



Analyse économique et financière du SLR / Tramway moderne

Scénario d'implantation sur le boulevard Saint-Laurent



Projet Montréal, mai 2014

SOMMAIRE

Pour être à la fois efficaces et aussi peu coûteux que possible, les transports collectifs d'une métropole de la taille de Montréal, composée de contextes urbains très diversifiés, doivent se présenter sous une variété de formes. C'est le cas présentement, la *Société de transport de Montréal* opérant des taxis collectifs, des minibus, des autobus, des autobus articulés, sans oublier le métro, alors que l'*Agence métropolitaine de transport* opère pour sa part des autobus et des trains de banlieue. C'est la complémentarité et l'articulation entre eux de ces modes, chacun déployé dans un contexte donné, qui détermine l'efficacité technique et la rigueur financière globales d'un système de transport collectif.

Depuis la fin des années 1990, l'ajout de systèmes légers sur rails (SLR) aux modes actuels de transport collectif est envisagé. En 2008, par la publication de son *Plan de transport*, la Ville de Montréal en a d'ailleurs fait sa toute première priorité. Depuis lors, toutefois, la volonté de construire un réseau SLR, sous la forme du Tramway moderne, s'est nettement refroidie, au motif que les coûts en seraient prohibitifs.

Un mode de transport ne doit jamais être qualifié de « coûteux » dans l'absolu : tout dépend de la demande de mobilité à satisfaire, dans un contexte urbain donné. Partant du constat que d'ici 20 ans, la demande de mobilité motorisée croîtra de 100 000 déplacements journaliers supplémentaires entre Laval et le centre-ville, en partie centrale de l'île de Montréal, la présente étude démontre que dans ce contexte, le SLR / Tramway moderne est le seul mode de transport collectif qui puisse raisonnablement absorber cette demande, tout en étant la solution transport la moins dispendieuse.

Sommaire des coûts et conditions d'opération résultant de l'ajout d'une capacité transport de 100 000 déplacements par jour dans l'axe Nord-Sud, au centre de l'île de Montréal

Simulation pour une pointe du matin (PAM), soit 25 000 déplacements

A) Total des coûts d'investissement et d'opération

	Investissement	Opérations	Total des coûts		
			PAM	Par passager	
				Sans TMF	Avec TMF
Automobile ¹	NSP	NSP	140 000 \$	5,60 \$	5,60 \$
Autobus articulé, VR ²	23 930 \$	49 109 \$	73 039 \$	2,92 \$	1,81 \$
Autobus articulé, TCSP ²	38 376 \$	35 589 \$	73 965 \$	2,96 \$	2,29 \$
SLR / Tramway moderne ²	23 643 \$	21 900 \$	45 543 \$	1,82 \$	1,81 \$
Métro AZUR	79 733 \$	19 660 \$	99 393 \$	3,98 \$	3,98 \$

B) Sommaire des conditions d'opération

	Transfert modal forcé (TMF)	Production de GES		Voies de circulation automobile à retirer pour implanter le mode	Conclusion
		Sans TMF	Avec TMF		
	Personnes	Tonnes	Nombre		
Automobile	0	55,0	55,0	NSP	Très forte congestion
Autobus articulé, VR	15 320	15,7	(18,0)	7	Très improbable
Autobus articulé, TCSP	7 256	12,0	(3,9)	4	Très improbable
SLR / Tramway moderne	200	0	(0,4)	1	Adéquat
Métro AZUR	0	0	0	0	Excessif

Note 1 : S'agissant d'une comparaison sur 10 km de distance seulement, nous considérons ici le coût moyen d'utilisation au kilomètre, soit 0,55 \$ (CAA, *Cousts d'utilisation d'une automobile*, édition 2012), majoré d'une moyenne de 1,50 \$ de frais de stationnement à destination.

Note 2 : VR pour voie réservée, TCSP pour transport collectif en site propre. Le SLR / tramway moderne est obligatoirement de type TCSP.

Nous avons défini un *Corridor de mobilité motorisée Nord-Sud central*, limité à l'Ouest par le boulevard de l'Acadie, à l'Est par la rue Iberville. Ce corridor devra absorber une demande de mobilité motorisée supplémentaire de l'ordre de 100 000 déplacements, d'ici vingt ans.

Outre qu'elle serait la plus coûteuse, à 5,60 \$ par déplacement, la solution consistant à recourir à 20 000 automobiles de plus en pointe du matin (PAM) n'est pas envisageable dans ce corridor, à cause des intolérables conditions de congestion qu'elle créerait, notamment au niveau du goulot d'étranglement que constitue le Plateau Mont-Royal.

Cette autre solution consistant à construire une nouvelle ligne de métro, doublant donc la ligne orange actuelle, serait pour sa part excessive, un métro n'étant justifiable que pour une demande de mobilité se situant entre 250 000 et 400 000 déplacements journaliers, soit 65 000 à 100 000 en PAM. Il reste qu'aussi exagérée qu'elle puisse être, cette solution serait nettement moins coûteuse que la précédente.

On n'arriverait jamais à convaincre 25 000 nouvelles personnes, en heure de pointe, d'opter pour des autobus dont l'efficacité serait tributaire des conditions de circulation dans un corridor déjà fortement affecté par la congestion. L'ampleur de cette demande ne laisse par ailleurs d'autre choix que de recourir aux autobus articulés, de plus grande capacité. L'articulé circulant en voie réservée (VR) ou en site propre (TCSP) sont donc les deux seules options à envisager. Le problème, c'est que chaque fois que l'on ajoute une VR ou un TCSP, on retire une voie de circulation automobile, ce qui aggrave la congestion sur les voies restantes, jusqu'à « forcer » un transfert modal vers le transport collectif... et devoir augmenter l'offre de ce dernier. À ce jeu, ce ne sont plus 25 mais bien 40 mille usagers supplémentaires que des autobus circulant sur pas moins de sept nouvelles VR devraient absorber, en PAM. En faisant appel à des autobus en TCSP, le nombre de personnes à transporter diminue à 32 mille, le nombre d'axes à aménager en sites propres à quatre. Dans les deux cas, l'option autobus est très improbable, compte-tenu notamment qu'il n'y a que cinq artères Nord-Sud à traverser le Plateau Mont-Royal. Par ailleurs, cette option serait nettement plus coûteuse que le SLR / Tramway moderne.

Dans ce contexte précis, le SLR / Tramway moderne est la seule option possible. Il ne faut pas s'en surprendre puisque cette technologie est optimale jusqu'à une demande de mobilité atteignant 125 000 déplacements journaliers, soit plus ou moins 30 000 en PAM. Ainsi, une seule voie serait retirée à l'auto (plus une autre en pointe de l'après-midi – PPM), ne forçant que 2 813 personnes utilisant présentement ce mode de transport soit de subir des conditions de congestion légèrement aggravées, soit de migrer vers les transports collectifs. Quant à l'intérêt économique du SLR / Tramway moderne, dont l'opération est peu dispendieuse, il est indéniable, à 1,82 \$ de coûts par déplacement.

L'axe d'implantation à envisager est le boulevard Saint-Laurent, première artère, à l'Est du Mont-Royal, à traverser l'île de Montréal du Nord au Sud.

Il est à souhaiter que la présente analyse économique et financière permette au Montréalais d'envisager avec confiance et sérénité le déploiement d'un réseau SLR / Tramway moderne à Montréal, qui rejoindrait les 260 autres villes du monde à avoir à ce jour adopté cette technologie. Car si nous avions raison que le SLR / Tramway moderne est toujours trop cher, quel que soit le contexte, ça en ferait du monde à s'être trompé !

