les personnes âgées, les vélos à main, les vélos à position allongée et les vélos équipés de remorque pour qui les pentes d'accès doivent être le plus faible possible. Cependant, l'aménagement d'un tunnel nécessiterait le rehaussement de la route afin d'éviter des problèmes de drainage.

En terminant, les constats tirés de l'analyse temporelle et actuelle du passage nous permettent de valider le niveau de sécurité actuel et de recommander l'aménagement d'un tunnel, afin d'assurer la pérennité de cet équipement touristique important pour la région. Reste à documenter la faisabilité d'un tel projet, compte tenu de la localisation du site en zone inondable.

6 RÉFÉRENCES

- AL-MASAEID, H.R., AL-SULEIMAN, T.I. ET OBAIDAT, M.T. (1998) Traffic Volume Forecasting Models for Rural Desert Towns. Institute of Transportation Engineers Journal on the Web, 1998- May, 4 p.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (1999) *Guide for the development of bicycles facilities*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, USA, 86 p.
- AUSTRALIAN CAPITAL TERRITORY (2007) *Design standards for urban infrastructure - 13 pedestrian & cycle facilities*, Australian Capital Territory, Canberra, Australia, 39 p.
- AUSTROADS (1995) *Guide to traffic engineering practice part 13 – pedestrians*. Austroads, Sydney, Australia, 90 p.
- AUSTROADS (1999) *Guide to traffic engineering practice part 14 – bicycles*. Austroads, Sydney, Australia, 153 p.
- AUSTROADS (2000a) *Pedestrian and cyclist safety – investigation of accidents in different roads environments*. Austroads, Sydney, Australia, 86 p.
- AUSTROADS (2000b) *Pedestrian and cyclist safety – investigation of accidents in different roads environments*. Austroads, Sydney, Australia, 109 p.
- AUSTROADS (2001) *Traffic flow models allowing for pedestrians and cyclists*. Austroads, Sydney, Australia, 33 p.
- AUSTROADS (2002) *Investigation of cyclist safety at intersections*. Austroads, Sydney, Australia, 96 p.
- AUSTROADS (2003) *Guide to traffic engineering practice series part 7 – traffic signals third edition*. Austroads, Sydney, Australia, 158 p.
- AUSTROADS (2011) *Cycling aspect of Austroads guides*. Austroads, Sydney, Australia, 157 p.
- AXLER, E.A. (1984) *Warrants for pedestrian over and underpasses*. Technology applications; Office of research and development federal highway administration, 144 p.
- BABU, S.V., GRECHKIN, T.Y., CHIHAK, B., ZIEMER, C., KEARNEY, J.K., CREMER, J.F. ET PLUMERT, J.M. (2011) *An immersive Virtual peer for studying social influences on child cyclists' road-crossing behaviour*. IEEE transactions on visualization and computer graphics, vol. 17, no.1, p. 14-25.
- BIRK, M.L. ET HUDSON, G. (s.d.) *Bikesafe: #34 – Path and roadway intersections*. Portland, Oregon, USA.
- BRUNEAU, J-F., POULIOT, M. et MORIN, D. (2000) *Problématique d'aménagement des passages de piste cyclables en milieu rural*. Programme de recherche universitaire en sécurité routière, FCAR, Rapport final. CORSUS, 86 p.

- CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2010) *California manual on uniform traffic control devices for streets and highways*. California Department of Transportation, Sacramento, CA, USA, 1288 p.
- CANADIAN INSTITUTE OF PLANNERS AND GO FOR GREEN (2004) *Community Cycling Manual: A Planning and Design Guide*. Canadian Institute for Planners and Go for green, Ottawa, Ontario, Canada, 222 p.
- CHANG, H. ET CHANG, H. (2005) *Comparison between the differences of recreational cyclists in national scenic bikeway and local bike lane*. Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol. 6, p. 2178-2193.
- CITY OF TORONTO (2001) *City of Toronto bike plan*. City of Toronto, Toronto, Ontario, Canada, 134 p.
- CONNOR, B. (2005) *Bicycle safety – a reflexion*. Journal of the Australian college of road safety, July 2005, p. 11-14.
- CORBEN, B. ET DIAMANTOPOULOU, K. (1996) *Pedestrian safety issues for Victoria*. Monash University Research Centre, Clayton, Victoria, Australia, 87 p.
- DAVIS, K.D. ET HALLENBECK, M.E. (2008) *An evaluation of engineering treatments and pedestrian and motorist behaviour on major arterials in Washington state*. Washington State Transportation Center, Washington State Department of Transportation, 235 p.
- DEPARTMENT FOR TRANSPORTATION (2008) *Cycle infrastructure design*. Department for Transportation, London, England, 92 p.
- DONNELL, E.T., PORTER, R.J. ET SHANKAR, V.N. (2010) *A framework for estimating the safety effects of roadway lighting at intersections*. Science Safety, vol. 48. no 10. p. 1436-1444.
- DRESSER, G.B., STOKES, R.W. ET WADE, M. (1995) *Texas department of transportation traffic forecasting practices*. Texas transportation institute, The Texas A&M University system; research report 1235-5 pour le Texas department of transportation, 148 p.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2006) *BIKESAFE : Bicycle countermeasure selection system*. Chapter 3 - Selecting improvement for bicyclists. U.S. Department of Transportation, 24 p.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2009) *Manual on uniform traffic control devices for streets and highway 2009 edition*. U.S. Department of transportation, 864 p.
- FEHR & PEERS (2003) *Pedestrian safety and crosswalk installation guidelines*. City of Stockton, Stockton, California, USA, 35 p.
- FITZPATRICK, K., TURNER, S., BREWER, M., CARLSON, P., ULLMAN, B., TROUT, N., PARK, E.S., WHITCARE, J., LALANI, N. ET LORD, D. (2006) *Improving pedestrian safety at unsignalized crossings*. Transportation Research Board, Washington, D.C., USA, 111 p.

