

Sihem Errihani

(ERRS02588103)

***Analyse avantages-coûts de l'insertion d'un
système léger sur rail(SLR) sur l'axe Henri-
Bourassa à Montréal***

Rapport de recherche présenté à

M. Fernand Martin

Département des sciences économiques

Université de Montréal

Avril 2007

Sommaire

Cette étude vise à évaluer, de point de vue économique, l'implantation d'un système léger sur rail (SLR) ou tramway sur l'axe Henri-Bourassa à Montréal. Ce projet a pour but de diminuer la congestion sur cet axe très achalandé et répondre à la demande croissante.

Cette étude répond à la question : est-il rentable économiquement d'implanter un SLR sur l'axe Henri-Bourassa?

L'analyse de ce projet est de type avantages-coûts: elle est faite de point de vue de l'efficacité économique de projet plutôt que de sa rentabilité financière. Cette dernière, qui maximise l'utilité des actionnaires, est aussi étudiée afin de déterminer le montant de la subvention que le gouvernement peut accorder en cas où la valeur actualisée nette économique est positive et que la valeur actualisée nette financière est négative.

L'analyse financière de ce projet considère comme avantage financier les recettes d'exploitation du SLR et les coûts considérés sont les coûts financiers de construction et de mise en service.

Les coûts économiques pris en compte du projet, qui sont en prix de référence, sont : les coûts d'immobilisations et les coûts d'exploitation du SLR diminués de l'économie des coûts d'exploitation des autobus puisqu'il y aura une réduction de leur nombre sur l'axe du tramway.

La réduction des coûts d'utilisation des automobiles suite à la diminution des kilomètres parcourus par ces dernières est comptée comme avantage économique du projet. De même, la perte du temps de cette catégorie de clientèle du SLR est aussi considérée comme un coût.

De plus les automobilistes qui continuent à utiliser leurs voitures vont gagner du temps à cause de la réduction de la congestion.

Les usagers de transport en commun qui sont transférés vers le SLR ont à leur tour un gain en termes de temps de déplacement.

La valeur économique des externalités positives (réduction de la pollution atmosphérique, réduction du nombre des accidents de la route et la réduction des émissions du GES) est comptée aussi comme avantage.

Cette étude conclut que le projet n'est pas rentable économiquement avec une valeur actualisée nette(VAN) négative d'environ 623 millions de dollars.

Table des matières

1. Introduction	6
2. Contexte et caractéristiques du SLR	7
2.1. Le contexte	7
2.2. Les caractéristiques	8
3. Achalandage	12
4. La méthode utilisée	15
5. L'horizon temporel	16
6. L'analyse financière	16
6.1. Les coûts de construction et de mise en place du SLR	17
6.2. Les coûts d'exploitation et de maintenance du SLR	18
6.3. Les recettes d'exploitation du SLR	18
6.4. La valeur résiduelle	18
6.5. Le résultat de l'analyse financière	18
7. L'analyse économique	19
7.1. Les coûts économiques du projet	20
7.1.1. Les coûts d'immobilisations	21
7.1.2. Les coûts économiques d'exploitation	23
7.1.3. Sommaire des Les coûts économiques du projet	25
7.2. Avantages	25
7.2.1. Gain / perte des anciens automobilistes transférés vers le SLR	26
7.2.1.a. Diminution des dépenses des anciens automobilistes	26
7.2.1.b. Perte du temps pour les anciens automobilistes	28
7.2.2. Gain des automobilistes qui continuent à utiliser leurs voitures	29

7.2.3. Gains du temps pour les anciens usagers du transport en commun	29
7.2.4. Sommaire des avantages économiques	30
7.3. Les externalités du projet	31
7.3.1. Pollution	32
7.3.2. La réduction des accidents	33
7.3.3. Réduction des coûts des émissions de gaz à effet de serre (GES)	34
7.3.4. Sommaire des externalités	35
7.4. Le résultat de l'analyse économique	36
8. Calcul de la subvention	37
9. Analyse de sensibilité	38
9.1. Taux d'actualisation	38
9.2. Le temps perdu par les automobilistes	39
9.3. Les coûts d'exploitation	39
9.4. Les coûts des immobilisations	39
9.5. L'achalandage	40
10. Conclusion	41
<i>Bibliographie</i>	42
Annexe A	44
Annexe B	46
Annexe C	48
Annexe D	50
Annexe E	51

1. Introduction

Les 10 dernières années ont été marquées dans la région métropolitaine de Montréal au plan du transport des personnes, par un accroissement de l'ordre de 30% des déplacements motorisés, causé notamment par l'étalement des lieux de résidence et d'emplois et la hausse de la motorisation. Pendant la même période, les déplacements par transport en commun ont diminué de 13%¹. Selon l'AMT, ces tendances devraient se maintenir pour les prochaines années.

Cet accroissement de la motorisation combiné avec un accroissement continu de l'activité économique des municipalités aggraveront la situation d'un réseau routier déjà saturé.

Donc les autorités ont décidé de prendre des mesures pour accroître l'usage du transport collectif dans la région métropolitaine. Le SLR fait partie des nouvelles solutions adaptables tant au réseau autoroutier qu'en milieu urbain².

Le système léger sur rail(SLR) ou tramway est « une forme de transport en commun urbain ou interurbain circulant sur des voies ferrées équipées des rails plats(alors que ceux des trains sont légèrement inclinés vers l'intérieur de la voie) et qui est implanté en site propre ou encastré à l'aide des rails à gorge dans la voirie routière. Aujourd'hui, il est généralement à traction électrique »³. Un exemple est présenté en annexe E.

Cette étude déterminera si cette solution envisagée est réalisable pour un axe très important à Montréal : celui d'Henri-Bourassa. Ce dernier occupe une grande place pour le transport en commun, ce qui avait déjà été reconnu par l'AMT en 1997 lorsqu'il a été officiellement classé comme «métropolitain»⁴. En effet, cet axe est

¹AMT, étude de faisabilité et d'opportunité d'un réseau de SLR sur les territoires de la rive sud et de CUM, AXE HENRI-BOUYRASSA

² les causes du choix du SLR pour cet axe sont citées dans section suivante.

³ www.techno-science.net

⁴ STCUM, Système léger sur rail, étude de faisabilité et d'opportunité, volet transport, AXE HENRI-BOURASSA, p.xix

comparable au pont Champlain en termes d'achalandage avec 16000 déplacements durant la pointe du matin⁵.

L'analyse financière de projet sera étudiée dans un premier temps et par la suite l'analyse économique sera présentée. Enfin, en comparant le résultat des deux analyses, la décision de l'octroi d'une subvention sera prise ainsi que son montant s'il est approuvé.

Les avantages et les coûts pris en compte sont ceux qu'apporte le projet du SLR par rapport au scénario de référence qui est le réseau d'autobus métropolitain de 1998, puisque les lignes des autobus de l'axe seront remplacées par le SLR.

2. Contexte de l'insertion et caractéristiques du SLR

2.1. Le contexte

Le choix de l'axe Henri-Bourassa pour l'insertion du SLR n'est pas le fruit du hasard. Il y a plusieurs facteurs, qui ont contribué au choix de ce boulevard parmi les autres axes importants de Montréal. Parmi ces facteurs, il y a les facteurs environnementaux et ceux concernant la circulation et le développement urbain.

Du côté environnemental, l'axe est saturé par les services d'autobus (23 lignes) qui s'y suivent les uns à l'arrière des autres sur plusieurs sections du corridor, à Montréal Nord ainsi qu'aux approches de la station du métro Henri-Bourassa. Chaque jour, il y a environ 500 voyages d'autobus de la STCUM au cours de la pointe du matin⁶. Cette concentration des véhicules à propulsion au carburant fossile apporte tout le lot de nuisances propres à la circulation des véhicules lourds. Les engagements environnementaux de Kyoto (réduction d'ici 2012 des émissions du GES à leur niveau de 1990 moins 6%) requièrent de mettre en place des mesures pour ramener les émissions de gaz à effet de serre à des niveaux inférieurs à ceux de 1990. Puisque le SLR est à traction électrique, son insertion va contribuer à la réduction de ces polluants atmosphériques.

⁵ Idem

⁶ Idem

Concernant la circulation, le boulevard Henri-Bourassa constitue l'une des artères les plus importantes de la région métropolitaine et il dessert, d'est en ouest, le nord de la CUM. Il est également un lieu de convergence pour 5 ponts reliant la Couronne nord et Laval à l'île de Montréal. En effet il est le troisième axe de transport majeur de la CUM après les autoroutes Ville-Marie et Métropolitaine et le premier axe en transport en commun⁷.

Ce boulevard est également l'un des plus importants axes de transport en commun avec la présence des voies réservées aux périodes de pointe. La mise en place d'un SLR peut augmenter la capacité, la qualité, la faisabilité et le confort du service offert aux usagers actuels du transport en commun et contribue ainsi à assurer la croissance et la fidélité à l'utilisation du transport en commun.

Pour le développement urbain, les secteurs riverains de ce boulevard comprennent un nombre important d'établissements publics qui sont d'importants générateurs de déplacements : L'axe compte 2 cégeps ,8 écoles secondaires, 5 hôpitaux ,4 arénas et 4 centres commerciaux. La présence d'un SLR dans l'axe du boulevard Henri-Bourassa augmenterait leur accessibilité et leur permettrait de renforcer leur rôle social et économique tout en favorisant à moyen et à long terme la densification des secteurs riverains⁸.

2.2. Les caractéristiques

Le tracé retenu par l'AMT est de 13.3 km incluant 28 stations .Le SLR sera inséré au centre du boulevard Henri Bourassa, reliant la gare Du Ruisseau de la ligne du train de la banlieue Montréal/Deux-Montagnes à la rue Albert-Hudon. Ce train remplacera, sur son parcours, la majorité des services d'autobus exploités actuellement sur le boulevard soit les circuits suivants: 48(Perras), 49(Léger), 69(Gouin) ,164(du

⁷ Idem

⁸ Voir la liste en annexe D.

