

Tramway aérien à Laval

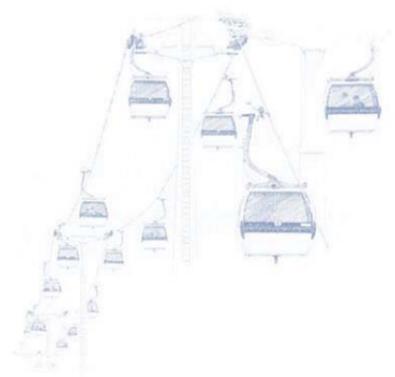
Étude de faisabilité et d'impacts



Rapport final
SOMMAIRE EXÉCUTIF

Février 2013





UN TRANSPORT PUBLIC PROPRE ET INNOVANT EN RÉPONSE AU DÉVELOPPEMENT DU CENTRE-VILLE DE LAVAL

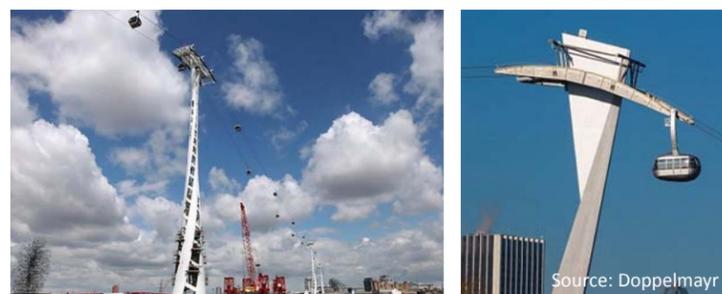
La détérioration de la circulation sur le réseau routier et l'augmentation de la qualité du service de transport collectif, accentuée par l'arrivée de trois stations de métro sur le territoire lavallois en 2007, ont rendu l'utilisation du transport collectif incontournable. **Afin d'optimiser la mobilité, le développement de l'offre de transport public doit toutefois être planifié de concert avec le développement urbain.** Cet arrimage entre le développement immobilier et le transport public constituera la clé de la réussite du projet.

Le Plan métropolitain de développement et d'aménagement (PMAD), adopté fin 2011 par la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), fixe des objectifs d'achalandage pour le transport public, ainsi que des critères d'aménagement et de **densification autour des accès au transport collectif**, conformément au concept de TOD¹. De même, la Ville de Laval dévoilait en 2011 sa nouvelle Politique d'urbanisme durable – ÉvoluCité, qui prévoit la création de pôles urbains multifonctionnels denses dans des secteurs clés jugés prioritaires. Cette politique vise, entre autres, à optimiser la densité du cadre bâti, dans une perspective de mobilité durable et à favoriser le transport en commun et les déplacements actifs. Dans le cadre de sa mise en œuvre, la Ville de Laval a précisé les développements attendus au centre-ville de Laval (FIGURE 3). Nous estimons ainsi donc que **la population est amenée à doubler dans la zone d'étude à l'horizon 2025**. Le nombre d'emplois est lui aussi amené à augmenter de manière importante.

En réponse à ces changements, l'implantation du tramway aérien est originale et moderne. L'électrification des transports est bénéfique tant sur le plan environnemental qu'économique. Alors que les déplacements en téléphérique dans le monde ont longtemps été réservés à la montagne, **on observe une utilisation du transport par câble de plus en plus courante dans les applications urbaines**. Citons, entre autres, les exemples de New York, Portland, Coblenche, Bolzano, Londres, Medellin et Rio (FIGURES 1 & 2).

L'implantation du tramway aérien s'inscrit dans un objectif de développement urbain concerté. Le Consortium Option T.A.L a étudié la possibilité d'implanter un tramway aérien au centre-ville de Laval. L'étude prend en compte toutes les facettes touchées par un tel projet : application réglementaire, étude d'achalandage, analyse socio-démographique, planification des transports, revue des technologies existantes et identification des systèmes et équipements requis, étude d'insertion et d'impacts sur l'environnement urbain et naturel, description de l'exploitation, de l'entretien et des mesures de sécurité, étude de rentabilité financière, analyse avantages-coûts et évaluation des impacts économiques.

FIGURE 1 : LONDRES ET PORTLAND



Source: Doppelmayr

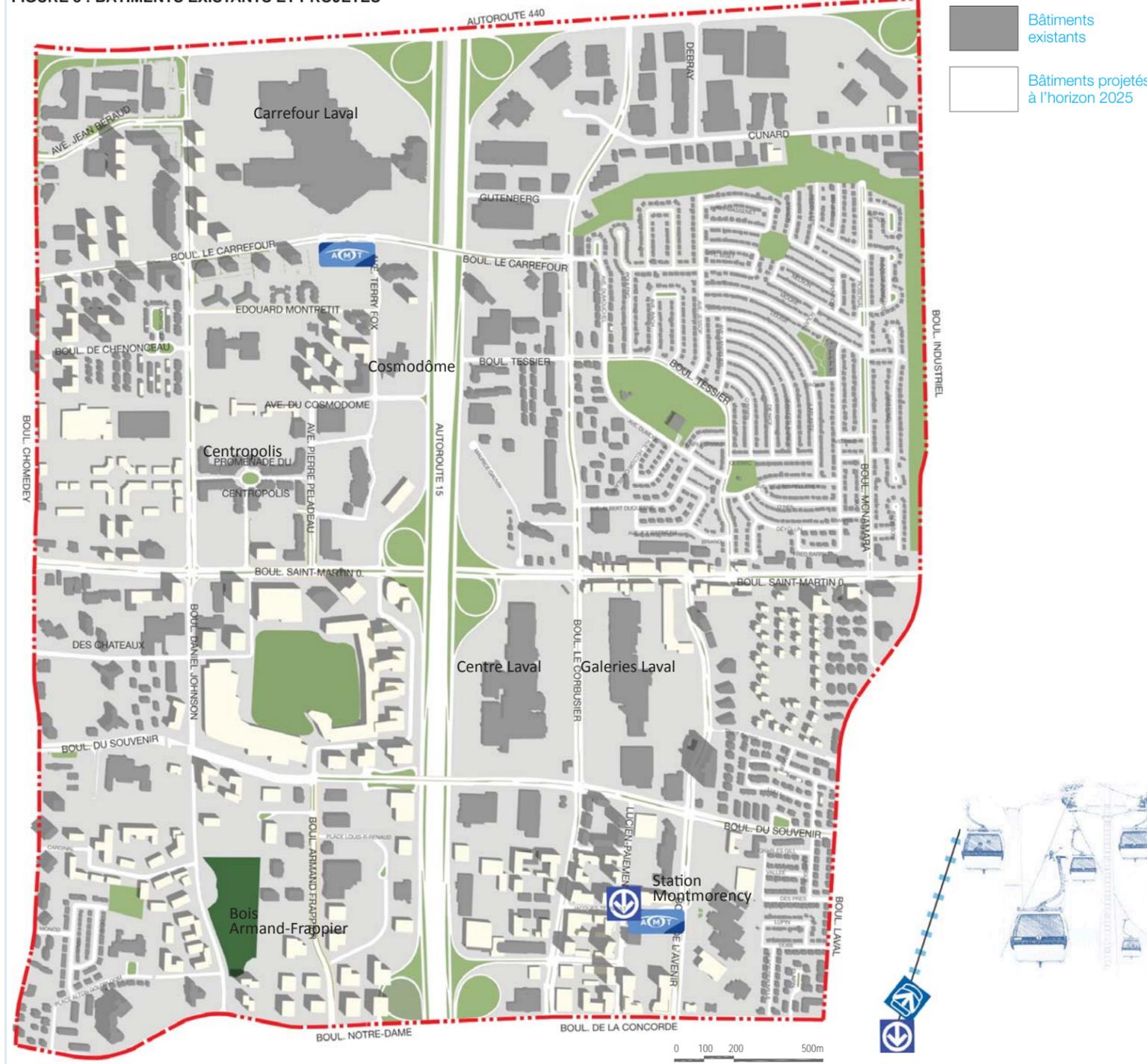
FIGURE 2 : EXEMPLE D'INTÉGRATION URBAINE, SARAGOSSE



Source: Leitner

1 Un TOD (Transit Oriented Development) peut être brièvement défini comme un développement immobilier de moyenne à haute densité, structuré autour d'une station de transport en commun.

FIGURE 3 : BÂTIMENTS EXISTANTS ET PROJÉTÉS



DEUX TRACÉS POURSUIVANT DES OBJECTIFS DIFFÉRENTS

Les deux tracés déterminés par la STL, en partenariat avec la Ville de Laval, relient le terminus de métro Montmorency au terminus d'autobus Le Carrefour. Le tracé 1, plus direct, s'étend sur 2 500 m et comprend une station intermédiaire située à l'est du palais de justice, au niveau du boulevard Saint-Martin. Le tracé 2 franchit perpendiculairement l'autoroute 15 jusqu'au boisé Armand-Frappier et bifurque vers le nord le long du boulevard Daniel-Johnson. Il s'étend sur 3 600 m et comporte deux stations intermédiaires.

L'analyse comparative des tracés permet de mettre en évidence la différence des objectifs qu'ils poursuivent. Doté d'un plus faible linéaire et d'une seule station intermédiaire, le **tracé 1** offre des temps de parcours attractifs (8 minutes contre 11 minutes pour le tracé 2) et s'appuie sur les pôles d'échanges existants : il **répond à des objectifs de transport**. Le tracé 2 de son côté, offre une bien meilleure couverture des nombreux commerces, habitations et pôles d'activités de la zone d'étude. Dès sa mise en service, dans un rayon de 500m autour des stations, il dessert 8 700 habitants et 17 900 emplois contre respectivement 3 900 habitants et 14 500 emplois dans le cas du tracé 1. Il s'implante aussi dans un secteur où les développements immobiliers seront nombreux, alors que le tracé 1, dont une partie longe l'autoroute, restreindra ses développements dans le secteur de l'Agora. **Le tracé 2 répond donc à des objectifs de desserte** (FIGURE 4).

