Le développement du réseau piétonnier intérieur au profit de la réduction des accidents ?

NIVEZ Gwénaëlle – Promotion 49

24 janvier – 28 mai 2010

Travail de Fin d'Etude

Manque photo centrale.

pour en savoir plus…
eivp-paris.fr

Ecole des Ingénieurs de la Ville de Paris
15, rue Fénelon


L'observatoire
de la ville intérieure

Résumé

Le réseau piétonnier intérieur (RESO), situé au centre-ville de Montréal est un atout précieux pour le dynamisme de cette ville. En développement depuis 1962, ce réseau d'une trentaine de kilomètres, assure la sécurité des quelques 250 000 personnes qui empruntent ses corridors chaque jour. Cependant, en surface de nombreux accidents surviennent chaque année entre piétons et automobiles. L'observatoire de la Ville Intérieure et M. Boisvert, se sont alors interrogés sur l'opportunité présentée par ces tunnels face aux accidents. Les coûts induits par la réduction des accidents suite à la création d'un tunnel piétonnier protégé ne seraient-ils pas supérieurs aux coûts de construction du tunnel lui-même ?

Gwénaëlle Nivez, élève ingénieur à l'EIVP (l'Ecole d'Ingénieur de la Ville de Paris) a effectué son stage de fin d'étude à l'Observatoire de la Ville Intérieure. Elle s'est vue chargée de l'estimation, en termes monétaires, des avantages que présente un lien piétonnier protégé, notamment en termes de réduction des risques d'accident pour les piétons. Cette estimation a ensuite été comparée au coût de construction d'un tel lien piétonnier. Dans ce rapport elle expose les méthodes établies pour déterminer le coût des accidents entre piétons et automobilistes, suivant leur gravité. Elle détaille le coût de construction d'un tunnel piétonnier, à travers trois exemples récents. Elle détermine ainsi un coût de construction moyen au mètre linéaire. Elle analyse enfin la cartographie des accidents selon deux approches (temporelle et par semis de points). Ceci afin de répondre à la problématique et d'étudier deux sites potentiels pour la construction de tunnel.

Thesaurus

Réseau piétonnier protégé, ville intérieure, accidents, piétons, automobilistes, tunnel piétonnier, coûts (de la vie humaine, de construction), urbanisme souterrain.

Abstract

The indoor pedestrian network (RESO), located in the city center of Montreal is a precious asset for the dynamism of this city. In development since 1962, this network of around thirty kilometers, enhances the safety of some 250 000 persons who take its corridors every day. However, on surface many accidents arise every year between pedestrians and cars. The Observatoire de la ville intérieure, and Mr. Boisvert, then wondered about the opportunity presented by these tunnels with respect to accidents. Would not the costs led by the reduction of the accidents due to an underground pedestrian tunnel be superior to the costs of construction of the tunnel?

Gwénaëlle Nivez, engineering student at EIVP (School of the engineers of the Town of Paris) has completed its final year's internship at the Observatoire de la Ville Intérieure. She was responsible for the estimation, in monetary terms, of the advantages that presents a protected pedestrian link, in particular in terms of reduction of the risks of accident for the pedestrians. This was then comparing to the cost of construction of a pedestrian link. In this report she exposes the methods established to determine the cost of the accidents between pedestrians and cars, following their severity. She details the cost of construction of a pedestrian tunnel, through three recent examples. So she determines an average cost of construction by linear meter. She analyzes then the mapping of the accidents following to two approaches (temporal and quadrate analysis). She finally answers the initial question, using two potential sites for the construction of a new tunnel.

Thesaurus

Climate controlled walkway, indoor city, accidents, pedestrians, cars, pedestrian tunnel, costs (of the human life, the construction), underground urban space.

Sommaire

Remerciements **5**
Introduction **6**
Présentation de l'observatoire **7**
Présentation de la ville intérieure **9**
Ma mission : présentation, intérêt, démarche **10**
Partie 1 : L'estimation du coût des accidents piéton/automobilistes **11**
I. Contexte 11
1. Types d'accidents étudiés, zone d'étude *11*
2. Ressources *12*
3. La base de données des accidents *13*
II. Estimation des coûts 15
1. L'analyse coût-bénéfice *15*
2. Deux méthodes pour estimer les coûts liés aux accidents *16*
3. Les données *20*
III. L'accidentologie et l'inclinaison à utiliser les tunnels piétonniers protégés 22
1. Les facteurs d'accident *22*
2. Les paramètres pouvant intervenir *23*
3. L'inclinaison à utiliser les tunnels piétonniers protégés *24*

Partie 2 : La construction d'un tunnel piétonnier protégé **26**
I. La construction d'un tunnel piétonnier protégé 26
1. Le gros œuvre *26*
2. L'aménagement intérieur et les finitions *27*
3. Les réseaux *27*
4. Les horaires, frais de gestion, frais d'études, assurances et permis *27*
5. Les frais annexes *27*
II. Combien coûtent de telles constructions ? 28
1. Le Quartier International : tunnel du QIM *28*
2. L'Université Concordia : le tunnel sous la rue Guy *29*
3. L'Université Concordia : le tunnel sous le boulevard de Maisonneuve *30*
4. Les autres données chiffrées – Comparatif *31*
III. Qui paye la facture ? 32
1. Le programme Infrastructure Canada-Québec *32*

2. Les différents partenaires 32
3. Le rôle de la ville 33
Partie 3 : Etude comparative 34
I. Cartographie 34
1. Carte générale des accidents en centre-ville 34
*2. Les décès et les blessés graves ..... **Erreur ! Signet non défini.***
3. Premières conclusions – Démarche adoptée 35
II. Analyse 36
1. L'analyse par semis de points 36
2. Analyse temporelle 39
3. Conclusions 39
III. Les sites potentiels 40
1. Le choix des sites 40
2. Le coût de construction de ces tunnels 40
3. Le coût des accidents 41
4. Conclusion 43
Conclusion 43
Glossaire 44
Annexes 43
Annexe 1 : Zone d'étude 46
Annexe 2 : Les études complémentaires à l'analyse avantages-coûts 47
Annexe 3 : Valeurs de référence de la SAAQ, année 2008. 52
Annexe 4 : Les coûts induits des accidents – Bordeleau 53
Annexe 5 : Questionnaire lié à l'étude menée par M. Zacharias et M. Zhang ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Annexe 6 : Détail des coûts du tunnel sous la rue Saint Antoine 58
Annexe 7 : Coupe des tunnels piétonniers du QIM 60
Annexe 8: Détail des coûts du tunnel sous la rue Guy 61
Annexe 9 : Coupe du tunnel piétonnier sous la rue Guy 62
Annexe 10 : Détail des coûts du tunnel sous le Bvd de Maisonneuve 63
Annexe 11 : Segmentation pour l'analyse par semi de points 64
Références bibliographiques 66

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier M. Michel Boisvert, Directeur de l'Observatoire de la Ville Intérieure, et professeur à l'Université de Montréal, pour m'avoir fait confiance en acceptant de m'accueillir au sein de cet observatoire. Merci également d'avoir été à mon écoute et de m'avoir permis de découvrir cette facette souterraine du centre-ville de Montréal. Merci également pour votre patience, votre aide et votre sympathie.

Au cours de ce projet, j'ai aussi été amenée à rencontrer des professionnels, que je tiens à remercier, en commençant par Mme Bonneau, lieutenant à la division de la sécurité routière et de la circulation, des Services de Police de la Ville de Montréal (SPVM), Mme Fafard, agente de recherche au Service Infrastructure, Transport et Environnement (SITE) à la ville de Montréal ; M. Boileau, président directeur général de la CSEM (Commission des Services Electriques de Montréal) ; M. Desrochers, ingénieur pour Génivar, en charge de la construction du tunnel sous la rue Guy ; M. Vanvari, ingénieur en charge pour l'Université Concordia de la construction du tunnel sous le boulevard de Maisonneuve ; M. L'Espérance, ingénieur du QIM (Quartier International de Montréal) chargé du réaménagement du quartier international ; M. Zacharias, professeur à l'Université Concordia. Enfin, merci à Martin Gagnon, doctorant à l'Université de Montréal et rattaché à l'Observatoire, pour m'avoir aidé dans la cartographie des accidents. Pour finir, merci à M. Paul Lewis, directeur de l'Observatoire SITQ, à l'Université de Montréal, de m'avoir mise en contact avec certains de ces professionnel. Ainsi, merci à tous ceux qui m'ont aidé et m'ont permis de progresser dans cette étude.

Introduction

Le concept de ville intérieure, ou plutôt de réseau piétonnier souterrain, se développe de plus en plus à travers le monde. Toutefois, à l'heure actuelle, le Canada fait figure d'exemple dans ce domaine, notamment avec les villes de Toronto (avec le PATH) et de Montréal (avec le RESO). Ces deux villes sont dotées d'un réseau souterrain piétonnier d'une trentaine de kilomètres, connecté avec plusieurs stations de métro (10 pour la ville de Montréal), plusieurs grandes galeries commerçantes et de nombreuses tours de bureaux.

Souhaitant partir à l'étranger et découvrir un aspect de l'urbanisme moins développé en France, j'ai opté pour la ville de Montréal et sa ville souterraine. J'ai ainsi choisi de réaliser un stage de 18 semaines, entre le 24 janvier et le 28 mai 2010, à l'Observatoire de la ville intérieure. M. Boisvert, directeur de l'Observatoire m'a proposé 3 missions, la première consistait à comparer le coût de la vie humaine au coût de construction des tunnels et d'ainsi répondre à la problématique de réduction des risques d'accident entre piétons et automobilistes par la création de tunnels protégés. La seconde consistait à estimer en détail le coût de construction des tunnels. La dernière résidait en la modélisation 3D de la ville souterraine et plus particulièrement l'interaction entre les espaces souterrains et la surface.

La notion de coût, bien que peu développée dans les enseignements de l'école, s'avère être le facteur clé de ma future profession, j'ai donc opté pour une des deux missions y faisant appel. Par ailleurs, la mission uniquement basée sur les coûts de construction de tunnel, me semblait trop restrictive et s'insérait dans la première mission. De plus, on dénombrait en 2003, dans le cadre d'accidents de la route, près de 1,2 million de morts dans le monde, 50 millions de blessés pour un coût d'environ 407 milliards d'euros. La plupart des victimes étant des piétons et des deux roues. Ces deux points m'ont fait opter pour la première mission.

La problématique retenue : le développement du réseau intérieur au profit de la réduction des accidents ? suppose d'elle-même les trois parties de ce rapport. La première est relative au coût des accidents et à l'accidentologie. Nous reviendrons aussi dans cette partie sur le contexte de l'étude et les données acquises sur les accidents survenus en centre-ville. La seconde partie s'attarde à décrire, à travers trois exemples récents, la construction des tunnels piétonniers protégés et plus spécifiquement les coûts engendrés. Elle propose également un coût moyen au mètre linéaire de telles constructions. La dernière partie vise à comparer les deux notions, principalement à travers l'analyse de la cartographie des accidents. Elle présente aussi deux sites d'implantation de nouveaux tunnels, les coûts de construction approximatifs de ces derniers et la réduction des accidents attendue.

Toutes les données monétaires sont en dollars canadiens, que nous écrirons $, sauf mention du contraire (il sera alors écrit $US). Pour les conversions en euros, nous nous baserons sur le taux de change suivant : 1 euro = 1, 4172 dollars canadiens (moyenne des taux mensuels moyens fournis par la banque de France pour les mois de janvier, février, mars et avril 2010).

Présentation de l'observatoire

L'Observatoire de la ville intérieure a été crée par l'institut d'urbanisme de la faculté d'aménagement de l'université de Montréal en septembre 2002. L'objectif de l'Observatoire est de répondre aux attentes des gestionnaires publics ou privés, mais aussi à celles des chercheurs, intéressés par l'aménagement des espaces souterrains en milieu urbain.

Ainsi est rassemblé, au sein de l'Observatoire, l'ensemble des informations relatives à l'évolution de la ville intérieure montréalaise. Diverses publications sont réalisées à partir de ces renseignements. Elles visent, par exemple, à proposer des solutions innovantes pouvant répondre aux problèmes liés à l'aménagement des espaces souterrains, comme la rupture avec le site dans lequel il s'insert, les difficultés d'orientation spatiale ou encore les mesures de sécurité.

La direction de l'Observatoire a été confiée depuis 2002 à Michel Boisvert, professeur titulaire à l'Institut d'urbanisme. Accompagné de professeurs, chercheurs, ou professionnels, plus ou moins impliqués, il coordonne la réalisation des missions de l'Observatoire.