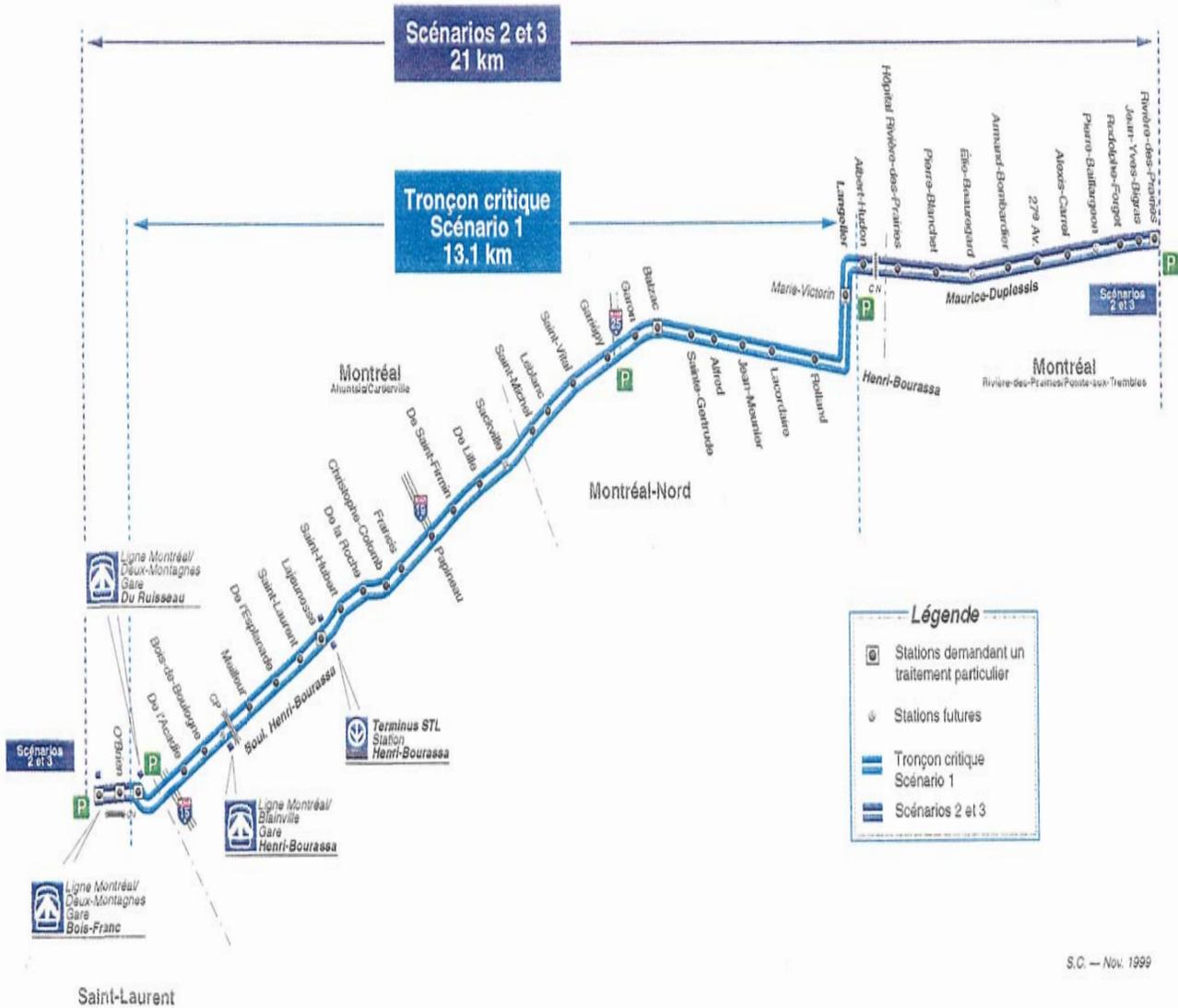
Domaine), 159(Métrobus Henri-Bourassa), 171(Henri-Bourassa) et enfin les circuits de la STL et CIT circulant entre Pie-IX et le métro Henri-Bourassa⁹.

La carte dans la page suivante illustre 3 types de scénario d'insertion proposés par la STCUM. Le scénario prioritaire est celui représenté sur la carte comme le tronçon critique, scénario 1.

Dans cette étude, ce scénario sera étudié, " *avec 0.2 km de plus* ".

⁹ Bombardier Transport, analyse de trois lignes de métro léger sur l'île de Montréal, 1998, p.18

Figure 2
Localisation des stations du SLR Henri-Bourassa



Source: STCUM, *Système léger sur rails, étude de faisabilité et d'opportunité, AXE HENRI-BOURASSA, pvi.*

Les caractéristiques du SLR sont les suivantes :

- Temps de parcours de la station Albert-Hudon à la station Gare Du Ruisseau : 34minutes
- Vitesse commerciale : 24km/h
- Intervalle de service : 235 secondes en période de pointe
- Vitesse maximale d'exploitation : 70km/h
- Rames de 2 voitures transportant 372 passagers

Le matériel roulant requis est de 46 véhicules incluant les réserves d'exploitation et d'entretien.

Le matériel roulant utilisé s'apparente au véhicule K4000 construit par la firme Bombardier à plus de 200 unités et exploité à Cologne (Allemagne), Croydon(Angleterre) et Stockholm (Suède).

Ce véhicule possède une capacité de 186 passagers dont 70 sièges.

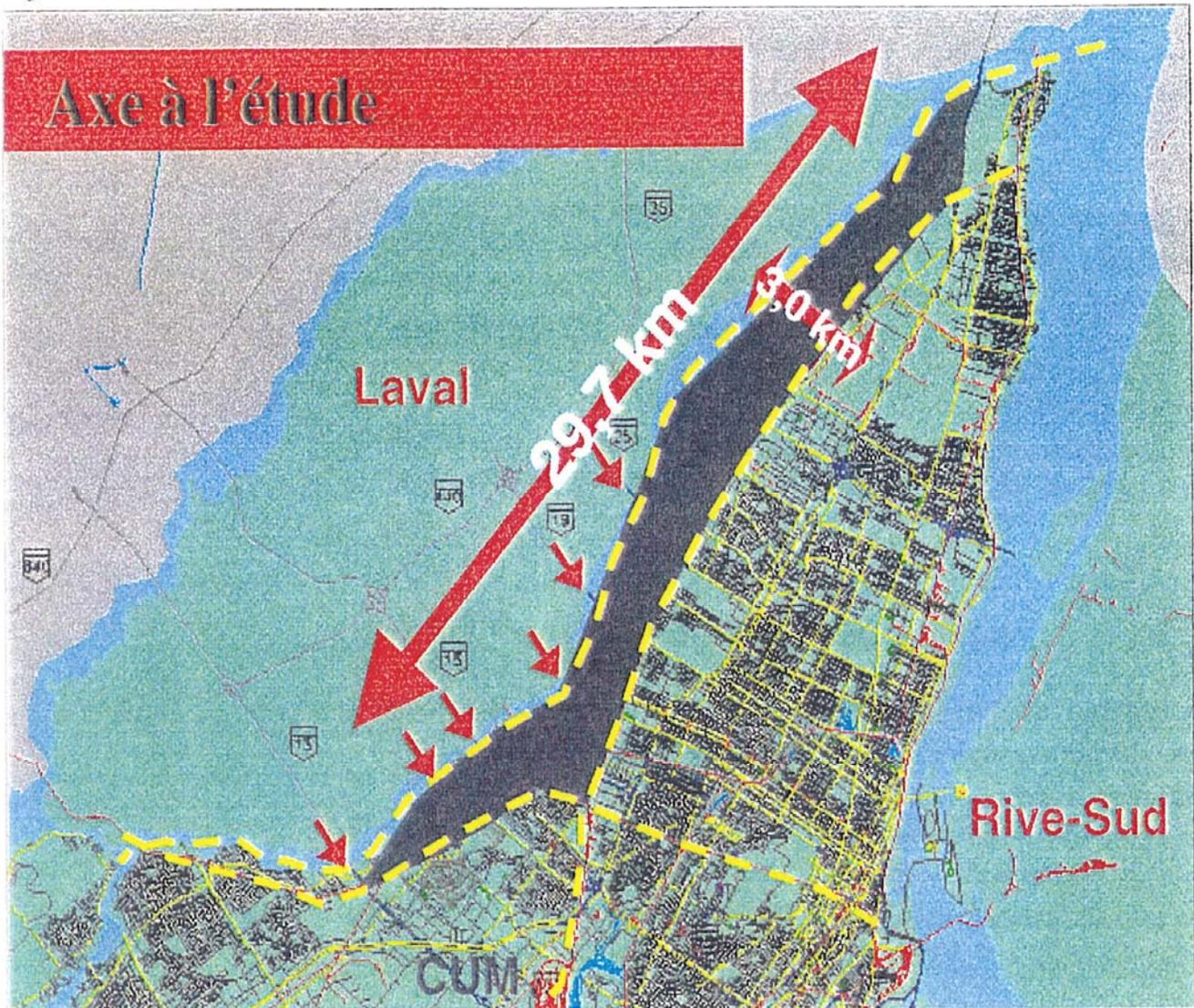
Cette technologie incorpore les perfectionnements techniques les plus récents ainsi qu'un confort propre aux systèmes légers sur rail les plus modernes. Plus d'une trentaine de ces systèmes sont en exploitation dans le monde.

Ce mode de transport en commun possède une grande capacité; il pourrait transporter 11160 voyageurs à l'heure avec des rames de deux voitures circulant à un intervalle de deux minutes.