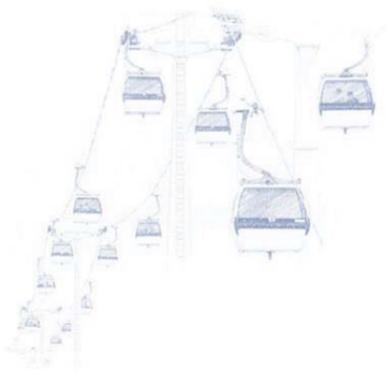
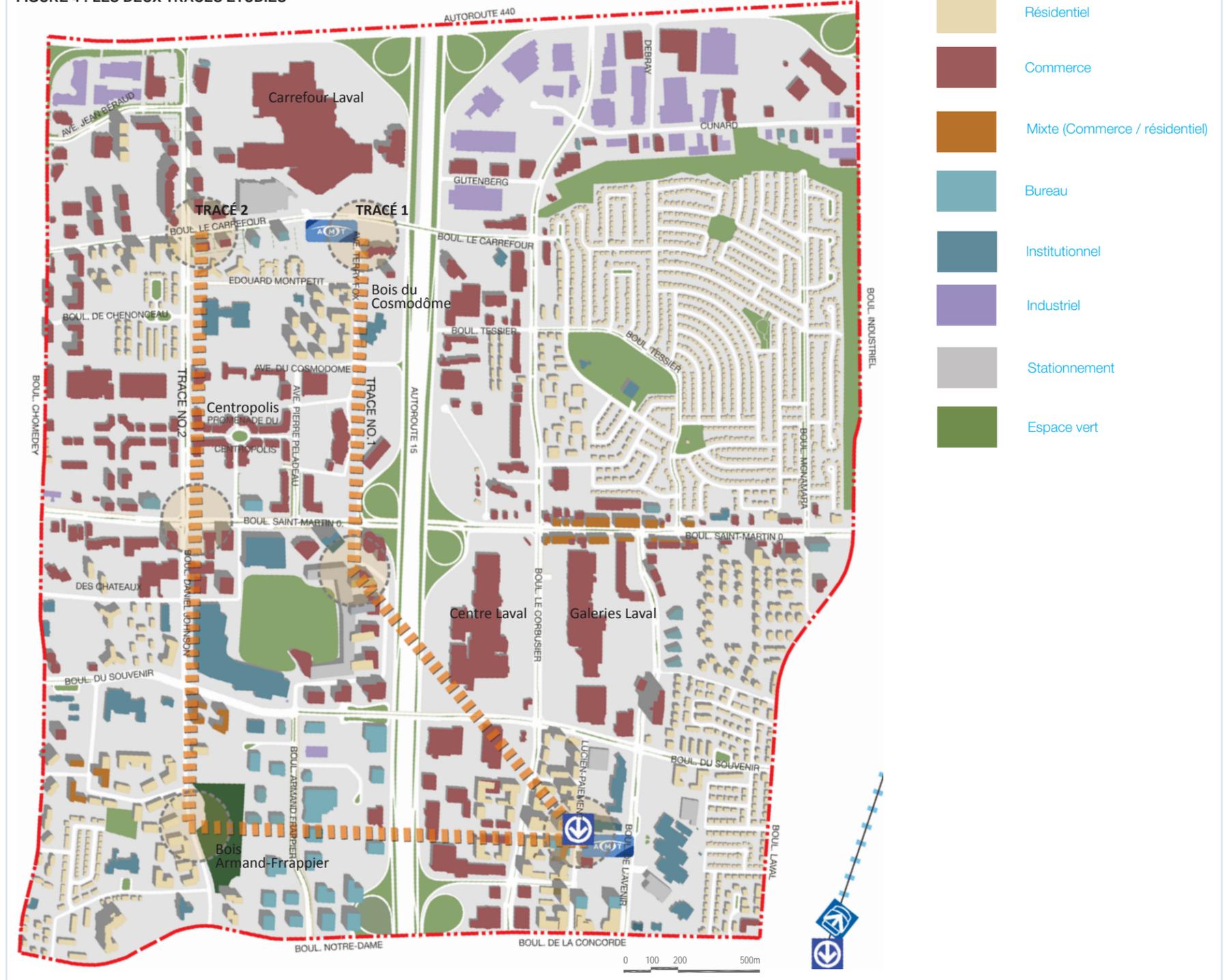


FIGURE 4 : LES DEUX TRACÉS ÉTUDIÉS



NON-FAISABILITÉ DU TRACÉ 2

Les analyses d’insertion des deux tracés ont révélé des difficultés techniques considérables liées au passage du tramway aérien dans le boisé Armand-Frappier (FIGURE 5). La protection de la ligne contre les incendies nécessite soit l’enlèvement de tous les arbres situés dans un corridor de près de 30 m de largeur le long du tracé (FIGURE 6), soit le passage du câble à environ 70 m au dessus du sol (FIGURE 7). La première option aurait pour conséquence de fragmenter le boisé Armand-Frappier alors que celui-ci est identifié par la Ville de Laval comme une zone d’aménagement écologique particulière et que le boisé lui-même est caractérisé d’écosystème forestier exceptionnel¹. La deuxième option nécessiterait d’installer la station au 17^{ème} étage d’un bâtiment, ce qui aurait un impact majeur sur le coût, la fonctionnalité même du système de transport et l’insertion urbaine de la station. Les difficultés posées par ces deux options ont conduit à conclure à la **non-faisabilité technique du tracé 2**.

Par ailleurs, nos analyses ont révélé que la réalisation du tracé 1 ne sera possible qu’à condition que soit modifiée la configuration de certains bâtiments projetés.

Bien que l’étude du tracé 2 ait été entièrement complétée dans le rapport avec l’hypothèse que le boisé serait sectionné, **le tracé 1 sera le tracé de référence dans la suite de ce sommaire exécutif**.

L’étude recommande que soit menée une analyse de justification de choix du tracé. **D’autres tracés évitant les contraintes révélées par les tracés 1 et 2 mériteraient d’être étudiés pour justifier le choix du tracé retenu**. Le choix du tracé et la planification des développements immobiliers doivent être effectués en concordance avec la Ville de Laval.

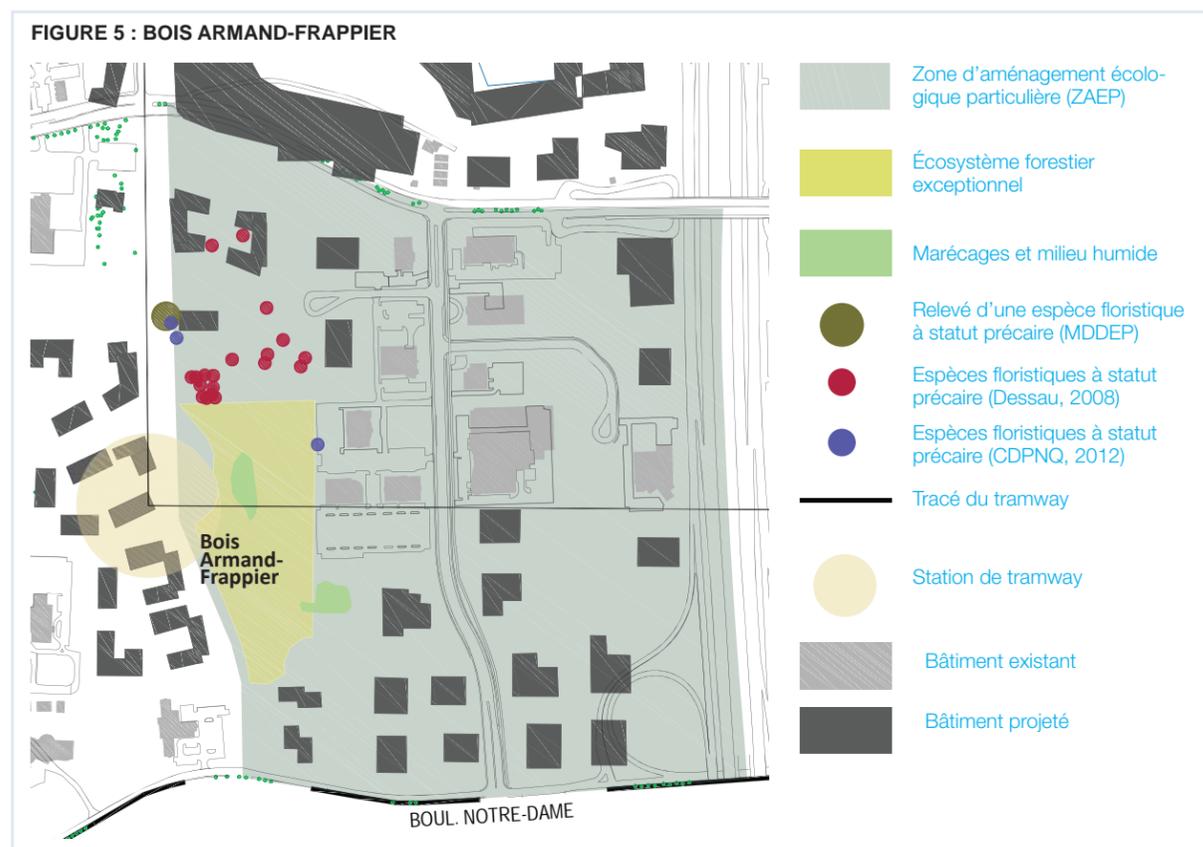
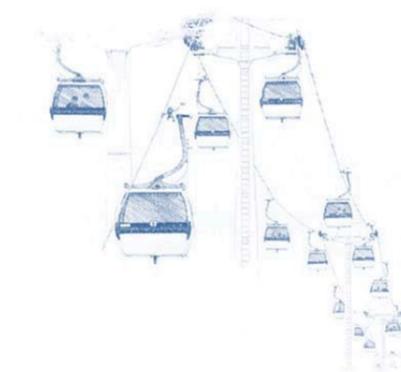
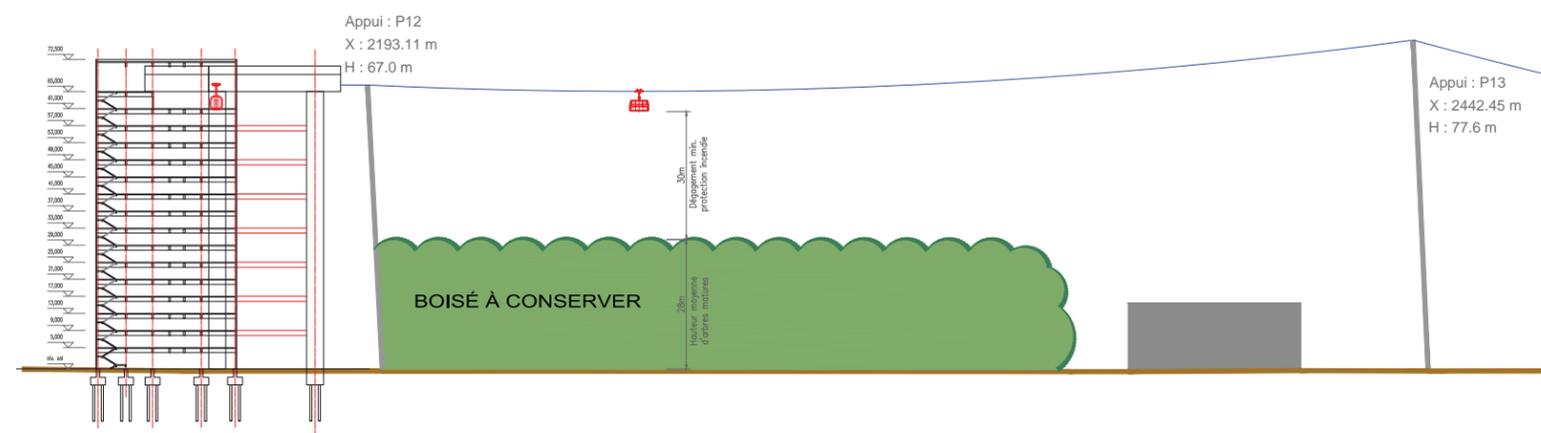


FIGURE 6 : EXEMPLE DE COUPE D’ARBRES EFFECTUÉE DANS UN BOISÉ, MÉTROCÂBLE DE MEDELLIN



¹ Politique de conservation et de mise en valeur des milieux naturels d’intérêt, Ville de Laval, 2009.

FIGURE 7 : VUE EN ÉLEVATION DE LA STATION INTERMÉDIAIRE DANS LE CAS D’UN SURVOL DU BOIS ARMAND-FRAPPIER



CADRE RÉGLEMENTAIRE ET NORMATIF

De nombreuses lois, normes et règlements sont susceptibles d'affecter le projet et de conditionner sa mise en oeuvre. L'étude du cadre réglementaire et normatif a permis d'identifier les instances qui ont juridiction et les dispositions applicables, mais aussi de pointer les incertitudes qui peuvent demeurer au terme de l'analyse ainsi que les vides juridiques qui devront être comblés.

Palier fédéral

NAV Canada et **Transports Canada** veillent à ce que la sécurité aérienne soit assurée.

Si la présence de réseaux hertziens point à point qui fonctionnent en visibilité directe est constatée, **Industrie Canada** (télécommunications) devra examiner l'impact de la construction du tramway aérien sur ces réseaux.

Palier provincial

Le projet est assujéti au Code de construction et au Code de sécurité dont l'élaboration et l'application relèvent de la **Régie du bâtiment du Québec**. Ces Codes comportent des dispositions applicables aux remontées mécaniques qui réfèrent, entre autres, à une normalisation spécifique : CSA Z98.