- FLORIDA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (1996) *Trail intersection design handbook*. Florida department of transportation, Tallahassee, FL, USA, 58 p.
- FLORIDA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2000) *Bicycle facilities planning and design handbook* department of transportation, Tallahassee, FL, USA, 158 p.
- FLORIDA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2002) *Project forecasting handbook*. Florida Department of Transportation, FL, USA, 158 p.
- HOFFMAN, M.B., LAMBERT, W.E., PECK, E.P. ET MAYBERRY, J.C. (2010) *Bicycle commuter injury prevention: it is time to focus on the environment*. The journal of trauma, injury, infection and critical care, vol. 69, no 5, p. 1112-1119.
- HUMMER, J.E., ROUPHAIL, N.M., TOOLE, J.L., PATTEN, R.S., SCHNEIDER, R.J., GREEN, J.S., HUGHES, R.G. ET FAIN, S.J. (2006) *Evaluation of safety, design, and operation of shared-use paths – Final report*. North Carolina State University, Federal Highway Administration, 161 p.
- ILLINOIS DEPARTMENT OF TRANSPORT (2010) *Bureau of design & environment manual*. Illinois department of transport, Springfield, IL, USA, 82 p.
- INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS (2005) *Transportation impact analyses for site development: An ITE recommended practice*, ITE, Washington DC, 128 p.
- INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS (2004) *Trip generation handbook: an ITE recommended practice*, 2nd Ed., ITE, Washington DC, 154 p.
- IVAN, J.N., GARDER, P.E. ET ZAJAC, S.S. (2001) *Finding strategies to improve pedestrian safety in rural areas*. University of Connecticut, University of Maine, United States Department of Transportation, 40 p.
- JACOBSEN, P.L. (2003) *Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling*. Injury prevention, vol. 9, no 3, p. 205-209.
- JOHNSON, M., NEWSTEAD, S., CHARLTON, J. ET OXLEY, J. (2011) *Riding through red lights: the rate, characteristics and risk factors of non-compliant urban commuters cyclists*. Accident analysis and prevention, vol. 43, no 1, p. 323-328.
- KWEON, Y-J. ET LEE, J. (2010) *Potential risk of using general estimates system: bicycle safety*. Accident analysis and prevention, no 42, p. 1712-1717.
- KLOP, J. AND KHATTAK, A. (1999) *Factors influencing bicycle crash severity on two-lane undivided roadways in North Carolina*. Transportation Research Record 1674, Transportation Research Board, Washington, DC, p. 78-85.
- LANDIS, B.W., PETRITSCH, T.A. ET HUANG, H.F. (2004) *Characteristics of emerging road and trail users and their safety*. Sprinkle Consulting, Federal Highway Administration, 127 p.
- LI, J., ISHIDA, H., OKAMOTO, N. ET TSUTSUMI, M. (2007) *The behaviour of pedestrians at crosswalks in Nanjing*. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies,

vol. 6, 15 p.