3. Achalandage

Le corridor de l'axe Henri-Bourassa correspond à une bande de territoire d'une longueur de 29.7 km situé entre l'autoroute 13 et l'extrémité est de la CUM à Rivière-des-Prairies. Sa largeur varie entre 2.3km à 3.5km (voir la carte ci-dessous). Il vise la population de quatre secteurs : le territoire de Saint-Laurent, les quartiers Ahuntsic et Rivière-des-Prairies, et Montréal Nord, soit 329000 personnes.

Figure 1 : Axe à l'étude - Henri-Bourassa



Source : STCUM, Système léger sur rails, étude de faisabilité et d'opportunité, volet transport, AXE HENRI-BOURASSA, 1998, p.10.

L'axe est desservi par 13 lignes d'autobus de la STCUM (Société de Transport de la Communauté Urbaine de Montréal et STM maintenant), 8 lignes de la STL (Société de Transport de Laval) et 2 lignes du CIT (Conseil Inter-municipal de Transport) des Moulins. Ces autobus utilisent par ailleurs une voie réservée de 7 km entre les boulevards Saint-Laurent et Lacordaire. L'axe croise également 24 lignes d'autobus de la STCUM.

L'axe permet une correspondance avec la station de métro Henri-Bourassa de la ligne orange¹⁰. On y trouve les terminus d'autobus de STCUM et de la STL, qui sont utilisés par la CIT des moulins et le CIT des Basses- Laurentides.

Deux lignes de train de banlieue traversent l'axe, soit la ligne Montréal/Deux-Montagnes dans l'ouest et la ligne Montréal/Blainville à proximité du Cégep Bois- De-Bologne.

Le corridor de l'axe Henri Bourassa est parmi les plus achalandés de la région métropolitaine, à l'heure actuelle, il se situe à un niveau comparable à celui du pont Champlain pour la période du matin mais supérieur pour la journée. Il surpasse largement les lignes du train Deux-Montagnes, Rigaud et Blainville ainsi que la ligne 4(jaune du métro)¹¹.

Les déplacements auto et transport en commun originaire du secteur à l'étude lors demande la pointe du matin atteignent 102670(enquête O-D 1993) dont 32545(32%) déplacements internes¹². Les plus importantes destinations externes au bassin à l'étude (total de 48802déplacements) sont : le centre ville de Montréal

¹⁰ Le projet du métro de Laval était à l'étude à l'époque, sûrement l'axe permet des correspondances avec ce métro.

¹¹ L'achalandage du pointe du matin représente respectivement 16000(pont Champlain), 11000(Rigaud) ,7000(Blainville) et 16000(ligne jaune du métro) déplacements

¹² C'est à dire qu'ils ont pour origine et destination le bassin à l'étude

(15001déplacements), le Centre Est(12600), Saint-Laurent(7600), et le Centre Ouest(7000)¹³.

Concernant le tronçon à l'étude, les déplacements dans l'axe sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau1
Déplacements dans l'axe Henri-Bourassa
Tronçon à l'étude

déplacements	1998	2011	écart
en Transport en Commun			
Période de pointe de matin	16588	18415	
Période de 24heures	62640	69542	+11%
motorisés- tous modes			
Période 24 heures	151472	176820	+16.7%

Source : adapté de STCUM, système léger sur rails, étude de faisabilité et d'opportunité, volet transport, AXE HENRI-BOURASSA, 1998.

L'achalandage du SLR selon la période d'un jour type de la semaine est présenté dans l'annexe A, tableau A. La période 9h à 15h29 a la plus grande part avec 21235 déplacements.

Concernant le type de la clientèle, le SLR attire près de 6.4% des nouveaux clients transférés de l'automobile en 2011, ce pourcentage représente 4451déplacements¹⁴. Les autres 65091 déplacements seront considérés comme étant la clientèle du transport en commun¹⁵.

¹³ STCUM, Système léger sur rail, étude de faisabilité et d'opportunité, volet transport, AXE HENRI-BOURASSA, p.11

¹⁴ le 6.4% représente la clientèle transférée de l'auto à l'heure du pointe du matin, mais pour les fin de cette étude, on va le considérer pour toute la journée.

¹⁵ Dans cette catégorie, il y a la clientèle actuelle du transport en commun et celle du mode doux.

La principale origine de la clientèle du SLR est la CUM avec 84%(voir annexe A, tableau A2).

Concernant les stations les plus achalandés, on note la station Garon suivi de la station Albert-Hudon et puis Lacordaire. (Voir annexe A, tableau A3).

Selon l'AMT, il y aura une croissance de 0.5% par année de l'achalandage du SLR à partir de 2011.

4. La méthode utilisée

Cette analyse est de type avantages-coûts, elle est basée sur le bien-être de la société (qui ,entre autres choses, stipule que la valeur d'un bien ne peut venir que de la disposition à payer¹⁶).

Ce type de projet peut être analysé par deux méthodes. La première se base sur le surplus des usagers qui est mesuré par la disposition à payer (la courbe de demande) pour prendre le mode de transport en question. La deuxième est basée sur les ressources libérées suite à la mise en place du projet, qui peuvent être utilisées ailleurs dans l'économie du pays. Les deux méthodes sont équivalentes mais le choix de l'une ou l'autre est en fonction des données disponibles.

Dans cette étude, la méthode des ressources libérées sera utilisée puisque le service du tramway remplacera les services actuels des autobus. Ces derniers vont libérer des ressources qui vont être utilisées ailleurs dans l'économie.

Le modèle utilisé est la valeur actualisée nette de projet. Cette dernière permet de déterminer si le projet est rentable ou non. Elle correspond à la différence entre les bénéfices sociaux /financiers et les coûts sociaux/financiers actualisés au premier janvier 2000 à un taux de 10%¹⁷.

Le critère de décision de cette méthode est le suivant :

Si la VAN économique est positive (et la VAN financière est négative), le projet est économiquement rentable et il est recommandé de le réaliser.

¹⁶ Martin, analyse avantages-coûts et subvention des projets publics de transport, aout2006, p.2.

¹⁷ voir la section 6 pour le choix de ce taux.

Mais si cette VAN économique est négative, il ne faut pas adopter le projet puisqu'il n'est pas rentable de point de vue de la société ou autrement dit il entraînera une perte économique pour la société.

Étant donné les distorsions dans l'économie et les externalités, il y a souvent une différence entre les coûts (avantages) financiers et économiques

Donc la VAN est différente selon le type d'analyse, financière ou économique, et cela va être présenté dans les sections qui suivent.

5. L'horizon temporel

La durée de vie de projet choisi est de 40 ans et elle est divisée comme suit :

Période de construction : 2000 à 2007 dont 2 ans pour les études d'ingénierie et le processus de consultation publique et le reste pour la construction et la mise en exploitation.

Première année complète d'exploitation : 2008

Dernière année de l'étude : 2039.

L'estimation de la demande est faite en 2011¹⁸.

Donc les avantages et les coûts relatifs à la période opérationnelle du projet sont calculés sur un horizon de 29 ans soit de 2011 à 2039 sauf pour les coûts d'exploitations de 2008 à 2010 qui seront calculés sur un horizon de 3 ans.

6. L'analyse financière

Ce type d'analyse a pour but de maximiser la rentabilité des promoteurs du projet (les constructeurs du projet), de sorte que seuls les projets qui ont une valeur actualisée nette positive sont de nature à augmenter la richesse des actionnaires. Elle se base sur les coûts et bénéfices nominaux. La formule de calcul est la suivante :

¹⁸ pour disposer d'un portrait réaliste de la demande lors de la mise en place du SLR, 2011 a été identifié par la MTQ comme l'horizon principal pour les études en question

$$VAN_f = -I_0 + \sum_{t=9}^{t=40} \frac{RE_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=9}^{t=40} \frac{CEf_t}{(1+r)^t} + \frac{VR_t}{(1+r)^{40}}$$

avec

VAN_f : valeur actualisée nette financière du projet.

I_0 : Valeur financière des investissements

RE : recettes d'exploitation du projet du projet

CE : coûts d'exploitation nominaux du projet

VR : valeur résiduelle

r : le taux d'actualisation, Le taux retenu pour notre étude est le taux d'actualisation social au Canada de 10% et il représente le coût d'opportunité des fonds publics¹⁹. Ce taux est aussi celui calculé par Jenkins(1997) : selon sa méthode, le coût d'opportunité des fonds publics consiste dans la somme pondérée des différents rendements alternatifs qu'auraient produit les différentes sources des fonds gouvernementaux²⁰.

t : l'année de réalisation des flux, où $t = 0, 1, 2, \dots, 40$

6.1. Les coûts de construction et de mise en place du SLR

Les coûts de construction et de mise en œuvre du tramway sont de l'ordre 582311528\$²¹ en 2000. Ils se composent principalement des coûts de l'infrastructure($\cong 30\%$), équipements et matériel roulant($\cong 60\%$).Le tableau B1 dans l'annexe B montre tous les coûts de construction et de mise en service avec plus de détails.

¹⁹ Secrétariat du conseil de trésor, Ottawa(canada1998), Guide de l'analyse avantages-coûts, p.42 et 43.

²⁰ Martin, recueil de texte, ecn6873, Évaluation des projets publics, université de Montréal, p.ix-35

²¹ AMT, étude de faisabilité et d'opportunité d'un réseau de SLR sur les territoires de la rive sud et de CUM, AXE HENRI-BOUYRASSA, p.31

6.2. Les coûts d'exploitation et de maintenance du SLR

Les coûts d'exploitation et d'entretien du SLR ont été évalués à 59.15M\$²² par année en moyenne de 2008 à 2039 et ils sont basés sur l'évaluation de quantités et des coûts unitaires ainsi que des estimations des systèmes comparables. Ils comprennent les pièces et la main d'œuvre pour l'opération et l'entretien du système ainsi que les assurances.