Toute construction susceptible de modifier la qualité de l'environnement doit obtenir une autorisation du **Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs** (MDDEP) selon la Loi sur la qualité de l'environnement (art. 22). Une autre disposition de la même loi assujéttit certains projets à une procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement, qui doit se conclure par une décision du Gouvernement du Québec (art. 31). Nous ne sommes pas en mesure de conclure avec certitude si le projet du tramway aérien nécessiterait ces approbations. L'obtention d'une opinion juridique ainsi que des discussions avec les autorités compétentes seraient souhaitables à un stade précoce, car s'il s'avère nécessaire d'obtenir ces approbations, le délai pourrait représenter au moins 12 mois.

Le ministère des Transports devra aussi approuver le franchissement de l'A-15 par le système.

Palier municipal

La **Ville de Laval**, selon la Loi sur les sociétés de transport en commun (art. 158.3), pourrait permettre, par règlement, la réalisation du projet de tramway aérien par la Société de Transport de Laval (STL). De plus, la Ville de Laval devra revoir son règlement de zonage afin d'y inclure des dispositions spécifiques encadrant l'implantation du tramway aérien.

Afin de réaliser le projet, la **STL** devra probablement se prévaloir de son pouvoir d'expropriation prévu par la Loi sur les sociétés de transport en commun.

Conception, construction et exploitation

La **Loi sur la sécurité du transport terrestre guidé** définit le cadre et le contexte général de la sécurité des moyens de transport guidés destinés à circuler au Québec. La **Loi sur le Bâtiment** et la **Loi sur la sécurité incendie** veillent à la sécurité du public dans les édifices publics et les remontées mécaniques.

sur le sol canadien, la conception d'ouvrages de remontées mécaniques est régie par les **normes de conception CSA Z98-07**. Plusieurs prescriptions techniques sont données en ce qui concerne la mécanique, l'électromécanique, l'électricité, les vitesses à respecter et les câbles. D'autres dispositions concernent les modalités d'exploitation.

La **norme CAS Z150-98** fournit des recommandations qui pourront être prises en compte pour tous les aspects afférents aux cabines (chapitre 3.8) et aux câbles (chapitre 4.6).

Plus spécifiquement, en ce qui concerne l'électricité et les télécommunications, il faudra respecter respectivement, les normes d'**Hydro-Québec** et de **CNR-210**.

Démarches

Le caractère innovant du tramway aérien et de son application comme transport urbain implique l'absence de cadre réglementaire et normatif spécifique ou l'incertitude quant à l'application de certaines dispositions au projet. Les vides réglementaires devront être éclaircis et comblés si nécessaire et ce, en entreprenant des démarches auprès des autorités compétentes.

Citons parmi celles pouvant s'avérer relativement longues :

- ✦ Les démarches auprès du gouvernement du Québec pour confirmer ou infirmer l'application de la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement et suivre la procédure, le cas échéant (12 à 24 mois);
- ✦ Les démarches auprès de la Régie du bâtiment du Québec, pour l'ajustement de certaines normes (6 mois et plus);
- ✦ Les démarches auprès de la Ville pour modifier les règlements d'urbanisme (6 mois et plus);
- ✦ Les démarches en vue d'acquérir les emprises et droits réels (6 mois et plus).

Le projet semble donc raisonnablement faisable du point de vue réglementaire et normatif dans la mesure où ces démarches sont effectuées rapidement, car elles peuvent évidemment impliquer des délais importants.

La tenue de l'échéancier de réalisation du projet dépend entièrement de la définition officielle de ce cadre réglementaire et normatif, sans laquelle les plans et devis ne peuvent être amorcés.

PRÈS DE 28 000 VOYAGEURS PAR JOUR EN 2031

La mise en service d'un tramway aérien destiné au transport public urbain constituerait une première au Québec et au Canada. L'évaluation de l'achalandage pour un nouveau mode de transport présentait de nombreux défis dans la mesure où les méthodes traditionnelles de détermination de l'achalandage permettent difficilement d'estimer la demande pour un mode inexistant et inhabituel aux yeux des utilisateurs.

L'approche méthodologique mise de l'avant repose sur la réalisation d'une enquête Web auprès de la population résidant à l'intérieur de zones susceptibles d'utiliser ce mode de transport collectif. L'enquête a permis de déterminer la demande induite, le transfert modal et la capacité d'attraction pour le motif loisir et, par conséquent, l'achalandage prévisible de ce nouveau concept de transport dans les conditions sociodémographiques actuelles. Le potentiel d'achalandage provenant des TOD s'est appuyé sur les résultats de l'étude immobilière qui prévoit une utilisation maximale du potentiel immobilier autour des stations, conformément aux documents de planification officiels. L'ensemble de ces résultats a par la suite fait l'objet d'une analyse prévisionnelle pour les années 2016 et 2031 à l'aide de facteurs d'expansion basés sur les informations du MTQ.

En vue d'améliorer l'efficacité du transport public, le réseau de bus de la STL sera réorganisé autour du tramway aérien. Le prolongement de la ligne orange du métro vers le Carrefour Laval n'est en revanche pas pris en compte dans les projections.

Les prévisions d'achalandage, déterminées en fonction d'hypothèses très prudentes, indiquent environ 22 000 voyageurs par jour en 2016 lors de la mise en service et près de **28 000 voyageurs par jour en 2031**. Plus du tiers de l'achalandage est constitué d'automobilistes qui, en présence du tramway aérien, abandonneraient leurs véhicules en faveur du transport public (TABLEAU 1). Le tronçon le plus chargé en 2031 est situé entre la station Saint-Martin et le métro Montmorency où **2 030 voyageurs sont transportés à l'heure de pointe du matin** (entre 7h et 8h) en direction de Montmorency.

Outre l'établissement de l'achalandage, l'enquête a permis de faire ressortir les attentes et les besoins des utilisateurs potentiels à l'égard du nouveau mode de transport permettant ainsi d'en assurer le succès. Les répondants attendent du tramway aérien qu'il soit sécuritaire (sécurité de la technologie et sécurité en cabine), offre une excellente qualité de service (fréquences élevées, chauffage des cabines en hiver) et qu'il y ait à la disposition des voyageurs des stationnements incitatifs.

TABLEAU 1 : RÉSUMÉ DES PRÉVISIONS D'ACHALANDAGE QUOTIDIEN

Achalandage quotidien	2016	2031
Transport commun	6 603	8 068
Automobile (conducteur + passager)	8 410	9 598
Autres modes (piéton, vélo, taxi...)	2 923	3 336
Demande induite	956	1 012
TOD	2 943	5 733
Touristique	192	211
TOTAL	22 029	27 958

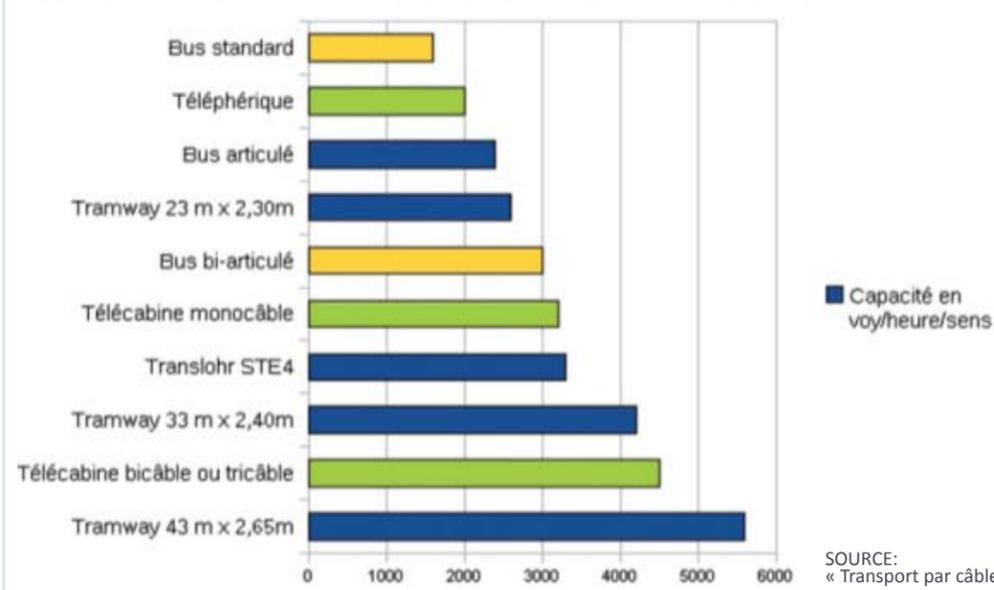
PANORAMA DES TECHNOLOGIES ADAPTÉES À L'ACHALANDAGE

La FIGURE 8 fournit des indications de débit horaire par sens pour différents modes de transports urbains. Le transport par câble (en vert) se situe dans des plages de valeurs allant de 2 000 voy/heure/sens, pour les installations de type téléphérique (va-et-vient), à respectivement 3 200 voy/heure/sens et 4 500 voy/heure/sens pour des technologies débrayables : monocâble et bicâble ou tricâble.

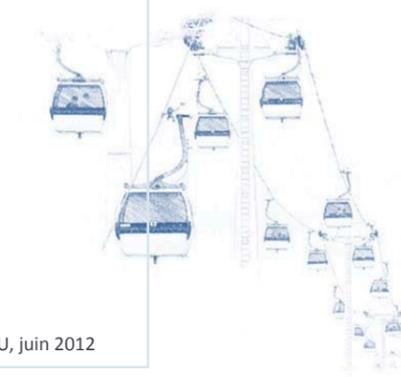
Ces indications fournissent les limites théoriques maximales des systèmes, mais la plage d'utilisation classique est généralement beaucoup plus faible. L'option téléphérique, en particulier, admet généralement un débit horaire de 600 à 800 voy/heure/sens. Sa capacité théorique maximale de 2 000 voy/heure/sens, légèrement en dessous des 2 030 voy/heure/sens attendus sur le tramway aérien, ne permet pas de retenir cette technologie.

Si dans les options de transport par câble, les technologies unidirectionnelles à vitesse continue (monocâble, bicâble et tricâble) offrent des capacités nominales suffisantes, il convient de noter que d'autres modes de transport permettent également d'atteindre des objectifs de capacité similaire. Ces modes sont routiers (bus bi-articulés de type haut niveau de service) ou ferrés (tramway 33m ou 44m) et présentent chacun des atouts et des faiblesses qui mériteraient d'être approfondis dans le cadre d'une étude comparative ayant pour objectif final la justification du choix du mode. Le mandat d'Option T.A.L. ne portant que sur les technologies par câble, seules les technologies monocâble, bicâble et tricâble ont été traitées dans cette étude.

FIGURE 8 : DÉBIT HORAIRE PAR DIRECTION SELON LE MODE DE TRANSPORT URBAIN



SOURCE: « Transport par câble aérien en milieu urbain », CERTU, juin 2012



COMPARATIF DES TECHNOLOGIES UNIDIRECTIONNELLES À VITESSE CONTINUE

Dans le champ des technologies unidirectionnelles débrayables, l'étude s'est concentrée sur l'analyse comparée des technologies monocâble (télécabines) et tricâble (3S), parce que ces technologies présentaient des caractéristiques justifiées et véritablement contrastées: l'une, à capacité moindre mais plus économique, versus une seconde, de plus grande capacité, mais plus qualitative et plus onéreuse.

Les technologies bicâbles n'ont pas été étudiées en détail principalement pour les raisons suivantes :

- ✦ Capacité des véhicules peu différente des technologies monocâbles;
- ✦ La technologie Funitel (deux câbles porteurs-tracteurs) présente un coût de construction élevé, et surtout un coût d'exploitation extrêmement élevé, du fait des frottements générés par les organes en mouvement;
- ✦ La technologie 2S (un câble tracteur et un câble porteur) dispose d'un débit peu différent des systèmes monocâbles, et son principal intérêt réside dans la capacité de franchissement de portée significativement longue (moyennant beaucoup de flèche : très adapté en contexte de montagne), ce qui ne semble pas nécessaire dans le cas présent.