Contenu

Introduction	1
Partie 1 : Le scénario	2
Partie 2 : Les termes de référence	
Capacité des modes de transport	4
Qualité des modes de transport	6
Coûts des modes de transport	9
Contraintes propres au corridor	10
Partie 3 : L'analyse économique et financière du scénario	
Précisions méthodologiques	12
Résultats de l'analyse	14
Conclusion	18

Liste des figures

Figure 1 :	Le corridor de mobilité motorisée Nord-Sud central de l'île de Montréal	2
Figure 2 :	Nombre maximal de personnes transportées, par types de véhicules	4
Figure 3 :	Charte de capacité des rames tramway de la série <i>Avenio</i> du constructeur Siemens	4
Figure 4 :	Tramway de Rabat, du constructeur Alstom	4
Figure 5 :	Pertinence et qualité relative des divers modes de transport collectif, suivant l'importance de la demande dans un corridor de transport	6
Figure 6 :	L'accessibilité universelle offerte par le tramway moderne : exemples de Paris et Bordeaux	8

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Capacité maximale théorique des modes motorisés de transport en milieu urbain, en pointe du matin (PAM)	5
Tableau 2 :	Vitesse et temps de parcours	7
Tableau 3 :	Investissements requis	9
Tableau 4 :	Nombre d'axes requis pour 25 000 déplacements en PAM et transfert modal forcé de l'auto vers les transports collectifs	11
Tableau 5 :	Matériel roulant requis et durée de vie de celui-ci	11
Tableau 6 :	Coût moyen des modes de transport sur le territoire de la STM, par passager	13
Tableau 7 :	Investissement par modes, pour 25 000 déplacements en PAM	15
Tableau 8 :	Coûts d'opération par modes, pour 25 000 déplacements en PAM	16
Tableau 9 :	Sommaire des coûts et conditions d'opération résultant de l'ajout d'une capacité transport de 100 000 déplacements par jour dans l'axe Nord-Sud, au centre de l'île de Montréal	16

INTRODUCTION

Pour être à la fois efficaces et aussi peu coûteux que possible, les transports collectifs d'une métropole de la taille de Montréal, composée de contextes urbains très diversifiés, doivent se présenter sous une variété de formes. C'est le cas présentement, la *Société de transport de Montréal* opérant des taxis collectifs, des minibus, des autobus, des autobus articulés, sans oublier le métro, alors que l'*Agence métropolitaine de transport* opère pour sa part des autobus et des trains de banlieue. C'est la complémentarité et l'articulation entre eux de ces modes, chacun déployé dans un contexte donné, qui détermine l'efficacité technique et la rigueur financière globales d'un système de transport collectif.

Depuis la fin des années 1990, l'ajout de systèmes légers sur rails (SLR) aux modes actuels de transport collectif est envisagé. En 2008, par la publication de son *Plan de transport*, la Ville de Montréal en a d'ailleurs fait sa toute première priorité. Depuis lors, toutefois, la volonté de construire un réseau SLR, sous la forme du Tramway moderne¹, s'est nettement refroidie, au motif que les coûts en seraient prohibitifs.

Un mode de transport ne doit jamais être qualifié de « coûteux » dans l'absolu : tout dépend de la demande de mobilité à saisir, dans un contexte urbain donné. La présente analyse entend démontrer que le SLR / Tramway moderne est, dans certains contextes, la solution transport la plus avisée autant en termes technique qu'économique et financier.

En première partie, sous le titre *Le scénario*, nous présenterons un contexte précis où l'on puisse raisonnablement soutenir l'hypothèse que le recours au SLR / Tramway moderne serait la solution transport la mieux indiquée. Il s'agit de l'axe du boulevard Saint-Laurent, traversant l'île de Montréal du Nord au Sud, sur une distance de dix kilomètres, entre les boulevards Henri-Bourassa et René-Lévesque.

La seconde partie, titrée *Les termes de référence*, présentera un ensemble de considérations relatives à la capacité, à la qualité et aux coûts des modes de transport. Cette analyse de facture théorique permettra d'identifier les contextes se prêtant au déploiement de chaque mode de transport collectif, de l'autobus urbain circulant à faible vitesse au milieu de la circulation automobile, au métro filant à toute allure sur son infrastructure exclusive.

Enfin, la troisième et dernière partie, comme son titre l'indique, procèdera à *L'analyse économique et financière du scénario*. Il s'agira en fait d'une analyse comparative entre l'automobile, l'autobus articulé circulant sur voie réservée ou en site propre, le SLR / Tramway moderne et le métro. C'est ici que sera confirmée la supériorité, technique autant qu'économique et financière, du SLR / Tramway moderne dans ce contexte précis.

La conclusion servira une importante mise en garde : l'idée n'est pas de décréter par avance que le SLR / Tramway moderne est une technologie de transport supérieure à toute autre, mais bien un précieux ajout au coffre à outil du planificateur en transport. Ceci étant dit, le jour où, à Montréal, l'on se donnerait la peine d'identifier avec soin les corridors et axes où la demande de mobilité et l'environnement construit sont propices au déploiement du SLR / Tramway moderne, on pourrait être étonné du résultat.

¹ SLR signifie *Système léger sur rails*, traduction française de LRT, pour *Light Rail Transit*. Le tramway moderne est l'un des nombreux types de SLR.

Partie 1 : LE SCÉNARIO

La mobilité des personnes et des biens est en constante croissance autant sur l'île de Montréal que dans l'ensemble de la région métropolitaine. Il en ira de même tant et aussi longtemps que Montréal conservera son dynamisme démographique et économique.

Sur l'horizon des 20 prochaines années, la croissance démographique de la région métropolitaine oscillera entre 530 000 et 775 000 habitants². En 2008, suivant l'*Enquête Origine-Destination* réalisée cette même année, chaque personne réalisait en moyenne 1,76 déplacement motorisé par jour³. D'ici 20 ans, ce taux permet d'estimer entre 1 et 1,4 million l'augmentation prévisible du nombre journalier de déplacements motorisés. Cet ordre de grandeur paraît validé par le fait qu'entre 1998 et 2008, en dix années à peine, à nouveau suivant les Enquêtes O-D, 90 509 déplacements motorisés supplémentaires ont été constatés sur le territoire du seul Plateau Mont-Royal, pour une croissance de 11,8 %.

Définissons le *Corridor de mobilité Nord-Sud central de l'île de Montréal*. Reliant Laval au centre-ville, ce corridor a une longueur de 10 km, du boulevard Henri-Bourassa au boulevard René-Lévesque, par 4 km de large, du boulevard de l'Acadie à la rue Iberville.

Figure 1 : Le corridor de mobilité motorisée Nord-Sud central de l'île de Montréal



² Le premier chiffre est celui retenu par le PMAD (2011) sur l'horizon 2031. Le second reflète la croissance réelle de la population de la RMR au cours des dix années 2002-2012, soit 385 000 habitants, fois deux.

³ Enquête O-D dans la suite du texte. Conjointement réalisée aux 5 ans (1987, 1993, 1998, 2003, 2008) par l'AMT et la STM.

L'hypothèse est faite que d'ici vingt ans, ce corridor devra journalièrement absorber 100 000 déplacements motorisés supplémentaires. C'est 7 à 10 % du total des nouveaux déplacements prévus sur cet horizon, des proportions plausibles pour peu que le cœur de l'île de Montréal et tout particulièrement le centre-ville maintiennent leur forte attractivité.

Le Plateau Mont-Royal constitue le principal goulot d'étranglement de ce trajet. En premier lieu à cause de la présence du Mont-Royal, qui force à distribuer une partie importante du trafic Nord-Sud de part et d'autre de ses versants Est et Ouest. En second lieu du fait que le nombre d'artères Nord-Sud permettant de traverser en entier le Plateau est limité à cinq : l'avenue Du Parc, le tandem Saint-Urbain (Sud) / Saint-Laurent (Nord), la rue Saint-Denis, le tandem Papineau (Sud) / De Lorimier (Nord), le tandem Iberville (Sud) / Frontenac (Nord). En troisième et dernier lieu, parce que ce quartier est entièrement construit et accueille la plus forte densité de population de tout Montréal, ce qui y rend impossible l'augmentation de la capacité du réseau routier, par l'ajout de voies de circulation sur certaines artères, par exemple. C'est une réalité dont il faudra tenir compte.

La simulation portera sur la pointe du matin (PAM), qui s'étend de 6h00 à 8h59, en jour de semaine. C'est à ce moment que les infrastructures de transport sont sollicitées avec le plus d'intensité, autant du côté de l'automobile que du transport collectif. L'enquête O-D 2008 révèle qu'effectivement, 25,8 % de l'ensemble des déplacements 24 H sont réalisés durant cette période de 3 heures. Puisqu'à l'intérieur du corridor il s'agit dans une écrasante majorité de déplacements du Nord vers le Sud, en direction du centre-ville, on assumera que la première hypothèse de 100 000 nouveaux déplacements motorisés correspond à **25 000 déplacements motorisés du Nord vers le Sud, en PAM.**

La question posée est la suivante : quel est le mode qui, dans ce corridor, serait le mieux en mesure d'absorber ces 25 000 déplacements Nord-Sud supplémentaires sur une période limitée à trois heures, en plus de le faire au plus faible coût possible ? *A priori*, il n'y a pas lieu d'exclure quelque mode de transport des personnes que ce soit. Seront donc considérés l'automobile, l'autobus régulier et l'autobus articulé suivant les trois modes d'opération que sont dans le trafic, sur voie réservée ou en site propre, le SLR / Tramway moderne et le métro. Concernant ce dernier, nous assumons la mise en service des nouvelles rames Azur, d'une capacité de 1 200 passagers.