- MINNESOTA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2007) *Bikeway facility design manual*. Minnesota Department of Transportation, Saint-Paul, MN, USA, 242 p.
- MINNESOTA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2008) *Bicycle and pedestrian toolbox*. Minnesota Department of Transportation, Saint-Paul, MN, USA, 38 p.
- MORGAN, A.S., DALE, H.B., LEE, W.E. ET EDWARDS, P.J (2010) *Death of cyclists in London: trends from 1992 to 2006*. BMC public health, vol. 10, no 699, 5 p.
- NATIONAL CENTER FOR STATISTICS AND ANALYSIS (2007) *Traffic safety facts – 2007 data rural/urban comparison*. National Highway Traffic Safety administration, Washington DC, USA, 6 p.
- NATIONAL COMMITTEE ON UNIFORM TRAFFIC CONTROL (1998) *Manual of uniform traffic control devices for Canada fourth edition*. Transportation association of Canada, Ottawa, Canada.
- OREGON DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (1995) *Oregon bicycle and pedestrian plan*. Oregon Department of Transportation, Salem, Oregon, USA, 267 p.
- OTAK (1997) *Pedestrian facilities guidebook – Incorporating pedestrians into Washington’s transportation system*. Washington State Department of Transportation, 257 p.
- OVE ARUP & PARTNERS (2009) *Infrastructure toolkit for cycling towns (draft)*. Ove Arup & Partners, Department for Transportation, London, England, 47 p.
- PHILLIPS, R.O., BJORNSKAU, T., HAGMAN, R. ET SAGBERG, F. (2011) *Reduction in car-bicycle conflict at a road-cycle path intersection*. Transportation research part F: Traffic psychology and behavior, vol. 14, no 2, p. 87-95.
- PLUMERT, J.M., KEARNEY. J.K. ET CREMER. J.F. (2004) *Children’s perception of gap affordances : bicycling across traffic-filled intersections in an immersive environment*. Child development, vol. 75, no 4, p. 1243-1253.
- PLUMERT, J.M., KEARNEY. J.K., CREMER. J.F., RECKER,K. M. ET STRUTT J. (2010) *Changes in children’s perception-action tuning over short time scales : bicycling across traffic-filled intersections in a virtual environment*. Journal of experimental child psychology, vol. 108, no 2, p. 322-337.
- POPULER, M., DUPRIEZ, B. ET VERTRIEST, M. (2006) *Accidents de cyclistes en contexte urbain: trios années (1998-2000) d’accidents corporels de cyclistes sur les voiries régionales de la region Bruxelles-Capitale*. Institut Belge pour la sécurité routière, 52 p.
- PUCHER, J. ET DIJKSTRA, L. (2000) *Making walking and cycling safer: lessons from Europe*. Transportation quarterly, vol. 54, no 3, p. 25-50.
- RETTING, R. A., FERGUSON, S. A. ET MCCARTT, A. T. (2003) *A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce pedestrian-motor vehicle crashes*. American journal of public health, vol. 93, no 9, p. 1456-1463.

- REYNOLDS, C.CO., HARRIS, M.A., TESCHKE, K., CRIPTON, P.A. ET WINTERS, M. (2009) *The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes : a review of the literature*. Environmental Health, vol. 8, no 47, 19 p.
- RIBBENS, H. (1985) *Proposed guidelines for the provision, design and siting of grade-separated pedestrian crossings*. National institute for transport and road research, Pretoria, South Africa, 39 p.
- RIBBENS, H. (1996) *Pedestrian facilities in South Africa: research and practice*. Transportation Research Record 1538, Transportation Research Board, p. 10-18.
- SCHEPERS, J.P., KROEZE, P.A., SWEERS, W. ET WÜST, J.C. (2011) *Road factors and bicycle-motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections*. Accident analysis and prevention, article sous presse.
- SONKIN, B., EDWARDS, P., ROBERTS, I. ET GREEN, J. (2006) *Walking, cycling and transport safety: an analysis of child road deaths*. Journal of the Royal Society of Medicine. vol. 99, no 8, p. 402-405.
- SPRINKLE CONSULTING (2007) *Atlanta region bicycle transportation and pedestrian walkways plan*. Sprinkle consulting, Atlanta regional commission, 222 p.
- STOVER, V.G. ET KOEPKE F.J. (2002) *Transportation and Land Development 2nd edition*. Institute of Transportation Engineers, Washington DC, 700 p.
- SWOV (2010) *Crossing facilities for cyclists and pedestrians*. SWOV – institute for road safety research, Leidschendam, The Netherlands, 6 p.
- TRAFFIC AUTHORITY OF NEW SOUTH WALES (1987) *Guidelines for traffic facilities. Part 4.3 Grade separated pedestrian facilities*, New South Wales Government, Sydney, Australia, 9 p.
- TRAFFIC AUTHORITY OF NEW SOUTH WALES (2008) *Traffic signal design. Section 2 – Warrants*, New South Wales Government, Sydney, Australia, 14 p.
- TRANSPLAN ASSOCIATES, INC. (1996) *Pedestrian crossing treatment warrants*. Tansplan Associates, In.; rapport au City of Boulder transportation division, Boulder, Colorado, USA, 78 p.
- TRANSPORT FOR LONDON (2008) *Pedal cyclist collisions and casualties in Greater London*. London road safety unit, London, 20 p.
- TURNER, S.M. ET CARLSON, P.J. (2000) *Pedestrian crossing guidelines for Texas*. Texas transportation institute, The Texas A&M University system, Texas Department of Transportation, 70 p.
- TURNER, S.M., SANDT, L., TOOLE, J., BENZ, R. ET PATTEN, R. (2006) *FHWA university course on bicycle and pedestrian transportation : student workbook*. Texas Transportation Institute, Federal Highway Administration, 452 p.
- UK ROADS (1993) *Subway for pedestrians and pedal cyclists layout and dimensions*. UK roads,