Cet Observatoire existe grâce à divers financements. A sa création et jusqu'en 2005, il a bénéficié de l'aide du *Fonds de développement de la métropole,* système d'aide rattaché au Ministère des affaires municipales, du sport et du loisir. Outre cette aide, l'Observatoire a reçu plusieurs dons d'entreprises privées, via le *Fonds de développement de l'Université de Montréal.* De plus, la Ville de Montréal appuie les travaux de l'Observatoire de façon occasionnelle sous forme de mandats spécifiques, portant principalement sur le développement de la ville intérieure. On peut, pour finir, citer l'important contrat de recherche pour Infrastructure Canada obtenu par l'Observatoire, entre 2006 et 2008, dans le cadre du programme EREP (Etude de Recherche Evaluée par les Pairs).

Enfin, depuis ces dernières années, afin de promouvoir à l'échelle internationale la ville intérieure et le développement des espaces souterrains comme modèle stratégique de développement durable, l'Observatoire s'est fixé de nouveaux objectifs. En effet, parmi ses nouvelles missions on note par exemple l'analyse des problèmes liés à l'aménagement des espaces souterrains et plus largement des enjeux du développement durable dans les espaces multifonctionnels de forte densité, dotés de réseaux piétonniers protégés.

Ainsi, l'Observatoire souhaite devenir un site expérimental pour des solutions innovantes, tant dans la coordination de la planification que dans la coopération dans la gestion et l'innovation du design intérieur. Ceci au profit des usagers, des gestionnaires, des urbanistes…

Vous trouverez joint à ce rapport, une carte de la ville intérieure, réalisée par l'Observatoire en 2007.

Présentation de la ville intérieure

La ville souterraine a peu à peu été remplacée par le terme de ville intérieure. En effet, les espaces accessibles ne se limitent pas à des espaces en sous-sol ; pour exemple, à Montréal environ la moitié du réseau se trouve en rez-de-chaussée ou à l'étage. De plus, le qualificatif de souterrain évoque l'enfermement, l'étouffement, or la ville intérieure se veut au contraire ouverte sur l'extérieur.

L'Observatoire la définit comme suit : *La ville intérieure est un ensemble d'immeubles connectés par des liens piétonniers protégés, appartenant à plusieurs propriétaires, offrant une diversité de fonctions, notamment du transport collectif, du commerce de détail, des espaces à bureaux et des activités de divertissement, et disposant d'ententes avec les autorités locales pour l'occupation du domaine public.*

Cette définition donne au terme de ville intérieure un champ d'application bien plus vaste que celui de la ville souterraine. C'est pourquoi, la ville intérieure peut à la fois se composer de système souterrain, par le biais de tunnels, comme c'est le cas de Montréal, Toronto ou Chicago ; mais elle peut aussi être basée sur un système aérien, par le biais de passerelles, comme à Calgary ou Minneapolis ; voir même un système mixte comme à Houston ou Dallas.

La ville intérieure de Montréal, principalement située en centre-ville, est l'une des plus étendue au monde, en termes à la fois de corridors (environ 30km) et d'hectares urbains couverts (environ 100Ha). Elle s'est avant tout développée autour des stations de métro, on en dénombre 10 aujourd'hui accessibles depuis le RESO.

Cette ville intérieure se décompose en deux réseaux de taille similaire : le réseau primaire et le réseau secondaire. Le réseau primaire se compose des liens entre les immeubles et du cheminement à travers ces derniers, couvert par une servitude de passage ayant fait l'objet d'une entente entre la municipalité et les propriétaires immobiliers. En l'absence d'une telle servitude, on prend en compte le chemin le plus court menant aux autres immeubles raccordés au réseau piétonnier protégé. Le réseau primaire est entièrement souterrain. Le réseau secondaire se compose de tous les autres lieux d'accès public à l'intérieur des immeubles, que l'on appelle aussi espaces communs. Le réseau secondaire comprend des espaces souterrains, mais aussi en surface (les halls d'immeuble) ou dans les étages (les galeries commerciales).

Bref historique du développement de la ville intérieure :

1962 – 1966 : Embryon du réseau autour de la Gare Centrale. Connexion entre la Gare Centrale et la galerie marchande de la Place Ville-Marie.
1966 – 1980 : Développement autour des stations de métro, ouvert en 1966. Des sous-réseaux émergent autour des stations de métro et ce jusqu'au début des années 80.
1983 – 1995 : Fusion des sous-réseaux. Première liaison entre deux stations de métro : Place des arts et Place d'armes, par la création du complexe Guy-Favreau en 1983 et du Palais des Congrès en 1986. Il faudra ensuite attendre 1993, pour qu'un nouveau lien Nord-Sud soit crée entre les stations Mc Gill et Bonaventure (tronçon longtemps appelé le *Missing Link*).
1990 – 2008 : Un ralentissement économique freine le développement de la ville intérieure. Il faudra attendre le début des années 2000 pour que naisse un projet d'envergure en centre-ville : la création du Quartier International de Montréal (QIM) avec un peu plus de 1km de nouveaux corridors et la fusion des trois sous-réseaux déjà existants.

Ma mission : présentation, intérêt, démarche

Depuis plusieurs années, l'Observatoire de la ville intérieure et plus particulièrement M. Boisvert s'intéressent à la problématique des accidents impliquant des piétons et au rôle que peuvent jouer les tunnels piétonniers protégés dans la réduction de ces derniers. L'objectif étant d'argumenter en faveur de la construction de ces tunnels et de l'expansion du RESO ; mais aussi d'envisager d'autres modes de financement pour le développement de celui-ci.

Cette démarche d'extension du réseau piétonnier montréalais s'intègre parfaitement dans une optique environnementale, grâce à la promotion des modes de transports doux (les tunnels favorisent les déplacements piétons) et collectifs (le RESO se fonde sur les stations de métro et de trains de banlieue). Son développement s'inscrit même dans le cadre du développement durable, de part l'aspect environnemental évoqué ci-dessus ; mais aussi économique, par la réduction du nombre d'accidents et le gain indirect induit pour la société ; et social, par l'attrait suscité par le RESO en centre-ville, et ce en terme d'emplois, de commerces ou de tourisme.

Ma mission aborde principalement le volet économique, puisqu'elle vise à répondre à la problématique selon laquelle la création de tunnels piétonniers protégés permet la réduction des risques d'accident entre piéton et automobilistes.

Afin d'y répondre j'ai effectué des recherches bibliographiques sur le coût des accidents. J'ai alors dû comparer les différentes approches de calcul, afin de retenir la ou les plus appropriées pour la suite de l'étude. Je devais aussi acquérir des informations sur les accidents survenus au centre-ville et donc prendre contact avec les services de la ville en charge de les répertorier.

J'ai également fait des recherches sur les coûts de construction des tunnels. Après quelques recherches dans la littérature, j'ai rencontré des professionnels, du secteur public comme privé. Ces rencontres avaient pour objet de mieux cibler les coûts à prendre en considération lors des estimations et d'obtenir des données chiffrées sur la construction de tunnels récents. Elles m'ont aussi permises de mieux appréhender la construction du tunnel lui-même, sous un aspect technique et de mieux comprendre le rôle de chacun lors de la construction (notamment entre l'entrepreneur et le responsable des réseaux d'utilité publique).

Enfin, une fois les deux aspects du problème étudié, il m'a fallu les comparer, en commençant par analyser la carte des accidents survenus en centre-ville et la base de données qui l'accompagne. Cette base est riche en accidents et renferme de nombreuses informations. De plus, la première lecture de celle-ci laissait entendre que la présence de tunnels piétonniers ne réduisait en rien le risque d'accident. J'ai donc dû faire preuve de synthèse et d'esprit d'analyse et de critique. Enfin, dans une perspective d'ouverture, j'ai proposé deux sites potentiels pour la construction de tunnels piétonniers protégés. Le premier est envisagé dans le cadre du réaménagement du quartier de la santé, tandis que le second est purement hypothétique, il permettrait de connecter l'Université Mc Gill au RESO.

Partie 1 : L'estimation du coût des accidents piéton/automobilistes

Lors de la réalisation de projet de transport, l'un des principaux objectifs est l'amélioration de la sécurité des usagers, et donc la réduction des accidents de la route. Afin d'estimer les gains d'une telle réduction, il est nécessaire de connaitre la valeur, pour la société, d'une vie sauvée ou d'un accident évité, impliquant un blessé (léger ou grave) ou même simplement des dommages matériels.

Ainsi, dans cette première partie nous allons estimer les coûts liés aux accidents de la route, impliquant plus particulièrement des piétons. Pour cela, nous allons revenir sur le contexte dans lequel s'inscrit notre étude, à savoir la zone d'étude, les usagers concernés, mais aussi les ressources à notre portée. Nous présenterons ensuite les méthodes permettant d'estimer ces coûts. Nous reviendrons enfin sur l'accidentologie et sur l'utilisation des tunnels piétonniers protégés.

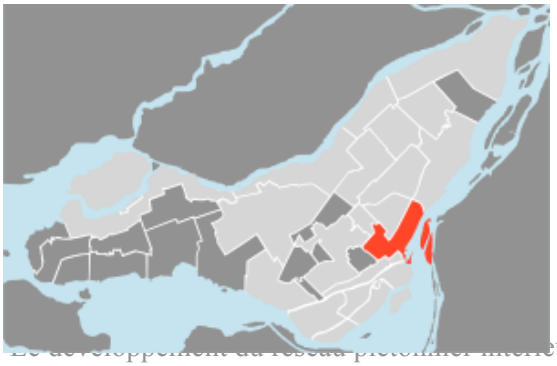
I. Contexte

1. Types d'accidents étudiés, zone d'étude

Au cours de cette étude nous allons nous intéresser aux accidents survenant entre les piétons et les automobilistes. Ces accidents peuvent être de trois natures :

- ✓ Mortels : seront considérés dans cette catégorie les individus qui décèdent sur les lieux de l'accident, lors de leur transport en ambulance, ou des suites de leurs blessures une fois parvenus à l'hôpital.
- ✓ Avec blessés : l'un des accidentés au moins est blessé. Nous tiendrons compte de deux types de blessés dans cette catégorie : les blessés légers et les blessés graves.
- ✓ Avec des dommages matériels : dans le cas qui nous intéresse, outre des dommages matériels, les accidents entrainent souvent blessures légères, graves ou mortelles. De plus, cherchant à estimer la réduction des coûts engendrés par les accidents entre piétons et automobilistes, la part de dommages matériels induite est considérée comme marginale face au coût de la vie, des soins, de l'hospitalisation… nous ne tiendrons donc pas compte de cette catégorie.

L'étude de ces accidents portera sur une partie du territoire de la Ville de Montréal. Nous tenterons de comparer le bénéfice qu'engendre la réduction des accidents avec le coût de construction de tunnels piétonniers protégés, il est donc normal que nous focalisions notre étude sur le centre-ville, et même le cœur du centre-ville, où l'on retrouve le RESO.



La ville de Montréal compte 19 arrondissements, parmi lesquels se trouve celui de Ville-Marie (en orange sur la carte ci-contre). Au cœur de ce dernier se situe le centre-ville, où l'on retrouve en souterrain le RESO. Notre étude

englobe l'ensemble du RESO et se limite à la zone repérée en rouge en Annexe 1.

Figure 1 : Les arrondissements de Montréal. Source : Wikipédia.

2. *Ressources*

Afin de réaliser cette étude, il nous faut obtenir des informations concernant les accidents. Les principales sources couramment utilisées pour mener des études dans le domaine de la sécurité routière et des accidents sont : la base de données sur les accidents du Ministère des Transports du Québec (MTQ), les dossiers statistiques de la Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ), les analyses réalisées par la direction de la santé publique de Montréal (DSPM) et le recueil de données de la Ville de Montréal.

En regardant de plus près, on s'aperçoit que la base de données du MTQ est extraite des données de la SAAQ, nous avons donc deux sources en une. La SAAQ dresse le bilan des accidents à partir des rapports d'accidents établis par les services de police de la ville. On trouve entre autres dans ces rapports les informations suivantes : la date, l'heure de l'accident, les caractéristiques des victimes, la gravité apparente des blessures, les conditions climatiques, le type de collision. La gravité des blessures qui figure dans ces rapport est toutefois relative au jugement du policier au moment de l'incident, certains blessés peuvent être classé comme blessé léger alors qu'ils sont en réalité plus grièvement blessés qu'il n'y parait et vis-versa. Le nombre de blessé léger ou grave est donc un ordre de grandeur.