L'axe d'implantation envisagé pour le SLR / Tramway moderne est le boulevard Saint-Laurent. Situé au milieu du corridor, ce boulevard est le premier, à l'Est du Mont-Royal, à traverser l'île de Montréal au complet, du fleuve Saint-Laurent à la Rivière Des Prairies. Il est à relative faible distance de la ligne orange Est du métro, fortement surchargée et qui le demeurera même après la mise en service des rames Azur, que d'entrée de jeu il permettrait de soulager. Parfaitement rectiligne et ne comportant que de faibles dénivellations, Saint-Laurent offre un contexte idéal dans une optique de limitation des coûts. Ceci dit sans exclure la réfection du domaine public sur toute la distance, comme le mérite l'artère historique et culturelle par excellence de Montréal. Saint-Laurent, enfin, offre sur presque toute sa longueur un fort potentiel de développement urbain⁴.

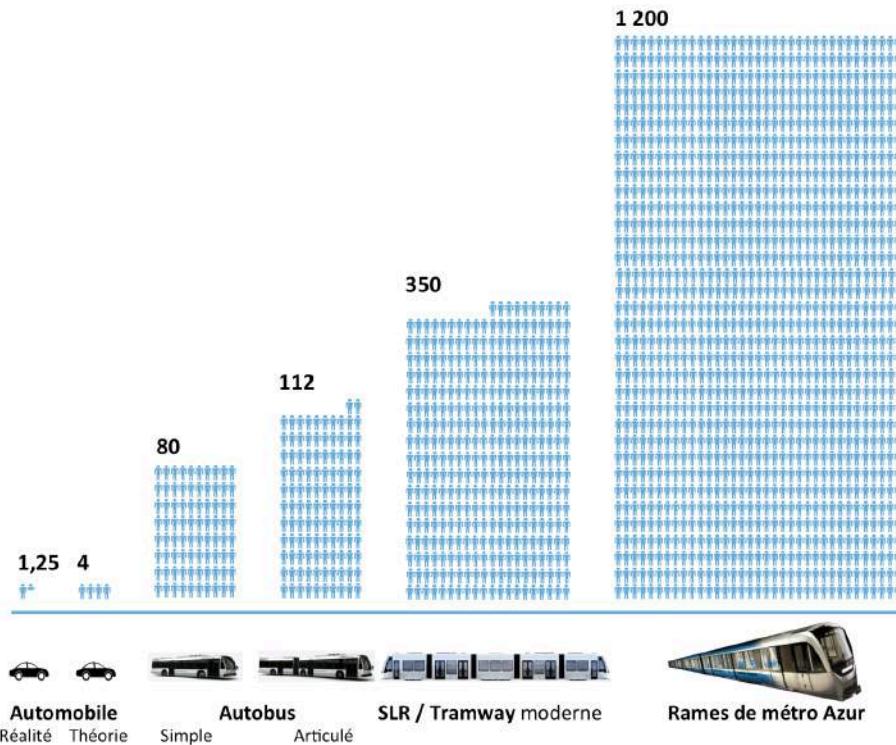
⁴ Voir à cet égard : Projet Montréal, *Estimation du potentiel de développement urbain le long de la ligne SLR / Tramway moderne du boulevard Saint-Laurent*, février 2014.

Partie 2 : LES TERMES DE RÉFÉRENCE

Capacité des modes de transport

La capacité d'un mode de transport motorisé en milieu urbain est d'abord définie par les véhicules utilisés, suivant le nombre de personnes qu'ils peuvent accueillir. La figure 2 illustre cette différence de capacité pour 5 types de véhicules.

Figure 2 : Nombre maximal de personnes transportées, par types de véhicules



Concernant le tramway moderne, la figure illustre une capacité de 350 passagers, qui sera retenue tout au long de ce document. En fait, un tramway moderne peut accueillir jusqu'à 500 passagers, voire plus, comme l'illustrent les deux exemples suivants.

Figure 3 : Charte de capacité des rames tramway de la série Avenio du constructeur Siemens

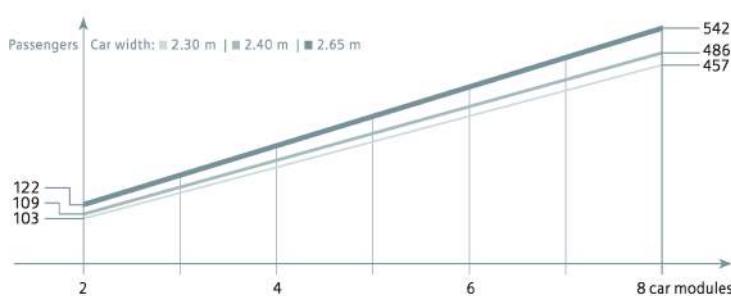


Figure 4 : Tramway de Rabat, du constructeur Alstom
(65 mètres, jusqu'à 580 passagers)



Le second facteur le plus déterminant est l'aménagement du corridor de transport, suivant que les véhicules se fondent dans la circulation ou qu'ils disposent de leur propre voie, provisoire (voie réservée - VR) ou permanente (transport collectif en site propre – TCSP). L'aménagement du corridor peut prévoir le contrôle préalable des titres de transport, ce qui accélère l'entrée et la sortie des véhicules, permettant de réduire l'intervalle de passage et, ainsi, d'augmenter la fréquence. Prenant en compte ces facteurs, le tableau 1 évalue la capacité maximale théorique des mode de transport en milieu urbain, en PAM.

Tableau 1 : Capacité maximale théorique des modes motorisés de transport en milieu urbain, en pointe du matin (PAM)

	Intervalle de passage (minutes)	Fréquence (véhicules/heure) a b = 60 / a	Capacité		
			Par véhicule (passagers) c	Horaire (passagers/heure) d = b X c	En PAM (passagers/PAM) e = d X 3
Automobile, 1 voie de circulation ^{(1) et (2)}	NSP	750	1,25	938	2 813
Autobus simple	5,00	12	80	960	2 880
Autobus simple, sur VR ³	3,50	17	80	1 371	4 114
Autobus simple, sur TCSP	2,50	24	80	1 920	5 760
Autobus articulé	5,00	12	112	1 344	4 032
Autobus articulé, sur VR	3,50	17	112	1 920	5 760
Autobus articulé, sur TCSP	2,50	24	112	2 688	8 064
SLR / Tramway moderne	2,50	24	350	8 400	25 200
Métro AZUR	2,00	30	1 200	36 000	108 000

Note 1 : Le débit d'une voie de circulation urbaine est tiré de Manuel Appert, *Évaluation de la congestion d'un réseau routier urbain*, CNRS, <http://www.umr-space.org/EtAppertM.htm>. Le chiffre de 1 000 proposé est réduit à 750 pour tenir compte, d'une part, d'une moyenne de vitesse ramenée de 35 à 30 km/h et, d'autre part, de la congestion déjà fortement présente dans le corridor étudié.

Note 2 : Compte-tenu des habitudes ancrées, il serait illusoire de considérer le taux d'occupation théorique d'une automobile, de 4 occupants par véhicule. La réalité est que le taux d'occupation réel, très stable dans le temps, avoisine 1,25 occupants par véhicule.

Note 3 : VR pour voie réservée, TCSP pour transport collectif en site propre. Le SLR / tramway moderne est obligatoirement de type TCSP.