Winchester, England, 19 p.

VÉLO QUÉBEC (2009) *Aménagements en faveur des piétons et des cyclistes*, Montréal, 168 p.

VIRGINIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2001) *Virginia Bicycle Facility Resource Guide*. Virginia Department of Transportation, Richmond, VA, USA, 136 p.

VERMONT AGENCY OF TRANSPORTATION (2002) *Pedestrian and bicycle planning and design manual*. Vermont Agency of Transportation, 284 p.

VIASTRADA (2010) *Cycle trail design guide*. Ministry of Tourism, New Zealand, 86 p.

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2010) *Design manual*. Washington State Department of Transportation, Olympia, WA, USA, 1284 p.

WISCONSIN DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2004) *Wisconsin bicycle facility design handbook*. Wisconsin Department of Transportation, Madison, WI, USA, 195 p.

ZEGEER, C.V., SEIDERMAN, C., LAGERWEY, P., CYNECKI, M., RONKIN, M. ET SCNEIDER, R. (2002) *Pedestrian facilities users guide – providing safety and mobility*. Highway Safety research Center, University of North Carolina, Federal Highway Administration, 162 p.

ZEGEER, C.V., STEWART, R.J., HUANG, H.H., ET LAGERWAY, P.A. (2002) *Safety effects of marked versus unmarked crosswalks at uncontrolled locations: executive summary and recommended guidelines*. Highway Safety research Center, University of North Carolina, Federal Highway Administration, 33 p.

7 ANNEXE A

OUTILS MÉTHODOLOGIQUES

ÉTUDE DE CIRCULATION EN COURS

Figure A-1 Pancarte placée avant le passage à chaque approche

- Placer écriteaux « circulation en cours »
- Activer la caméra, noter l'heure exacte de la synchro audio
- Relevés de vitesse pendant 2 heures
- Arrêter le fichier audio (après 2 heures d'enregistrement)
- Pause-diner
- Comptage avec audio (1 heure d'enregistrement)
- Sur le DVR, noter l'heure exacte de la synchro audio
- Relevés de vitesse pendant 2 heures
- Éteindre la vidéo (après 6 heures d'enregistrement vidéo continues)

Observations : 10AM à 4PM

10AM-12AM Relevés vitesse Approche Ouest

Début vidéo : _____

Début audio : _____

Fin audio : _____

12:00 – 12:30 Diner

12:45 – 13:45 Comptage Approche Ouest

Début audio : _____

Fin audio : _____

14:00 – 16:00 Relevés vitesse Approche Est

Début audio : _____

Fin audio : _____

Fin vidéo : _____

Toutes les étapes ont été faites et vérifiées : par _____

Figure A-3 Grille d'observation pour le comptage des usagers (1h)

Tableau 25 Volumes d'usagers pour la saison 2010

Mai 2010						
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
					1 Ct : 899 C6 : 629 DHc : 105	2 Ct : 811 C6 : 568 DHc : 95
3 Ct : 139 C6 : 97 DHc : 16	4 Ct : 205 C6 : 144 DHc : 24	5 Ct : 635 C6 : 445 DHc : 74	6 Ct : 71 C6 : 50 DHc : 8	7 Ct : 249 C6 : 174 DHc : 29	8 Ct : 35 C6 : 25 DHc : 4	9 Ct : 9 C6 : 6 DHc : 1
10 Ct : 93 C6 : 65 DHc : 11	11 Ct : 304 C6 : 213 DHc : 36	12 Ct : 246 C6 : 172 DHc : 29	13 Ct : 481 C6 : 337 DHc : 56	14 Ct : 193 C6 : 135 DHc : 23	15 Ct : 135 C6 : 95 DHc : 16	16 Ct : 1 784 C6 : 1 600 DHc : 208
17 Ct : 736 C6 : 515 DHc : 86	18 Ct : 760 C6 : 532 DHc : 89	19 Ct : 322 C6 : 225 DHc : 38	20 Ct : 385 C6 : 270 DHc : 45	21 Ct : 767 C6 : 537 DHc : 90	22 Ct : 968 C6 : 678 DHc : 113	23 Ct : 2 286 C6 : 962 DHc : 267
24 Ct : 1 613 C6 : 1 129 DHc : 188	25 Ct : 512 C6 : 358 DHc : 60	26 Ct : 412 C6 : 288 DHc : 48	27 Ct : 519 C6 : 363 DHc : 61	28 Ct : 792 C6 : 554 DHc : 92	29 Ct : 1255 C6 : 879 DHc : 147	30 Ct : 1 374 C6 : 962 DHc : 160
31 Ct : 668 C6 : 468 DHc : 78						