Les technologies monocâble et tricâble ont été étudiées en détail et comparées au sein d'une analyse multicritère (FIGURE 9). Cette comparaison se présente selon 7 familles de critères qui permettent de faire ressortir les forces et faiblesses des deux technologies selon des groupes homogènes d'objectifs :

- ✦ La réponse aux besoins de transport ;
- ✦ La qualité de service ;
- ✦ La perception du système ;
- ✦ L'insertion urbaine ;
- ✦ Les coûts ;
- ✦ La réalisation ;
- ✦ L'exploitation.

Si la technologie monocâble est moins dispendieuse et pourrait être mise en œuvre plus rapidement que la technologie tricâble, elle présente néanmoins de moins bonnes performances en termes d'exploitation (fiabilité, exposition au vent, gestion des évacuations) et **pourrait atteindre rapidement sa limite de capacité**. En outre, la technologie tricâble, du fait de l'espace offert en cabine, semble mieux répondre aux normes de confort d'Amérique du Nord (FIGURE 10).

En faisant abstraction des poids de pondération que les parties prenantes pourraient attribuer aux différents critères, Option T.A.L. considère que la technologie tricâble, dont la représentation radar correspond à la surface la plus élevée, est la plus adaptée dans le contexte de Laval car elle répond mieux à l'ensemble des critères considérés. L'analyse comparative pouvant être l'objet d'interprétations

FIGURE 9 : PERFORMANCE MULTICRITÈRE DES TECHNOLOGIES MONOCÂBLE ET TRICÂBLE

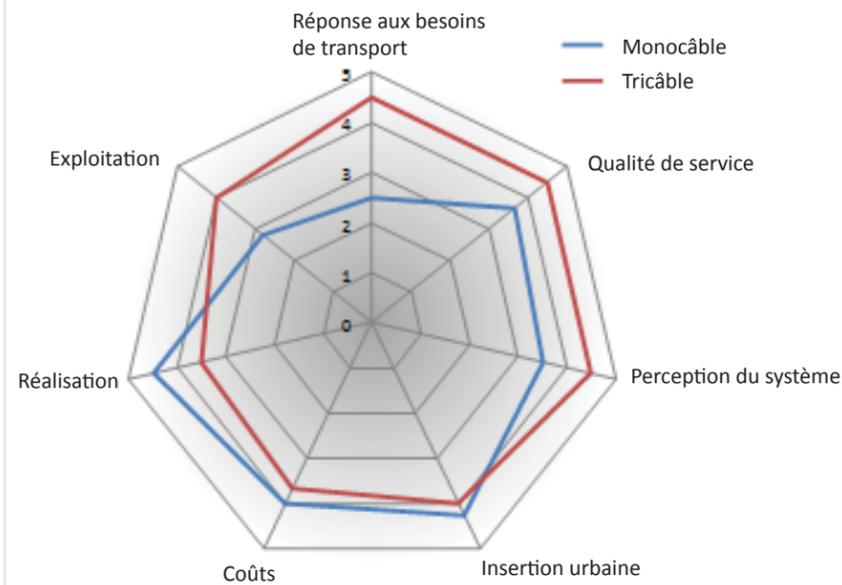
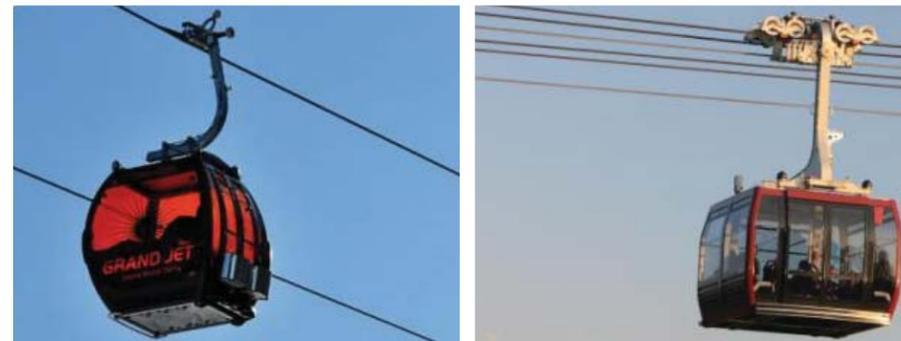


FIGURE 10 : TECHNOLOGIES MONOCÂBLE ET TRICÂBLE



UN SERVICE PROMETTEUR

La mise en service d'un système de transport par câble en milieu urbain doit répondre à un certain nombre d'exigences de transport public qui ne sont pas prises en compte dans des installations de montagne.

En milieu urbain, afin de dégager l'espace au sol à proximité des stations et d'empêcher les risques d'intrusion dans l'espace de circulation des cabines, les quais d'embarquement sont disposés à une hauteur d'environ 8 m par rapport au niveau du sol. Pour faciliter les accès aux quais, les stations sont toutes équipées d'escaliers mécaniques et d'ascenseurs.

Comme dans tout mode de transport urbain, **les embarquements et débarquements se font avec la cabine à l'arrêt, à partir de quais situés dans un espace fermé.** Au-delà de l'accessibilité universelle offerte par ce mode opératoire, les arrêts en station permettent également la mise en place d'une porte palière dont les avantages sont nombreux : possibilité de **chauffage** et de **climatisation** des quais, réduction des nuisances sonores et des pannes mécaniques, etc. (FIGURE 11).

La capacité des cabines est fixée à 12 places pour le monocâble et à 30 places pour le tricâble. Ces valeurs sont dans les fourchettes hautes de capacité des cabines offertes par les deux technologies et tiennent compte du poids des batteries embarquées pour les systèmes d'information, le chauffage et la climatisation. Les cabines spacieuses renforcent le sentiment de sécurité et de confort et permettent à terme une plus grande évolutivité du système de transport (FIGURE 12).

Par souci d'homogénéité avec le métro de Montréal, il est proposé que le tramway aérien soit en fonctionnement de 5h00 à 1h00, soit 20h d'exploitation continue. L'intervalle de service serait constant tout au long de la journée. Afin de limiter l'usure de l'appareil, l'exploitant pourrait décider de diminuer la vitesse nominale en dehors des périodes de pointe ce qui aurait pour conséquence d'allonger légèrement les temps de parcours. Les niveaux de service offerts sont présentés au TABLEAU 2.

FIGURE 11 : PORTES PALIÈRES

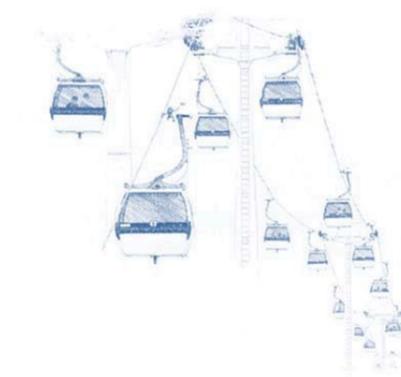


FIGURE 12 : EXEMPLES AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR DE CABINES



TABLEAU 2 : NIVEAUX DE SERVICES OFFERTS PAR LES TECHNOLOGIES MONOCÂBLE ET TRICÂBLE

Année 2031	Monocâble	Tricâble
Capacité des cabines	12 places	30 places
Vitesse nominale	6 m/s	7,5 m/s
Temps d'arrêt en station	19 sec	41 sec
Temps de parcours	8 min 23 sec	7 min 48 sec
Parc de cabines (avec réserve)	57	24



UNE TECHNOLOGIE FIABLE ET SÉCURITAIRE, NOUVELLE POUR LA STL, NÉCESSITANT LA MISE EN PLACE DE SYSTÈMES ET PROCÉDURES SPÉCIFIQUES

D'une manière générale, les technologies de transport guidé tracté par câble sont encore peu développées en usage de transport urbain de par le monde, qu'il s'agisse de systèmes au sol (câble-car) ou hors-sol (tramway aérien). Cependant, ce type d'installation est rompu à un usage soutenu en contexte urbain, notamment appliqué en installations monocâbles en Amérique Latine, ou en câble-car dans bon nombre d'aéroports nord-américains et européens (Vancouver, Toronto, Las Vegas, Londres, Zurich, Francfort, Paris, etc.).

La technologie privilégiée pour le tramway aérien de Laval est dénommée 3S. Il s'agit d'un système unidirectionnel composé de deux câbles porteurs (par voie) sur lesquels évoluent des cabines tractées par un câble tracteur avançant à vitesse continue. A l'arrivée en gare, les cabines se désaccouplent du câble, pour évoluer à vitesse lente dans la gare, puis se mettre à l'arrêt au point d'embarquement et de débarquement.

Fiabilité du système

La technologie 3S envisagée n'est pas tout à fait nouvelle : développée depuis plus de dix ans, et installée sur une dizaine de sites dans le monde, **cette technologie est testée, éprouvée et fiabilisée par les deux principaux constructeurs** de système de transport par câble de par le monde, Doppelmayr et Leitner :

- ✦ **Doppelmayr** compte actuellement 5 installations dans le monde, dont une sur le sol Canadien : Peak-to-peak, à Whistler-black-comb, et une dans un contexte urbain, à Coblenze, en Allemagne;
- ✦ **Leitner**, inaugure sa deuxième installation cette année, à Avoriaz (équipement mixte loisir/transport urbain). Sa première installation en application urbaine se trouve à Bolzano en Italie.

A ce jour, **le retour d'expérience sur ces installations montre que la fiabilité et la disponibilité du système sont significatifs.**

La fiabilité des systèmes de transport guidé au sol ou hors-sol fait leur réputation, et c'est pourquoi les aéroports envisagent de plus-en-plus la mise en place de ce type de transport, en application entre terminaux.

Technologie extrêmement sécuritaire

La technologie a été développée de manière à garantir la sécurité des personnes transportées dans toutes les conditions d'exploitation :

- ✦ Développée pour être installée dans des sites d'altitude à l'accessibilité difficile et aux contraintes météorologiques rigoureuses, le système comporte des dispositifs pour assurer le rapatriement des usagers en gare en cas de panne mécanique;
- ✦ En cas d'aléa climatique fort, l'appareil a été dimensionné pour y résister;
- ✦ Une redondance systématique des organes sécuritaires de l'appareil est prévue (double alimentation électrique, double motorisation, double équipements de freinage, motorisation de substitution);
- ✦ Des équipements spécifiques de détection et de gestion des aléas en ligne sont prévus (redondance des organes de communication, détection vidéo, infrarouge..) – habituellement non-prévus en installation de montagne, ils sont envisagés spécifiquement pour une installation urbaine;
- ✦ La zone d'évolution des cabines s'effectue dans un gabarit spécifique et exclusif, le système n'est pas contraint par un partage de sa zone d'évolution avec d'autres usagers;
- ✦ Un surdimensionnement significatif de tous les organes porteurs (câbles, cabines, appuis de ligne) est prévu lors de la conception de l'ouvrage, utilisant des coefficients bien supérieurs à ceux de conception d'ouvrages d'art.

Ressources et procédures spécifiques

Règlementairement, la mise en place et l'exploitation de ce type de système de transport est cadré par la norme Z98, régissant tout type d'installation et directement conçue pour des applications en zones de loisirs d'hiver. En revanche, du fait que très peu d'installations soient mises en place en zone urbaine sur le territoire canadien, cette réglementation est peu adaptée à cette problématique. Concernant l'exploitation, une méthodologie de supervision est envisagée, pour que la STL exploite l'équipement en conformité avec la réglementation, et surtout pour garantir au mieux la qualité de service attendue sur ce type d'équipement.

La STL, rompue à l'exploitation de réseaux de bus, devra s'adapter à une nouvelle problématique : à l'inverse de systèmes de transport terrestre automoteurs, la technologie n'est pas embarquée dans les véhicules, mais intégrée à l'infrastructure de transport. Aussi, inversement à un réseau de bus pour lequel la quasi-intégralité de la maintenance peut s'effectuer en temps masqué durant la période d'exploitation du réseau, **la maintenance du tramway aérien ne peut se faire pratiquement que durant les périodes d'interruption de service:** la nuit et durant de brèves périodes annuelles et pluriannuelles. De ce fait, une organisation spécifique devra être opérée, tant concernant la spécificité des opérations de maintenance, que dans la mise en place d'un système de substitution pour assurer le service de transport des usagers.