Les analyses de la DSPM sont quant à elles basées sur deux systèmes d'information provenant d'Urgence-santé : les rapports d'intervention préhospitalière (remplis par les ambulanciers) et le système de gestion des appels reçus. La DSPM possède donc certaines informations sur les victimes comme l'âge, le sexe, la nature du cas, la gravité, sa situation lors de l'accident (automobiliste, cycliste, piéton). Elle connait également la localisation précise des accidents, grâce à la saisie de données géospatiales par les ambulanciers lors de l'intervention. Cependant, ceci suppose un transport à l'hôpital, ce qui n'est pas systématique surtout en présence de blessés légers. Une partie des blessés n'est donc pas prise en compte dans leur analyse.

Enfin, la ville de Montréal et plus spécifiquement le SITE (Service des Infrastructures, du Transport et de l'Environnement), sur la base des rapports des services de police, recense les divers accidents survenus sur son territoire. La base de données similaire à celle présentée plus haut. A noter que les rapports de police sont corrigés en cas de décès de la victime lors de son transport en ambulance ou des suites de ses blessures une fois à l'hôpital.

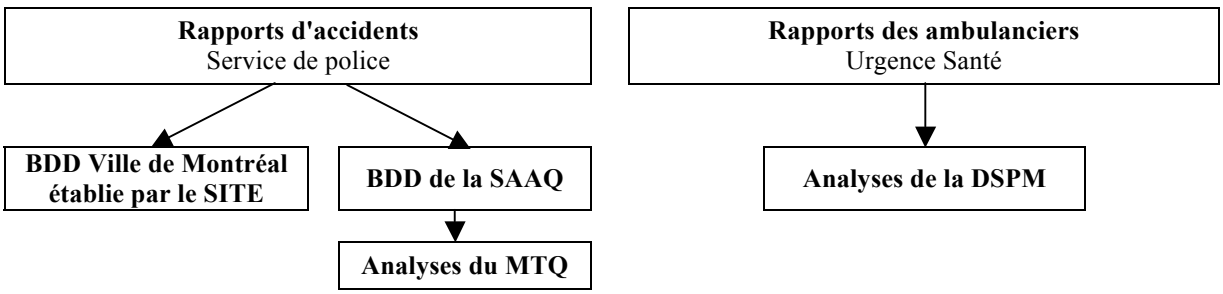


Figure 2 : Hiérarchisation des différentes sources d'information. Source : personnelle.

Dans toute la suite de cette étude, pouvant accéder plus facilement aux informations de la SAAQ (qui publie des données tous les ans, et réalise des études sur l'évolution de la sécurité routière) et aux rapports établis par les services de police, nous nous appuyerons sur cette base

de données pour estimer le nombre d'accidents et leur gravité aux emplacements qui nous intéressent. Il nous faudra donc précisément cibler ces lieux, ainsi que la période sur laquelle nous allons étudier la fréquence d'accident.

En effet, comme nous le verrons plus loin, il est hasardeux de ne se baser que sur une année d'étude, celle-ci pouvant refléter des variations ponctuelles. Ainsi, nous tiendrons compte d'au minimum 5 années consécutives.

3. La base de données des accidents

Grâce à Mme Fafard, agente de recherche au SITE, nous avons pu acquérir la base de données des accidents ayant eu lieu entre 2003 et 2007, à l'échelle de notre territoire d'étude.

Nous avons par ailleurs pu obtenir des données sur une période plus étendue (de 2000 à 2009), sur certains tronçons spécifiques : aux abords de l'Université Concordia (à l'intersection entre le boulevard de Maisonneuve et la rue Guy), aux abords de l'Université Mc Gill (sur la rue Sherbrooke), ou encore aux abords du futur CHUM (Centre Hospitalier Universitaire de Montréal, sur le boulevard René-Lévesque). Le choix de ces divers tronçons sera explicité dans la dernière partie de l'étude.

Cette base de données comprend donc les paramètres suivants :

- ✓ La date de l'accident : minute, heure, jour, mois, année.
- ✓ Le lieu de l'accident : la rue sur laquelle il a eu lieu, l'intersection la plus proche, la distance par rapport à cette intersection et la direction (Nord, Sud, Est ou Ouest).
- ✓ L'état de la victime : décédée, blessée grièvement, blessée légèrement, sans blessure apparente.
- ✓ Le genre de la victime.
- ✓ L'âge de la vicitme : sa date de naissance.
- ✓ Son groupe d'âge : découpage par tranche de 2 ou 5 ans jusqu'à 25 ans, puis par tranche de 10 ans jusqu'à 65 ans, puis un seul groupe pour les plus de 65 ans.
- ✓ Le numéro de l'évènement tel que répertorié par la SAAQ.

Nous allons principalement nous baser sur les 3 premiers éléments, à savoir la date de l'accident, le lieu de cet accident et la gravité apparente de l'état des victimes, pour répondre à notre problématique.

Pour ce qui est du genre, de l'âge ou du groupe d'âge, des études statistiques de la direction de la santé publique de la ville de Montréal, sur la période 1999-2003, ont révélées que deux groupes de personnes sont particulièrement vulnérables : les jeunes de 5 à 24 ans et les personnes âgées de plus de 65 ans. L'évolution démographique de la population montréalaise est telle que les plus de 65 ans sont de plus en plus nombreux. Les conclusions seraient donc similaires si nous refaisions les mêmes statistiques avec les accidents ayant eu lieu entre 2003 et 2007.

Enfin, il est important de rappeler que le bilan routier fluctue d'une année sur l'autre à l'échelle globale du territoire choisi, mais aussi local (au niveau de chaque carrefour). Afin, d'effectuer une étude plus réaliste, moins hasardeuse et de faire abstractions de certains

paramètres incontrôlables comme les conditions atmosphériques, nous travaillerons sur plusieurs années (en général sur 5 ans).

II. Estimation des coûts

L'estimation des coûts de la vie ou des accidents impliquant un blessé, ou même simplement des dommages matériels, se base sur l'analyse coût-bénéfice, aussi appelée analyse avantage-coût. Cependant, il ne découle de cette analyse, aucune méthode universelle permettant de faire les estimations souhaitées. Les chercheurs proposent différentes méthodes, dont deux davantage utilisées, selon G. Dionne et al. (2002) : l'approche dite du capital humain et l'approche dite de la disposition à payer. Mais avant de présenter ces deux approches, commençons par revenir sur l'analyse coût-bénéfice.

1. L'analyse coût-bénéfice

L'analyse avantage-coût permet de comparer sur une même base monétaire, les solutions d'un projet, en mesurant d'une part tous les bénéfices et de l'autre tous les coûts occasionnés, afin de déterminer quelle solution apporte le plus grand bénéfice net à la société. Dans le contexte des projets publics, une solution qui satisfait à l'analyse bénéfice-coût est avantageuse pour certains, le bénéfice induit par ces avantages doit alors permettre, dans la théorie, d'indemniser ceux qui sont lésés par la solution. Le niveau de bien être de la société est alors plus élevé après qu'avant la réalisation du projet.

Le Ministère des Transports du Québec (MTQ) liste certains des coûts et des avantages économiques possibles lors d'un projet en transport :

Coûts économiques	***Avantages économiques***
• Coûts initiaux d'implantation • Coûts d'entretien et d'exploitation • Coûts récupérables • Coûts liés aux retards générés par les travaux	• Réduction du coût de déplacement • Réduction des coûts liés aux accidents • Réduction du coût d'utilisation des véhicules • Bénéfices apportés par la réduction de certains impacts environnementaux

Tableau 1 : Extrait du Guide de l'analyse avantage-coût des projets publics en transport (Source : www.mtq.gouv.qc.ca)

Note : il s'agit de coûts récupérables si tout ou partie de l'infrastructure existante située à l'emplacement des travaux est réutilisée dans le projet à venir.

Nous pouvons constater que la réduction des coûts liés aux accidents apparait dans ce tableau. De plus, nous tentons de comparer les bénéfices induits par la réduction des accidents au coût de construction de tunnel piétonniers. Notre étude se place donc bien dans le cadre d'une telle analyse avantage-coût.

Dans une analyse avantage-coût, l'ensemble des coûts sont estimés en dollars courants de l'année de référence et ce sur l'ensemble de la durée de vie de l'infrastructure à réaliser, nous devrons donc ensuite actualiser les coûts et bénéfices.

En outre, une telle analyse n'est pas une étude d'impact économique, elle n'a pas pour objet de mesurer les impacts économiques d'un projet, ni en termes d'emplois, ni de valeur

ajoutée. Ce n'est pas non plus une analyse de rentabilité financière, car elle ne cherche pas à maximiser le profit d'une organisation, mais le bien-être de l'ensemble des contribuables.

Enfin, une analyse bénéfice-coût suit une démarche précise :

1) Définir le problème, les contraintes, les scenarios et l'horizon temporel
2) Déterminer et quantifier les avantages et les coûts de chaque scenario
3) Actualiser les avantages et les coûts
4) Comparer les scénarios
5) Réaliser une analyse de sensibilité et des études complémentaires

Nous tenterons de respecter cette démarche au cours de cette étude. Cependant, nous n'aurons pas le temps de réaliser d'études complémentaires, ni d'autres analyses. Les plus courantes sont présentées en Annexe 2 de ce rapport.

2. Deux méthodes pour estimer les coûts liés aux accidents

Revenons maintenant sur les deux méthodes permettant d'estimer la valeur économique de la vie humaine. Ces deux méthodes permettent de distinguer les coûts suivant la gravité des accidents : mortel, blessures graves ou légères.

a. La méthode du coût capital humain

Le capital humain se définit comme l'ensemble des aptitudes, des talents, des qualifications d'un individu, qui déterminent ainsi en partie sa capacité à travailler. Ce concept a été développé pour la première fois en 1961, par l'économiste américain Théodore Schultz, il sera ensuite approfondi et vulgarisé par Gary Becker en 1965, il reçoit pour cela le prix Nobel d'économie en 1992. D'autres chercheurs, comme Flamholtz et Lacey, contribueront à sa diffusion et à son application pratique. Par analogie avec le capital financier, on considère que le capital humain se décompose en trois parties : les compétences, les expériences, les savoirs. L'ensemble donnant à l'individu une certaine aptitude à travailler.

Cette approche se fonde sur l'hypothèse selon laquelle la valeur que l'on accorde à la vie d'un individu équivaut à sa contribution au bien-être de la société. On entend ici par bien-être de la société la valeur de la production apportée par l'ensemble des individus à cette société. En améliorant la sécurité, on préserve des vies, qui contribuent au bien-être collectif, mesuré par la production. L'individu est alors vu comme une personne produisant, tout au long de sa vie, des bénéfices pour la société. Ce point est, selon certains, critiquable puisqu'il omet de prendre en considération ce que l'individu consomme ; les individus n'ayant pas de revenus n'ont alors aucune valeur, voire une valeur négative si on prend en considération la consommation. De plus, cette définition suppose qu'une plus grande productivité accroit nécessairement le bien-être de la société, ce qui n'est pas toujours vrai.

Outre les coûts indirects causés par le manque de production de l'individu (temporairement ou définitivement), cette méthode comprend aussi des coûts directs, comme les frais d'hospitalisation, de transport à l'hôpital, les indemnisations… Le manque de production est souvent estimé par le salaire, cumulé sur une vie, que l'individu aurait gagné s'il n'était pas décédé ou handicapé à vie.

En outre, pour le calcul des coûts indirects de perte de productivité, deux approches se dégagent, une approche nette et une approche brute. L'approche nette estime la valeur de la vie par la valeur actuelle de tout ce que rapporte l'individu à la société (production), moins ce

qu'il en retire (consommation). Cependant, l'approche brute, qui ne tient compte que de la perte de productivité, lui est souvent préférée.

Selon cette dernière, la valeur de la vie humaine se calcule donc de la façon suivante :

□□=□=□ ∞□□∗□□□∗(1+)□ −(−)□

Avec :

- □□ la valeur actualisée d'un individu à l'âge a
- □□ le revenu de l'individu à la période n
- □□□ représente la probabilité à l'âge a de vivre jusqu'à l'âge n
- □ représente le taux d'actualisation

On additionne donc les pertes de production en tenant compte de l'espérance de vie, qui augmente avec l'âge. Cependant, cette formule suppose que l'on fasse deux choix, le premier concerne le taux d'actualisation (qu'il est toujours difficile d'estimer) et l'estimation du revenu anticipé de l'individu concerné. Ce dernier point suppose de faire une autre hypothèse concernant le taux d'augmentation des salaires, souvent aléatoire puisque pouvant par exemple varier avec l'âge de l'individu.

La méthode du capital humain, comme le précisent Rice et al. (1989) présente toutefois certains avantages. En effet, les données sont plus fiables et en général plus facile d'accès. Malgré tout, on note un inconvénient notable à cette méthode, elle ne prend pas en considération la souffrance, la peine, ou la perte de qualité de vie pour la personne blessée ou même sa famille proche (notamment dans le cadre d'un décès).