Juin 2010						
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
	1 Ct : 77 C6 : 54 DHc : 9	2 Ct : 687 C6 : 481 DHc : 80	3 Ct : 124 C6 : 87 DHc : 15	4 Ct : 871 C6 : 610 DHc : 102	5 Ct : 210 C6 : 147 DHc : 25	6 Ct : 17 C6 : 12 DHc : 2
7 Ct : 366 C6 : 256 DHc : 43	8 Ct : 464 C6 : 325 DHc : 54	9 Ct : 766 C6 : 536 DHc : 89	10 Ct : 46 C6 : 32 DHc : 5	11 Ct : 526 C6 : 368 DHc : 61	12 Ct : 917 C6 : 642 DHc : 107	13 Ct : 1 280 C6 : 896 DHc : 149
14 Ct : 94 C6 : 66 DHc : 11	15 Ct : 894 C6 : 626 DHc : 104	16 Ct : 297 C6 : 208 DHc : 35	17 Ct : 418 C6 : 293 DHc : 49	18 Ct : 858 C6 : 601 DHc : 100	19 Ct : 1 298 C6 : 909 DHc : 452	20 Ct : 394 C6 : 276 DHc : 46
21 Ct : 985 C6 : 690 DHc : 115	22 Ct : 1 003 C6 : 702 DHc : 117	23 Ct : 321 C6 : 225 DHc : 38	24 Ct : 351 C6 : 246 DHc : 41	25 Ct : 1 374 C6 : 962 DHc : 160	26 Ct : 674 C6 : 472 DHc : 79	27 Ct : 1 942 C6 : 1 359 DHc : 227
28 Ct : 197 C6 : 138 DHc : 23	29 Ct : 464 C6 : 325 DHc : 54	30 Ct : 380 C6 : 266 DHc : 44				

Juillet 2010

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
			1 Ct : 334 C6 : 234 DHc : 39	2 Ct : 1 892 C6 : 1 324 DHc : 221	3 Ct : 1 809 C6 : 1 266 DHc : 211	4 Ct : 1 505 C6 : 1 054 DHc : 176
5 Ct : 590 C6 : 413 DHc : 69	6 Ct : 465 C6 : 326 DHc : 54	7 Ct : 370 C6 : 259 DHc : 43	8 Ct : 293 C6 : 205 DHc : 34	9 Ct : 218 C6 : 153 DHc : 26	10 Ct : 824 C6 : 577 DHc : 96	11 Ct : 1 402 C6 : 981 DHc : 164
12 Ct : 705 C6 : 494 DHc : 82	13 Ct : 493 C6 : 345 DHc : 58	14 Ct : 572 C6 : 400 DHc : 67	15 Ct : 760 C6 : 532 DHc : 89	16 Ct : 214 C6 : 150 DHc : 25	17 Ct : 1 215 C6 : 851 DHc : 142	18 Ct : 1 736 C6 : 1 215 DHc : 203
19 Ct : 153 C6 : 107 DHc : 18	20 Ct : 1 275 C6 : 893 DHc : 149	21 Ct : 818 C6 : 573 DHc : 96	22 Ct : 932 C6 : 652 DHc : 109	23 Ct : 1 112 C6 : 778 DHc : 130	24 Ct : 915 C6 : 641 DHc : 107	25 Ct : 1 355 C6 : 949 DHc : 158
26 Ct : 1 373 C6 : 961 DHc : 160	27 Ct : 1 389 C6 : 972 DHc : 162	28 Ct : 889 C6 : 622 DHc : 104	29 Ct : 1 123 C6 : 786 DHc : 131	30 Ct : 1 078 C6 : 755 DHc : 126	31 Ct : 1 783 C6 : 1 248 DHc : 208	