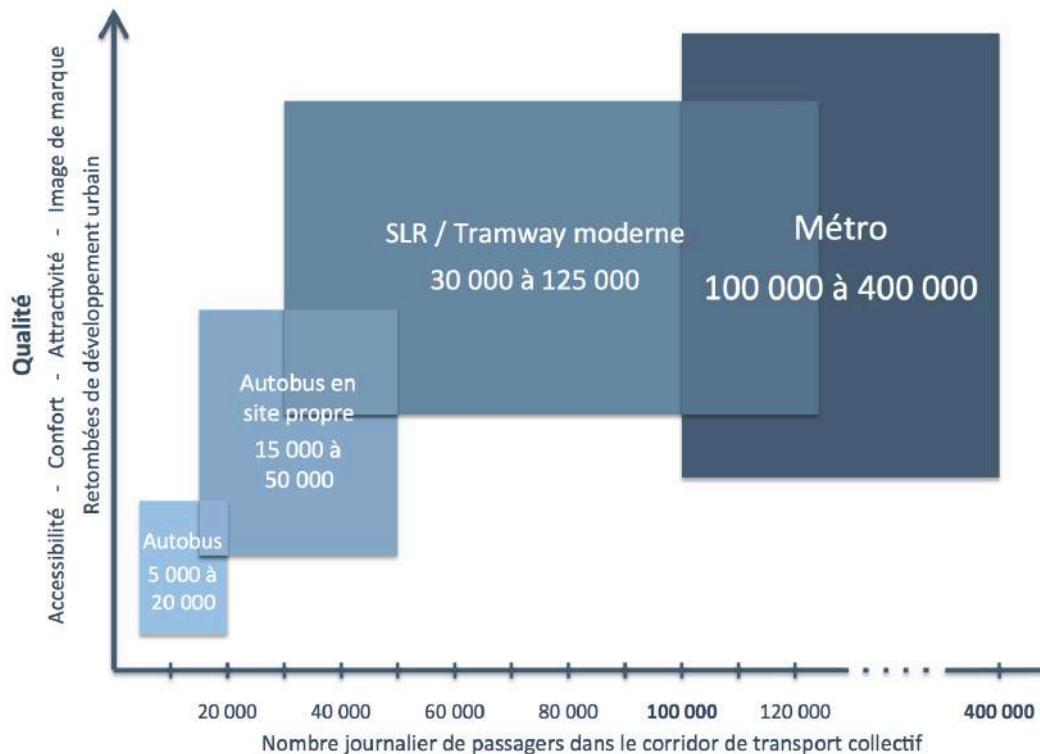
Un autobus circulant au milieu de la circulation peut difficilement avoir un intervalle de passage inférieur à 5 minutes, ce qui correspond à une fréquence maximale de 12 véhicules à l'heure. Une voie réservée permet déjà d'augmenter la fréquence de plus de 40 %. L'intervalle de passage le plus court, permettant une fréquence de 24 véhicules à l'heure, n'est possible qu'avec les transports collectifs en site propre – TCSP – sans vérification des titres à l'embarquement. C'est ainsi qu'entre l'autobus simple (40 pieds) circulant au milieu de la circulation et l'autobus articulé (60 pieds) en site propre, la capacité est triplée, pour atteindre un peu plus de 8 000 passagers durant une pointe du matin.

Pour tripler à nouveau la capacité, il faut passer au tramway moderne. Pour la quadrupler encore, c'est au métro qu'il faut faire appel.

En fait, ces divers modes de transport, autobus simple ou articulé, circulant au milieu de la circulation, sur voie réservée ou en site propre, tramway moderne en site propre, ou encore métro, sont autant d'outils à la disposition du planificateur en transport. Celui-ci doit faire

appel à l'outil correspondant au plus près à la demande de mobilité présente dans chaque corridor donné, comme l'illustre sommairement la figure 5.

Figure 5 : Pertinence et qualité relative des divers modes de transport collectif, suivant l'importance de la demande dans un corridor de transport



De façon générale, la demande journalière de transport (24 H) correspond à quatre fois celle constatée en pointe du matin (PAM). Ce ratio peut être supérieur chez certains corridors caractérisés par une demande plus soutenue en heures creuses. Ceci étant, il est sage de fixer la limite journalière de l'autobus TCSP à 50 000 usagers, celle des SLR ou tramways modernes à 125 000. Au-delà de ce chiffre, on entre sur le territoire du métro. Considérant son coût de construction, celui-ci n'est toutefois guère justifiable en deçà d'une demande de 250 000 déplacements journaliers : pour combler l'écart jusqu'à ce seuil de 250 000, mieux vaut faire appel à une combinaison de SLR et d'autobus TCSP.

Qualité des modes de transport

La figure 5 comporte une échelle de « qualité ». Quoique subjective, cette notion a fait l'objet de tant de sondages et d'études qu'elle a aujourd'hui été cernée avec un haut degré de confiance. Sans prétendre à l'exhaustivité, on peut citer la rapidité, la fréquence, l'attractivité ou l'image de marque du mode, l'accessibilité physique, le confort, autant pour les usagers que pour les riverains, en plus du potentiel de retombées au niveau du développement urbain, lequel, en plus de son contenu propre, constitue un indicateur indirect des autres vertus prêtées à un mode.

Tableau 2 : Vitesse et temps de parcours

Déplacement urbain de 10 km, en PAM

	Vitesse km/h	Temps minutes
Automobile		
Congestion faible à modérée	30	20
Congestion moyenne	20	30
Forte congestion	10	60
Autobus urbain		
Dans circulation	15	40
Sur voie réservée (VR)	18	33
En site propre (TCSP)	20	30
SLR / Tramway moderne	22	27
Métro AZUR	42	14

banlieue⁶. Les chiffres produits au tableau 2 procurent une appréciation plus juste des vitesses et temps de déplacement auxquels il faut s'attendre lors d'un déplacement de 10 km au cœur de Montréal, hors autoroute et en PAM.

On constate que dans ce cas de figure, pour peu qu'ils profitent de sites propres provisoires (VR) ou permanents (TCSP), les transports collectifs font aussi bien et même mieux que l'automobile dès que la congestion se fait sentir. Entre l'autobus en voie réservée et le SLR en site propre, le gain de temps est de l'ordre de 20 % : c'est significatif, mais pas assez pour vraiment faire la différence; c'est sur les autres critères de qualité que celle-ci apparaîtra. La performance extraordinaire du métro en termes de vitesse et de temps de déplacement mérite d'être signalée. Elle explique notamment le succès du métro de Laval, lequel, dès le premier mois de mise en service en 2007, a connu un achalandage deux fois supérieur à ce qui avait été anticipé.

Penchons-nous maintenant sur les autres critères de qualité, mode par mode.

L'autobus urbain peut être porté à un très haut niveau de qualité, comme cela est prévu pour le corridor du boulevard Pie-IX. L'intervalle de passage se butera à la limite physique de ce mode, soit deux minutes et demie, ce qui suffira néanmoins à combler les usagers... tout en représentant une véritable défi pour l'opérateur. La qualité d'aménagement du corridor rehaussera très significativement l'image de marque de l'autobus. Pour ce qui est du confort, les stations aménagées tout au long du corridor amélioreront de beaucoup les conditions d'attente et d'accès, comparativement aux abribus conventionnels. De plus, puisque les voies seront repavées et que les autobus circuleront au centre de l'artère, évitant donc la succession de bouches d'égouts situés en rive, le roulement du véhicule sera particulièrement doux. Le site propre permettra enfin aux autobus de toujours circuler en ligne droite, minimisant donc les mouvements latéraux, sources d'inconfort pour les

Plus que tout autre critère, la faible rapidité des transports collectifs par rapport à l'automobile est citée en tant qu'indicateur défavorable aux premiers. De fait, au Canada, 64 % des usagers des transports collectifs mettent plus de 45 minutes pour se rendre au travail, contre 35 % seulement des automobilistes. À l'autre extrémité, 1 % seulement des premiers mettent moins de 15 minutes pour effectuer ce même déplacement, contre 22 % des seconds⁵. Bien sûr, ces chiffres doivent être questionnés puisqu'ils agglomèrent l'ensemble des situations rencontrées au pays, dont les deux-tiers de la population vit aujourd'hui en

⁵ Martin Turcotte, *Le temps pour se rendre au travail et en revenir*, Statistique Canada, No 89-622-XIF au catalogue, graphique 3, page 8, 2005.

⁶ David L.A. Gordon, *Is Canada a suburban nation ?* Queens University, 2013. Consulter le site internet https://qshare.queensu.ca/Users01/gordond/Suburbs%202/canada_suburbs_change_overview.html.

passagers. Sans contredit, le SRB (TCSP) Pie-IX changera l'idée qu'on se fait de l'autobus urbain à Montréal⁷.

Ceci étant, le SLR / Tramway moderne se caractérise par une image de marque, conséquemment par une attractivité, plus forte que ce à quoi pourra jamais prétendre l'autobus. La précision axiale et transversale du fer sur fer, jumelé au plancher bas caractéristique du tramway moderne, en font le seul mode de transport connu qui, dans son principe même, soit en accessibilité universelle – fauteuils roulants, poussettes, chariots d'épicerie, etc – ce qui constitue également un avantage apprécié par l'ensemble des voyageurs.