L'équipe en charge de l'exploitation du système devra **disposer de ressources et compétences spécifiques et être structurée hiérarchiquement** selon un organigramme précis, nommant et clarifiant l'organisation des responsabilités de chacun. **L'efficacité et la performance du système est directement liée à la bonne maîtrise de la conduite de l'appareil.** Une méthodologie rigoureuse devra être mise en place pour viser cette performance :

- ✦ Une bonne anticipation des problématiques de maintenance et d'entretien (maintenance ponctuelle, quotidienne, annuelle et quinquennale);
- ✦ Un maintien du niveau de compétences de chacun, tant en exploitation, qu'en maintenance, que dans des procédures d'urgence et de sécurité;
- ✦ Un travail concerté avec les autorités publiques pour bien appréhender le système et son impact sur la ville.

DES STATIONS HORS-SOL ADAPTÉES AU CONTEXTE URBAIN ET INTÉGRÉES AU RÉSEAU DE TRANSPORT

La configuration retenue pour les stations, avec des quais hors-sol situés à environ 8 m du sol, facilite l'insertion urbaine. Elle permet d'obtenir un dégagement vertical suffisant au-dessus des rues avoisinantes et de survoler plus facilement les bâtiments à proximité. Les espaces d'accueil et d'attente sont ainsi répartis sur plusieurs niveaux, à la manière d'une station de métro, ce qui a aussi pour avantage de réduire l'empreinte au sol des stations (FIGURE 17).

De façon générale, les stations du tramway aérien sont composées de trois niveaux principaux :

- ✦ Au **niveau rez-de-chaussée** se trouvent les guichets et les contrôles d'accès (FIGURE 13);
- ✦ Le **niveau mezzanine** joue un rôle important pour satisfaire les besoins en zone d'attente avant l'embarquement des usagers. Cet espace sert donc de zone de transition des flux des usagers pendant la période de pointe (FIGURE 14);
- ✦ Enfin, le **niveau quai** permet l'accès aux cabines (FIGURE 15).

Le **dimensionnement de la surface des quais et des mezzanines** a été effectué en tenant compte de la capacité maximale du tramway aérien. Dans tous les cas, on a considéré les exigences du système tricâble, qui présente une capacité supérieure et requiert une infrastructure plus imposante en termes d'espaces par rapport à la technologie monocâble. Ainsi, il a été calculé que les zones d'attente (mezzanine + quais) doivent permettre d'accueillir au moins 824 passagers afin de répondre aux exigences de sécurité (en cas d'interruption de service ou d'évacuation), soit 288 m². Les superficies pour chacune des stations sont toutes légèrement supérieures à ces critères afin d'assurer la capacité minimale d'accueil.

Par ailleurs, la conception architecturale de chacune des stations a considéré les spécificités de son contexte urbain, c'est-à-dire la localisation des accès des piétons aux points les plus proches de l'arrivée des usagers, la nature de bâtiments existants et projetés, la géométrie des voies existantes et projetées et l'intégration avec l'espace public existant ou projeté.

L'implantation des stations a été pensée avec l'objectif de **favoriser la desserte des milieux commerciaux, résidentiels ou institutionnels et l'intermodalité avec le métro et l'autobus**. La station Montmorency permet ainsi d'accéder directement aux quais du métro et au terminus d'autobus de l'AMT sans sortir du bâtiment (FIGURE 18). À la station Le Carrefour, une passerelle a été prévue pour permettre aux usagers d'accéder de façon rapide et sécuritaire au Terminus de l'AMT situé de l'autre côté de la rue Terry-Fox et au centre commercial situé au nord du boulevard Le Carrefour.

Notons enfin que la station intermédiaire Saint-Martin présente des surfaces supplémentaires par rapport à une station terminus car des quais séparés s'avèrent nécessaires pour chaque direction. Par conséquent, il est proposé de valoriser l'espace aux niveaux rez-de-chaussée et mezzanine par la création d'espaces commerciaux ou de services au public. La station intermédiaire profite aussi de sa configuration en angle et de sa largeur pour contenir, en dessous du niveau des quais, le **centre de maintenance** qui comprend une zone de stockage pour 28 cabines de 30 places, un atelier d'entretien, un magasin de pièces de rechange et les voies et systèmes d'aiguillage nécessaires à la manipulation et à l'entretien des cabines (FIGURE 16).

FIGURE 13 : PLAN DE LA STATION MONTMORENCY (NIVEAU RDC+1)

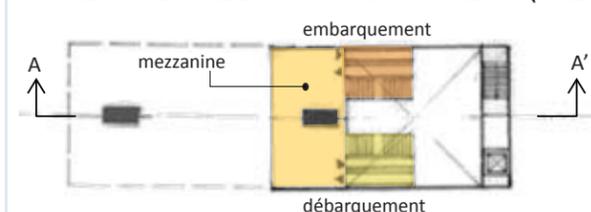


FIGURE 14 : PLAN DE LA STATION MONTMORENCY (NIVEAU RDC+2)

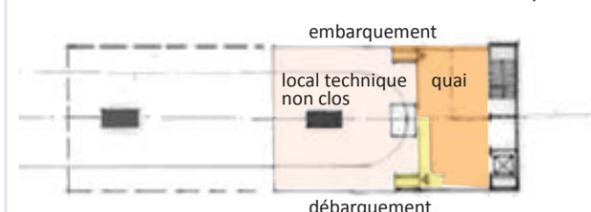


FIGURE 15 : PLAN DE LA STATION MONTMORENCY (NIVEAU RDC+3)

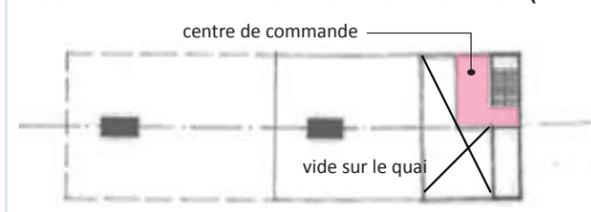


FIGURE 17 : COUPE A-A'

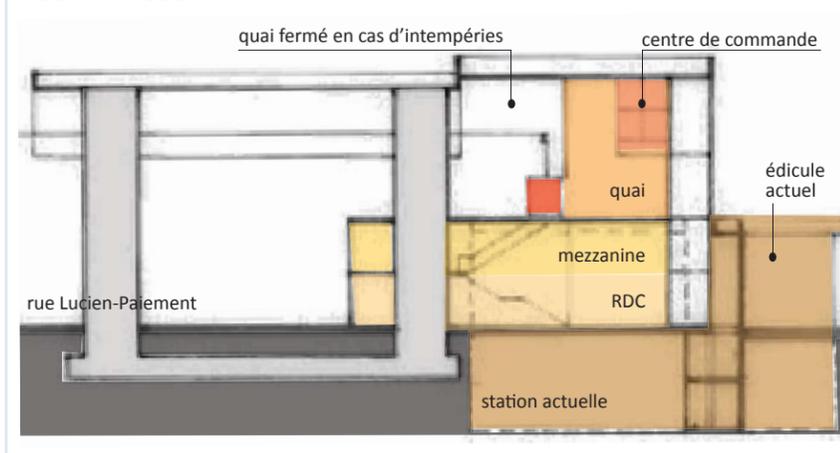


FIGURE 16 : PLAN DU CENTRE DE MAINTENANCE, SAINT-MARTIN (NIVEAU RDC+1)

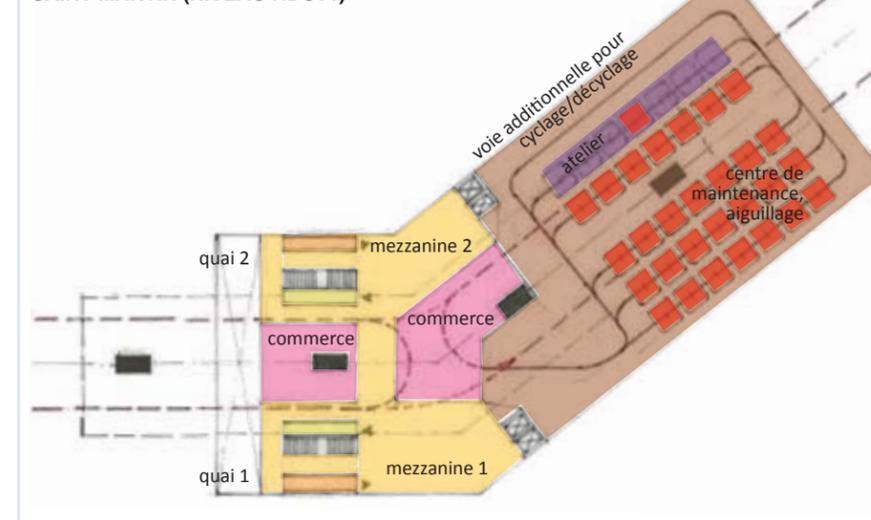
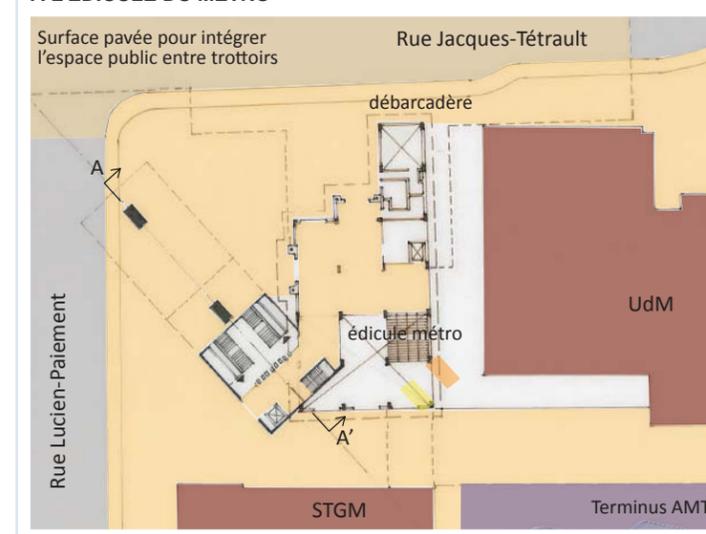


FIGURE 18 : INTÉGRATION DE LA STATION MONTMORENCY À L'ÉDICULE DU MÉTRO



IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT URBAIN ET NATUREL

Des **acquisitions de terrains** (5 200 m²) seront nécessaires et des **servitudes** (52 600 m²) devront être négociées pour permettre l'implantation du tramway aérien. Les toits et façades des bâtiments survolés devront aussi faire l'objet d'une réfection pour mettre en place une **protection incendie** afin d'éviter qu'un feu dans un de ces bâtiments ne puisse mettre en danger les utilisateurs du tramway.

Une **planification conjointe du projet et des développements immobiliers est nécessaire** afin de permettre la réalisation optimale des projets immobiliers prévus tout en permettant la construction du tramway aérien. Cela pourra s'avérer un défi pour la Ville de Laval. Dans le cas du tracé 1, ce constat s'applique particulièrement au **projet Urbania II, situé au nord-ouest de la station Montmorency, qui sera traversé en son centre**. L'étude propose une modification à la configuration des bâtiments qui permettrait de conserver le nombre d'unités prévues tout en valorisant le projet immobilier par la création d'un espace semi-public sous le passage du tramway aérien (FIGURE 19).

Afin de dégager la voie sur le tracé et permettre le passage du tramway aérien, une **vingtaine de lampadaires** devront par ailleurs être déplacés ainsi que des **lignes d'Hydro-Québec sur environ 300m**. Le dégagement de la voie nécessitera aussi **la coupe de plus de 250 arbres**, la plupart en bordure du Bois du Cosmodôme, ce qui constituera l'impact principal sur la végétation (FIGURE 20). Certaines espèces fauniques, dont la présence reste à confirmer, pourront éventuellement être affectées par ces coupes, mais les impacts devraient rester marginaux car seulement 1,5% de la superficie du boisé sera affectée.