Août 2010

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
						1 Ct : 1 948 C6 : 1 364 DHc : 227
2 Ct : 1 075 C6 : 753 DHc : 126	3 Ct : 138 C6 : 97 DHc : 16	4 Ct : 452 C6 : 316 DHc : 53	5 Ct : 845 C6 : 592 DHc : 99	6 Ct : 674 C6 : 472 DHc : 79	7 Ct : 1 722 C6 : 1 205 DHc : 201	8 Ct : 842 C6 : 589 DHc : 98
9 Ct : 583 C6 : 408 DHc : 68	10 Ct : 819 C6 : 573 DHc : 96	11 Ct : 1 395 C6 : 977 DHc : 163	12 Ct : 1 212 C6 : 848 DHc : 141	13 Ct : 984 C6 : 689 DHc : 115	14 Ct : 1 519 C6 : 1 063 DHc : 177	15 Ct : 1 210 C6 : 847 DHc : 141
16 Ct : 248 C6 : 174 DHc : 29	17 Ct : 1 081 C6 : 757 DHc : 126	18 Ct : 1 170 C6 : 819 DHc : 137	19 Ct : 906 C6 : 634 DHc : 106	20 Ct : 753 C6 : 527 DHc : 88	21 Ct : 1 001 C6 : 701 DHc : 117	22 Ct : 52 C6 : 36 DHc : 6
23 Ct : 496 C6 : 347 DHc : 58	24 Ct : 1 016 C6 : 711 DHc : 119	25 Ct : 259 C6 : 181 DHc : 30	26 Ct : 395 C6 : 277 DHc : 46	27 Ct : 903 C6 : 632 DHc : 105	28 Ct : 1 489 C6 : 1 042 DHc : 174	29 Ct : 1 417 C6 : 992 DHc : 165
30 Ct : 710 C6 : 497 DHc : 83	31 Ct : 516 C6 : 361 DHc : 60					

Septembre 2010

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
		1 Ct : 452 C6 : 316 DHc : 53	2 Ct : 317 C6 : 222 DHc : 37	3 Ct : 484 C6 : 339 DHc : 57	4 Ct : 474 C6 : 332 DHc : 55	5 Ct : 736 C6 : 515 DHc : 86
6 Ct : 1197 C6 : 838 DHc : 140	7 Ct : 234 C6 : 164 DHc : 27	8 Ct : 209 C6 : 146 DHc : 24	9 Ct : 38 C6 : 27 DHc : 5	10 Ct : 263 C6 : 184 DHc : 31	11 Ct : 1 455 C6 : 1 019 DHc : 170	12 Ct : 574 C6 : 402 DHc : 67
13 Ct : 87 C6 : 61 DHc : 10	14 Ct : 105 C6 : 74 DHc : 12	15 Ct : 159 C6 : 111 DHc : 19	16 Ct : 139 C6 : 97 DHc : 16	17 Ct : 221 C6 : 155 DHc : 26	18 Ct : 973 C6 : 681 DHc : 114	19 Ct : 825 C6 : 578 DHc : 96
20 Ct : 313 C6 : 219 DHc : 37	21 Ct : 163 C6 : 114 DHc : 19	22 Ct : 71 C6 : 50 DHc : 8	23 Ct : 270 C6 : 189 DHc : 32	24 Ct : 104 C6 : 73 DHc : 12	25 Ct : 213 C6 : 149 DHc : 25	26 Ct : 232 C6 : 162 DHc : 27
27 Ct : 328 C6 : 230 DHc : 38	28 Ct : 33 C6 : 23 DHc : 4	29 Ct : 135 C6 : 95 DHc : 16	30 Ct : 11 C6 : 8 DHc : 1			

- Ct : Nombre de cyclistes total de la journée
 C6 : Nombre de cyclistes entre 10h et 16h
 DHc : Débit de cyclistes par heure (entre 10h et 16h)

Tableau 26 Journée d'observation

Journée	2011			2000		
	Journées d'observation Nb	Usagers observés Nb	%	Journées d'observation Nb	Usagers observés Nb	%
Semaine	8	5 694	55,9	2	1 142	61,2
Fin de semaine	4	4 492	44,1	2	724	38,8
Total	12	10 186	100	4	1 866	100

Tableau 27 Type d'utilisateur

Type d'utilisateur	2011		2000	
	Nb	%	Nb	%
Cyclistes	9 691	95,1	1 588	85,1
Patineur	449	4,4	272	14,6
Piéton	46	0,5	6	0,3
Total	10 186	100	1 866	100

Tableau 28 Sexe de l'utilisateur

Sexe	2011		2000	
	Nb	%	Nb	%
Masculin	5 884	57,8	1 095	58,7
Féminin	3 955	38,8	771	41,3
Inconnu	347	3,4	0	0
Total	10 186	100	1 866	100