Figure 6 : L'accessibilité universelle offerte par le tramway moderne : exemples de Paris et Bordeaux



La qualité de l'infrastructure autant que des rames du SLR / Tramway moderne en font un mode très silencieux, sans vibrations ni mouvements latéraux, au roulement tout en douceur : côté confort, il n'y aura que les nouvelles rames Azur du métro à faire aussi bien. Avec le SLR / Tramway moderne, la notion de confort s'applique aussi aux riverains : les populations habitant le long du parcours l'entendent à peine passer. Fort de son image de marque, de l'absence d'impacts négatifs pour les riverains, de sa pérennité assurée, l'infrastructure ayant une durée de vie d'au moins un siècle, ainsi que de la qualité des aménagements de l'espace public qui accompagnent son implantation, le SLR / Tramway moderne peut enfin être un puissant attracteur de développement urbain... pour peu qu'on retienne un tracé offrant suffisamment de terrains à développer ou redévelopper.

Personne ne songerait à contester que le métro offre à pratiquement tous égards un service de mobilité de très grande qualité. Par rapport aux autres modes de type TCSP, un bémol doit toutefois être apporté pour ce qui concerne l'accessibilité : il faut gagner les quais, souvent en profondeur, ce qui en plus de l'effort à fournir affecte négativement le temps total de parcours; malgré l'effort d'adaptation en cours, il demeure pratiquement interdit

⁷ Marcel Caron, *Le SRB Pie IX: Plus qu'un projet de voie réservée entre Montréal et Laval*, PDF de la présentation aux Mercredis de l'AMT, 8 décembre 2010.

aux personnes en fauteuils roulants. Pour ce qui est de l'impact sur le développement urbain, il suffit de mentionner que la construction d'un métro moderne il y a plus de quarante ans a permis au centre-ville de Montréal, mieux que partout ailleurs en Amérique, de conserver et même augmenter sa prééminence sur son espace métropolitain⁸.

Coûts des modes de transport

En transport comme en tout, la qualité a un prix, que présente le tableau 3.

Pour l'aménagement d'une voie réservée que l'on souhaite un tant soit peu performante et confortable – signalisation, feux prioritaires, commande des feux à distance, voie de roulement de meilleure qualité que la moyenne montréalaise, d'autant que ces voies sont toujours en rive – il faut compter environ 2 M\$ du kilomètre.

Pour le TCSP, un chiffre six fois plus élevé est retenu. On se rappellera que durant la dernière campagne électorale, une candidate à la mairie parlait de 4,8 M\$ / km, prenant soin de préciser : « soit 8 fois moins cher qu'un kilomètre de tramway et 40 fois moins cher qu'un kilomètre de métro »⁹. Or, le seul TCSP en voie de réalisation à Montréal est celui du boulevard Pie-IX, dont le coût est déjà estimé à 20 M\$ / km. Le mandat qui a été confié à Hydro-Québec de réaliser une étude d'électrification du corridor devrait, si cette option est retenue, hausser la facture de plusieurs millions supplémentaires au kilomètre. De plus, la Ville de Montréal étudie présentement la remise à neuf de l'ensemble de ses réseaux souterrains, de façon à garantir la permanence du service TCSP. Si bien qu'au final, la facture pourrait atteindre, voire dépasser 30 M\$ / km. Ceci étant, il ne faut pas faire l'erreur de considérer Pie-IX comme un précédent définitif, tant ce dossier comporte de particularités, politiques autant que techniques, et tant sa gestion a été erratique.

L'investissement requis pour l'infrastructure SLR / Tramway moderne est estimé à 40 M\$ / km, matériel roulant non inclus. Il s'agit du prix international, validé autant à Bordeaux qu'à Reims, Houston ou Seattle.

Dans son rapport de 2012, la Chambre de commerce¹⁰ avance un prix de 55,6 M\$ / km pour l'infrastructure, 64,3 M\$ / km incluant le matériel roulant. Face à ces chiffres, une première

⁸ 68 % de l'espace à bureau de classe A de la région métropolitaine est concentré au centre-ville, contre 55 % à New-York, 51 % à Toronto et Chicago, et ainsi de suite jusqu'à atteindre aussi peu que 13 % à Miami et San Diego et 11 % à Las Vegas et Los Angeles. Source : Colliers International, *North America Office Highlights*. Chiffres au 31 mars 2012.

⁹ Groupe Mélanie Joly, *Plateforme Montréal 2013*, action 1, p. 4

¹⁰ Chambre de commerce du Montréal métropolitain, *Rapport au maire de Montréal : Groupe de réflexion sur le financement du tramway*, octobre 2012. Ce rapport indique un chiffre de près de 100 M\$ / km pour la

Tableau 3 : **Investissements requis**

Valeurs unitaires

	Infrastructure au km	Véhicules à l'unité*
Automobile	NSP	28 000 \$
Autobus articulés		
Dans la circulation	NSP	725 000 \$
Sur voie réservée (VR)	2 000 000 \$	idem
En site propre (TCSP)	12 000 000 \$	idem
SLR / Tramway moderne	40 000 000 \$	3 000 000 \$
Métro	175 000 000 \$	18 000 000 \$

* Dans le cas du tramway, il s'agit d'une rame ayant une capacité de 350 passagers. Dans celui du métro, il s'agit d'une rame Azur d'une capacité de 1 200 passagers.

question s'impose: quelle part s'explique par le système de collusion et de corruption qui a prévalu tout au long de la dernière décennie? Or, il est établi que le coût des travaux publics réalisés à Montréal a chuté dans une proportion de 20 à 30 % depuis 2010, comparativement aux années précédentes. Par ailleurs, il faut voir que le tracé envisagé par la Chambre concerne d'une part une artère « de prestige », le Boulevard René-Lévesque, d'autre part une section en tunnel pour la partie la plus abrupte de Côte-des-Neiges, dans le secteur de l'Hôpital Général. Côté qualité du réaménagement de l'espace public, l'axe du boulevard Saint-Laurent en serait certes un de bonne facture, mais assurément pas du même calibre que ce qui est prévu sur René-Lévesque. Côté complexité technique, comparativement cette fois à Côte-des-Neiges, l'axe Saint-Laurent présente une tracé rectiligne, pratiquement sans dénivellations. Pour toutes ces raisons, l'évaluation à 40 M\$ / km concernant l'infrastructure de l'axe Saint-Laurent apparaît tout à fait acceptable.

Contraintes propres au corridor

On n'arriverait jamais à convaincre 25 000 nouvelles personnes, en heure de pointe, d'opter pour des autobus dont l'efficacité serait tributaire des conditions de circulation dans un corridor déjà fortement affecté par la congestion. L'ampleur de cette demande ne laisse par ailleurs d'autre choix que de recourir aux autobus articulés, de plus grande capacité. Aux tableaux 1 et 2, nous avons pris en compte l'autobus en partage de chaussée : à partir d'ici, nous ne les considérerons plus, ni pour l'autobus simple, ni pour l'articulé.

Ainsi, en ce qui concerne l'autobus, l'articulé circulant en voie réservée (VR) ou en site propre (TCSP) sont les deux seules options à envisager. Le problème, c'est que chaque fois que l'on ajoute une VR ou un TCSP, on retire une voie de circulation automobile, provisoirement ou de façon permanente, ce qui fait disparaître une capacité de 2 813 déplacements par ce mode durant les trois heures que d'une PAM. Cela aggrave forcément la congestion sur les voies restantes, jusqu'à « forcer » un transfert modal de l'automobile vers le transport collectif... et devoir augmenter l'offre de ce dernier. Le tableau 4 montre qu'à ce jeu, à congestion constante, ce ne sont plus 25 mais bien 40 mille usagers supplémentaires que des autobus circulant sur pas moins de sept nouvelles VR devraient absorber, en PAM. En faisant appel à des autobus en TCSP, le nombre de personnes à transporter diminue à 32 mille, le nombre d'axes à aménager en sites propres à quatre. Dans les deux cas, l'option autobus est très improbable, compte-tenu notamment qu'il n'y a que cinq artères Nord-Sud à traverser le Plateau Mont-Royal.

Le tableau 5 montre pour sa part que les sept VR qui permettraient théoriquement d'acheminer 40 mille personnes dans le corridor supposeraient la disponibilité de 112 autobus articulés, contre 80 pour les quatre TCSP requis pour en acheminer 32 mille.

seconde phase de la ligne parisienne T3, mise en service en 2012. Ce chiffre semble exagéré, compte-tenu du fait que le premier tronçon de cette même ligne, tronçon dit du Boulevard des Maréchaux, inauguré en 2006, a requis un investissement de tout juste 40 M\$ / km. À l'autre extrême, la petite ville de Besançon fait présentement la preuve qu'un réseau de tramway moderne, réfection des infrastructures souterraines et de l'espace public inclus, peut être livré pour moins de 25 M\$ / km.