6.3. Les recettes d'exploitation du SLR

Les revenus d'exploitation, après la mise en service du SLR représentent en moyenne 24.06 millions de \$²³ par an de 2008 à 2039.

6.4. La valeur résiduelle

La valeur résiduelle est la valeur d'un investissement à la fin de sa durée de vie. Une valeur résiduelle de 175858081.5\$²⁴ est attribuée aux différents actifs à la fin de la durée de vie du projet soit en 2039. Donc elle est comptabilisée comme un avantage pour le projet.

6.5. Le résultat de l'analyse financière

En remplaçant toutes les données de l'analyse financière dans la formule de la VANF,

²² AMT, étude de faisabilité et d'opportunité d'un réseau de SLR sur les territoires de la rive sud et de CUM, AXE HENRI-BOUYRASSA, p.30. Ils sont de 26.8M\$ de 1999, en corrigeant par l'inflation à Québec qui est de 1.4% de 1999 à 2001 et de 2.2% de 2002 à 2008, on obtient 59.15M\$ en 2008

²³ AMT, étude de faisabilité et d'opportunité d'un réseau de SLR sur les territoires de la rive sud et de CUM, AXE HENRI-BOUYRASSA, p.33. Elles étaient 10.8M\$(1999), en corrigeant par l'inflation, on obtient 24.06M\$ par an à partir de 2008

²⁴ Idem, cette valeur représente 30.2% de l'investissement initial

La valeur actualisée nette financière obtenue est négative de 717860547.1\$ au premier janvier 2000,

avec des valeurs actualisées à un taux de 10%, exprimées en \$ comme suit :

Les coûts des immobilisations	-582311528
Les recettes d'exploitations	95605478.91
Les coûts d'exploitation	-235040069.7
La valeur résiduelle	3885571.675
valeur actualisée nette financière en \$	-717860547.1

D'où les promoteurs du projet refuseront de réaliser ce dernier avec cette valeur négative. En effet ce-ci ne maximisera pas leur utilité mais au contraire il va causer des pertes sur le plan financier.

La section suivante montrera si ce projet sera rentable ou non de point de vue de toute la collectivité.

7. L'analyse économique

Cette analyse est faite de point de vue de l'efficacité économique plutôt que de sa rentabilité financière. Les coûts et les avantages seront comptabilisés par rapport au bien être de l'ensemble de la société.

L'analyse économique est différente de l'analyse financière. En effet, les coûts et avantages, en économique, doivent être en prix de référence correspondant aux coûts réels des ressources utilisées et aux avantages réels du projet.

Les coûts réels sont les coûts d'opportunité qui tiennent compte du chômage possible des ressources et de leurs meilleures utilisations alternatives.

Ces coûts ne comprennent pas les paiements de transfert mais tiennent compte des externalités positives et négatives.

Pour les avantages réels, en économique, il faut tenir compte du surplus des consommateurs.²⁵

²⁵ Martin, recueil de texte, ecn6873, Évaluation des projets publics, université de Montréal, p.x-17

La formule de la valeur actualisée nette économique est la suivante :

$$VAN_{\acute{E}} = -I_0 + \sum_{t=9}^{t=40} \frac{AE_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=9}^{t=40} \frac{CE_{\acute{e}t}}{(1+r)^t} + \sum_{t=9}^{t=40} \frac{EXP_t}{(1+r)^t} + \frac{VR}{(1+r)^{40}}$$

avec

$VAN_{\acute{E}}$: valeur actualisée nette économique du projet.

I : valeur économique des investissements

AE : avantages économiques du projet qui représentent les ressources économisées suite au remplacement des autobus par le SLR.

CE : coûts économiques du projet

EXP : externalités positives du projet

VR : valeur résiduelle

r : le taux d'actualisation, le même taux utilisé dans l'analyse financière soit 10%.

t : l'année de réalisation des flux, où $t = 0, 1, 2, \dots, 40$

7.1. Les coûts économiques du projet

Ce sont les coûts d'opportunité ou les prix de référence des ressources utilisées dans le projet. Ils expriment le fardeau qui sera réellement supporté par la société.

D'abord il faut enlever les taxes de vente qui ne représentent pas un coût économique pour la société mais simplement un paiement de transfert.

Il faut aussi corriger les coûts nominaux par les prix de référence en excluant la rente salariale et en ajoutant la prime du change étranger.

La rente salariale n'est pas un coût économique mais plutôt un transfert de richesse entre les promoteurs du projet et le capital humain. Puisqu'il y a une partie de main d'œuvre qui aurait été, sans le projet, en chômage, alors le coût d'opportunité de cette main d'œuvre va être égal à ce qu'elle avait pu être utilisée ailleurs dans l'économie.

De même, à cause des distorsions domestiques (taxes, subventions, quota,...), le taux de change officiel canadien est différent du taux qui existerait sans distorsions.

Selon le Conseil de Trésor, cette différence varie de 3.5% à 4.5%.²⁶

Une valeur moyenne de prime de change étranger de 4% sera considérée dans cette étude.

Donc chaque dollar de coût monétaire doit être diminué de la rente salariale et de la taxe et majoré par la prime de change étranger impliquées.

7.1.1. Les coûts d'immobilisations

- Les taxes

Comme cité précédemment, les coûts nominaux des immobilisations sont de l'ordre de 582.3millions de dollars.

Selon la STM, elle paye la TVQ (7.5%) et la TPS (6%) à l'achat des matériaux et des équipements. Le taux combiné des deux taxes est de 13.5 % soit (7.5% + 6%).

Donc le coût des matériaux et des équipements doit être diminué de la valeur de la taxe.

Les coûts des matériaux et des équipements du projet, incluant les taxes, représentent 376691584\$²⁷.

La valeur des taxes est $376691584 * 13.5\% = 50853363.84\$$.

La différence entre les prix nominaux des matériaux et les prix de référence est d'environ 50 millions de dollars qu'on doit enlever des coûts du projet pour obtenir les coûts économiques.

- La rente salariale

Pour chaque dollar de dépenses en construction, il y a 34.9% de salaires et gages directes et 18.182% de salaires et gages indirectes²⁸.

Le calcul de la masse salariale relative aux coûts de construction est comme suit

²⁶ guide de l'analyse avantages, conseil du trésor de Canada(1998), section4.6.5 p. 35

²⁷ ils contiennent le matériel roulant, les terrains. Les équipements électroniques,...

²⁸ BSQ,(23-11-1995)

$$0.349*0.30*0.3426=0.0359 \quad (1)$$

$$0.182*0.437*0.3426=0.0272 \quad (2)$$

avec,

0.30 est la proportion des la main d'œuvre directe susceptible d'être en chômage²⁹

0.437 est la proportion de la main d'œuvre indirecte reliée au projet³⁰

0.3426 est l'augmentation de la rente de la masse salariale des deux types de la main d'œuvre³¹.

(1)+(2)=0.0631\$ est la rente salariale par un dollar dépensé en infrastructure routière, pour un total de 9731546.84\$ obtenu comme suit :

$$154224197.2 * 0.0631 = 9731546.84\$^{32}.$$

Donc le prix de référence est de 0.937\$ pour chaque dollar de dépense en construction.

Les coûts financiers doivent être diminués de la rente pour obtenir les coûts économiques.

- La prime de taux de change étranger

La valeur des ressources importées dans le projet n'est pas connue. Les données globales du secteur ont été utilisées pour les estimer.

Le BSQ a évalué la proportion des ressources importées sur les dépenses totales à 21% pour le secteur de construction³³.

En multipliant cette proportion par la prime de change étranger (4%), une valeur de 0.0084 \$ représentera la prime de change pour chaque dollar de dépenses en construction. Pour un total de prime de $154224197.2\$ * 0.0084 = 1296483.256\$$ qu'on doit ajouter au coût financier de construction qui représente les 154224197.2\$.

²⁹ Martin(1988-1997)

³⁰ Martin(1996)

³¹ Martin(1988)

³² 154224197.2 est le coût total de construction, il représente le coût de l'infrastructure, bâtiments, mise en oeuvre.

³³ Catherine Fortier(2002), p.125

Pour le secteur des équipements électroniques, la proportion des ressources importées est 70.4% des dépenses dans le projet³⁴.

La prime du change étranger pour les équipements électroniques est $105437754.1 * 0.704 * 0.04 = 2969127.155\$$ qu'on doit ajouter aux coûts financiers du projet.

Avec

105437754.1 est le coût financier des équipements électroniques,

0.704 est la proportion des ressources importées des équipements électroniques,

0.04 est la prime du change étranger.

Les coûts économiques des immobilisations en \$

La valeur nominale des investissements	582311528,1
la valeur des taxes	-50853363,84
la rente salariale	-9731546,841
la prime de change dans le secteur de la construction	1295483,256
la prime de change dans le secteur de l'électronique	2969127,155
Total des coûts	525991227,8

7.1.2. Les coûts économiques d'exploitation

Après la mise en service du SLR, il y aura des autobus qui verront leurs circuits réaménagés en fonction du parcours desservi par le SLR et donc il y aura une économie des coûts d'exploitation des autobus.

Selon l'AMT, le SLR entraîne une économie de 108090 autobus-heure par année³⁵.

*«En 2006, on parle d'un coût complet d'exploitation à l'heure de 100\$ qui comprend le coût chauffeur, diesel, entretien du véhicule et autres coûts pertinents».*³⁶

³⁴ Idem

³⁵ AMT, étude de faisabilité et d'opportunité d'un réseau de SLR sur les territoires de la rive sud et de CUM, AXE HENRI-BOUYRASSA.

En 2011, le coût d'exploitation d'un autobus sera de 111.49\$³⁷ par heure.

Donc l'économie des coûts d'exploitation des autobus est :

$111.49 * 108090 = 12.05M$ ³⁸\$ par an de 2011 à 2039.