Enfin, l'approche selon laquelle la vie d'un individu a pour valeur sa contribution au bien-être de la société est trop réductrice et implique pour le décideur de considérer l'existence d'un individu uniquement pour le bien-être de la société. Ce point et cette conception de la société sont particulièrement critiquables du point de vue des valeurs morales. Il est donc préférable d'avoir recours à une conceptualisation théorique différente ou de prendre en considération d'autres éléments que la simple productivité d'une personne. L'approche capital humain constitue en quelque sorte une borne minimale du coût de la vie.

b. La méthode de la disposition à payer

Suivant leur comportement, certains individus vont à l'encontre du maintien de leur vie (exemple : fumeurs, alcooliques…). Pour les autres, dont le comportement est en accord avec une valeur positive de la vie, on utilise la méthode de la disposition à payer, proposée par Edward J. Mishan (1971) pour déterminer le prix que les gens sont prêts à payer pour conserver la vie.

Dans le contexte qui nous préoccupe, l'approche de la disposition à payer consiste à évaluer le coût des accidents à partir de ce que les individus sont disposés à payer pour réduire la probabilité de mourir ou d'être blessé dans un accident de la route.

Cette méthode, de plus en plus prisée par les économistes permet, contrairement à la première, d'éviter les problèmes d'éthiques liés à la quantification de la valeur de la vie restreinte à la simple production humaine. En effet, l'estimation repose sur une probabilité de mourir et non sur la certitude d'être victime d'un accident de la route. De plus, cette méthode prend en compte tous les aspects du bien-être des individus, à savoir son revenu mais aussi la douleur, la souffrance et la perte de qualité de vie induites par un accident.

Cette disposition à payer peut être évaluée de deux façons. La première, la « méthode des préférences déclarées » se base sur des questionnaires remplis par les individus. Ces derniers oublient cependant très souvent qu'ils sont soumis à une contrainte budgétaire, les résultats sont donc surestimés et tendent vers des valeurs infinies. La seconde méthode, la « méthode des préférences révélées », consiste à étudier les comportements, les transactions des individus, à partir desquels il est possible de déduire le prix que les gens mettent implicitement sur leur vie. Cette méthode emploie à son tour deux « sous-méthodes » :

- ✓ Une méthode liée au marché du travail : cette méthode vise à comparer des emplois en tous points semblables, excepté du point de vue des risques encourus volontairement dans le cadre de chacun. Normalement, toutes choses étant égales par ailleurs, les gens exigent de recevoir une compensation si leur emploi est plus risqué ou sont disposés à être moins payés s'il l'est moins. Le gain ou la prime de risque ainsi obtenue reflète cette disposition à payer.
- ✓ Une méthode liée au marché des biens de consommation : cette méthode vise à étudier les dépenses faites par les individus pour conserver ou prolonger leur vie sachant que certains des biens de consommations, notamment liés à la sécurité (détecteurs de fumée, siège autos…) reflètent ce que les individus sont prêts à payer pour diminuer le risque de nuire à leur existence.

Cette méthode présente toutefois des limites. En effet, il y a parfois une différence entre les préférences déclarées et les préférences révélées d'un individu. Une même personne peut entretenir plusieurs valeurs de la vie (exemple : tabagisme et port de la ceinture de sécurité). De même, l'évaluation des emplois doit être approfondie car bien d'autres facteurs que la prise de risque entrent en compte dans le calcul des salaires. Enfin, on peut noter que la culture, le contexte social, l'année ou bien d'autres facteurs peuvent influencer les résultats obtenus par cette méthode. Ils diffèrent par exemple d'un pays, voir d'une région à l'autre.

c. Quelle méthode choisir ?

Comme nous l'avons dit précédemment l'un des principaux atouts de la réalisation de projets routiers visant à améliorer la sécurité des transports, se traduit par un nombre de vies sauvées. Celles-ci constituent un bénéfice pour l'ensemble de la société, bénéfice qui peut être évalué de deux façons. Afin, de choisir celle qui nous semble la plus adaptée nous allons nous baser sur deux documents. Le premier rédigé par le MTQ en 2008 est le Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport. Le second coécrit en 2002 par des chercheurs de la Chaire de gestion des risques d'HEC Montréal, du CRT et de l'Université de Montréal, s'intitule Evaluation des bénéfices liés à une amélioration de la sécurité routière.

Dans ce dernier ouvrage les auteurs présentent différentes études, effectuées à travers le monde, sur cette question, et ce afin d'avoir une idée plus précise des valeurs monétaires associées à la vie humaine. Ils ont également mis en évidence ce qui est couramment utilisé, dans la pratique, au Canada et plus particulièrement au Québec. Nous allons nous intéresser spécifiquement aux conclusions relatives à ce territoire.

Cet ouvrage cite plus particulièrement deux organismes la SAAQ et le MTQ. Le premier a réalisé plusieurs études détaillées du coût de l'insécurité routière au Québec, dont la dernière par B. Bordeleau en 2002. Dans le cadre de ces études, les coûts sont évalués selon l'approche du capital humain, l'évaluation de la perte de production, mais l'indemnisation et les dommages matériels sont également pris en considération. L'indemnisation ne représente

alors pas l'ensemble des pertes, mais seulement une protection minimale offerte par le législateur. Selon B. Bordeleau il existe une grande variation dans les niveaux de risque d'un individu ou d'un groupe d'individus, selon les comportements adoptés. De plus, suivant le contexte économique certains individus peuvent ne pas avoir les moyens de leurs préférences. En outre, à propos de son étude, compte tenu des coûts et des hypothèses retenues, les résultats exposés ne représentent qu'un aperçu des coûts réels des accidents.

Selon les auteurs de l'ouvrage l'étude de B. Bordeleau est « *un bon exemple de clarté dans les explications, dans les détails des coûts qui sont considérés ainsi que dans l'explication de la méthode utilisée ».* Il faudrait toutefois y ajouter les valeurs associées à la souffrance, la peine et la perte de qualité de vie. En outre, il est possible que les personnes blessées légèrement ne le déclarent pas sur les lieux de l'accident, ni à la SAAQ (ceci est d'autant plus vrai que les symptômes peuvent apparaitre dans les heures ou jours qui suivent).

L'autre organisme dont il est question dans cet ouvrage est le MTQ. Ce dernier a réalisé plusieurs études concernant les accidents, leurs coûts et la sécurité routière. Les auteurs présentent notamment une étude de N. Aumais et A. Manar, datant de 1996, utilisant l'analyse avantage-coût pour choisir entre deux scenarii. Ils utilisent dans cette étude l'approche de la disposition à payer.

Par ailleurs, dans le Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport, le MTQ énonce les valeurs qu'il retient et présente sur une autre étude canadienne, du Ministère des transports de la Colombie-Britannique. Celui-ci expose une méthode dite « globale », de plus en plus utilisée sur le plan international et qui reprend les conclusions tirées un peu plus haut. La méthode globale associe la méthode du capital humain à celle de la disposition à payer. En effet, la méthode du capital humain permet d'évaluer la perte de production, les frais médicaux, funéraires, les dommages matériels… la méthode de la disposition à payer permet quant à elle d'estimer, en plus, la souffrance, la peine ou la perte de qualité de vie suite à un accident mortel ou non. Le MTQ note toutefois que les deux méthodes donnent des valeurs très éloignées. En se basant sur cette étude, il préconise donc d'utiliser les résultats de l'approche de la disposition à payer pour effectuer l'analyse et de réaliser ensuite une analyse de sensibilité à l'aide des valeurs de la méthode du capital humain. Nous pouvons ainsi savoir si la rentabilité d'un projet repose uniquement sur des valeurs élevées de la vie humaine. Lors de sa démarche le MTQ utilise, après ajustement, les coûts liés à la disposition à payer présentés dans l'étude de la Colombie-Britannique. Pour les coûts liés à la méthode du capital humain, il utilise l'étude de B. Bordeleau pour la SAAQ : Evaluation et évolution de 1985 à 2000 des coûts de l'insécurité routière au Québec.

Enfin, de manière générale, les auteurs de l'Evaluation des bénéfices liés à une amélioration de la sécurité routière, notent qu'au Canada la méthode de la disposition à payer est la plus couramment utilisée, bien qu'elle comporte certaines lacunes. Les valeurs obtenues par cette méthode sont supérieures à celles du capital humain. Les auteurs suggèrent que l'adoption de ces valeurs plus élevées reflèterait mieux la véritable valeur que la société québécoise est prête à consentir pour éviter un décès ou une blessure.

En résumé :

- SAAQ : Analyse par la méthode du capital humain, basée sur les études de B. Bordeleau
- MTQ : Analyse générale par la méthode de la disposition à payer, basée sur les valeurs de la Colombie-Britannique, puis analyse de sensibilité par la méthode du capital humain, basée sur l'étude de B. Bordeleau.

Nous suivrons par la suite la démarche du MTQ. Pour ce faire nous nous appuierons pour l'approche de la disposition à payer sur les chiffres utilisés par le ministère, puisque nous n'avons pas les moyens de faire cette estimation nous-mêmes, nous actualiserons cependant les résultats. Pour ce qui est de l'approche capital humain, nous nous baserons sur les chiffres de l'étude de B. Bordeleau et sur l'actualisation que le MTQ en a fait.

3. *Les données*

A partir des différentes sources énoncées en début de partie et aux deux ouvrages mentionnés plus haut, nous possédons des données chiffrées pour estimer le coût de la vie.

a. *L'approche de la disposition à payer*

Les auteurs de l'Evaluation des bénéfices liés à une amélioration de la sécurité routière, ont recensé de nombreuses études à travers le monde utilisant cette démarche, et nous présente leurs résultats dans ce livre. Ils en arrivent à la conclusion que le MTQ devrait utiliser une valeur de 5 millions de dollars canadiens (2000) comme valeur statistique pour les analyses avantages-coûts, accompagnées d'études de sensibilités avec des valeurs du coût de la vie comprises entre 3 et 7 millions. Pour ce qui est des coûts induits par les blessures, les auteurs prennent comme référence une démarche proposée dans une étude d'*Urban Institute* et retenue par les grands organismes de transport aux Etats-Unis. Ils proposent donc de prendre 16 780$US pour les blessures légères et 533 461$US pour les blessures graves (voir section 5 de l'ouvrage).

Le guide écrit par le MTQ présente, en partie 3 sur les paramètres (publiée en 2007), des chiffres légèrement différents, plus faibles. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Coût moyen par victime	
Décès	3 234 381 $
Blessés graves	447 911 $
Blessés légers	45 068 $

Tableau 2 : Coûts moyens par victime et par accident utilisés par le MTQ ($ 2006). Source : MTQ.

Les données sont basées sur l'étude du ministère des transports de Colombie-Britannique. Les coûts par victime ont été estimés à partir des coûts moyens par accident de la Colombie-Britannique et des ratios de victimes par accident du Québec. Dans la mesure où ces données sont plus récentes et sont couramment utilisées par le MTQ dans le cadre de ses analyses avantages-coûts, ce sont ces chiffres que nous retiendrons.

b. *L'approche du capital humain*

Nous allons, comme le font les auteurs des ouvrages précédents et la SAAQ, nous baser sur la démarche de M. Bordeleau. Concernant les valeurs liées à la production ou à l'indemnisation elles s'appuient sur les valeurs de références de la SAAQ (voir Annexe 3). Dans sa démarche M. Bordeleau tient à la fois compte de la production perdue par l'individu, mais aussi de certains frais connexes à l'accident. Dans le cas des décès il tient compte de la production perdue par les proches des victimes, des frais funéraires et des éventuels frais d'hospitalisation ou de transport à l'hôpital. En cas de blessé grave ou léger, de nombreuses

indemnités sont à considérer : les indemnités pour atteintes permanente, les indemnités pour une aide personnelle, pour des prothèses, orthèses, des frais de réadaptation…, sans oublier les frais liés à l'hospitalisation, l'hébergement ou au transport à l'hôpital. Il tient enfin compte, dans tous les cas, des dommages matériels, bien que ceux-ci soient minimes en comparaison.

Toutes les étapes de la démarche de M. Bordeleau (2000) sont explicitées en Annexe 4, en distinguant les divers cas : blessé léger, blessé grave et décès. Nous allons rappeler ici les différentes estimations faites, pour les blessés légers, graves et les décès et ce selon les deux approches de la disposition à payer et du capital humain. Dans chacun des cas nous rappellerons les informations prises en compte dans le calcul des coûts.