Tableau 4 : Nombre d'axes requis pour 25 000 déplacements supplémentaires en PAM et transfert modal forcé de l'auto vers les transports collectifs

	Capacité d'un axe	Nombre d'axes requis	Capacité TC totale	Transfert modal forcé	Congestion aggravée
	a	b	c = a X b	d = c - 25000	e = 2813 X b - d
Automobile	2 813	NSP	NSP	NSP	NSP
Autobus articulés					
Sur voie réservée (VR)	5 760	7	40 320	15 320	4 371
En site propre (TCSP)	8 064	4	32 256	7 256	3 996
SLR / Tramway moderne	25 200	1	25 200	200	2 613
Métro Azur	108 000	1	108 000	0	0

Tableau 5 : Matériel roulant requis et durée de vie de celui-ci

	Nombre d'axes requis	Nombre de véhicules requis, par axe	Nombre total de véhicules requis	Durée de vie d'un véhicule, en années
	a	b	c = a X b	d
Automobile	NSP	NSP	20 000	11
Autobus articulés				
Sur voie réservée (VR)	7	16	112	16
En site propre (TCSP)	4	20	80	16
SLR / Tramway moderne*	1	19	19	25
Métro Azur*	1	4	4	50

* Dans le cas du tramway, il s'agit de 19 rames d'une capacité de 350 passagers. Dans celui du métro, il s'agit de 4 rames Azur d'une capacité de 1 200 passagers.

Dans le cas du SLR / Tramway moderne, un seul axe permettrait la prise en charge des 25 000 nouveaux déplacements du corridor. Occupant une voie de circulation, direction Sud, 2 613 personnes se déplaçant présentement en automobile devraient faire face à des conditions de congestion légèrement aggravées¹¹, ne justifiant pas de mesure correctrice additionnelle. Sous l'angle purement technique, on constate que le SLR / Tramway moderne se révèle parfaitement en mesure de répondre aux exigences du scénario envisagé.

Le métro doté de rames Azur aurait pour sa part une capacité quatre fois supérieure à ce qui est requis par ce même scénario. Il faut comprendre que dans le cadre de celui-ci, il s'agirait de creuser un nouveau tunnel et de construire autant de nouvelles stations qu'en compte présentement le bras Est de la ligne orange. À l'évidence, il s'agit d'une option nettement excessive. Il demeure néanmoins intéressant d'en faire l'analyse économique, ne serait-ce que pour voir où se situerait cette option par rapport aux autres, tout particulièrement par rapport à l'automobile.

¹¹ De même pour 3 996 automobilistes avec l'option TCSP et 4 371 avec l'option VR : voir tableau 5.

PARTIE 3 : L'ANALYSE ÉCONOMIQUE ET FINANCIÈRE DU SCÉNARIO

Précisions méthodologiques

Rappelons d'abord que suivant le scénario retenu, il s'agit d'identifier la solution transport la plus opportune sous l'angle économique pour déplacer 25 000 personnes de plus, du Nord vers le Sud, durant les trois heures que compte une période de pointe du matin, en semaine, à l'intérieur du *Corridor de mobilité Nord-Sud central de l'île de Montréal*.

L'analyse retient cinq modes : l'automobile, l'autobus articulé en VR, l'autobus articulé en TCSP, le SLR / Tramway moderne, le métro équipé de rames Azur.

Par ailleurs, l'analyse retient tous les paramètres présentés dans les tableaux précédents pour ce qui concerne la capacité des modes, les vitesses et temps de parcours, l'investissement requis en infrastructures autant que pour l'acquisition de véhicules, le nombre d'axes et de véhicules requis, ainsi que la durée de vie de ces derniers, obligeant à terme leur remplacement.

Depuis le début de ce document, on a considéré que les véhicules circulaient en permanence à pleine capacité. Dans la réalité, entre 6h00 et 8h59 du matin, soit durant les trois heures que dure une PAM, le taux réel moyen d'occupation des véhicules peut difficilement excéder 80 % de leur capacité maximale théorique. Il y a toutefois des usagers qui montent et descendent tout au long du parcours. En supposant que cela concerne un cinquième des passagers, les quatre autres cinquièmes parcourant la distance au complet, l'utilisation de la capacité maximale théorique des véhicules est justifiée.

L'analyse ne porte que sur les 10 km séparant les boulevards Henri-Bourassa et René-Lévesque. Il va de soi que l'on ne peut concevoir un système de transport ne concernant qu'un tronçon particulier : celui-ci est forcément connecté au reste du réseau par ses deux extrémités. À titre d'exemple, au Nord, le SLR / Tramway moderne du boulevard Saint-Laurent emprunterait le boulevard Henri-Bourassa sur au minimum 500 mètres, de façon à rejoindre la station de métro Henri-Bourassa et, au Sud, il serait obligatoirement connecté à la ligne desservant le boulevard René-Lévesque sur toute sa longueur¹². Ce qui est évident pour ce mode l'est tout autant pour les autres. Ceci dit, pour être jugée satisfaisante, une analyse technique autant qu'économique rigoureuse à l'échelle d'un réseau doit comprendre une analyse ligne par ligne, ou tronçon par tronçon, du type de celle faite ici.

L'analyse s'intéresse aux coûts globaux de chaque solution transport envisagée, soit les charges résultant de l'investissement (service de la dette) et les coûts d'opération. Deux méthodes seront utilisées pour imputer le tout à une pointe du matin unique : les charges

¹² C'est pourquoi Projet Montréal a proposé 15 km de réseau SLR / Tramway moderne durant la campagne électorale 2013 : 11 km sur Henri-Bourassa et Saint-Laurent, 4 km sur René-Lévesque.

d'investissement le seront en proportion du nombre de personnes transportées en PAM, les coûts d'opération en proportion du kilométrage véhicule réalisé.

Toute solution transport requiert des investissements au niveau des infrastructures et du matériel roulant. En plus des investissements initiaux, amortis sur leur durée de vie et financés au taux de 5 %, on prendra en compte la nécessaire remise à niveau cyclique des infrastructures et le remplacement des matériels roulants arrivés en fin de vie utile – un mode de transport peut paraître moins cher *a priori*, mais nécessiter des réinvestissements importants à cycles rapprochés. Le service de la dette imputable aux réinvestissements sera actualisé à l'an 1 en utilisant un taux d'actualisation de 6 %. L'analyse, qui portera sur une période de 25 ans, aura à ce stade permis d'identifier la charge financière annuelle imputable à l'investissement initial et aux réinvestissements cycliques. Quelle part de ce total annuel peut être imputée à une PAM unique ? La réponse qui nous paraît la plus objective à cette question est : ce que représentent les déplacements en transport collectif durant une PAM, par rapport au total des déplacements d'une année. En 2012, le nombre total de déplacements réalisés par la STM a été de 412 600 000. En pointe du matin, en semaine, le nombre était de 325 000. Le premier chiffre divisé par le second permet d'établir qu'une PAM représente 1 / 1 270 de l'achalandage annuel de la STM. Ainsi, la charge financière annuelle sera imputée à une PAM unique en la divisant par 1 270.

Pour ce qui est des coûts d'opération, ils seront évalués à partir des coûts au kilomètre métro et autobus fournis par la STM, simplement multipliés par le nombre de kilomètres parcourus dans le cadre du scénario.

Enfin, pour chacun des modes, les deux groupes de coûts – investissements et opérations – seront additionnés, puis divisés par 25 000, de façon à obtenir les coûts par déplacement et par passager.

Pour pouvoir comparer les chiffres auxquels l'analyse conduira, il est bon de connaître les coûts moyens de la Société de transport de Montréal. Le tableau 6 montre que ses coûts d'opération sont de 1,30 \$ par passager pour le métro, contre 3,10 \$ pour l'autobus. En considérant le service de la dette et l'ensemble des autres charges, les chiffres passent à 2,09 \$ par passager pour le métro et à 4,12 \$ pour l'autobus. Il est important de comprendre qu'il s'agit là de coûts moyens annuels, incluant donc les heures creuses et les jours fériés, durant lesquels, conformément à sa mission de grand transporteur public, la STM est tenue de donner du service à la moitié ou même au dixième seulement de la capacité de ses véhicules : faire rouler une rame de métro qui n'a que quelques dizaines de passagers à son bord, cela revient cher du passager. Notre scénario considère pour sa part la seule pointe du matin, qui est le moment le plus achalandé de la journée, qui plus est en assumant que les

Tableau 6 : Coûts moyens des modes de transport sur le territoire de la STM, par passager

	Coûts d'opération	Coûts globaux
Autobus	3,10 \$	4,12 \$
Métro	1,30 \$	2,09 \$
Les deux	2,09 \$	2,98 \$

Source : Budget 2013 de la STM, p. 57 pour les dépenses globales et p. 100 pour les dépenses d'opération. Le coût du transport adapté, p. 66, a été retiré.

véhicules roulent à 100 % de leur capacité. C'est ce qui permet d'ores et déjà de prévoir que, sauf exception (le métro), les chiffres qui résulteront de notre analyse seront plus faibles que ceux apparaissant au tableau.