Le système de tramway aérien n'émet **pas de bruit** de manière significative et son tracé devra **éviter autant que possible les situations de vis-à-vis direct entre les cabines et les habitations**, pour longer de préférence les étages abritant commerces et bureaux.

Quoiqu'il en soit, afin de faciliter l'acceptabilité sociale du projet, il est primordial d'établir une bonne communication avec les riverains afin de favoriser une perception positive. Ainsi, le plan de communication devrait mettre l'emphase sur le fait que le tramway aérien est un mode de transport propre, innovant et permettant de moderniser la ville et ce, tout en accompagnant et en soutenant le développement urbain. La construction du tramway aérien aura notamment un **impact positif sur la qualité de l'air** (près de 350 tonnes de gaz à effet de serre par an pourraient être économisées) en permettant de réduire la circulation automobile par un transfert modal en faveur du transport en commun. La construction des stations aura aussi un **impact positif sur les sites et les paysages** : elles constitueront de nouveaux points de repères dans le milieu urbain et permettront de revaloriser certains secteurs. Les cabines, les câbles et les pylônes feront partie intégrante d'une nouvelle image de modernité et animeront l'espace public.

FIGURE 19 : RÉVISION PROPOSÉE AU PROJET RÉSIDENTIEL URBANIA II



FIGURE 20 : ARBRES À COUPER DANS LE BOIS DU COSMODÔME



- Tracé du tramway
- - - Emprise du tramway à l'intérieur de laquelle les arbres devront être coupés



INSERTION ARCHITECTURALE ET PAYSAGÈRE

Stations

La conception des stations suit la logique de **volumes fermés pour les espaces d'attente des usagers** et de **volumes ouverts comme espaces d'arrivée et de départ des cabines**. Le choix des matériaux utilisés dans la construction cherche à **réfléter la modernité qu'inspire la technologie** avancée de systèmes de transport par câble et la **continuité avec la ligne de métro**. Par exemple, dans le cas de la cloison de l'espace d'arrivée des cabines, le choix d'une grille en aluminium permet d'enfermer l'appareillage des poutres à pneus, tout en laissant percevoir les installations technologiques propres au système et en laissant passer la lumière. Il est aussi possible de reprendre certaines lignes, couleurs et textures retrouvées dans l'édicule de la station de métro Montmorency (FIGURE 21).

Pylônes

En raison des contraintes budgétaires du projet et du milieu urbain traversé, n'étude recommande le choix d'un **pylône sobre et peu coûteux**. Toutefois, plutôt qu'un pylône treillis, une structure mono fût légèrement conique, à l'image d'un mât d'éolienne est conseillée. Les lignes extérieures du fût, ici choisies rectilignes, pourraient dans une légère variante du modèle être légèrement courbées pour un style plus affirmé (FIGURE 22). Ce type de structure permet à la fois :

- ✦ De montrer une **apparence convenable** garantissant une certaine l'harmonie du système de transport avec le milieu urbain ;
- ✦ De **réduire l'empreinte au sol** des pylônes (diamètre d'environ 3 ou 4 mètres) ;
- ✦ De **cacher les échelles d'accès** à la mécanique de roulement au sommet du pylône à l'intérieur du fût.

Cabines

Les cabines, de forme classique et neutre, largement vitrées et aux bords arrondis constituent **une forme contemporaine et assez intemporelle** correspondant parfaitement à une application urbaine (FIGURE 22).

Les FIGURES 23 à 26 illustrent de quelle façon la ligne du tramway aérien s'insérerait dans le paysage urbain des milieux traversés.

FIGURE 21 : CONCEPT ARCHITECTURAL DES STATIONS



FIGURE 23 : STATION MONTMORENCY



FIGURE 25 : STATION SAINT-MARTIN



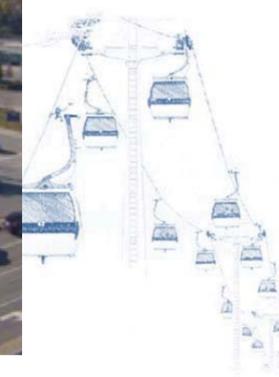
FIGURE 22 : PYLÔNE ET CABINE



FIGURE 24 : PASSAGE DU TRAMWAY À TRAVERS LE PROJET URBANIA II



FIGURE 26 : STATION LE CAREFOUR



COÛTS DU PROJET

Le chiffrage des coûts d'investissement initiaux couvre l'ensemble des investissements nécessaires à la réalisation du projet de tramway aérien depuis les phases de conception, de réalisation jusqu'aux essais et à la mise en service. Les coûts considérés couvrent ainsi les coûts de maîtrise d'ouvrage, d'acquisition de terrains et les servitudes, les coûts de construction (travaux de voirie, déviation des réseaux, bâtiments et technologie) et ceux des cabines. Les coûts de réalisation de stationnements incitatifs aux abords des nouvelles stations ne sont, en revanche, pas pris en compte.

La précision de l'évaluation au niveau des études de faisabilité du tramway aérien est de +/-25%. Une provision pour imprévus de 15% a été ajoutée au coût total du projet pour couvrir les coûts d'équipements, d'études ou de travaux qui ne peuvent pas être prévus au stade actuel du projet.

Les coûts sont indiqués en \$CAN, en valeurs hors taxes, aux conditions économiques de janvier 2012.

Le coût total du projet, pour le tracé 1, est estimé à **84.6M\$ pour la technologie monocâble** et à **104.8M\$ pour la technologie tricâble**, soit un écart d'environ 25%. Ramenés au kilomètre de ligne, le coût du projet se situe autour de \$33M/km pour la technologie monocâble et autour de \$41M/km pour la technologie tricâble (TABLEAU 3).

Les coûts annuels d'exploitation et de maintenance regroupent les frais de main d'œuvre et d'entretien, les dépenses de consommation électrique et les frais de fonctionnement. Ces coûts sont évalués à **4.6M\$/an pour la technologie monocâble** et à **4.5M\$/an pour la technologie tricâble** (TABLEAU 4).

Les coûts d'entretien majeur qui représentent des investissements de remise à neuf de certaines composantes du système tous les 5 ou 10 ans représentent des dépenses d'environ **1.49M\$ tous les 5 ans pour la technologie monocâble** et **0.94M\$ tous les 5 ans pour la technologie tricâble** (TABLEAU 5).

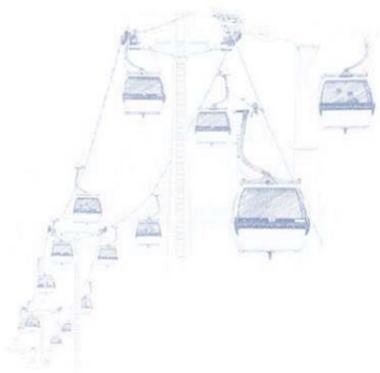


TABLEAU 3 : RÉSUMÉ DES COÛTS D'INVESTISSEMENT

	Monocâble (TC)	Tricâble (3S)
1 Frais de maîtrise d'ouvrage	11,4 M\$	14,2 M\$
2 Acquisition des terrains et servitudes	7,7 M\$	7,7 M\$
3 Travaux voirie et dévoiement de réseaux	1,6 M\$	1,6 M\$
4 Cabines	5,5 M\$	10,6 M\$
5 Infra et structures de ligne	6,3 M\$	8,3 M\$
6 Infra, structure et technologies en station	16,4 M\$	24,2 M\$
7 Appareillage électrique	5,3 M\$	5,4 M\$
8 Télécommunications, billettique	3,7 M\$	3,2 M\$
9 Bâtiment - Station Terminus Montmorency	3,7 M\$	3,7 M\$
10 Bâtiment - Station Intermédiaire Saint-Martin	5,0 M\$	5,0 M\$
11 Bâtiment - Station Terminus Le Carrefour	4,5 M\$	4,5 M\$
12 Centre d'entretien et maintenance	3,8 M\$	4,4 M\$
Coût total, hors contingences	75,1 M\$	93,0 M\$
Contingences (15%)	9,5 M\$	11,8 M\$
Coût total du projet	84,6 M\$	104,8 M\$

TABLEAU 4 : COÛTS D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN COURANT

	Monocâble (TC)	Tricâble (3S)
Frais de main d'oeuvre et de formation	3,18 M\$	3,17 M\$
Consommation électrique	,81 M\$,76 M\$
Coûts d'entretien annuel (systèmes, équipements, bâtiments)	,52 M\$,48 M\$
Frais généraux de fonctionnement	,09 M\$,09 M\$
Total des coûts d'exploitation et d'entretien courant	4,60 M\$	4,50 M\$

TABLEAU 5 : COÛTS D'ENTRETIEN MAJEUR

	Monocâble (TC)	Tricâble (3S)
Coûts matière maintenance préventive (tous les 5 ans)	,93 M\$,70 M\$
Coûts de remplacement du câble tracteur/porteur (tous les 5 ans)	,55 M\$,00 M\$
Coûts de remplacement du câble tracteur (tous les 10 ans)	,00 M\$,48 M\$
Total des coûts d'entretien majeur	1,49 M\$,94 M\$

LES PERSPECTIVES FINANCIÈRES, ÉCONOMIQUES ET FONCIÈRES

Les analyses présentées dans cette section prennent pour hypothèses que le tracé 1 sera retenu et que la technologie tricâble (3S) sera celle utilisée.

Analyse financière

L'analyse financière effectuée compare les coûts et les revenus du projet de tramway aérien sur la base du flux monétaire actualisé. Cette analyse est réalisée du point de vue de la STL pour la période s'échelonnant de 2013 à 2045.

Le tramway aérien constitue un projet de transport collectif novateur et inexistant au Québec. Pour cette raison, il ne cadre pas précisément à l'intérieur des critères établis par le MTQ en matière de subvention de projet de transport collectif. Par conséquent, le scénario de référence suppose que le projet sera réalisé sans aucune subvention publique.

Dans cette perspective, **le projet présente une valeur actualisée nette (VAN) de 15,4 millions de dollars**. Ainsi, sans égard aux risques opérationnels, **il s'agit donc d'un projet de transport collectif financièrement viable pour la STL**. Toutefois, **si le projet de tramway aérien devenait admissible à des subventions comparables à celles octroyés dans le cadre de projets de transport collectif terrestre, la VAN du projet s'établirait à 54,3 millions de dollars** (TABLEAU 6).

Notons toutefois que les résultats de l'analyse financière ne prennent pas en compte les coûts d'un stationnement incitatif, élément fondamental au succès de ce projet, puisqu'il est convenu que son coût ne sera pas à la charge de la STL.

TABLEAU 6 : VALEUR ACTUALISÉE DES PRINCIPAUX FLUX MONÉTAIRES (EN MILLIONS DE \$ 2012)

	Flux monétaires	
	(sans subvention)	(avec subvention)
Revenus	138,1	138,1
Coûts en capital	93,9	55
Coûts d'exploitation	74,5	74,5
Coûts évités	46,0	46,0
VAN	15,4	54,3

NOTE:
La somme des éléments ne donnent pas forcément la valeur finale en raison des arrondissements des décimales.

Analyse avantages-coûts

L'analyse avantages-coûts permet, pour sa part, d'établir la rentabilité du projet du point de vue de l'ensemble de la collectivité. Elle considère l'accroissement des revenus en provenance des usagers, la valeur monétaire des gains de temps (usagers du tramway aérien et de l'ensemble du réseau routier), la valeur monétaire tributaire de la réduction du coût d'utilisation des véhicules et des accidents de la route. L'analyse considère également les bénéfices environnementaux découlant de la diminution des émissions de polluants atmosphériques.

L'analyse avantages-coûts doit inclure l'ensemble des coûts et avantages du projet de sorte que les coûts (construction et d'exploitation) ainsi que les revenus du stationnement incitatif (étagé) doivent être pris en compte. À cet égard, le coût de construction d'un stationnement incitatif étagé de 5 000 cases a été estimé à 160 millions de dollars (terrain, construction et aménagement des accès) auquel s'ajoute un coût annuel d'exploitation de 360 dollars par case. Les revenus du stationnement incitatif sont calculés sur la base de l'hypothèse que 40% des usagers du tramway aérien qui délaisseront leur automobile (substitution modale) débourseront 80 dollars sur une base mensuelle alors que 60% y accéderont gratuitement.