Les coûts d'exploitation du SLR de 2011 à 2039 sont égales aux coûts financiers
 $59.15 M\$ \text{ moins } 12.05M\$ = 47.1M\$$ par an.

Comme les coûts des immobilisations, les coûts d'exploitation et d'entretien financiers doivent être diminués de la rente salariale et majorer par la prime de change étranger pour obtenir le prix de référence des dépenses d'exploitations.

- Pour chaque dollar de dépenses en entretien et exploitation, il y a 0.208\$ versés pour la main d'œuvre directe et 0.1488\$ pour la main d'œuvre indirecte³⁹. En utilisant les proportions de main d'œuvre directe et celle de la main d'œuvre indirecte utilisées dans la section précédente, soit 0.30 et 0.437 respectivement et l'augmentation de la rente de la masse salariale de 0.3426, la rente sera de 0.0437\$ par un dollar de dépenses en entretien⁴⁰.

La rente totale est de $59.15 * 0.0437 = 2.58M\$$ de 2008 à 2010

Et de $47.1 * 0.0437 = 2.058 M\$$ par an de 2011 à 2039.

- La proportion de ressources importées sur les dépenses totales pour le secteur d'entretien de l'infrastructure routière est de 15.67%⁴¹.

La prime de change étranger dans le secteur d'entretien est égale à

$59.15 * 0.1567 * 0.04 = 0.37M\$$ par année de 2008 à 2010

Et $47.1 * 0.1567 * 0.04 = 0.29M\$$ par année de 2011 à 2039.

³⁶ Lise Allaire, agente-relation avec la clientèle, STM, elle était corrigée par l'inflation au Québec qui est de 1.4% de 1990 à 2001 et de 2.2% en moyenne de 2002 à 2008.

³⁷ Elle était corrigée par l'inflation au Québec qui est de 2.2% en moyenne de 2002 à 2008.

Pour le reste de nos calculs, nous allons utiliser les facteurs d'inflation suivants : 1.4% de 1990 à 2001 extrait de Pierre, Fortin, UQAM, *observation sur la projection des gains réels à long terme au Québec*, 26 sept 2003, p.14. Le taux est 2.2% en moyenne de 2002 à 2008 d'après statistique Québec, *comparaisons inter provinciales*, chapitre 11.

³⁸ La lettre M utilisée dans cette étude désigne millions.

³⁹ BSQ (23-11-1995),

⁴⁰ Elle est obtenue comme suit

$(0.208 * 0.30 * 0.3426) = 0.0214 + (0.1488 * 0.437 * 0.3426) = 0.0437$

⁴¹ Catherine Fortier (2002)

Donc les coûts d'exploitations doivent être majorés par la prime de change étranger pour obtenir les prix de référence.

Les coûts d'exploitation économiques

	2008 à 2010	2011 à 2039
Coûts d'exploitation financiers	59150000	4710000
- rente salariale	(2580000)	(2058000)
+ la prime de change	370000	290000
Coûts économiques par année	56940000	45330000

7.1.3. Sommaire des Les coûts économiques du projet

Tableau 2
Les coûts économiques du projet

Coût	Valeur en \$
investissements	525991227,8
Exploitation et entretien	56940000 par an de 2008 à 2010 45330000 par an de 2011 à 2039

Source : calculs précédents

7.2. Les avantages

Les avantages de l'implantation du SLR sont :

- La réduction des coûts d'utilisation des véhicules étant donnée qu'il y a une partie des automobilistes qui va être transférée au transport en commun suite à la mise en service du SLR. Mais, d'un autre côté, ces usagers vont perdre en termes de temps de déplacement.

- Le gain du temps des automobilistes qui continuent à utiliser leurs voitures après l'implantation du SLR.
- Le gain du temps des usagers du transport en commun.
- Les externalités positives que génèrent le tramway à savoir la baisse de la pollution atmosphérique, la baisse du nombre d'accidents routiers suite au retrait d'une partie des automobiles et autobus et enfin la réduction des coûts des émissions de GES.

7.2.1. Gain / perte des anciens automobilistes transférés vers le SLR:

7.2.1. a. Diminution des dépenses des anciens automobilistes

La diminution de la distance parcourue par les véhicules entraîne une réduction dans les frais d'utilisation de ces véhicules.

Le nombre de déplacements transférés de l'automobile vers le SLR représente 4451 déplacements par an et le taux d'occupation d'une voiture privée à Montréal est de 1.25⁴² personnes. Une réduction d'environ 3561 automobiles de la route est obtenue en divisant 4451 par 1.25.

Pour les kilomètres- économisés par les automobilistes : il n'y a pas d'information sur cette variable, mais le kilométrage quotidien d'une voiture privée dans la ville d'Ottawa peut être utilisé pour représenter cette variable qui est de 9.7 kilomètres (km) par jour⁴³. Et ce-ci parce que les deux villes, des deux provinces voisines, ont des caractéristiques comparables en termes des déplacements des personnes⁴⁴.

Le kilométrage évité par les automobilistes s'obtient comme suit :

$9.7 * 261 * 3561 = 9015383.7$ km par an de 2011 à 2039.

avec

⁴² AMT, bilan 2002 et perspectives 2007, horizon2012

⁴³ Kriger et al.(2004), Development of Modal Share Targets for Ottawa's Transportation Master Plan, disponible sur internet à l'adresse suivante:
<http://www.tac-atc.ca/english/pdf/conf2004/kriger.pdf>

⁴⁴ ville d'Ottawa, Les tendances du transport quotidien,
http://www.ottawa.ca/city_services/statistics/counts/counts_jan_03/index_en.shtml, par exemple la distance moyenne du trajet quotidien domicile-travail est de 7.9km à Montréal alors qu'elle est de 7.8 km à ottawa.

9.7 représente le kilométrage quotidien économisé par les automobilistes, 261 est le nombre de jours ouvrables de l'année⁴⁵.

Et 3561 est le nombre d'automobiles retirées de la route suite à la mise en place du projet.

Pour cet avantage, il faut considérer le coût d'utilisation économique des véhicules c.-à-d. les ressources qui sont réellement supportées par la société lors de leur utilisation. Donc le coût économique d'utilisation des automobiles comprend :

- les coûts d'opération : ils reflètent les coûts fixes et les coûts variables directement supportés par les usagers ou les propriétaires au cours de l'année, ils sont évalués par CAA-Québec, ils sont basés sur une distance parcourue de 18000km par année et ce coût représente 51.52 cent/km en 2005⁴⁶ et qui sera de 0.5871\$ en 2011 après l'ajustement par l'inflation.
- les coûts d'entretien du réseau routier : ils sont en partie assumés par les usagers, selon Gaudry(1994), les automobilistes québécois assument seulement 82% de l'ensemble des coûts du réseau routier de la province de Québec par le paiement de frais qui leur sont imposés comme les taxes sur l'essence, les frais d'immatriculation, de permis etc. Ce qui veut dire que cette partie assumée par les automobilistes est déjà comptée dans les coûts d'opération des automobiles (donc il ne faut pas additionner les coûts d'opération des voitures privés et l'ensemble des coûts du réseau routier puisqu'il y aurait double comptage). Mais, de point de vue économique, il faut compter les coûts assumés par toute la société québécoise et ceci en majorant les coûts d'opération par les coûts non assumés par les automobilistes et qui correspondent à 0.0169\$ par km en 2011(voir tableau C2 en annexe C).

⁴⁵ C'est le nombre des journées régulière de la semaine(c à d ce nombre ne comprend pas les samedis et dimanches)

⁴⁶ CAA-Québec, coûts d'utilisation d'une automobile, 2005, pour plus de détails, voir tableau C1 dans annexe C

Donc en additionnant ces deux coûts⁴⁷, le coût d'utilisation économique est de 0.604\$ par km.

L'économie des coûts d'utilisations des automobiles est :

$$0.604 * 9015383.7 = 5445291.755\$/\text{an}$$

7.2.1.b. Perte du temps pour les anciens automobilistes

Le temps requis pour effectuer un déplacement représente un coût aux yeux des individus puisqu'il peut être utilisé à des fins plus productives ou du moins plus satisfaisantes comme le travail et le loisir. D'où les individus accordent une certaine valeur à ces activités, donc il faut prendre en compte cette variable.

Il y a certains automobilistes qui laissent leurs voitures pour prendre le SLR en profitant d'un coût de déplacement plus faible, mais d'un autre côté ils sont des perdants en termes de temps de déplacements. Étant donné l'absence d'information sur le temps qui peut être perdu pour cette catégorie de passagers, on utilisera les données du projet d'extension du train léger sur rail de la ville d'Ottawa⁴⁸ : il y aura une perte de 8.14 minutes⁴⁹.

Le nombre d'heures perdues est :

$$8.14 * 261 * 4451 * 1/60 = 157605.459 \text{ heures par an}$$

avec

8.14 est la perte du temps en minutes,
261 est le nombre de jours de l'année,
4451 est le nombre d'automobilistes transférés au SLR,
1/60 pour obtenir le gain du temps en heures

La valeur du temps pour un automobiliste est de 22\$ par heure en 2011⁵⁰.

Donc la perte du temps est calculée comme suit :

⁴⁷ $0.5871 + 0.0169$

⁴⁸ Pour les mêmes raisons que le renvoi 37

⁴⁹ Enrique Cabrera, le projet d'extension du train léger sur rail(en direction nord-sud) de la ville d'Ottawa et la subvention optimale, 2006, p20, Université de Montréal.