Tableau 29 Âge de l'utilisateur

Âge	2011		2000	
	Nb	%	Nb	%
1-14 ans	523	5,1	155	8,3
15-54 ans	8 195	80,5	1 413	75,7
55 ans et +	1 380	13,5	298	16,0
Inconnu	88	0,9	0	0,0
Total	10 186	100	1 866	100

Tableau 30 Position de l'usager dans le groupe

Position	2011		2000	
	Usagers observés			
	Nb	%	Nb	%
Usager seul	2 646	26,0	467	25,0
Usager traverse le premier	2 830	27,8	561	30,1
Usager suit un autre usager	4 710	46,2	838	44,9
Total	10 186	100	1 866	100

Tableau 31 Type de freinage (manœuvre de décélération)

Freinage	2011		2000	
	Usagers observés			
	Nb	%	Nb	%
Continue de pédaler	2 335	22,9	183	9,8
Arrêt du pédalage	1416	13,9	562	30,1
Freinage partiel	943	9,3	164	8,8
Freinage complet	5 481	53,8	946	50,7
Inconnu	11	0,1	11	0,6
Total	10 186	100	1 866	100

Tableau 32 Type de freinage en présence d'un véhicule

Freinage	2011		2000	
	Usagers observés			
	Nb	%	Nb	%
Continue de pédaler	739	10,0	71	2,2
Arrêt du pédalage	527	7,1	251	18,3
Freinage partiel	720	9,8	119	8,7
Freinage complet	5 382	73,0	929	67,8
Inconnu	6	0,1	0	0
Total	7 374	100	1 370	100

Tableau 33 Repérage du trafic par l'usager

Repérage	2011		2000	
	Usagers observés			
	Nb	%	Nb	%
Aucun repérage	66	0,6	23	1,2
Repérage avant la ligne de chaussée	9 738	95,6	1 801	96,5
Repérage sur la ligne de chaussée	8	0,1	28	1,5
Repérage sur la chaussée	11	0,1	14	0,8
Inconnu	363	3,6	0	0,0
Total	10 186	100	1 866	100

Tableau 34 Type d'arrêt

Arrêt	2011		2000	
	Usagers observés			
	Nb	%	Nb	%
Reste en mouvement	4 218	41,4	703	37,7
Presque immobile	324	3,2	206	11,0
1 pied par terre	4 318	42,4	561	30,1
2 pieds par terre	448	4,4	75	4,0
Marche à côté du vélo	387	3,8	321	17,2
Inconnu	491	4,8	0	0,0
Total	10 186	100	1 866	100

Tableau 35 Type d'arrêt en présence d'un véhicule

Arrêt	2011		2000	
	Usagers observés			
	Nb	%	Nb	%
Reste en mouvement	1 621	22,0	270	19,7
Presque immobile	266	3,6	166	12,1
1 pied par terre	4 200	57,0	544	39,7
2 pieds par terre	442	6,0	74	5,4
Marche à côté du vélo	365	4,9	316	23,1
Inconnu	480	6,5	0	0,0
Total	7 374	100	1 370	100

Tableau 36 Présence de véhicules

Véhicule	2011		2000	
	Usagers observés			
	Nb	%	Nb	%
Non	2 812	27,6	496	26,6
Oui	7 374	72,4	1 370	73,4
Total	10 186	100	1 866	100

Tableau 37 Déviation de la trajectoire pour ne pas s'immobiliser

Déviation	2011		2000	
	Usagers observés			
	Nb	%	Nb	%
Oui	113	1,1	14	0,8
Non	10 073	98,9	1 852	99,2
Total	10 186	100	1 866	100

Tableau 38 Courtoisie du conducteur (cède à l'utilisateur de la piste)

Courtoisie	2011		2000	
	Usagers observés			
	Nb	%	Nb	%
Normal	9 170	90,0	1 853	99,3
Cède aux cyclistes	1 017	10,0	13	0,7
Total	10 187	100	1 866	100

Tableau 39 Courtoisie selon la période la semaine et de la provenance du véhicule

Courtoisie	2 approches		Granby		Shefford	
	Usagers observés					
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Semaine	487	47,9	269	57,2	218	40
Fin de semaine	529	52,1	201	42,8	328	60
Total	1 016	100	470	100	546	100