En 2000, M. Bordeleau estime le coût moyen de la vie à 432 600$. En 2006, le MTQ, après actualisation des chiffres de M. Bordeleau, préconise d'utiliser pour le coût moyen par victime en cas de décès, la valeur de 494 724 $ (soit 349 079 €).

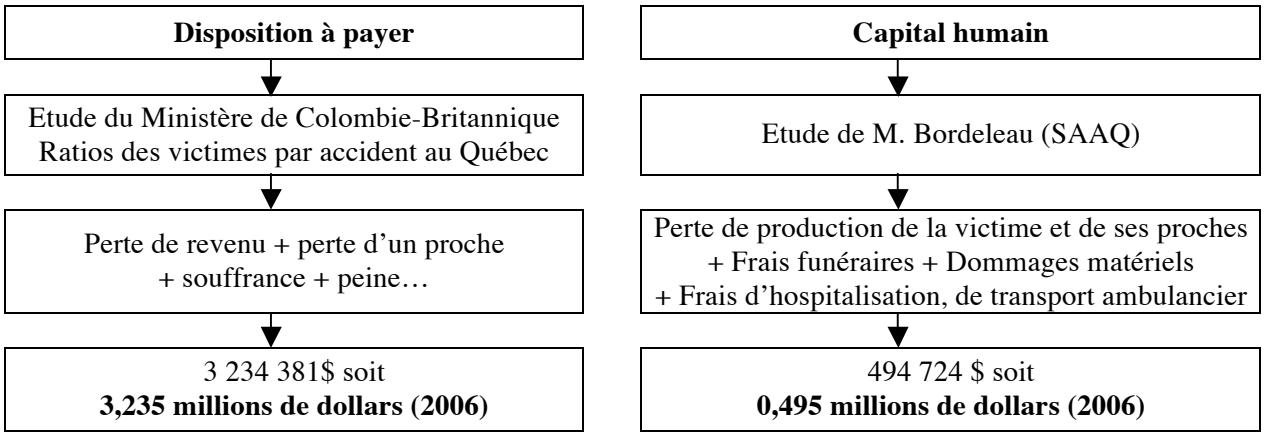


Figure 3 : Récapitulatif des deux méthodes en cas de décès. Chiffres du MTQ ($ 2006). Source : personnelle

En 2000, M. Bordeleau estime le coût moyen d'un blessé grave à 115 070$ et pour un blessé léger à 12 973$. En 2006, le MTQ, après actualisation des chiffres de M. Bordeleau, préconise d'utiliser pour le coût moyen par victime blessé légèrement, la valeur de 14 836$ (soit 10 468 €), contre 131 595$ (soit 92 856 €) pour un blessé grave.

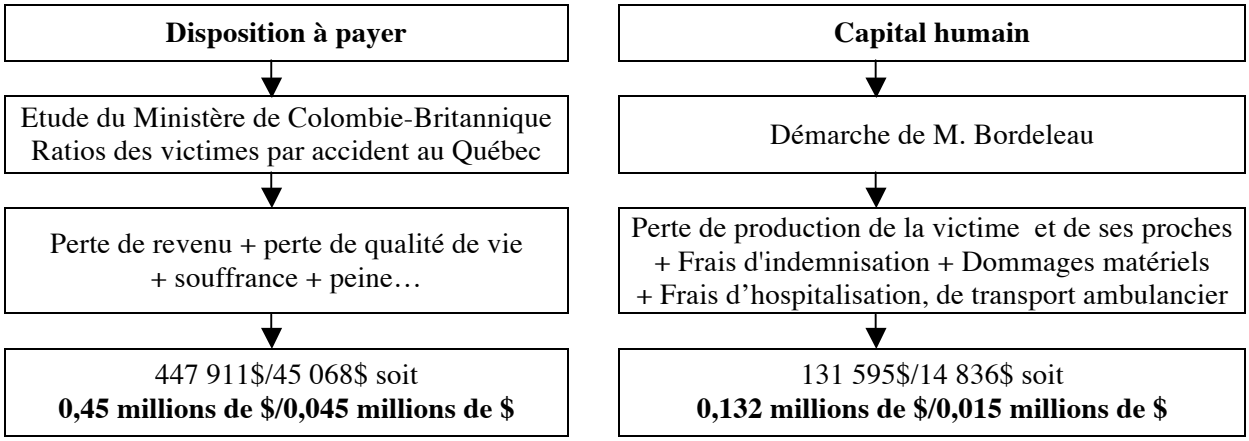


Figure 4 : Récapitulatif des deux méthodes en cas de blessure grave/légère. Chiffres du MTQ ($ 2006). Source : personnelle

Les données du MTQ étant plus récentes nous nous appuierons sur ces dernières.

III. L'accidentologie et l'inclinaison à utiliser les tunnels piétonniers protégés

Nous avons présenté au début de cette partie, les types d'accident qui nous concernent et les sources à notre disposition pour les recenser. De nombreuses études sur les accidents, leur nombre, leur évolution ont été menées, et ce notamment par la SAAQ. Ces études montrent par exemple que les accidents de la route représentent 97% des décès dans les transports au Québec. Mais aussi que les accidents ont lieu principalement sur le réseau routier (87%, contre 13% sur le réseau autoroutier) ; et qu'à Montréal, les piétons représentent 46% des victimes décédées sur l'ensemble du réseau municipal (soit en moyenne 24 décès par an), contre 15% seulement si on regarde à l'échelle du Québec. De plus, 55% des piétons tués ou blessés le sont le long des artères principales ou à proximité des sites générant d'importants déplacements comme les stations de métro, les corridors commerciaux.

L'agence de santé quant à elle note que la diminution de la mortalité due aux accidents s'explique avant tout par l'amélioration des soins post-accidents. Ainsi, ce n'est pas le nombre d'accidents qui est réduit, mais la létalité des blessures qui en découlent. En outre, ils notent aussi que nombreux encore aujourd'hui sont les piétons et les cyclistes qui ne respectent pas le code de la route.

Après vous avoir présenté les principaux facteurs d'accident, nous reviendrons sur différents paramètres évalués statistiquement à partir de notre base de données, comme l'âge des victimes et leur sexe, la fréquence des accidents en fonction de l'heure ou de la période de l'année. Enfin, dans une dernière partie nous reviendrons sur l'inclinaison des personnes à utiliser les tunnels piétonniers protégés et pour cela nous nous reposerons principalement sur une étude de M. Zacharias et de M. Zhang, professeur et étudiant à l'Université Concordia au département Geography, Planning & Environment.

1. Les facteurs d'accident

L'étude de l'accidentologie nous amène à classer les facteurs d'accident en deux grandes catégories : les facteurs liés aux individus impliqués et les facteurs liés à l'environnement urbain. Vous trouverez ci-dessous les facteurs le plus souvent énoncés (Fleury, Brénac, Observatoire régional du Languedoc-Roussillon) :

Facteurs liés à l'environnement urbain

- Manque de signalisation
- Etat de la chaussée
- Absence de passage piéton
- Refuges piétons inadaptés
- Problèmes de visibilité (stationnement, mobilier, panneaux publicitaires…)
- Complexité du carrefour (le conducteur est attentif à autre chose qu'aux piétons)
- Chaussée en ligne (excès de vitesse)

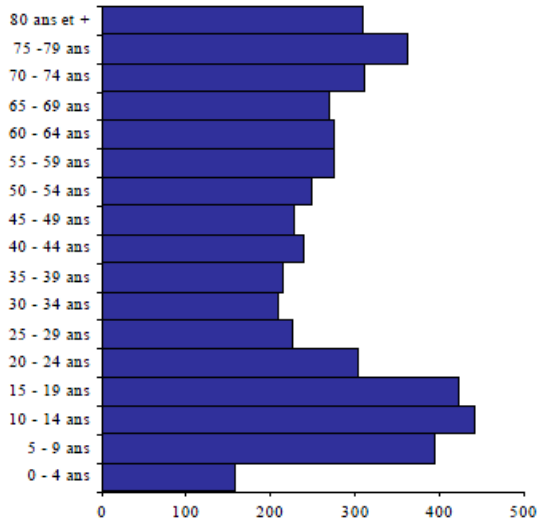
Facteurs liés à l'individu

- Alcool
- Drogue ou médicaments
- Fatigue au volant
- Excès de vitesse
- Téléphone au volant
- Inexpérience du conducteur
- Mauvaise perception de la situation
- Distraction du piéton

On peut aussi noter dans certains cas un mauvais état du véhicule, ou une mauvaise gestion de l'accident (liée aux secours ou aux témoins). Ainsi, outre la construction de tunnels piétonniers protégés pouvant réduire le nombre d'accidents, il est important d'avoir une vision globale et d'envisager un réaménagement de certains carrefours, notamment en termes de signalisation et d'espaces réservés aux piétons (prévoir des trottoirs plus larges, adapter les refuges piétons…).

2. *Les paramètres pouvant intervenir*

D'autres paramètres que les facteurs d'accidents peuvent être intéressants à examiner. En effet, le sexe des victimes et leur âge par exemple nous renseignent sur les catégories de personnes les plus fragiles, les plus touchées par les accidents. A partir de la base de données nous avons établi que 52% de femmes étaient impliquées dans les accidents. Le sexe a donc peu d'influence, voire aucune, sur la répartition des accidents.



Pour ce qui est de l'âge, les différentes tranches d'âges répertoriées dans la base de données étant de tailles différentes (2, 5 ou 10 ans), nous nous sommes basés sur des statistiques établies par la SAAQ, à partir des accidents survenus entre 1999 et 2003 (figure 5).

Figure 5 : Distribution du nombre de piétons accidentés en fonction de la classe d'âge, 1999-2003. Source : Direction de la santé publique.

On peut constater (figure 5) que deux catégories sont principalement « touchées » par les accidents. La première regroupe les plus jeunes, de 5 à 24 ans ; la seconde rassemble les plus âgés (ayant plus de 65 ans). L'évolution démographique de la population montréalaise, qui montre l'accroissement de cette dernière catégorie de personnes, laisse présumer une augmentation du nombre d'accidents dans les prochaines années.

A partir de la base de données, nous pouvons aussi estimer la répartition des victimes en fonction de l'heure de l'accident (figure 6) et en fonction du mois de l'année (figure 7).

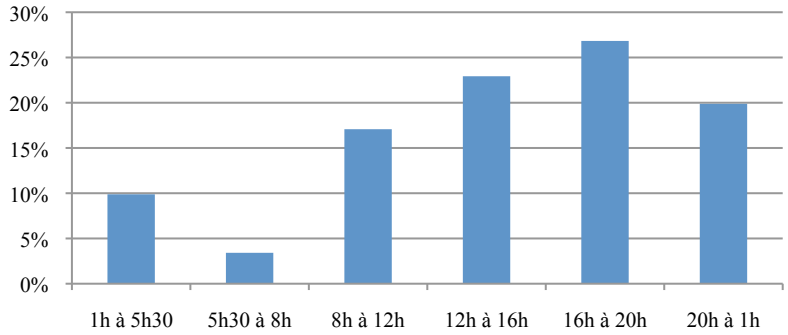


Figure 6 : Répartition des accidents en fonction de la période de la journée, 2003-2007. Source : personnelle.

Sachant que les tunnels piétonniers protégés sont inaccessibles de 1h à 5h30, en effet, leur accès concorde avec les horaires d'ouverture du métro, on constate que 90% des accidents surviennent alors que le RESO est accessible (en certains endroit). Dans la dernière partie du rapport, afin de comparer objectivement des segments de rue avec et sans tunnel, nous établirons des cartes d'accident omettant la tranche horaire 1h – 5h30.

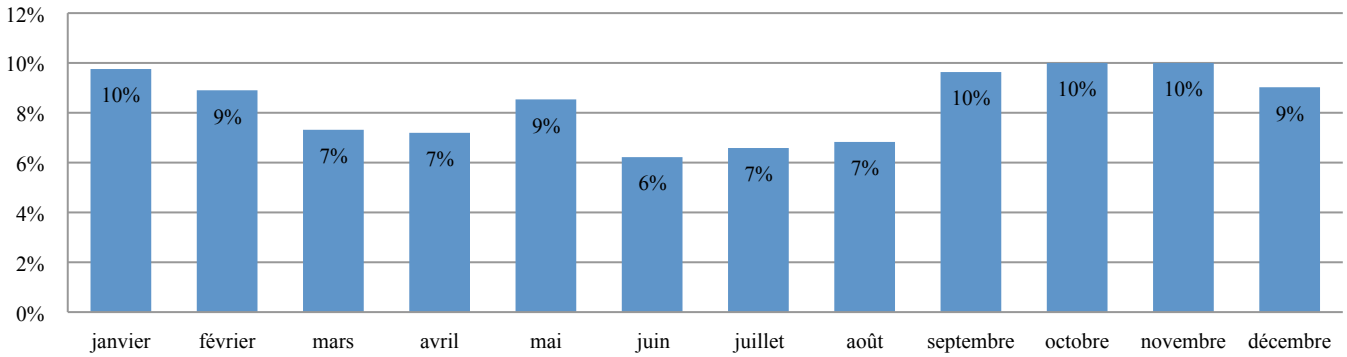


Figure 7 : Répartition des accidents en fonction de la période de l'année, 2003-2007. Source : personnelle.