⁵⁰ Transport Canada, Guide de l'analyse avantages-coûts, septembre 1994; selon ce guide si nous ne connaissons pas la nature du voyage (pour affaire ou non), une moyenne pondérée de l'économie de temps est utilisée. Elle est de 9.10\$/h pour les automobiles en 1990.

$$22 * 157605.459 = 3467320.098\$ \text{ par an de 2011 à 2039}$$

7.2.2. Gain des automobilistes qui continuent à utiliser leurs voitures

Les automobilistes qui continuent à utiliser leurs automobiles, eux aussi vont profiter de l'insertion du SLR puisque il y a des voitures qui vont être transférées vers le transport en commun et donc il y aura moins de congestion. Le calcul de ce bénéfice (C_{vp}) est comme suit :

$$C_{vp} = \#anc.auto / \text{taux occup} * Dist_{vp} * C_{mcong} * v$$

Avec

$\#anc.auto$ représente le nombre des automobilistes transférés au transport en commun suite à la mise en place du SLR et il est de 1074 passagers.

taux occup est le taux d'occupation d'une voiture privé et il est de 1.25 personnes à Montréal.

$Dist_{vp}$ est la distance économisée par les automobilistes transférés au SLR,

C_{mcong} est le coût marginal social de congestion (exprimé en heure par véhicule kilomètre), il est de 0.061 heure par véhicule-kilomètre retiré de la voirie pour une hypothèse de vitesse moyenne égale à 20km/h⁵¹.

v est valeur du temps en \$ et elle est de 22\$/heure comme il est mentionné dans la section précédente.

$$C_{vp} = 3561 * 9.7 * 0.061 * 22 * 261 = 12098644.92\$/an.$$

7.2.3. Gains du temps pour les anciens usagers du transport en commun

Selon les simulations de la STCUM, le SLR va attirer 65091 déplacements de la clientèle du transport en commun. Concernant l'impact sur le temps de déplacement

⁵¹ CERTU, évaluation des transports en commun en site propre, Recommandations pour l'évaluation socio-économique des projets de TCSP p.121.

(voir annexeA, tableau A5), environ 25% de la clientèle transférée au SLR (16273déplacements) profite d'un gain de temps de plus de 5 minutes.

La STCUM (STM maintenant) conseille de comparer la vitesse du SLR avec celle de la ligne 69 avec laquelle il partage de nombreuses sections de parcours identiques⁵².

Cette vitesse est de 16.6km/h comparé à 24km/h pour le SLR.

Donc pour parcourir le 13.3km, l'autobus prend environ 48 minutes comparativement à 34 minutes pour le SLR. D'où un gain de 14 minutes pour cette clientèle.

Le nombre d'heures gagnés est :

$$14 * 16273 * 261 * 1/60 = 991025.7 \text{ heures par an, avec}$$

14 est le nombre de minutes gagnées

16273 est la clientèle du transport en commun transférée au SLR

261 est le nombre de jours d'une année

Et on divise par 60 pour obtenir le nombre d'heures gagnées.

La valeur du temps pour un autobus est de 15.76\$/h en 2008⁵³.

Le gain du temps pour la clientèle actuelle du transport en commun transférée au SLR est de :

$$991025.7 * 15.76 = 15618565.03\$/\text{an}$$

Selon la STCUM, environ 6% de la clientèle actuelle du transport en commun perd plus de 5 minutes.

Cette perte du temps s'explique en grande partie par deux phénomènes qui sont liés aux rabattements des réseaux d'autobus sur le SLR. Dans plusieurs cas, des passagers qui bénéficient des liens directs doivent, avec le SLR, effectuer une correspondance avec celui-ci. Mais l'information sur la quantité du temps perdue n'est pas fournie, donc cette perte ne va pas être considérée dans cette étude.

7.2.4. Sommaire des avantages économiques

Les avantages économiques du projet sont résumés dans le tableau suivant :

⁵² STCUM, Système léger sur rail, étude de faisabilité et d'opportunité, volet transport, AXE HENRI-BOURASSA, p.40

⁵³ si le nombre d'adultes et celui d'enfants ne sont pas séparés, et étant donné l'importance des étudiants sur l'axe, Transport Canada (1994) suggère l'utilisation d'une valeur moyenne pondérée des économies de temps de déplacements pour toutes les personnes voyageant pour des raisons autre que pour affaires(y compris les enfants) à 6.5\$ par heure en 1990. Cette valeur correspond à 15.76\$/heure en 2011 après la correction par l'inflation.

Tableau 3

Les avantages économiques

Avantage	Valeur en \$ par année
Réduction des coûts d'utilisation des voitures	5 445 291.755
perte du temps des anciens automobilistes	(3 467 320.098)
Gain pour les automobilistes qui continuent à utiliser leur voiture	12 098 644.92
Gain de la clientèle actuelle du transport en commun transféré au SLR	15 618 565.03
Total par an	29 695 181.61

Source : sections précédentes

7.3. Les externalités du projet

En économie, les externalités doivent être évaluées, puisque c'est l'utilité de toute la société qui compte. Malgré que ces facteurs sont externes au projet, ils ont des effets sur la collectivité que ce soit positifs ou négatifs.

Si ces externalités sont très importantes, elles peuvent changer beaucoup les résultats. En effet une valeur très élevée des externalités positives (négatives) peut rendre un projet rentable (non rentable) économiquement, malgré qu'il ne l'est pas de point de vue financier.

Dans cette étude les externalités positives du projet seront considérées.

7.3.1. Pollution

Le retrait d'un nombre des voitures et autobus et leur remplacement par le SLR (qui est électrique donc n'émet pas de polluant) entraîne une diminution des polluants transmis par ces derniers.

Dans le rapport Boiteux(2001)⁵⁴, les valeurs des émissions des polluants en Euro /100veh-km ont été calculées en 2000, selon la densité en urbain dense, urbain diffus et rase campagne.

Ce rapport admet à titre d'ordre de grandeur, que l'urbain dense s'étend au delà d'une densité de population de 420 habitants par kilomètre carré (hab. /km²) et c'est ce qui va être utilisé dans cette étude étant donnée que la densité à Montréal est de 3625.1 hab. /km².

Le taux de change est de 1.37\$/euro en 2000.

En corrigeant avec le facteur d'inflation, les valeurs des émissions de 2011 en \$/véhicule-kilomètre seront :

Tableau 4
Les émissions de 2011 en \$/veh-km

	Urbain dense
Voiture privée	0.05048
Autobus	0.43351

Source : *Boiteux(2001)*.

Ces valeurs seront multipliées par le nombre de véhicule-kilomètre de chaque mode :

- il y a une économie de 2050000 véhicules-kilomètre autobus, l'équivalent monétaire donne 888695.5\$ qui est obtenu comme suit

⁵⁴ Commissariat Général Du Plan, Transports : choix des investissements et cout des nuisances, rapport présidé par Marcel boiteux, 2001

0.43351 * 2050000

- pour les automobiles, il y a une économie de 9015383.7 km qui est multipliée par 0.05048 donnant ainsi. 455096.5692\$ de réduction de la pollution par les voitures.

Ainsi le total de réduction de la pollution atmosphérique engendré par les autobus et les automobiles est de 1343792.069\$/an (= 888695.5 + 455096.5692)

7.3.2. La réduction des accidents

Le nombre d'accidents sur le réseau routier diminue suite à la réduction de la distance parcourue. Selon une étude de Marc Gaudry(1994), il existe une relation entre les kilomètres parcourus et la fréquence des accidents, cette relation s'exprime par un ratio d'un accident par 386692 km réalisés⁵⁵.

Selon la SAAQ lors d'un accident de la route, il y a une probabilité de 0.002 que ce soit avec décès, de 0.234 avec blessés et de 0.764 avec dommages⁵⁶.

Cependant Roy et Babin(1991) ont calculé le prix de référence pour la valeur des accidents qui sont⁵⁷ :

- pour les dommages matériels : 21315.76\$/accident impliquant un autobus et 8890.9\$ pour accidents impliquant une automobile.
- Pour les blessures : 36180.35\$/personne. Cette valeur comprend les frais médicaux, para- médicaux et la valeur de la production non réalisée par la victime et ses proches durant la période de convalescence.
- Pour les décès : 27015.89\$/personne. Elle inclut la production perdue moins la consommation que les victimes auraient effectué de leur vivant ainsi que la

⁵⁵ Un premier bilan intégré des coûts et des revenus du réseau routier au Québec et du transport public de la grande région de Montréal de 1979 à 1994 ,partie III, ANNEXE 5.1 ET 6.2

⁵⁶ SAAQ(1997). Bilan 1996-accidents, parc automobiles, permis de conduire, dossier statistique, direction de la planification et de la statistique, Service des études et des stratégies en sécurité routière, p.36-37

⁵⁷ Babin et Roy, Modalités, externalités et prix de référence pour l'analyse bénéfices/coûts des projets en transport, 1990. Nous avons corrigé ces valeurs par l'inflation.

production perdue par les proches et la différence des frais d'inhumation entre l'année t et leur valeur actualisée à l'année (t+40)

*Le nombre d'accidents évités suite à l'économie de 9015383.7km de parcours des automobiles est de $9015383.7 / 386692 = 23.31$

En termes monétaires, la valeur de cette économie est de :

$$23.31 * [(0.002 * 27015.89) + (0.234 * 36180.35) + (0.764 * 8890.9)] = 356943.2797\$/an.$$

*Le nombre d'accidents évités suite à l'économie de 2050000autobus-km est de $2050000 / 386692 = 5.3$

Ce qui correspond à une économie de :

$$5.3 * [(0.002 * 27015.89) + (0.234 * 36180.35) + (0.764 * 21315.76)] = 131469.01\$/an.$$

⇒ L'économie totale des accidents est d'environ 488412.29\$/an :

$$(356943.2797\$ + 131469.01\$/an.)$$

7.3.3. Réduction des coûts des émissions de gaz à effet de serre (GES)

Les coûts unitaires des émissions⁵⁸ de GES (ils sont exprimées en \$ canadien de 2011) sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 5

Les coûts unitaires des émissions de GES en \$ de 2011

Transport urbain des passagers (par passager-km)	
Véhicule privée	0.001419
Transport en commun	0.000510

Source : Zhang et al. (2002). Ces valeurs ont été corrigées par l'inflation de cette période.