Nous ne prétendons pas que cette méthodologie soit à l'abri de toute critique : aucune ne l'est. Ce qui importe dans ce type d'exercice, c'est d'appliquer la même méthode à tous les modes et d'être rigoureux, du début à la fin. Ainsi, si les chiffres auxquels on aboutira pourront être discutés, la valeur comparative de l'analyse n'en sera pas moins incontestable.

Résultats de l'analyse

Les tableaux 7, 8 et 9 produits aux pages suivantes présentent les résultats de l'analyse.

L'autobus sur voie réservée a déjà fait l'objet d'une mention « très improbable » sous l'angle opérationnel, puisque pas moins de sept VR seraient requises, forçant de surcroît un transfert modal de 15 320 automobilistes. On constate maintenant que si aménager une VR peut être alléchant puisque peu onéreux, il n'en va plus de même dès lors qu'il est question d'en aménager et opérer sept : 2,92 \$ par passager. Dans le cadre du scénario, déclassée sous l'angle opérationnel, la solution VR l'est une seconde fois sous l'angle économique.

Pour ce qui est de l'autobus en site propre, toujours dans le cadre du scénario, il nécessite l'aménagement de quatre axes, soit une de moins seulement qu'il y a d'artères Nord-Sud à traverser le Plateau Mont-Royal, en plus de forcer 7 256 automobilistes à migrer vers le transport collectif. C'est faisable sous l'angle opérationnel, bien que là aussi très improbable... en termes politiques notamment. De toute façon, ce serait une solution transport collectif difficilement justifiable sous l'angle économique, à 2,96 \$ par passager.

Le métro ne paraît pas bien dans cette analyse, fort d'un coût de 3,98 \$ par passager. C'est simplement qu'il n'y a pas assez de personnes à déplacer pour justifier le recours à ce mode : on ne construit pas un métro pour 100 000 passagers par jour, mais bien jusqu'à quatre fois plus. Ainsi, dans un contexte qui justifierait le recours au métro, le coût en PAM serait moitié moindre, comme on l'a vu plus tôt au tableau 6.

À 5,60 \$ par personne, l'automobile serait nettement la solution transport la plus onéreuse pour franchir les 10 km séparant les boulevards Henri-Bourassa et René-Lévesque. Il n'y a pas à se surprendre de ce résultat : l'automobile est toujours plus chère que les transports collectifs; elle demeure plus chère que même le rêve le plus démesuré d'un défenseur des transports collectifs, qui dans le cadre du scénario prend la forme de cette idée saugrenue de construire et opérer une ligne de métro pour à peine 100 000 déplacements journaliers.

Après l'avoir emporté sous l'angle opérationnel, le SLR / Tramway moderne l'emporte à nouveau, cette fois sous l'angle économique : 1,82 \$ seulement de coût par déplacement.

Tableau 7 : Investissement par modes, pour 25 000 déplacements en PAM
Analyse sur une période de 25 années

A) Infrastructure : investissement initial

	Nombre d'axes requis	Coûts de construction				Modalités de financement			Imputation à une PAM unique
		Au km	Nombre de km	Coût total	Amortissement : années	Taux d'intérêt	Charge annuelle		
		a	b	c = 10 X a	d = b X c	e	f	g	
Autobus articulé, VR	7	2 000 000 \$	70	140 000 000	15	5%	13 285 333 \$	10 461 \$	
Autobus articulé, TCSP	4	12 000 000 \$	40	480 000 000	25	5%	33 672 386 \$	26 514 \$	
SLR /Tramway moderne	1	40 000 000 \$	10	400 000 000	40	5%	23 145 437 \$	18 225 \$	
Métro AZUR	1	175 000 000 \$	10	1 750 000 000	40	5%	101 261 286 \$	79 733 \$	

B) Infrastructure : remise à niveau, année 15

	Nombre d'axes requis	Coûts de construction				Modalités de financement			Imputation à une PAM unique
		Au km	Nombre de km	Coût total	Amortissement : années	Taux d'intérêt	Charge annuelle		
		a	b	c = 10 X a	d = b X c	e	f	g	
Autobus articulé, VR	7	1 000 000 \$	70	70 000 000	15	5%	6 642 666 \$	5 230 \$	
Autobus articulé, TCSP	4	2 000 000 \$	40	80 000 000	15	5%	7 591 619 \$	5 978 \$	
SLR /Tramway moderne	1	2 000 000 \$	10	20 000 000	15	5%	1 897 905 \$	1 494 \$	

C) Matériel roulant : investissement initial

	Nombre de véhicules	Coûts d'acquisition			Modalités de financement			Imputation à une PAM unique
		Coût unitaire	Coût total	c = a X B	Amortissement : années	Taux d'intérêt	Charge annuelle	
		a	b	c = a X B	e	f	g	
Automobile ¹	20 000	28 000 \$	560 000 000 \$		11	NSP	NSP	NSP
Autobus articulé, VR	112	725 000 \$	81 200 000 \$		16	5%	7 382 844 \$	5 813 \$
Autobus articulé, TCSP	80	725 000 \$	58 000 000 \$		16	5%	5 273 460 \$	4 152 \$
SLR /Tramway moderne	19	3 000 000 \$	57 000 000 \$		25	5%	3 998 596 \$	3 149 \$

D) Matériel roulant : renouvellement du matériel, années variables

	Nombre de véhicules	Coûts d'acquisition			Modalités de financement			Imputation à une PAM unique
		Coût unitaire	Coût total, non actualisé	c = a X B	Années de renouvellement	Taux actualisation	Charge actualisée an 1	
		a	b	c = a X B	e	f	g	
Automobile ¹	40 000	28 000 \$	1 120 000 000 \$		11 et 22	NSP	NSP	NSP
Autobus articulé, VR	112	725 000 \$	81 200 000 \$		16	6%	3 080 603 \$	2 426 \$
Autobus articulé, TCSP	80	725 000 \$	58 000 000 \$		16	6%	2 200 431 \$	1 733 \$
SLR /Tramway moderne	19	3 000 000 \$	57 000 000 \$		25	6%	987 567 \$	778 \$

E) Investissement sur 25 ans : totaux

	Totaux des coûts			Totaux des charges actualisées			Imputation à une PAM unique	
	Coût total, non actualisé			Charge actualisée an 1				
Automobile ¹		1 680 000 000 \$				NSP	NSP	
Autobus articulé, VR		372 400 000 \$			30 391 446 \$	23 930 \$		
Autobus articulé, TCSP		676 000 000 \$			48 737 895 \$	38 376 \$		
SLR /Tramway moderne		534 000 000 \$			30 029 505 \$	23 645 \$		
Métro AZUR		1 750 000 000 \$			101 261 286 \$	79 733 \$		

Note 1 : Pour l'automobile, la comparaison entre modes qui est l'objectif poursuivi ici sera faite en utilisant uniquement le coût d'utilisation moyen, au kilomètre, qui inclut les coûts fixes (de propriété) et variables (d'utilisation). Voir le tableau 9.

Tableau 8 : Coûts d'opération par mode, pour 25 000 déplacements en PAM

	Nombre de véhicules /	Nombre d'axes	Nombre de passagers, par axe	Distance aller-retour	Kilométrage total	Coût au km ¹	Coût 1 PAM
	a	b	c	d	e = b X c X d	f	g = e X f
Autobus articulé, VR	112	7	51	20	7 140	6,88 \$	49 109 \$
Autobus articulé, TCSP	80	4	73	20	5 840	6,09 \$	35 589 \$
SLR / Tramway moderne ²	19	1	73	20	1 460	15,00 \$	21 900 \$
Métro AZUR	4	1	21	20	420	46,81 \$	19 660 \$

Note 1 : Chiffres de base et formules d'ajustement communiqués par la STM. Calculs sous la seule responsabilité de Projet Montréal.

Note 2 : Dans le cas du SLR / Tramway moderne, le coût au km est une approximation de Projet Montréal.