On pourrait penser qu'en période estivale, le nombre de piéton étant plus important et les conditions météorologiques impliquant une plus faible fréquentation des tunnels, le nombre d'accidents est accru. Au contraire, à la lecture du graphique 38% des piétons sont blessés entre novembre et février, contre seulement 29% entre mai et août. Ceci peut s'expliquer par de moins bonnes conditions de chaussées (adhérence réduite) ou d'éclairement.

3. L'inclinaison à utiliser les tunnels piétonniers protégés

Ce paragraphe est basé sur une étude présentée par M. Zacharias et M. Zhang lors de la 12ème conférence internationale de l'ACUUS à Shenzen en 2009, intitulée « Predicting the level of use of underground routes in a multi-level urban environment ». Pour que la construction de tunnels piétonniers protégés permette la réduction d'accident il est nécessaire que ces derniers soient utilisés. Cette étude présente les facteurs influençant le choix des piétons entre un parcours en surface et un parcours en souterrain.

Les deux chercheurs commencent par citer d'autres études et évoquent le fait que les piétons tendent à minimiser la distance de leur parcours, mais que d'autres facteurs influencent leur choix. Une étude menée à Calgary, montre que 75% des gens prennent le chemin le plus court. Lorsqu'il est possible de choisir entre la surface et le tunnel souterrain, une étude de Chang (2002), montre que la profondeur du réseau est un facteur très influant sur le choix du piéton. Ceci est confirmé par une étude plus ancienne de Marchand (1974), qui suggère que les individus préfèrent les chemins les moins profonds, même s'ils sont plus encombrés, ou encore si le chemin est plus long. De plus, une étude de Muraleetharan et Hagiwara (2002), révèle que lors de longs trajets, les chemins les moins encombrés sont préférés aux chemins les plus courts. Enfin Zacharias (2001) énonce que les conditions climatiques, comme l'ensoleillement, la température, l'humidité, ou le vent ont un impact sur le comportement des piétons. Outre ces facteurs, il suggère que l'environnement visuel et l'ambiance sonore ont aussi des effets sur le choix de parcours des piétons, tout comme des points d'attractions comme les centres commerciaux ou d'emplois, ou encore des facteurs intrinsèques comme le but du voyage.

Ainsi, de nombreuses études ont été menées sur les mouvements des piétons et les facteurs les influençant. Cependant très peu font référence au choix des piétons entre un parcours en surface et un parcours en souterrain. L'étude présentée vise à examiner les facteurs contribuant au choix du piéton entre ces deux alternatives. Les résultats de l'étude sont basés sur une enquête menée en 2009. Elle se décompose en deux parties distinctes.

La première relève d'un comptage dans trois tunnels, le 1er entre la place Bonaventure et le siège du CN, le 2nd entre le complexe Desjardins et Place des Arts et le 3ème entre le complexe Guy-Favreau et Place d'Armes (cf. Carte de la Ville Intérieure). Les comptages ont lieu dans le tunnel et en surface, sur des périodes de 5 minutes de 16h à 18h du lundi au jeudi.

Les informations ont été collectées entre le 16 et le 26 février 2009 (période d'hiver), avec 8 comptages pour chaque tunnel et entre le 4 et le 14 mai 2009 (période d'été), avec à nouveau 8 comptages pour chaque tunnel, soit un total de 48 comptages. La température en février était en moyenne de -4°C, contre 16,5°C en moyenne au mois de mai. Le graphique qui suit montre que les tunnels sont plus fréquentés l'hiver que l'été.

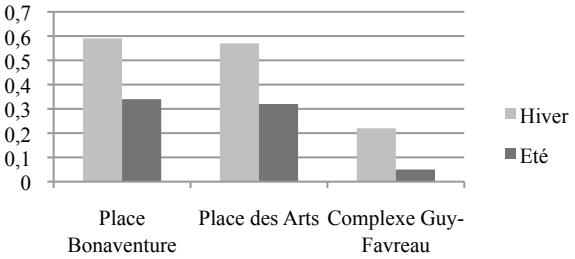
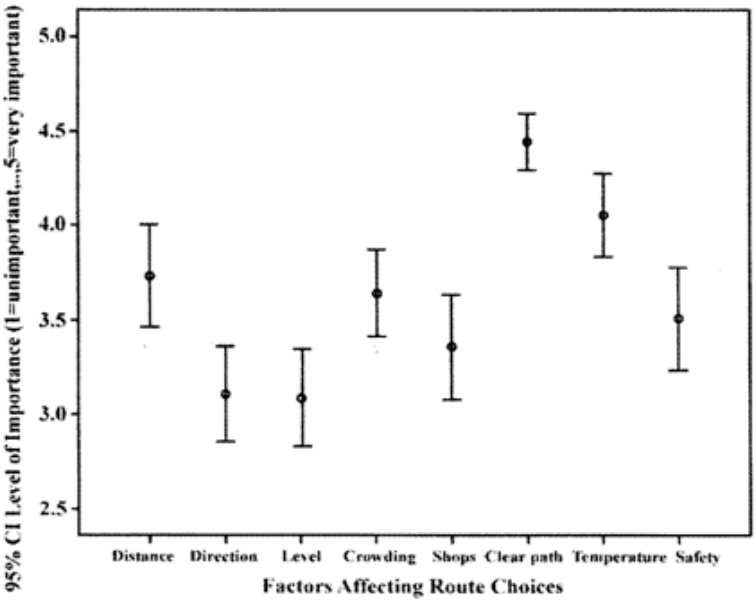


Figure 8 : Fréquentation des tunnels en fonction de leur localisation et de la saison. Source : ACUUS.

On peut par ailleurs noter une différence majeure dans l'utilisation de ces tunnels. En effet, si les deux premiers sont usités de 55 à 60% l'hiver et un peu plus de 30% l'été, ce n'est pas le cas du 3ème pour lequel on note des taux de fréquentation de 20/25% l'hiver et 5% l'été. Cette différence se justifie sans doute par la facilité d'accès, la simplicité d'orientation des deux premiers tunnels (sans détour et sur un seul niveau), comparativement au troisième (il faut changer plusieurs fois de niveau et faire des détours).

La seconde partie est une enquête menée en février 2009, au niveau de ces trois mêmes tunnels. 90 personnes (30 par emplacement) ont été interrogées et ont rempli un questionnaire comprenant les caractéristiques démographiques (âge, sexe…) ; le but du voyage ; la familiarité ; le parcours choisi (entre un parcours en surface et un parcours en souterrain) ; le facteur influençant ce choix.



Il en résulte qu'il n'y a statistiquement aucun lien entre le sexe, l'âge, le but ou la familiarité et le choix du chemin emprunté. Pour ce qui est des facteurs influençant le choix du parcours, comme nous le montre le graphique qui suit, le facteur « clear path » est celui dont le degré d'importance est le plus grand. Ce terme représente le caractère enneigé ou déneigé du chemin. Le questionnaire a été posé en février et certains trajets en surfaces étaient peu praticables.

Nous notons aussi que la distance, la température ou l'encombrement interviennent dans la décision.

Figure 9 : Facteurs influençant le choix du parcours piéton. Source : ACUUS.

Ainsi, cette étude démontre à nouveau, à travers les comptages et les questionnaires, que les conditions climatiques sont l'élément le plus important, lors du choix du piéton. Enfin, on a pu constater, à partir du premier graphique, que suivant les tunnels, le taux de fréquentation est variable. Nous préconisons donc, pour les nouveaux tunnels, une faible profondeur et une configuration similaire à celle des deux premiers. Ceci supposera alors un taux de fréquentation de l'ordre de 30% l'été, contre 55% l'hiver, soit en moyenne sur l'année 42,5%.

Partie 2 : La construction d'un tunnel piétonnier protégé

Nous allons d'abord décrire dans cette partie la construction d'un tunnel piétonnier protégé, sous l'aspect « technique ». Nous nous intéresserons ensuite aux coûts de construction des trois plus récents tunnels : le tunnel du QIM (Quartier International de Montréal), le tunnel sous le rue Guy et le tunnel sous le boulevard de Maisonneuve (Université Concordia). Nous exposerons enfin le financement de ces travaux.

I. La construction d'un tunnel piétonnier protégé

La construction de tunnels piétonniers protégés prend en compte la construction du tunnel lui-même, à savoir le gros œuvre et l'aménagement intérieur, mais fait aussi appel à une composante parfois oubliée, alors que très importante, le maintien, voire le réaménagement des réseaux souterrains déjà présents (aqueduc, égout, réseau électrique, gaz…). Une dernière composante des coûts de construction comprend les honoraires, les frais d'étude ou encore les permis et assurances.

Par ailleurs, les travaux de construction de tunnel ont majoritairement lieu à ciel ouvert à Montréal. En outre, l'implantation de tunnel se complexifie en présence d'importants axes routiers. En effet, ceux-ci induisent des coûts d'excavation plus importants et supposent la présence de nombreux réseaux enfouis, mais se caractérisent aussi par d'important flux automobiles et piétons. La circulation est en général en partie maintenue sur ces axes, ce qui engendre des coûts supplémentaires (création de pont, de passerelle, déviation…).

Après discussion avec les différents ingénieurs en charge des trois tunnels pris pour exemple, il s'avère que le coût des tunnels, se décompose souvent en 3 parties : les coûts de construction nets du tunnel ; les honoraires et autres frais d'étude ou d'assurance ; les frais annexes. Il faut ensuite ajouter à tout cela les taxes. Nous allons ici détailler la partie « coût de construction », qui représente 80 à 85% des coûts du projet, en trois sous parties : le gros œuvre, l'aménagement intérieur, les réseaux.

1. Le gros œuvre

Dans le terme de gros œuvre, sont compris tous les travaux liés à la construction de l'enveloppe du tunnel. Ceci comprend donc, les éventuelles démolitions, l'excavation et les remblais. En effet, comme nous l'avons dit la majorité, voire la totalité des tunnels piétonniers protégés de Montréal ont été construits « cut and cover », à ciel ouvert. Cette catégorie tient également compte des éventuels renforcements de sol, la mise en place des pieux, le coffrage et le béton nécessaire à la construction du tunnel. Il faut ajouter les divers éléments de maçonnerie et certains éléments métalliques comme les conduits d'aération et la ventilation (si besoin), mais aussi la plomberie et le système électrique. On prend également en considération l'isolation et l'étanchéité. Enfin, les travaux de pavage ou de réfection de chaussée une fois les travaux finis appartiennent à cette catégorie ; et il faut aussi tenir compte des ponts et passerelles temporaires mis en place lors des travaux pour maintenir une partie de la circulation automobile et piétonne.

Pour résumer, la partie que nous intitulons « gros œuvre » comprend les éléments que nous pourrions qualifier « d'élément de base » d'un tunnel, indispensables à sa mise en place. Le coût des matières premières (acier, béton) et de l'excavation seront les principales variables de ce coût.

2. *L'aménagement intérieur et les finitions*

Cette catégorie bien que présente dans chacun des tunnels, diffère de l'un à l'autre et a plus ou moins d'importance. Dans certains cas l'aménagement sera sophistiqué et donc coûteux, tandis que dans d'autres il restera assez sobre. Ce critère de coût est donc très variable. On y retrouve les portes, le vitrage, les rampes d'accès en acier, et les finitions, comme les plafonds, les peintures, les céramiques. Cette catégorie comporte aussi tout ce qui est œuvre d'art, à savoir les contrats passés pour la mise en place permanentes d'œuvre d'art dans les tunnels (peintures, sculptures…).

3. *Les réseaux*

Cette catégorie, bien qu'importante est souvent oubliée. En effet, le sous-sol Montréalais et notamment en centre-ville est truffé de réseaux. La présence de ces réseaux, leur quantité, ou leur vétusté peuvent conditionner la complexité des travaux de construction des tunnels et entraine des coûts plus ou moins importants. Nous allons lister ici les principaux réseaux.