Tableau 40 Vitesse de traversée selon le groupe d'utilisateurs

Groupe d'utilisateurs	Vitesse 2011 (Km/h)				Vitesse 2000 (Km/h)			
	Moyenne	Médiane	15 ^e percentile	5 ^e percentile	Moyenne	Médiane	15 ^e percentile	5 ^e percentile
Âge								
1-14 ans	6,9	6,8	5,0	3,9	11,3	10,4	7,0	15,4
15-54 ans	7,5	7,2	5,4	4,4	12,0	11,3	7,7	16,0
55 ans et +	7,2	7,2	5,0	4,0	10,6	10,3	6,8	14,5
Sexe								
Masculin	7,6	7,3	5,4	4,4	12,5	11,6	8,1	16,5
Féminin	7,1	6,8	5,1	4,2	10,6	10,1	7,1	14,5
Type d'utilisateur								
Cyclistes	7,4	7,2	5,3	4,3	11,9	11,0	7,7	16,0
Patineur	7,2	7,1	5,7	4,6	10,9	10,5	7,7	14,0
Piéton	7,2	7,2	4,5	3,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Équipement								
Siège pour bébé	6,8	6,2	5,0	4,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Rem. vélo et semi vélo	6,0	5,8	4,4	3,6	8,6	7,8	4,7	12,2
Tandem	7,0	7,0	5,4	4,1	10,2	8,4	5,5	12,7
Équip. de cyclotou.	7,2	6,6	5,7	5,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Vélo à position allongé	7,2	7,5	5,8	3,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Vélo à mains	6,5	6,6	5,7	5,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tableau 41 Temps d'attente des usagers

Temps d'attente (s)	2011		2000	
	Usagers observés			
	Nb	%	Nb	%
Aucun	4 829	47,4	956	51,2
0,5 à 4,5	519	5,1	97	5,2
5 à 9,5	1 416	13,9	221	11,8
10 à 19	1 697	16,7	319	17,1
20 à 40	1 226	12,0	216	11,6
40 et plus	499	4,9	57	3,1
Total	10 186	100	1 866	100

Tableau 42 Temps d'attente des usagers en présence de véhicules

Temps d'attente (s)	2011		2000	
	Usagers observés			
	Nb	%	Nb	%
Aucun	2 057	27,9	472	34,5
0,5 à 4,5	504	6,8	92	6,7
5 à 9,5	1 404	19,0	214	15,6
10 à 19	1 687	22,9	319	23,3
20 à 40	1 223	16,6	216	15,8
40 et plus	499	6,8	57	4,2
Total	7 374	100	1 370	100

Tableau 43 Temps d'attente moyen selon le groupe d'usagers

Groupe d'usagers	2011	2000
Remorque vélo	14,9	9,7
Tandem	3,0	8,8
1-14 ans	17,7	11,1
15-54 ans	9,6	7,8
55 ans et +	7,8	8,1
Masculin	9,1	7,2
Féminin	10,8	9,4
Cycliste	9,8	8,2
Patineur	9,7	7,7
Total	9,8	8,1

Tableau 44 Créneaux fermés

Créneau (s)	2011		2000	
	Créneaux observés		Créneaux observés	
	Nb	%	Nb	%
0 à 4	0	0,0		0
5 à 9	199	35,9	175	33,1
10 à 14	119	21,5	115	21,7
15 à 19	65	11,7	87	16,4
20 à 24	62	11,2	55	10,4
25 à 29	40	7,2	21	4
30 à 34	19	3,4	29	5,5
35 à 39	12	2,2	20	3,8
40 à 44	9	1,6	9	1,7
45 à 49	8	1,4	7	1,3
50 à 54	7	1,3	5	0,9
55 à 59	5	0,9	1	0,2
60 et plus	9	1,6	6	1,2
Total	554	100,0	530	100,0

Tableau 45 Créneaux ouverts

Créneau (s)	2011		2000	
	Créneaux observés		Créneaux observés	
	Nb	%	Nb	%
0 à 4	233	42,1	150	28,4
5 à 9	151	27,3	161	30,4
10 à 14	74	13,4	90	17
15 à 19	44	7,9	60	11,3
20 à 24	27	4,9	36	6,8
25 à 29	12	2,2	12	2,3
30 à 34	5	0,9	8	1,5
35 à 39	4	0,7	5	0,9
40 à 44	3	0,5	1	0,2
45 à 49	1	0,2	3	0,6
50 à 54	0	0,0	2	0,4
55 à 59	0	0,0	0	0
60 et plus	0	0,0	1	0,2
Total	554	100,0	529	100,0

Tableau 46 Nombre de passages en créneau fermé et taux de passages à risque

Créneau (s)	2011		2000	
	Nb	%	Nb	%
0 à 4	0	0		0,0
5 à 9	110	36,4	16	9,1
10 à 14	87	40,3	8	7,0
15 à 19	27	20,6	15	17,2
20 à 24	51	27,9	10	18,2
25 à 29	58	43,0	6	28,6
30 à 34	30	31,9	7	24,1
35 à 39	23	46,9	6	30,0
40 à 59	42	31,6	11	50,0
60 et plus	51	76,1	6	100,0
Total	479	42,3	85	16,0