Le nombre de passager - kilomètre se calcule en multipliant le nombre de véhicule - kilomètre par le taux d'occupation.

⁵⁸ Résumé, vers une estimation des coûts socio-environnementaux des transports au Canada, rapport préparé pour transport Canada par Anming Zhang et al.. Ces valeurs ont été corrigées par l'inflation de cette période.

La STM ne dispose pas de données officielles sur le taux d'occupation d'un autobus mais elle établit une norme de capacité des passagers qui est de 65 personnes pour la période de la pointe et 45 personnes pour la période hors pointe⁵⁹. La moyenne de ces deux valeurs, qui est de 55 passagers par autobus, sera considérée dans les calculs.

Donc le nombre de passager - kilomètre des autobus est de $55 * 2050000 = 112750000$

Le nombre de passagers-km pour l'automobile est égal à

1.25 (taux d'occupation d'une voiture à Montréal) * $9015383.7 = 11269229.63$ passagers par kilomètre.

En multipliant les coûts unitaires des émissions de GES par le nombre de passagers-kilomètre pour chacun des deux modes, la réduction des coûts des émissions de GES sera obtenue.

Pour les autobus, il y a une réduction de $112750000 * 0.000510 = 57502.5\$$.

Pour les automobiles, la réduction est de l'ordre de $11269229.63 * 0.001419 = 15991.037\$$.

La réduction totale des émissions de GES est de

$$15991.037 + 57502.5 = 73493.537\$ \text{ par an.}$$

7.3.4. Sommaire des externalités

Les externalités positives engendrées par le projet sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 6

Les externalités du projet

Externalité	Valeur en \$ par année
Pollution atmosphérique	1 343 792.069
Réduction des accidents	488 412.29
Réduction émissions de GES	73 493.537
Total	1 905 697.9

⁵⁹ Lise Allaire, agente-relation avec la clientèle, STM, courrier électronique.

7.4. Le résultat de l'analyse économique

Le calcul de la valeur actualisée nette économique est présenté dans le tableau suivant:

variables	Valeur par année en \$	Valeur actualisé en \$
investissement		-525991227.8
Coûts d'exploitation économiques de 2008 à 2010	-56940000	-60052796.3
Coûts d'exploitation économiques de 2011 à 2039	-45330000	-135330230.6
Avantages économiques	29695181.61	88563337.22
Externalités positives	1905697.9	5689256.637
Valeur résiduelle	175858081.5	3885571.675
Valeur actualisée nette économique		623145989.2

Source : calculs précédents.

Le tableau ci-dessus montre que la valeur actualisée nette du projet est négative, elle est de l'ordre de 623145989.2 \$

Donc le projet n'est pas rentable économiquement, en effet selon les calculs un tel projet ne doit pas se réaliser à cause de ses coûts élevés. Donc les avantages ainsi que les externalités de ce projet ne sont pas de grande importance par rapport à ses coûts. Et cette conclusion est conforme à celle de l'AMT dans son étude de faisabilité.

8. Calcul de la subvention

La subvention est censée récompenser les projets qui procurent des avantages à la collectivité mais que le mécanisme de marché ne leur permet pas de s'approprier.

Donc les subventions sont une conséquence des failles du marché.

Le gouvernement peut en l'absence d'effets pervers de redistribution de revenu, suivre la règle suivante qui couvre l'efficacité sans nuire à l'équité : n'accepter que les projets ayant une valeur actualisée nette économique positive avant considération de la subvention et après correction des prix de référence et addition des externalités⁶⁰ et que le projet est financièrement négatif.

De plus, la subvention, si doit être versée, ne doit pas dépasser le montant de la VAN financière négative. Autrement, on fait un cadeau au promoteur du projet.

Le montant maximal de la subvention est donné par la différence entre les avantages économiques et les avantages nominaux, en ajoutant à ce-ci la différence entre les coûts économiques et ceux nominaux. La formule de calcul de cette subvention maximale est la suivante :

$$(rs - rn) + (Cn - Cs) = VANÉ - VANF^{61},$$

avec

rs : les avantages économiques (sociaux) du projet⁶².

rn : avantages nominaux(financiers) du projet.

Cn : les coûts nominaux (financiers)du projet.

Cs : les coûts économiques(sociaux) du projet⁶³.

De sorte que le montant de la subvention se calcule en soustrayant la valeur actualisée nette financière(se souvenant qu'elle est négative, ce qui donne un plus) de la valeur actualisée nette économique à condition que la VANÉ est positive et la VANF est négative.

⁶⁰Martin, recueil de texte, ecn6873, evaluation des projets publics, université de Montréal, p.x-18

⁶¹Idem : $(rs - rn) + (Cn - Cs) = (rs - Cs) - (rn - Cs) = VANÉ - VANF,$

⁶² les avantages sociaux incluent les externalités positives du projet.

⁶³ les coûts sociaux incluent les externalités négatives.

Comme la VANÉ est négative, il n'y a pas lieu d'envisager une subvention.

De plus, comme la VANF est négative, il est probable que le promoteur n'entreprendra pas le projet.

9. Analyse de sensibilité

Par manque d'information, il y a des variables importantes qui ont été omises comme le bruit : le SLR fait moins de bruit que l'autobus. Donc cette diminution du bruit est un avantage de ce projet qu'on aurait pu le compter si l'information est disponible.

D'un autre côté il y a des facteurs utilisés dans l'analyse qui sont incertains, il faut savoir dans quelles mesures les résultats sont sensibles aux variations de ces facteurs et donc déterminer l'importance de chaque variable dans le modèle d'analyse avantages-coûts.

L'effet de la variation de certaines variables (le taux d'actualisation, le temps perdu par les automobilistes transférés au SLR, les coûts des immobilisations ainsi que les coûts d'exploitation) sur la valeur actualisée nette économique sera étudié dans les sous-sections suivantes.

9.1. Taux d'actualisation

En examinant la formule de la valeur actualisée nette, on peut constater que si le taux d'actualisation diminue, la valeur actualisée du projet augmente et vice versa si le taux augmente, la VAN diminue et cela est vrai pour les deux VAN (financière et économique).

Pour analyser le degré de sensibilité de la VAN à la variation du taux d'actualisation, les taux choisis sont 4% et 12%. Le premier est le taux social de préférence intertemporelle en matière de consommation.

Donc si le taux d'actualisation augmente de 10% à 12%, la valeur actualisée nette économique baisse.

Une variation du taux d'actualisation vers la baisse entraîne une augmentation de la valeur actualisée nette économique. Cette dernière reste toujours négative pour confirmer la non rentabilité du projet économiquement.

Donc la variation du taux d'actualisation n'affecte pas beaucoup les résultats précédents, à cause des coûts des immobilisations très élevés.

9.2. Le temps perdu par les automobilistes

Les automobilistes, qui vont laisser leurs voitures privées pour prendre le nouveau mode de transport (le SLR), vont avoir un trajet plus long.

La densité de la population à Montréal est 16 fois plus grande que celle de la ville d'Ottawa. Donc la perte de temps évaluée à peu près 8 minutes est sous-évaluée.

Une perte de temps plus importante donnera un coût plus élevé, ce qui amènera à une valeur actualisée nette plus négative. Mais cet effet ne sera pas très important.

9.3. Les coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitations sont considérables dans cette analyse, mais seulement une diminution de plus de 100% de ces coûts amènera à une valeur actualisée nette économique positive. Donc une petite variation de cette variable n'a pas un grand effet sur la valeur du projet.

9.4. Les coûts des immobilisations

Ces coûts sont très importants dans ce projet, donc l'effet de cette variable sur la VAN sera considérable. Leur augmentation ne fait qu'aggraver la situation.

Leur baisse augmentera la valeur du projet et un pourcentage de diminution d'environ 80 % de ce type de coûts rendra le projet au moins acceptable.

Donc les coûts de construction et de mise en service du système léger sur rail sont la variable la plus importante qui peut influencer les résultats.

9.5. L'achalandage

L'achalandage du SLR est une variable importante dans ce type de projet. En effet sa variation changera tous les avantages, ainsi que les externalités et les coûts.

Une croissance de 0.5% par année de l'achalandage sera sousestimée pour ce type de mode de transport. De plus le pourcentage de la clientèle représentant les automobilistes transférés vers le SLR ainsi que celle du transport en commun doivent être plus grandes, puisqu'on a utilisé les données de l'heure de pointe comme étant celles de toute la journée.

Donc une variation importante de ces proportions peut changer le résultat de cette étude.

10. Conclusion

L'analyse des résultats de cette étude permet de conclure que le projet de l'insertion du SLR sur l'axe Henri-Bourassa n'est pas rentable que ce soit du point de vue financier ou du point de vue économique. Donc la réalisation de ce projet n'est pas encouragée.

En effet les coûts des immobilisations ainsi les coûts d'exploitation de ce tramway sont très élevés, de sorte que les avantages et les externalités du projet ne permettent pas de les couvrir.

Cette conclusion est semblable à celle de l'AMT, malgré que les deux méthodes d'analyse utilisées soient différentes. Contrairement à cette étude qui utilise la VAN, L'AMT a utilisé le ratio avantages/coûts (A/C) comme méthode d'analyse. Ce ratio était inférieur à 1, donc le projet n'est pas rentable.

L'octroi d'une subvention à ce projet ne fait qu'aggraver la situation puisqu'il aura un gaspillage des ressources. La collectivité assumera le coût de cette subvention en voyant leur consommation diminuer du montant de cette dernière.

L'analyse de sensibilité montre que la variation de certaines variables ne change pas le résultat défavorable à la réalisation de ce projet. Les coûts des immobilisations ainsi que l'achalandage sont les variables les plus importantes qui peuvent influencer la valeur actualisée nette du projet.