On trouve en premier lieu les réseaux d'électricité, de télécommunication et de câblodistribution. Tous ces réseaux (exceptés le réseau Trans-Energie (la très Haute Tension), gérés par Hydro-Québec, et une partie du réseau de l'opérateur Bell) sont gérés par la CSEM (Commission des Services Electriques de Montréal). Les réseaux sont groupés dans des massifs, appelés canalisations multitubulaires, en béton. Elles sont situées sous le trottoir à 1m de profondeur. Lors des travaux, la commission requiert le plus souvent la démolition/reconstruction des massifs.

On a ensuite les réseaux d'aqueduc et d'égout, leur gestion est assurée par le service SITE de la ville. Lors de la construction des trois tunnels pris pour exemples, les réseaux d'aqueducs présents en souterrains ont été maintenus, en revanche pour les réseaux d'égout, il a fallu les redimensionner, et donc les réaménager ou les démolir pour les reconstruire. Ils sont en général très anciens, en brique et peu ou mal entretenus. Ces réseaux se situent à diverses profondeurs (au minimum 2m pour le hors-gel) et sous la chaussée.

Enfin, on trouve les réseaux de gaz ou de chauffage urbain. Les premiers sont gérés par GazMétro, les seconds le sont par la Compagnie de Chauffage Urbain de Montréal (CCUM).

Dans chacun des cas, l'entrepreneur mandate la compagnie ou l'organisme responsable des réseaux, qui se charge de faire les travaux. L'entrepreneur reçoit ensuite la facture.

4. *Les horaires, frais de gestion, frais d'études, assurances et permis*

Comme son nom l'indique, ce critère tient compte des frais de gestion, des honoraires de l'entrepreneur, des architectes, des ingénieurs… ; mais aussi les frais d'étude (géotechniques ou autre), les assurances et les permis. Ceci représente entre 12 et 15% du coût total du projet.

5. *Les frais annexes*

Ces coûts font référence à la sécurité, aux télécommunications, à l'informatique, à l'audio-visuel, au frais de déménagement éventuels… dans le cadre de la construction de tunnel ces coûts sont assez restreints et s'élèvent à 3 ou 5%.

Il faut ensuite ajouter les taxes. Elles sont de deux types : la TPS (Taxe sur les Produits et Services, taxe fédérale) de 5% et la TVQ (Taxe de Vente du Québec, taxe provinciale) de 7,5%, soit une taxe de 12,5%. Cependant, dans le cadre de projets dont le propriétaire est public ou parapublic (comme les Universités), la taxe globale est de 5,9%.

II. Combien coûtent de telles constructions ?

Afin d'estimer le coût de construction des tunnels piétonniers protégés, nous allons nous baser sur des données chiffrées en notre possession. Elles concernent principalement 3 tunnels, les 3 plus récents. Pour ces derniers, les données que nous avons sont assez détaillées. L'observatoire a aussi rassemblé des informations moins précises sur des cas plus anciens. Nous commencerons par présenter les 3 tunnels les plus récents, avec pour chacun le montant des travaux, quelques caractéristiques, un ou deux plans et un descriptif des travaux. Puis nous établirons un coût moyen au mètre linéaire pour la construction de tunnel. Enfin, nous le comparerons aux coûts référencés par l'observatoire.

1. Le Quartier International : tunnel du QIM

Tunnel du QIM	
Durée des travaux	2001-2004 (18 mois pour le gros œuvre et 1an pour les finitions)
Ouverture du tunnel	Avril 2004
Longueur du tunnel	110 mètres (pour 6m de largeur et 2,7m à 3m de hauteur libre)
Coût de construction (80%)	6 940 728 $ CAD 2003
Frais de gestion, honoraires + frais annexes (20%)	1 735 182 $ CAD 2003
Montant total (avant taxe)	8 675 910 $ CAD 2003
Montant total après taxes (TPS 5% et TVQ 7,5%)	**9 760 399 $ CAD 2003**

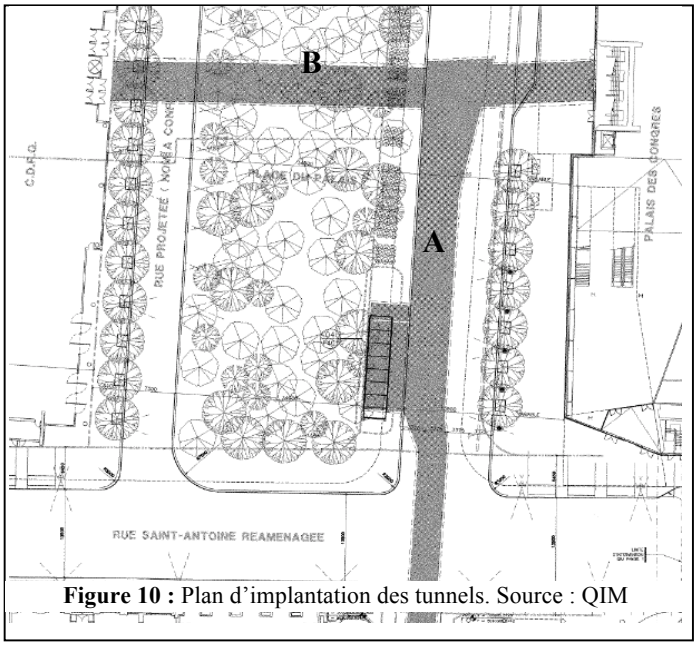


Figure 10 : Plan d'implantation des tunnels. Source : QIM

Le détail des coûts est en Annexe 5. Vous trouverez en Annexe 6, une coupe des tunnels.

Descriptif : Le Quartier International de Montréal est un organisme sans but lucratif, créé en 1999 pour jouer le rôle de maître d'ouvrage dans le cadre du réaménagement du quartier international. Il a supervisé les travaux de construction de deux tunnels piétonniers protégés A et B inter-reliés. Le tunnel A se situe entre le Centre de Commerce Mondial de Montréal et le tunnel B situé, lui, sous la Place Jean-Paul Riopelle et reliant le CDP Capital au Palais des Congrès.

En revanche, le QIM n'est pas propriétaire, mais ce sont le Palais des Congrès (au Nord), l'Hôtel Intercontinental et le SITQ (au Sud). Ils assurent la sécurité, l'entretien, la surveillance, la communication… Les travaux de gros œuvre ont été confiés à l'entreprise Soliger et de nombreux efforts ont été faits quant à l'aménagement intérieur. Pour les réseaux, seuls Bell et la CSEM ont été mandatés.

En surface la place Jean-Paul Riopelle a été créée, la rue Saint Antoine a été réaménagée, les trottoirs élargis et plantés. Par ailleurs, pendant les travaux la circulation a dû être maintenue. Sur la rue Sainte Antoine, 2 voies étaient ouvertes aux heures de pointe (1 seule entre 9h30 et 15h30). Lors de la traversée de la rue St Antoine, afin de réaliser le coffrage du tunnel, un pont temporaire a été installé.

Lors des travaux, des études ont été faites sur le collecteur situé sous St Antoine, car l'implantation du tunnel nécessitait son réaménagement. Suite a des simulations, et du fait de la présence d'un autre collecteur sous la rue Viger, il a été constaté que l'espace libre dans le collecteur, après implantation du tunnel était suffisant. Le diamètre de l'égout est alors réduit de moitié, schématiquement on a donc la coupe ci-dessous.

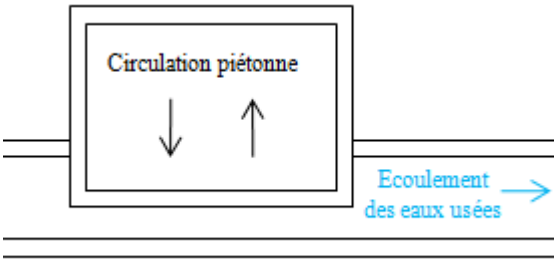


Figure 11 : Schéma d'implantation du tunnel dans le collecteur. Source : personnelle.

2. *L'Université Concordia : le tunnel sous la rue Guy*

Tunnel sous la rue Guy	
Durée des travaux	2007 à 2009 (6 mois pour le gros œuvre et 1 an pour les finitions)
Ouverture du tunnel	Fin 2009
Longueur du tunnel	26 mètres (10m de largeur pour 3m de hauteur libre)
Coût de construction (85%)	2 168 315 $ CAD 2006
Frais de gestion, honoraires + frais annexes (15%)	382 644 $ CAD 2006
Montant total (avant taxe)	2 550 959 $ CAD 2006
Montant total après taxes (Taxe de 5,9%)	**2 701 465 $ CAD 2006**

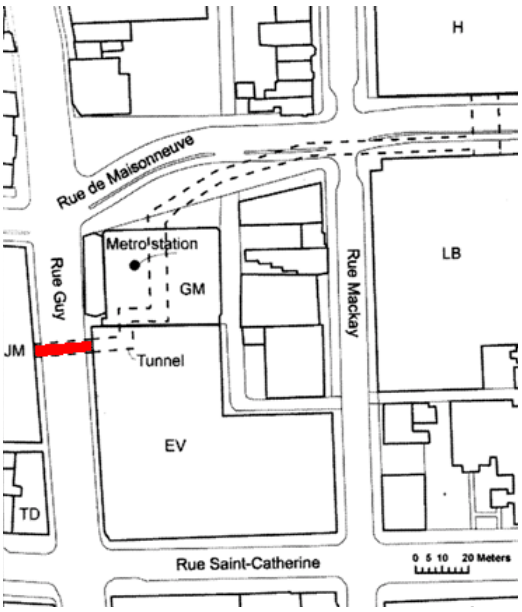


Figure 12 : Plan d'implantation du tunnel. Source : Génivar.

Le détail des coûts est en Annexe 7. Vous trouverez en Annexe 8, une coupe du tunnel.

Descriptif : La construction du tunnel sous la rue Guy entre dans le cadre d'un projet plus vaste : la construction du pavillon John Molson. Le tunnel permet de connecter ce nouveau pavillon à la station de métro Guy-Concordia. L'Université en est locataire (par un permis d'occupation du domaine public) et maitre d'ouvrage, Génivar est le maitre d'œuvre. L'entrepreneur retenu pour l'ensemble du projet est JE Verreault & Fils. Différents réseaux sont présents dans le sous-sol : des conduites d'aqueduc, un égout, des conduites de gaz et des massifs de la CSEM. La plupart de ces réseaux ont été supportés et maintenus en opération, les massifs de la CSEM ont été détruits puis reconstruits au même endroit, des blocs temporaires ont été installés. Enfin, l'égout était assez vieux, en forme de fer à cheval, en brique, il a donc été remplacé par une conduite circulaire sur environ 10m, sur demande du SITE. L'entrepreneur a dû par ailleurs construire à la demande de la ville, deux nouveaux regards (un de chaque côté du tunnel). Afin de maintenir l'écoulement des eaux usées, une

conduite temporaire a été mise en place. A noter que la conduite d'égout est encastrée dans le plafond du tunnel.

Lors des travaux il a fallu maintenir une partie de la circulation ; pour ce faire la voie allant vers le Nord a été conservée, tandis que la voie allant vers le Sud a été déviée. Les automobilistes devaient emprunter la rue Saint Mathieu. Un pont temporaire fut installé pour conserver le trafic venant du Sud vers le Nord. Il a également fallu construire une passerelle pour les piétons puisque l'un des trottoirs devait être conservé.

Les travaux se sont déroulés en trois phases. Phase 1 : excavation de la partie Ouest (le trottoir + 1 voie), remplacement de l'égout, construction des deux regards. Phase 2 : mise en place du pont temporaire et de la passerelle. Phase 3 : excavation de la partie Est.

3. L'Université Concordia : le tunnel sous le boulevard de Maisonneuve

Tunnel sous le boulevard de Maisonneuve	
Durée des travaux	1 an
Ouverture du tunnel	Avril 2010
Longueur du tunnel	120 mètres (7m de largeur pour 2,7m de hauteur libre)
Coût de construction (85%)	4 253 600 $ CAD 2008
Frais de gestion, honoraires + frais annexes (15%)	750 635 $ CAD 2008
Montant total (avant taxe)	5 004 235 $ CAD 2008
Montant total après taxes (Taxe de 5,9%)	**5 299 485 $ CAD 2008**

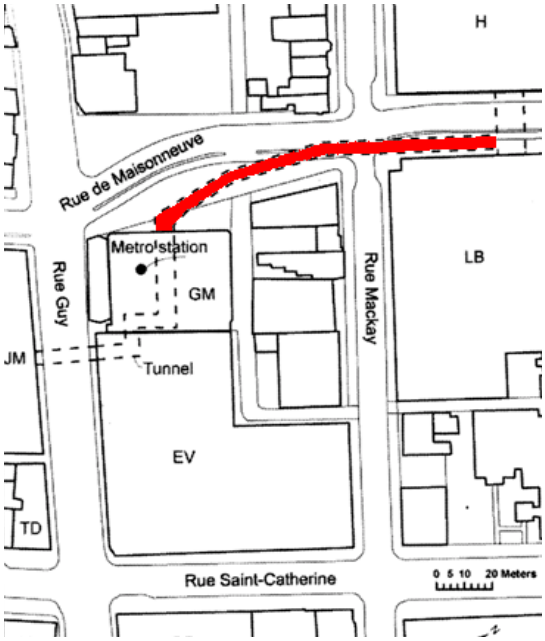


Figure 13 : Plan d'implantation du tunnel. Source : Université Concordia.