Les résultats démontrent que **le projet de tramway aérien affiche une rentabilité sociale appréciable**. Ainsi, le projet présente un **ratio avantages-coûts de 1,91** (TABLEAU 7). La plus grande portion des gains économiques proviennent des gains de temps enregistrés par les usagers du réseau routier de la zone à l'étude suite au retrait des véhicules automobiles des usagers du tramway aérien (substitution modale).

TABLEAU 7 : VALEUR ACTUALISÉE DES PRINCIPAUX FLUX MONÉTAIRES (EN MILLIONS DE \$ 2012)

	Tracé 1
Coûts	278,0
Revenus	163,7
Gains économiques	367,3
<i>Gains de temps des usagers en provenance des autobus</i>	0,0
<i>Gains en temps des usagers du réseau routier</i>	295,3
<i>Économies de coût d'utilisation des automobiles</i>	45,5
<i>Économie attribuables à la réduction des accidents</i>	24,2
<i>Bénéfices environnementaux</i>	2,4
Total des gains et des revenus	531,0
Total des coûts	278,0
Ratio avantages-coûts	1,91

Les analyses de sensibilité (TABLEAU 8) démontrent que les résultats de l'analyse sont robustes et que, même en situation de forte variation de paramètres critiques, le projet présente un choix économique intéressant. Le ratio avantages-coûts est toutefois inférieur à 1 sous l'hypothèse que les gains de temps pour les usagers du réseau routier sont nuls.

TABLEAU 8 : ANALYSE DE SENSIBILITÉ - TRACÉ 1

Scénario (Sc.)	Variations	Tracé 1
Sc. 0.	Scénario de référence	1,91
Sc. 1.	+ 25% des coûts totaux	1,53
Sc. 2.	- 25% des revenus totaux	1,76
Sc. 3.	- 25% des gains économiques totaux	1,58
Sc. 4.	Effet cumulatif Sc.1+ Sc.2+ Sc.3	1,15
Sc. 5.	- 50% des gains de temps pour les usagers du réseau routier	1,38
Sc. 6.	Aucun gain de temps pour les usagers du réseau routier	0,85

Impacts économiques

Outre les avantages sociaux identifiés par l'analyse avantages-coûts, les investissements requis pour la construction et la mise en opération du tramway aérien entraîneront des retombées économiques pour la province lors de l'aménagement des infrastructures (dépenses d'immobilisation excluant l'acquisition des terrains et des servitudes). **Les dépenses d'immobilisation s'élèvent à 97,7 millions de dollars**. Par le biais du modèle intersectoriel de l'Institut de la statistique du Québec, les impacts économiques de la construction du tramway aérien ont été quantifiés et comparés à une dépense d'immobilisation équivalente du gouvernement du Québec.

Les résultats indiquent que **l'aménagement du tramway aérien soutiendrait 743 années-personnes** comparativement à 672 années-personnes pour une dépense en immobilisation similaire de la province. En somme, pour un investissement comparable, la réalisation du projet de tramway aérien entraîne un besoin plus intense en main-d'œuvre que celui engendrée par une dépense d'immobilisation du gouvernement provincial (TABLEAU 9).



En revanche, la **valeur ajoutée à l'économie québécoise** (Produit Intérieur Brut) serait moins importante dans le cas du tramway aérien comparativement à une même dépense effectuée par le gouvernement du Québec (52,3 millions vs. 59,8 millions). Ce constat s'explique par le fait que la valeur des importations serait plus importante pour le tramway aérien que pour une dépense d'immobilisation du gouvernement du Québec. En effet, certaines composantes du tramway aérien devront être importées puisqu'il n'existe pas de fournisseurs locaux aptes à les produire à court terme.

TABLEAU 9 : EMPLOIS (PERSONNES-ANNÉE)

Main-d'œuvre (années-personnes)	Projet (97,7 M\$)	Dépenses d'immobilisations gouvernement (97,7 M\$)
Années-personnes	743	672

SOURCE: Institut de la statistique du Québec, 2012 – Compilation Abscisse Recherche.

TABLEAU 10 : VALEUR AJOUTÉE ET REVENUS DES GOUVERNEMENTS (EN MILLIERS DE \$ 2012)

Valeur ajoutée et importations	Projet (97,7 M\$)	Dépenses d'immobilisations gouvernement (97,7 M\$)
Valeur ajoutée	743	672
Total des revenus gouvernementaux	16008	13189

SOURCE: Institut de la statistique du Québec, 2012 – Compilation Abscisse Recherche.

D'autre part, les **retombées fiscales** pour les gouvernements provincial et fédéral seraient supérieures dans le cas de l'aménagement du tramway aérien comparativement à une dépense d'immobilisation du gouvernement provincial (16 millions vs. 13,2 millions). En effet, l'aménagement du tramway aérien exige un niveau de main-d'œuvre plus important que pour un investissement comparable du gouvernement du Québec. Ce fait entraînerait des retombées fiscales supérieures (impôt sur le revenu et parafiscalité) (TABLEAU 10).

Impacts sur la valeur foncière des immeubles existants

La valeur des propriétés foncières à l'intérieur d'un rayon de 1 000 mètres autour du corridor du tracé est évaluée selon le rôle foncier de la Ville de Laval à 2,6 milliards de dollars. L'impact du projet de tramway aérien sur ces valeurs foncières a été estimé selon un taux de bonification, évalué sur la base des connaissances de l'impact qu'a provoqué l'arrivée du métro à Laval et appliqué au taux de croissance annuel de la valeur foncière existante. La durée de l'impact a été estimée à 5 ans. Le taux de bonification est plus important pour les immeubles situés près des stations et considéré nul au-delà d'une distance de 800 mètres. Il varie aussi en fonction de l'usage. Selon cette méthode, il a été estimé que **l'impact de l'arrivée du tramway aérien pour les immeubles existants sur une période de 30 ans sera d'environ 516 millions de dollars.**

Impacts sur la valeur foncière des immeubles projetés

Le potentiel de **développement résidentiel** dans l'aire d'influence du tracé 1 est évalué à environ 5 000 unités, pour une valeur d'environ 1,7 milliard de dollars. Ce potentiel est amené à se réaliser avec ou sans le projet de tramway aérien. Toutefois, dans le cas où il est mis en œuvre, on peut anticiper que les projets immobiliers seront mis en chantier plus rapidement et que le potentiel sera donc absorbé plus rapidement aussi : à l'horizon 2025 plutôt qu'à l'horizon 2030. De plus, sa valeur foncière initiale et son taux de croissance seront supérieurs. Ces facteurs généreront une **valeur foncière supplémentaire directement attribuable au tramway aérien, estimée à environ 30 millions de dollars.**

Le potentiel d'accueil d'**espaces à bureau** a lui été estimé selon les projections de la Ville à environ 1,5 million de pieds carrés. Toutefois, compte-tenu de la disponibilité relativement élevée des espaces à bureau existants, il est à croire que l'ajout d'espace à bureau sera limité et l'absorption du potentiel ne se fera qu'à très long terme. L'étude estime tout de même que près d'un million de pieds carrés d'espaces à bureau, totalisant une valeur foncière d'environ 336 millions de dollars, sera construit d'ici une trentaine d'année. En revanche, **la part attribuable à l'arrivée du tramway aérien peut être considérée négligeable.**

En connaissance du potentiel de développement résidentiel dans le secteur, nous avons estimé la demande commerciale potentielle sur la base des dépenses annuelles per Capita, puis, nous avons transcrit cette demande en pieds carrés. Ainsi, nous avons estimé que seulement 0,1 million de pieds carrés d'espace commercial supplémentaire sera construit aux alentours du tracé à l'horizon 2025, représentant une valeur foncière d'environ 33 millions de dollars. Cela est beaucoup plus faible que les projections de la Ville. Ceci s'explique par le fait que l'offre commerciale est déjà très développée dans le secteur du centre-ville de Laval. Quoiqu'il en soit, **la part des développements commerciaux directement attribuable au projet de tramway aérien peut être considérée négligeable** (TABLEAU 11).

TABLEAU 11 : ESTIMATION DE LA VALEUR FONCIÈRE TOTALE

Année	Impact sur les immeubles existants	Nouvelles propriétés résidentielles	Nouvelles propriétés à bureaux	Nouvelles propriétés commerciales	Total des nouvelles propriétés
2012		80 040 000 \$	4 000 000 \$	1 737 028 \$	85 777 028 \$
2013		85 238 400 \$	4 120 000 \$	1 833 868 \$	91 192 268 \$
2014		90 713 400 \$	4 243 600 \$	1 934 954 \$	96 891 954 \$
2015		96 811 500 \$	4 370 908 \$	2 046 387 \$	103 228 795 \$
2016		102 913 000 \$	4 502 035 \$	2 156 654 \$	109 571 690 \$
2017		116 469 600 \$	6 955 644 \$	2 416 430 \$	125 841 675 \$
2018		118 043 700 \$	7 164 314 \$	2 430 589 \$	127 638 603 \$
2019		125 304 400 \$	7 379 243 \$	2 556 915 \$	135 240 558 \$
2020		132 941 400 \$	7 600 620 \$	2 688 633 \$	143 230 653 \$
2021		140 998 200 \$	7 828 639 \$	2 825 953 \$	151 652 792 \$
2022		149 487 400 \$	8 063 498 \$	2 969 092 \$	160 519 990 \$
2023		158 429 200 \$	8 305 403 \$	3 118 276 \$	169 852 879 \$
2024		168 261 200 \$	8 554 565 \$	3 281 478 \$	180 097 243 \$
2025		56 956 180 \$	8 811 202 \$	1 100 069 \$	66 867 452 \$
2026	114 664 741 \$		9 075 538 \$		9 075 538 \$
2027			9 347 804 \$		9 347 804 \$
2028			9 628 239 \$		9 628 239 \$
2029			9 917 086 \$		9 917 086 \$
2030			10 214 598 \$		10 214 598 \$
2031			10 521 036 \$		10 521 036 \$
2032			10 836 667 \$		10 836 667 \$
2033			11 161 767 \$		11 161 767 \$
2034			11 496 620 \$		11 496 620 \$
2035			11 841 519 \$		11 841 519 \$
2036	142 534 307 \$		12 196 765 \$		12 196 765 \$
2037			12 562 668 \$		12 562 668 \$
2038			12 939 548 \$		12 939 548 \$
2039			13 327 734 \$		13 327 734 \$
2040			13 727 566 \$		13 727 566 \$
2041			14 139 393 \$		14 139 393 \$
2042			14 563 575 \$		14 563 575 \$
2043			15 000 482 \$		15 000 482 \$
2044			15 450 497 \$		15 450 497 \$
2045	259 301 653 \$		15 914 011 \$		15 914 011 \$
Total	516 500 700 \$	1 622 607 580 \$	335 762 787 \$	33 096 326 \$	1 991 466 694 \$
Total de l'impact sur les immeubles existants					516 500 700 \$
Grand total de l'impact fiscal					2 507 967 394 \$