Bibliographie

- AMT(2000), *Étude de faisabilité et d'opportunité d'un réseau de systèmes légers sur rail (SLR) sur les territoires de la rive sud et de la CUM, AXE HENRI-BOURASSA*, rapport de synthèse.
- AMT(2002), *bilan 2002 et perspectives 2007, horizon 2012*.
- Babin A. et Roy E. (1991), *Modalités, externalités et prix de référence pour l'analyse bénéfiques/coûts des projets en transport*, document de référence.
- Bernard Quetelard...et al. (2002) *Évaluation des transports en commun en site propre, Recommandations pour l'évaluation socio-économique des projets de TCSP*, CERTU.
- Bombardier Transport(1998), *Analyse de trois lignes de métro léger sur l'île de Montréal*, étude préliminaire de la configuration et de l'insertion.
- Brest, *Projet tramway de l'agglomération brestoise*, dossier de prise en considération, dossier technique : site Internet :
http://www.cub-brest.fr/tram/documents/dpc_integral.pdf
- Bureau de la Statistique de Québec(1995), étude d'impact économique pour le Québec de la construction et de l'entretien des routes et des ponts.
- CAA-Quebec(2005), *Coût d'utilisation d'une automobile*.
- Commissariat Général du Plan(2001), *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*, rapport du groupe présidé par Marcel Boiteux.
- Fortier Catherine(2002), *Analyse avantages – coûts des différents scénarios tarifaires pour le projet du parachèvement de l'autoroute 25*, rapport de recherche, Université de Montréal.
- Fortin, Pierre(2003), *observation sur la projection des gains réels à long terme au Québec*, UQAM, disponible sur Internet :
http://www.act.ulaval.ca/fileadmin/template/main/doc/Observations_projection_gains_reels.pdf
- Gaudry Marc(1994) *Un premier bilan intégré des coûts et des revenus du réseau routier au Québec et du transport public de la région de Montréal de 1979 à 1994*, partie III, annexe 5.1 et 6.2, MTQ.

- Jésus Enrique Cabrera Suarez(2006), *le projet d'extension du train léger sur rail(en direction nord-sud) de la ville d'Ottawa et la subvention optimale*, rapport de recherche, Université de Montréal.
- Kriger et al. (2004), *Development of Model Shares Targets for Ottawa's Transportation Master Plan*. Il est disponible à l'adresse suivante :
<http://www.tac-atc.ca/english/pdf/conf2004/kriger.pdf>
- Lise Allaire (2006-2007), agente-relation avec la clientèle, STM,
- Martin Fernand(2006), *L'analyse avantages-coûts et subvention des projets publics de transports*.
- Martin Fernand(2006), recueil de texte, ECN 6873, *évaluation des projets publics*, Université de Montréal.
- Martin (1988-1997)
- Martin(1996)
- SAAQ(1997), *Bilan 1996-accidents, parc automobiles, permis de conduire, dossier statistique, direction de la planification et de la statistique, service des études et des stratégies en sécurité routière*, p36-37.
- Sstatistique Québec, *comparaisons inter provinciales*, chapitre11.
http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/econm_finnc/conjn_econm/TSC/index.htm
- STCUM(1999), *Système léger sur rails, étude de faisabilité et d'opportunité volet transport, AXE HENRI BOURASSA*, rapport volet 2 présenté à l'AMT.
- Transport Canada(1994), *Guide de l'analyse avantages-coûts*.
- Transport Canada(1998), *Guide de l'analyse avantages-coûts du Conseil de Trésor*.
- ville d'Ottawa, *Les tendances du transport quotidien*,
http://www.ottawa.ca/city_services/statistics/counts/counts_jan_03/index_en_s.html
- Zhang Anming, Antony E. Boardman, David Gillen et W.G.WatersII(2002) Résumé, *Vers une estimation des coûts socio-environnementaux des transports au Canada*, rapport préparé pour transport Canada. Disponible sur Internet à l'adresse :
<https://www.tc.gc.ca/pol/fr/rapport/ExamenDeLaTotaliteDesCoouts/Transmodales/Transmodales003.pdf>

Annexe A

Tableau A1 : Achalandage du SLR par période de la journée pour un jour type de semaine, en automne(2011):

Période	achalandage
6h-8h59	18415
9h-15h29	21235
15h30-18h29	20476
18h30-5h59	9416
Total	69542

Source : STCUM(1999), p51.

Tableau A2 : Origine de la clientèle prévue du SLR, pointe du matin

	CUM		Laval		couronne nord		autres		total
	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	
Actuel(1998)	14496	87	1146	7	802	5	150	1	16593
SLR(2011)	15512	84	1612	9	1090	6	201	1	18415

Source : STCUM(1999), p57.

Tableau A3 : achalandage des stations pour un jour type de semaine

Station	achalandage
Gare Du Ruisseau	4822
De l'Acadie	3161
Bois de Boulogne	2398
Meilleur	1556
De l'Esplanade	1964
Saint-Laurent	2285
la jeunesse(méto H-B)	7658
saint-Hubert	582
christophe-colomb	1265
Francis	801
Papineau	3353
Saint Firmin	1465
de Lille	816
Sackville(F)	725
saint-michel	4158
Leblanc	1582
saint-vital	1163
Gariépy	842
Garon	8244
Balzac	638
Sainte-gertrude	2481
Alfred	1005
jean-meunier	1254
Lacordaire	4649
Rolland	1182
Marie-Victorin	2387
Albert-Hudon	7107
Total	69542

Source : STCUM, *système léger sur rails, étude de faisabilité et d'opportunité, volet transport, AXE HENRI-BOURASSA, p54.*

Annexe B

Tableau B1: coûts de construction et de mise en œuvre du métro léger du boulevard Henri-Bourassa exprimé en millions de \$ de 2000

	Construction, fabrication et mise en service des systèmes	Terrains et droits de passage	Services professionnels	assurances	contingences	total
infrastructure	94188464.45	9592676.262	9531805.842	1166202.414	12899998.49	127379147.5
Bâtiments	37720635.73		5963181.9	419037.528	3299473.866	47402330.04
Billetterie	2723806.8		326856.816	35954.412	544761.36	3631379.388
Matériel roulant	221216711.1		603326.958	30730.284	236385.708	222087154.1
Équipement de contrôle électrique et mécanique	105437754.1		16919874.74	1012539.84	10895835.6	134266004.3
Gestion de projet			6084000			6084000
Intégration des systèmes et interface	9991212.738					9991212.738
Manuels et formation	2028000					2028000
Essais et mise en service	19591290.19					19591290.19
Services publiques		9851010				9851010
Total	492897875.1	19443686.26	39429046.25	2664463.464	27876456.04	582311528.1

Source : AMT, *étude de faisabilité et d'opportunité d'un réseau de systèmes légers sur rail (SLR) sur les territoires de la rive sud et de la CUM, AXE HENRI-BOURASSA*, rapport de synthèse, Fev2000, p.31.

Les données sont corrigés par un facteur d'inflation de 1.4%, étant donné qu'elles étaient disponibles en \$ de 1999.

Annexe C

Les coûts d'utilisation d'une automobile

Tableau C.1 : Les coûts d'opération d'une automobile en 2005 (pour un cavalier Z24)

	Moyenne par km
Coûts de fonctionnement moyens (frais variables)	
Essence et huile	8.58 cent
Entretien	2.48
Pneus	1.79
Total	12.85
Coûts de propriété moyens (frais fixes)	Coûts annuels en \$
Assurances	177
Permis et immatriculation	117
Dépréciation	4258
Coût de financement	809
Total	$6962/18000\text{km}=0.3867778\$$

Source : CAA-Québec, *coûts d'utilisation d'une automobile, 2005*

⇒ Coût total par km = 0.5152\$ en 2005

Tableau C.2 : Revenus, Coûts et km parcourus par du réseau routier québécois en 1998 exprimé en \$ de 2011

Caractéristiques du réseau routier	Automobiles
Km parcourus annuel en milliards de km	65350
Revenus du réseau routier	5046.82
Coûts du réseau routier	6146.24
% des coûts supportés par les agents	$5046.82/6146.24=82\%$
coûts non supportés par les agents=coûts (1-82%)	1106.32\$ =0.016929\$ par km

Source : Catherine Fortier, *analyse avantages- coûts des différents scénarios tarifaires pour le projet du parachèvement de l'autoroute 25*, rapport de recherche 2002.

Les valeurs de 1998 ont été corrigées par le facteur d'inflation pour obtenir les valeurs de 2011.

Annexe D

Les générateurs de l'axe Henri Bourassa

2 cégeps

Cégep Marie-Victorin

Cégep Bois-de-Bologne

8 écoles secondaires

École secondaire Calixa-Lavallée

École secondaire Évangéline

École secondaire Jean-Grou

École secondaire Sophie-Barat

École secondaire Lester-B.-Pearson

École secondaire La Dauversière

École secondaire Henri-Bourassa

Collège Mont-St-Louis

5 hôpitaux

Hôpital Marie-Clarac

Hôpital Notre-Dame-de-la-Merci

Hôpital Rivière-des-Prairies

Hôpital Sacré-Cœur-de-Montréal

Centre hospitalier de Ste. Mary

4 arénas

Aréna Fleury

Aréna Henri-Bourassa

Aréna Marcelin-Wilson

Aréna René-Masson

4 centres commerciaux

Centre commercial Forest

Centre commercial Levasseur

Galeries Normandie

Galeries Léger/Lange lier

Source : STCUM(1999), p.16.

Annexe E

Un exemple de tramway(SLR): Le tramway de Stockholm(Suède)



Source :Réseau de Transport de la Capitale, *le tramway de Québec, une nouvelle vision de la mobilité urbaine, étude d'opportunité et de faisabilité d'un SLR dans l'agglomération de la capitale nationale.*

Disponible sur le site Internet de la RTC