Le détail des coûts figure en Annexe 9.

Descriptif : le tunnel sous le boulevard de Maisonneuve permet de connecter le bâtiment GM aux bâtiments LB et H. Ceux-ci sont déjà connectés par un tunnel. Les étudiants de ces deux bâtiments pourront par ailleurs grâce au nouveau tunnel accéder à la station de métro Guy-Concordia. L'université est locataire du tunnel, elle en est aussi le maitre d'ouvrage et le maitre d'œuvre. L'architecte est le groupe Cardinal Hardy. Le tunnel a été construit parallèlement au boulevard de Maisonneuve et aux réseaux situés en sous-sol. Cependant, le tunnel traverse la rue Mackay et à cet endroit plusieurs réseaux étaient présents dans le sol : des conduites d'aqueduc, de gaz, un égout et des massifs de la CSEM. Tous ces réseaux ont été supportés et maintenus en opération. Seul l'égout a dû être démoli et reconstruit, il est lui aussi encastré dans le plafond.

Lors des travaux la circulation a été maintenue sur le boulevard de Maisonneuve (emprise sur une seule voie) et sur la rue Mackay (mise en place d'une passerelle piétonne et d'un pont temporaire). Les travaux se sont déroulé section par section de l'Ouest vers l'Est.

4. Les autres données chiffrées – Comparatif

A partir des données, nous avons établi le tableau récapitulatif suivant :

Tunnel	Longueur du tunnel	Coûts		Coûts/ml	Coûts/ml $ 2009		
		en millions de $ courants	en millions de $ 2009	en milliers de $ 2009	Gros Œuvre	Aménagement intérieur	Réseaux
QIM	110 m	9,76 ($ 2003)	13,00	118,2	50 100 $	24 200 $	9 700 $
Guy	26 m	2,70 ($ 2006)	3,14	120,8	70 400 $	19 200 $	2 900 $
de Maisonneuve	120 m	5,30 ($ 2008)	5,57	46,5	31 600 $	3 600 $	2 200 $
Moyenne	/	/	/	**95,16**	**50 700 $**	**15 700 $**	**4 900 $**

Tableau 3 : Récapitulatif des coûts de construction des différents tunnels. Source : personnelle.

Indices de prix pour la construction de bâtiments non résidentiels, Montréal, indice annuel (mai)	
Année	Indice
2003	102,1
2004	106,7
2005	112,6
2006	117
2007	122
2008	129,3
2009	136

Il est impossible de comparer des coûts de construction établis à diverses périodes dans le temps, il est donc indispensable de choisir une base temporelle commune pour les comparer. Pour ce faire, nous avons estimé les coûts en dollars constants de 2009. Pour ce faire on utilise un indice de prix, relatif à la construction des bâtiments non résidentiels.

Tableau 4 : Indice de prix. Source : Statistique Canada Cahier 327- 0043.

En outre, les coûts sont ramenés sur une même base au mètre linéaire afin d'être comparés. Nous constatons une importante différence entre chacun des tunnels pour ce qui est du gros œuvre. Le tunnel sous la rue Guy est le plus onéreux, mais c'est aussi le plus large et le plus profond ; par ailleurs, l'ensemble du système d'aération est en acier inoxydable. La différence entre le tunnel du QIM et celui sous de Maisonneuve, étant de largeur et de profondeur similaires vient, quant à elle, des difficultés techniques rencontrées pendant les travaux. En effet, le tunnel du QIM est implanté au niveau de l'autoroute Ville-Marie et sous la nouvelle place Jean-Paul Riopelle créée de toutes pièces. Les coûts liés à l'aménagement intérieur diffèrent aux aussi. Peu d'efforts ont été faits pour le dernier tunnel en comparaison des deux premiers, d'où cette différence. Enfin, pour les réseaux nous remarquons que le premier tunnel est plus coûteux. Ceci est principalement dû à la multiplicité des réseaux présents dans ce cas, mais aussi aux études réalisées sur le collecteur, aux travaux de réaménagement et au curage important de celui-ci. Ainsi, chaque tunnel à un coût unique et différents facteurs peuvent l'influencer. Nous notons toutefois que les deux premiers tunnels, de qualité semblable, ont un coût global au mètre linéaire similaire.

Grâce à l'observatoire, nous possédons des données chiffrées, moins précises, pour d'autres tunnels de Montréal et Toronto. Les informations sont les suivantes :

- Tunnel reliant Richmond Adelaïde Center et exchange Tower à Toronto, 33m, construit en 1980, pour un coût de 97 600$/ml (2009).
- Tunnel reliant Bay Adelaïde Center et 11 Adelaïde West à Toronto, 35m, construit en 2008, pour un coût de 72 100$/ml (2009).
- Tunnel entre le Centre Eaton et la Place Ville-Marie (le Missing Link) à Montréal, 150m, construit en 1993 pour un coût de 10 millions de $, soit 88 600$/ml (2009).

En tenant compte de ces valeur, on obtient un coût moyen de 90,6 milliers de $CAD 2009/ml (soit 63 930 € 2009/ml).

III. Qui paye la facture ?

1. Le programme Infrastructure Canada-Québec

Le programme Infrastructure Canada-Québec est une aide financière apportée par les gouvernements fédéral et provincial pour aider au développement des collectivités. L'Université Concordia a postulé à ce programme dans le cadre de la construction du tunnel sous le boulevard de Maisonneuve et a obtenu une subvention couvrant les 2/3 des coûts.

Le Programme Infrastructure Canada (PIC) : d'un budget annuel d'environ 2 milliards de dollars, il date de 2000. Il aide à renouveler et à construire des infrastructures dans les collectivités urbaines et rurales. Il vise l'infrastructure municipale verte, c'est-à-dire des projets améliorant la qualité de l'environnement des citoyens et contribuant à la réalisation des objectifs nationaux en termes de qualité de l'air et de l'eau. Viennent ensuite les projets liés aux transports, routes, ponts, logements sociaux, tourisme et télécommunications. Ce programme comporte des programmes spécifiques relatifs aux provinces, tel que le programme Infrastructure Canada-Québec qui nous intéresse. Ce dernier est né d'une collaboration entre le gouvernement fédéral et le gouvernement provincial à la fin 2000. Son budget s'élève à 1,546 milliards de dollars, financé à part égale par le gouvernement fédéral, le gouvernement provincial et les municipalités. La première priorité du programme est le secteur vert (40% des fonds), puis les infrastructures locales de transport (40% des fonds), enfin 20% des fonds doivent être investis dans les infrastructures des municipalités rurales.

2. Les différents partenaires

Lors de la construction de ces tunnels différents partenaires sont intervenus. Pour le tunnel du QIM, les coûts se partagent entre les différents propriétaires riverains, à savoir le SITQ, le Palais des Congrès, l'Hôtel Intercontinental, enfin une partie du financement est assurée par les gouvernements fédéral et provincial. Pour les tunnels sous la rue Guy et le boulevard de Maisonneuve, les gouvernements fédéral et provincial, ainsi que l'Université Concordia se partagent les coûts, pour le tunnel sous la rue Guy, appartenant au projet de création du nouveau pavillon John Molson, une partie des frais est assumée par les fonds privés de ce projet (dont le principal donateur est John Molson). Vous aurez pu constater que les coûts d'investissement sont supportés par les propriétaires immobiliers, c'est aussi le cas des coûts d'entretien. La ville de Montréal n'a jamais contribué financièrement à la construction du réseau piétonnier protégé, même pour la portion construite sur le domaine public, dont elle demeure propriétaire. Nous notons toutefois que les gouvernements sont, eux, occasionnellement intervenus (ils le font de plus en plus souvent pour les équipements collectifs).

Le partage de la facture entre les parties privées dépend de la chronologie d'implantation des bâtiments et de leur fonction. La règle de base que l'on constate, repose sur le fait que le nouvel arrivant doit supporter seul les coûts de raccordement au réseau. Cependant, la fonction entre en jeu. En effet, dans le cadre de la construction d'un lien entre deux galeries commerciales, le partage se fera en fonction des avantages escomptés par chaque partie ; en présence d'équipements collectifs, ces derniers ne participent au financement que s'ils sont les seuls mis en cause dans la construction de ce lien ; lors de la connexion entre une galerie commerciale et un immeuble de fonction différente (ex : immeuble de bureau), le promoteur

de la galerie commerçante assume seul ou majoritairement les coûts ; enfin pour des tours à bureaux, si aucun des deux bâtiments n'était raccordé on peut s'attendre à un partage égal de la facture.

Enfin certains partenariats particuliers peuvent être mis en place. Ce fut le cas dans le cadre du réaménagement du QIM. La réalisation du projet a été possible grâce aux propriétaires immobiliers du secteur. Les 42 propriétaires fonciers ont volontairement investi sur le domaine public des sommes visant à valoriser leur investissement et à s'impliquer concrètement dans l'amélioration de l'environnement de leurs employés et de tous les visiteurs du QIM. Ils se sont regroupés au sein d'une association de riverains (ARQIM) et ont accepté d'investir 8 millions de dollars dans le domaine public, soit 0,75/m², par le biais d'une taxe d'amélioration locale volontaire. Elle est versée à la ville sur 20 ans, en échange de quoi cette dernière assure un entretien du quartier de qualité supérieure à l'entretien « régulier ». Cette taxe représente l'écart entre le coût « régulier » du réaménagement effectué d'habitude par la ville et le coût de l'aménagement réalisé effectivement par le QIM.

3. Le rôle de la ville

La ville n'a financé aucun des tunnels du RESO. Son rôle concernant le domaine public a été de le déléguer au moyen de divers outils réglementaires : le bail emphytéotique, les permissions d'occupation du domaine public (durée moyenne 75 ans) et la cession de rues ou de ruelles. Pour les deux premiers, le promoteur verse un loyer à la ville. Le montant est prévu au départ, toutefois au terme des négociations ces loyers ont pu diminuer ou disparaitre au profit d'autres arrangements, comme des échanges de terrains. Aujourd'hui, environ la moitié des liens construits dans le domaine public versent un loyer à la ville. Y ont également été soustraits les équipements collectifs, dont le Palais des Congrès. Le loyer dépend de la superficie du passage piétonnier et de la valeur locative au m² des locaux occupés en surface. Le cadre réglementaire de la permission d'occupation du domaine publique impose que le promoteur d'un édifice connecté à la ville intérieure auquel un voisin désirera se connecter ne pourra pas le lui refuser, ni exiger une indemnité en retour. Et une clause prévoit la portion de l'indemnité due par la ville au requérant si cette permission devait être révoquée pour cause d'utilité publique. La cession de rues ou de ruelles, quant à elle, est employée dans le remembrement d'îlots ou la création de complexes immobiliers.

Dans la situation actuelle il ressort nettement que l'initiative en matière d'extension de RESO appartient aux promoteurs immobiliers, mais que l'administration municipale se réserve le droit de rejeter tout projet de raccordement en refusant tout simplement d'accorder un permis d'occupation du domaine public. A l'exception toutefois des extensions réalisées sans occupation du domaine public, à l'intérieur d'un ilot déjà raccordé. En outre, il n'existe aucun règlement particulier relatif aux exigences de la ville en termes de construction et d'entretien des tunnels, uniquement quelques dispositions dans les permis d'occupation.

Afin d'impliquer la ville dans le financement deux motifs peuvent être invoqués. Le premier met en cause sa responsabilité à l'égard de la santé publique et la création d'une aide financière pour la réduction des accidents entre piétons et automobilistes grâce à l'ajout de nouveaux tunnels piétonniers protégés. Ce motif rejoint la promotion des modes de transport doux ou collectif. Un second motif est la compétitivité et l'aménagement du territoire métropolitain. En effet, le Québec a besoin, que Montréal soit doté d'un centre-ville fort et dynamique pour rivaliser avec Toronto. Or, un moyen de s'en assurer est de faciliter les déplacements piétons au centre-ville et le RESO est en cela un dispositif efficace.