ÉCHÉANCIER DE RÉALISATION

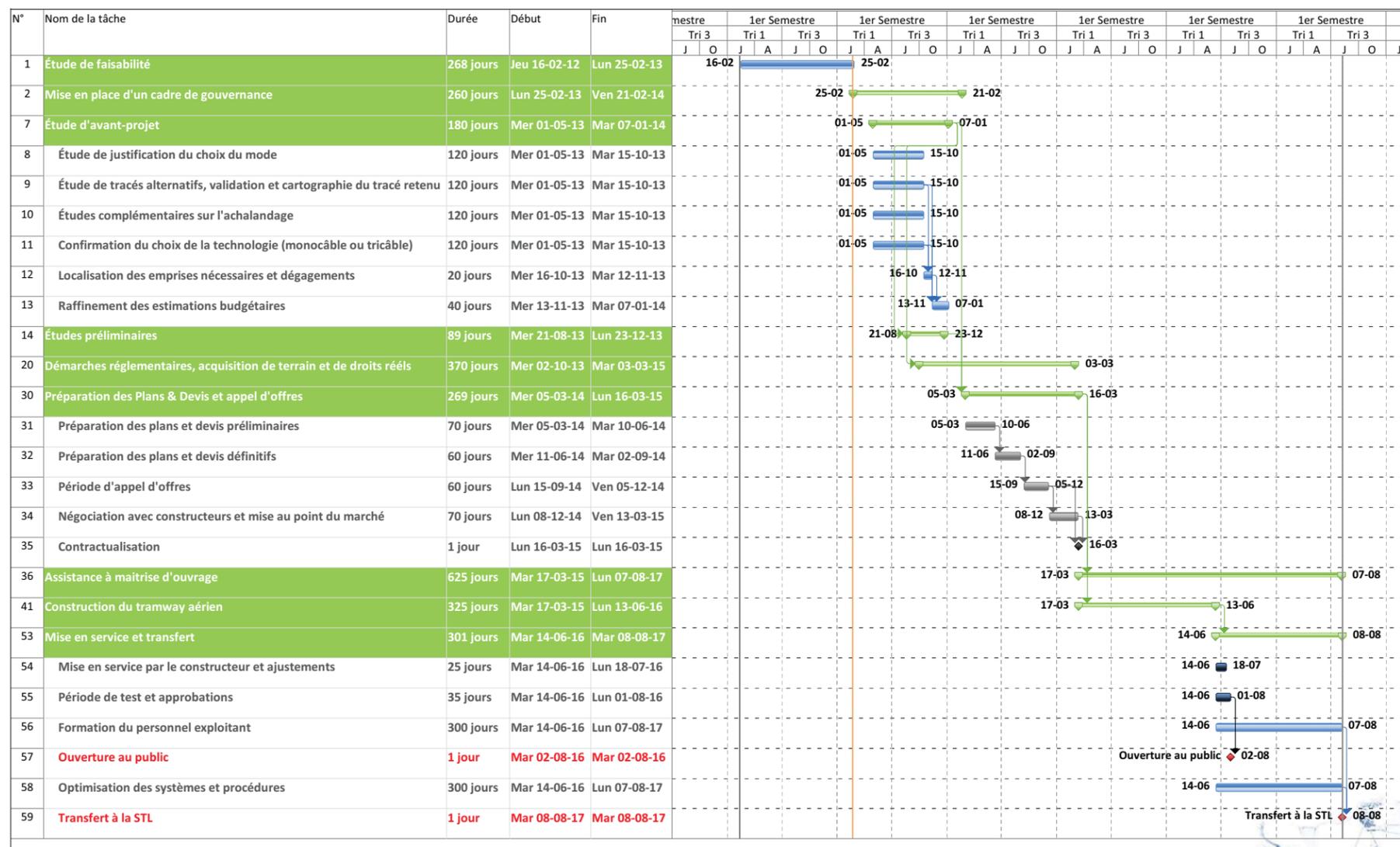
Un échéancier préliminaire a été établi sur l'hypothèse que le tramway aérien pourrait être mis en service dès l'été 2016. Pour cela, toutefois, il faudra procéder sans attendre à une étude d'avant-projet et compléter les études préliminaires nécessaires en vue d'entamer rapidement la préparation des plans et devis. La première étape cependant, demeure dans les démarches réglementaires qui doivent être entreprises sans délai, car ces dernières peuvent s'avérer relativement longues et influencer l'échéancier.

La préparation des plans et devis pourrait ainsi être entreprise dès le début de 2014. Suite à la finalisation des plans et devis, courant 2014, il faudra compter sur une période d'appel d'offre et de mise au point du marché relativement longue, d'au moins 6 mois, pour permettre des périodes de négociation avec les constructeurs et leur laisser le temps de proposer des solutions adaptées.

Après la contractualisation, début 2015, le constructeur procèdera à une étude d'exécution, puis les travaux pourront début au printemps de la même année, pour être complété à l'été 2016.

Notons enfin qu'après la mise en service du système, le constructeur devra rester présent pour opérer le système pendant un an jusqu'à sa première révision annuelle. Cette période servira aussi à optimiser le système et les procédures et permettra la formation des ressources et la bonne prise en main de la technologie par la STL.

FIGURE 27 : ÉCHÉANCIER DE RÉALISATION PROPOSÉ



ÉVALUATION DES RISQUES

Une évaluation des risques a été réalisée considérant les hypothèses utilisées dans l'étude de faisabilité ainsi que les risques inhérents lors de la mise en oeuvre du projet. Les risques présentés ci-dessous sont ceux dont la sévérité a été évaluée comme la plus critique et sont accompagnés de recommandations.

✦ Remise en cause du tracé retenu et du choix du mode

Afin de faciliter l'acceptabilité du projet pour le public et d'éviter une augmentation des coûts, des retards et possiblement l'abandon du projet, il sera pertinent de réaliser une étude spécifique pour justifier le choix du tracé. De même, une étude comparative permettra de juger de la performance du système permettant ainsi de justifier le choix du mode.

✦ Acceptation sociale du système par les riverains et la population

Afin d'éviter une augmentation des coûts d'intégration et des dépenses corollaires, des retards et possiblement l'abandon du projet, il sera utile de préparer un plan de communication sur le projet afin d'augmenter son attractivité, en donner une image positive et provoquer l'adhésion à celui-ci.

✦ Complexité de modifier les développements immobiliers projetés

Afin d'éviter une augmentation des coûts, des délais dans la mise en oeuvre, la remise en question du tracé retenu et possiblement l'abandon du projet, il sera utile de planifier les développements immobiliers et le tracé en concordance. Des discussions devront être engagées avec les promoteurs et des mesures de compensation envisagées.

✦ Capacité insuffisante à long terme pour le monocâble

Le système tricâble sera à favoriser afin d'éviter des ruptures de charge, le mécontentement des usagers et les coûts de mise en place de mesures compensatoires.

✦ Incertitudes sur le stationnement incitatif

Afin d'éviter un achalandage supérieur ou inférieur sur certains tronçons et une réduction de l'achalandage sur l'ensemble du tracé, il est recommandé de préciser l'emplacement et la capacité des stationnements incitatifs, tout en considérant la substitution avec le stationnement Montmorency, et que cela soit précisé dans les questionnaires utilisés pour l'évaluation de l'achalandage.

✦ Intervalle de confiance de l'achalandage

En raison du nombre de répondants limité pour les fins d'enquête, l'intervalle de confiance des prévisions d'achalandage est assez élevé. Ainsi, nonobstant la stratégie marketing qui serait développée, l'achalandage pourrait être plus faible ou plus élevé que celui indiqué dans le rapport.

Afin d'éviter que le système de transport ne se retrouve dans l'incapacité de répondre à la demande, il sera pertinent d'approfondir les recherches sur les comportements en transport dans les TOD, d'affiner le questionnaire en avant-projet et de favoriser le système tricâble qui présente une réserve de capacité.

✦ Modification du comportement des usagers avec le prolongement du métro

Afin d'éviter que l'achalandage soit très différent des prévisions, il sera utile de planifier la complémentarité des réseaux et d'affiner le questionnaire en avant-projet afin d'y introduire un choix plus large quant à la concurrence.

✦ Mauvaise adaptation du système de transport par câble en milieu urbain

Afin d'éviter une mauvaise réponse aux impératifs et des coûts supplémentaires associés aux mesures palliatives, il sera pertinent de cadrer très précisément les objectifs dans la réalisation et l'exploitation et de favoriser les constructeurs expérimentés et sensibles au sujet (R&D).

✦ Manque de fiabilité du système et interruptions de service

Afin d'éviter des coûts de maintenance supérieurs et de mise en place de mesures compensatoires tout comme le mécontentement des usagers, il est recommandé de mettre en place un programme de monitoring et de maintenance préventive et d'exiger des garanties des constructeurs.

✦ Difficulté de recrutement et manque de formation technique ou d'expérience à l'exploitation d'un tel système

Afin d'éviter l'usure prématurée du système, des coûts d'exploitation plus importants, des interruptions de services fréquents et la mise en danger des usagers, il sera utile d'établir des partenariats avec des exploitants de systèmes

comparables et d'impliquer le constructeur dans la prise en main par la STL. De plus, un programme de formation devra être préparé dès la phase de planification du projet.

✦ Capacité de procéder à une évacuation en ligne en tout temps

Afin de garantir la sécurité des usagers en tout temps, il est recommandé de prévoir des procédures d'évacuation détaillées et des programmes de formation et de simulation. Des partenariats avec des exploitants de systèmes comparables devront être établis et le constructeur impliqué. Le système tricâble devrait être favorisé, car il est réputé plus fiable.

✦ Possibilité que le projet soit soumis au BAPE

Afin d'éviter des délais pouvant s'échelonner sur une ou deux années, il sera pertinent d'obtenir une opinion juridique et d'engager les discussions avec le MDDEP afin d'éclaircir les imprécisions des dispositions réglementaires de l'article 31.1 de la Loi sur la Qualité de l'environnement.

✦ Multiplicité des acteurs

Afin d'éviter le retrait d'un partenaire, des retards et possiblement l'abandon du projet, il est recommandé de définir clairement les objectifs poursuivis ainsi qu'un cadre de gouvernance pour la prise de décision et le financement.

✦ Mauvaise conduite du projet

Afin d'éviter la modification du programme, des dépassements de coûts, des retards et possiblement l'abandon du projet, il sera pertinent que l'équipe soit assistée d'une AMO expérimentée et qu'un programme fonctionnel soit défini de manière exhaustive.

CONCLUSION

Ce n'est pas un hasard si l'on observe une utilisation du transport par câble de plus en plus courante dans les applications urbaines. Cette nouvelle étude démontre encore une fois que le tramway aérien constitue un transport public propre, innovant et efficace. Dans le contexte particulier de Laval, le tramway aérien offre une réponse au développement du centre-ville, alors que la population est amenée à doubler dans la zone d'étude à l'horizon 2025, ainsi qu'un lien supplémentaire pour les déplacements en provenance du nord de la Ville de Laval vers Montréal.

Avant toute chose, d'un point de vue strictement réglementaire et normatif, ce projet novateur au Canada semble raisonnablement faisable. À partir de ce constat, même si l'étude conclut à la non-faisabilité de l'un des deux tracés proposés, pour des raisons environnementales, il apparaît que le cadre existant ne présente que des contraintes surmontables. Par contre, le développement du tracé finalement retenu devra impérativement être planifié de concert avec le développement urbain.

La technologie tricâble est la plus adaptée à l'achalandage prévisionnel. Technologie à forte capacité, fiable et sécuritaire, c'est aussi celle qui offre les conditions de transport les plus adaptées pour créer un transport public attractif et moderne: arrêt des cabines en station et utilisation de portes palières pour le confort des passagers et pour minimiser le risque d'une exploitation dégradée. Le tramway nécessitera la mise en place de systèmes et procédures pour répondre aux exigences de transport public.

Son implantation en milieu urbain, à Laval, aura de multiples impacts : un impact positif sur la qualité de l'air (près de 350 tonnes de gaz à effet de serre par an pourraient être économisées), mais aussi sur les sites et paysages puisque la construction des stations, nouveaux points de repères dans le milieu urbain, permettra de valoriser certains secteurs. En revanche, certaines propriétés privées seront affectées, des infrastructures en hauteur devront être déplacées et un certain nombre d'arbres devront être coupés. Afin de favoriser la popularité du projet, facteur de succès, une stratégie de communication et de marketing devrait être élaborée.

Enfin, l'analyse financière conclut à un projet de transport collectif financièrement viable. Le projet de tramway aérien affiche une rentabilité collective appréciable, des avantages sociaux non négligeables et des retombées économiques et fiscales avantageuses.