Tableau 9 : Sommaire des coûts et conditions d'opération résultant de l'ajout d'une capacité transport de 100 000 déplacements par jour dans l'axe Nord-Sud, au centre de l'île de Montréal

Simulation pour une pointe du matin (PAM), soit 25 000 déplacements

A) Total des coûts d'investissement et d'opération

	Investissement	Opérations	Total des coûts		
			PAM	Par passager	
			Sans TMF	Avec TMF	
Automobile ¹	NSP	NSP	140 000 \$	5,60 \$	5,60 \$
Autobus articulé, VR ²	23 930 \$	49 109 \$	73 039 \$	2,92 \$	1,81 \$
Autobus articulé, TCSP ²	38 376 \$	35 589 \$	73 965 \$	2,96 \$	2,29 \$
SLR / Tramway moderne ²	23 643 \$	21 900 \$	45 543 \$	1,82 \$	1,81 \$
Métro AZUR	79 733 \$	19 660 \$	99 393 \$	3,98 \$	3,98 \$

B) Sommaire des conditions d'opération

Transfert modal forcé (TMF)	Production de GES		Voies de circulation automobile à retirer pour implanter le mode	Conclusion
	Sans TMF	Avec TMF		
	Personnes	Tonnes		
Automobile	0	55,0	55,0	NSP
Autobus articulé, VR	15 320	15,7	(18,0)	7
Autobus articulé, TCSP	7 256	12,0	(3,9)	4
SLR / Tramway moderne	200	0	(0,4)	1
Métro AZUR	0	0	0	0

Note 1 : S'agissant d'une comparaison sur 10 km de distance seulement, nous considérons ici le coût moyen d'utilisation au kilomètre, soit 0,55 \$ (CAA, *Coûts d'utilisation d'une automobile*, édition 2012), majoré d'une moyenne de 1,50 \$ de frais de stationnement à destination.

Note 2 : VR pour voie réservée, TCSP pour transport collectif en site propre. Le SLR / tramway moderne est obligatoirement de type TCSP.

Attention ! Ce chiffre – 1,82 \$ par déplacement – ne vaut que pour une PAM, après que les 100 000 nouveaux déplacements Nord-Sud se seront concrétisés dans le corridor, ou que l'attractivité du SLR / Tramway moderne aura entraîné un important transfert modal des automobilistes actuels vers les transports collectifs. Le plus souvent, une infrastructure majeure de transport n'est pas construite pour répondre à la demande de l'heure. Elle l'est plutôt en prévision de la demande attendue dans le futur, jumelée à l'orientation qu'entend donner l'autorité publique à l'évolution de la société, généralement pour ces deux motifs à

la fois¹³. Une fois intégré au réseau de la STM et opéré aux mêmes conditions que les autres modes, le SLR / Tramway moderne du boulevard Saint-Laurent aurait vraisemblablement des coûts moyens à mi-chemin des coûts globaux de l'autobus et du métro. En se référant à nouveau au tableau 6, on parle donc d'environ 3,00 \$ par passager.

Une ultime précision s'impose, qui permettra d'approfondir le caractère souvent paradoxal d'une discussion sur les coûts du transport. Au tableau 9, les coûts par passager furent d'abord déterminés en considérant les termes de référence du scénario, en l'occurrence déplacer 25 000 personnes de plus par mode motorisé, du Nord au Sud de l'île de Montréal. À partir du tableau 4, on a vu que la multiplication des axes requis pour les autobus circulant sur voies réservées (7 axes) ou en site propre (4 axes) forçait d'importants volumes de transfert modal de l'automobile vers le transport collectif. Dans les faits, l'option VR ne correspond donc pas à 25 000 passagers mais bien à 40 320, contre 32 256 passagers pour l'option TCSP. Si ce sont ces chiffres qui sont utilisés comme diviseurs des coûts globaux, c'est à dire en tenant compte du transfert modal forcé (TMF), le coût par passager passe à 1,81 \$ pour l'option VR, à 2,29 \$ pour l'option TCSP. Il ne faut pas se surprendre de ces nouveaux chiffres, puisque le scénario assume que les autobus circulent toujours à 100 % de leur capacité. En théorie donc, sous le strict angle des coûts, il y aurait à toute fin pratique indifférence entre l'autobus en VR ou en TCSP et le SLR / Tramway moderne. Nous avons toutefois qualifié de « très improbable » le recours à sept voies réservées autant que l'aménagement de quatre axes en site propre. D'autant qu'il serait douteux de croire que des milliers, voire des dizaines de milliers d'automobilistes consentiraient sans rechigner au transfert modal forcé imposé par ces options. En dernière analyse donc, seule l'option SLR / Tramway moderne peut être envisagée.

L'idée n'a pas été ici de décréter par avance que le SLR / Tramway moderne est une technologie de transport supérieure à toute autre, mais bien un précieux ajout au coffre à outil du planificateur en transport. Utilisé dans un contexte optimal, comme ce serait le cas sur le boulevard Saint-Laurent, il est à la fois la solution transport la plus performante et la moins chère. Comme c'est le cas pour tout autre mode de transport collectif, métro, autobus en site propre ou sur voie réservée, et ainsi de suite jusqu'aux taxis collectifs, chaque fois que ces modes sont déployés à bon escient, suite à des analyses rigoureuses.

¹³ L'A-30, sur la Rive-Sud, en offre une excellente illustration. Construite au coût de 2,5 milliards de dollars, cette autoroute n'accueille toujours, journalièrement, qu'une vingtaine de milliers de véhicules. Par sa réalisation, le gouvernement du Québec a voulu favoriser le développement de la partie Sud-Est de l'espace métropolitain. Dans 20 ou 30 ans, les municipalités en cause accueilleront 100 000 habitants de plus qu'aujourd'hui et l'A-30 sera utilisée à sa pleine capacité.

CONCLUSION

Rappelons la prémissse de notre démarche : un mode de transport ne doit jamais être qualifié de « coûteux » dans l'absolu, puisque tout dépend de la demande de mobilité à satisfaire, dans un contexte urbain donné.

Sur l'horizon des 20 prochaines années, pour peu que Montréal conserve sa vitalité démographique et économique, on sait que la partie centrale de l'île, versant Est du Mont-Royal, devra absorber 100 000 déplacements motorisés supplémentaires, correspondant à 25 000 déplacements en pointe du matin. On sait aussi, pour poursuivre avec les conditions limites rencontrées en PAM, que de consentir à l'ajout de 20 000 automobiles au trafic existant ne serait une solution ni pour les automobilistes, qui feraient face à des conditions de congestion intolérables, ni pour les populations des quartiers traversés, dont la qualité de vie est déjà lourdement affectée par le trafic actuel. Il suit que c'est aux transports collectifs qu'il faut recourir.

À condition qu'ils soient de qualité, la population montréalaise n'est aucunement réfractaire aux transports collectifs. On en prendra pour preuve qu'au cours des douze dernières années (2000-2012), leur fréquentation a crû de 18 %, ce qui est plus de deux fois la croissance démographique. Reste à savoir à quel type de transport collectif il serait avisé de recourir pour déplacer 25 000 personnes de plus, du Nord au Sud de l'île de Montréal, durant les trois heures que dure une pointe du matin.

La ligne orange Est du métro est déjà fortement surchargée. La mise en service prochaine des rames Azur, pouvant accueillir 300 passagers de plus que les rames actuelles, ne fera que soulager temporairement les usagers, laissant entier le problème de capacité à plus long terme dans l'axe Nord-Sud, au centre de l'île de Montréal.

Dans ce contexte précis, le SLR / Tramway moderne est la seule option possible. Il ne faut pas s'en surprendre puisque cette technologie est optimale jusqu'à une demande de mobilité atteignant 125 000 déplacements journaliers, correspondant à environ 30 000 en PAM. Ainsi, une seule voie serait retirée à l'auto, ne forçant que 2 813 personnes utilisant présentement ce mode soit de subir des conditions de congestion légèrement aggravées, soit de migrer vers les transports collectifs. Quant à l'intérêt économique du SLR / Tramway moderne, dont l'opération est peu dispendieuse, il est indéniable, à 1,82 \$ par déplacement.

L'axe d'implantation à envisager est le boulevard Saint-Laurent, première artère, à l'Est du Mont-Royal, à traverser l'île de Montréal du Nord au Sud.

Il est à souhaiter que cette analyse économique et financière permettra au Montréalais d'envisager avec confiance et sérénité le déploiement d'un réseau SLR / Tramway moderne à Montréal, qui rejoindrait ainsi les 260 autres villes du monde à avoir à ce jour adopté cette technologie. Car si nous avions raison que le SLR / Tramway moderne est toujours trop cher, quel que soit le contexte, ça en ferait du monde à s'être trompé !