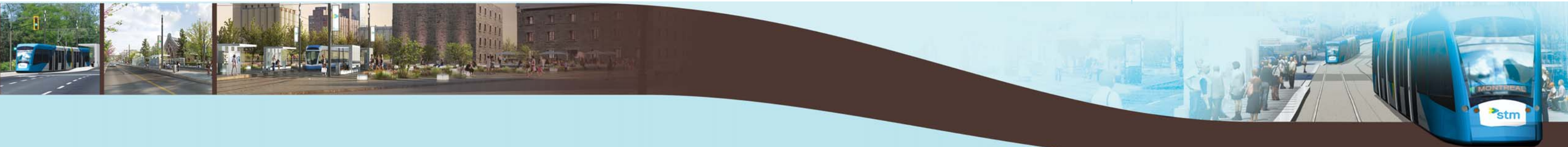




TRAMWAY de Montréal

PHASE 2
Étude de faisabilité de la première ligne



PHASE 2 – ÉTUDE DE FAISABILITÉ DE LA PREMIÈRE LIGNE

Volume B1 – Coûts du projet

Tramway de Montréal

20 juin 2011

090802	25	B1	ALL	RAP	CGS	01	3.0
Projet	Phase	Livrable	Lieu.	Forme	Émetteur	Numéro	Version



SIGNATURES

	Rédigé par	Vérifié par
Prénom, Nom	François Lajarige	Isabelle Jaffeux
Fonction	Coordination de l'estimation des coûts	Responsable Système tramway
Signature		

	Validé par	Approuvé par
Prénom, Nom	Claude Messier, ing. MBA OIQ: 35856	Pierre-André Dugas, ing. OIQ 25694
Fonction	Directeur technique adjoint	Directeur de projet
Signature		

VERSIONS

Version	Date	Nature du document
1.0	2010-10-29	Rapport préliminaire
2.0	2010-12-14	Ajout coûts d'exploitation et d'entretien majeur
3.0	2011-06-20	Rapport final

Référence complète

Consortium GENIVAR - SYSTRA (2009) Volume B1 – Coûts du projet
 Pour la Ville de Montréal, Montréal, 32 pages et annexes.

\\SERV-REL-DATA1\projets\Montreal\M1140\XXM114012\01-Structure\25 Phase 2\B Objectifs generaux\B1 Cout projet\70 Livrables\20110620 - v3 - Rapport final\090802_25_B1_ALL_RAP_CGS_01_v3.0_Couts-20110620.doc



MISE EN GARDE GÉNÉRALE

Le présent rapport fait partie d'une série de volumes réalisés par le consortium Genivar-Systra dans le cadre de l'étude de faisabilité de la première ligne du tramway de Montréal, et ce, pour le compte de la Ville. Cette étude de faisabilité est la seconde phase du projet et fait suite à l'analyse du réseau initial (phase 1).

La phase 2 avait pour but de définir le cadre technique du projet avec un volet important portant sur l'insertion urbaine du tramway. L'étude a permis de qualifier et quantifier les principaux impacts, les coûts, l'échéancier de réalisation et d'autres aspects propres à un projet de tramway afin de définir sa faisabilité et ainsi fournir à la Ville de Montréal et à ses partenaires les renseignements pertinents pour statuer sur la poursuite du projet.

Il importe de mentionner que les résultats présentés dans les différents volumes produits par le consortium Genivar-Systra n'ont pas été approuvés par les instances de la Ville. De plus, il convient de rappeler que tous les résultats doivent être considérés comme préliminaires et seront complétés, corrigés ou validés lors de la phase suivante, soit l'avant-projet.

MISE EN GARDE SPÉCIFIQUE

Le présent rapport fait référence à la réalisation d'un centre d'entretien et d'exploitation (CdEE) sur le site Victoria, localisé sur la rue Jean-Talon Ouest. Or, compte tenu des contraintes financières imposées par ce choix, il est à noter que ce choix de site est aujourd'hui rejeté par la Ville de Montréal.

En ce sens, l'identification d'un nouveau site pour accueillir cette infrastructure fera partie des activités à réaliser lors de la prochaine phase, soit l'avant-projet.

PREAMBULE

Ce document constitue le volume B1 - Coût du projet de la première ligne de tramway de Montréal

Il s'insère dans le cadre plus large des objectifs généraux (rubrique B), dont il représente l'un des thèmes.

Le volume B1 présente et justifie l'estimation des coûts d'investissements initiaux du projet, des coûts d'exploitation et de maintenance ainsi que les investissements d'entretien majeur au-delà de la mise en service du système de transport.

Le volume B1 est constitué de trois parties :

- partie – A "Estimation des coûts d'investissements initiaux" qui propose un cadre de classement par poste de dépense et qui résume pour chacun de ces postes l'estimation des coûts de maîtrise d'œuvre, de réalisation des travaux, d'acquisition des terrains et du matériel roulant. Une comparaison des ratios par kilomètre des différents postes est effectuée avec des projets français, afin de s'assurer de la cohérence des ordres de grandeur, qui sont définis à l'avance et qui s'attachent à décrire de manière exhaustive le projet de tramway.
- partie – B "Estimation des coûts d'exploitation et de maintenance", qui définit les coûts d'exploitation, de maintenance et les frais de structure de la ligne de tramway.
- partie – C "Estimation des coûts d'entretien majeur" qui présente les investissements de type gros entretien ou renouvellement au-delà de la mise en service du système de transport.

L'estimation budgétaire globale des coûts d'investissements du tramway, réalisée lors de la phase 1 antérieure, a été évaluée à quelques **60 millions \$/km**, basée sur une comparaison avec d'autres réseaux de tramway. Une estimation plus détaillée des coûts d'investissements du projet de Montréal est proposée dans le présent document.

SYNTHESE

ESTIMATION DES COÛTS D'INVESTISSEMENTS INITIAUX

Objet

Cette partie présente l'estimation du coût des investissements initiaux de la première ligne de tramway de Montréal, au niveau de la Phase2 - Études de Faisabilité.

L'objectif de l'estimation des coûts en Phase 2 est de fournir un ordre de grandeur des coûts d'investissement initiaux pour réaliser la première ligne du tramway de Montréal. Ces estimations permettront notamment d'alimenter les analyses économiques et financières du projet, dont l'objectif à ce stade est d'apporter les éclairages nécessaires sur la faisabilité du projet (taux de rentabilité interne, montage financier...). L'objectif recherché n'est donc pas la précision des estimés en tant que tel, qui serait prématuré au stade d'une faisabilité, mais plutôt d'évaluer les principaux postes de dépense, et surtout d'identifier les éléments sujets à de fortes variations, et d'en expliquer les raisons et les conséquences pour les phases ultérieures.

L'estimation des coûts tient compte d'un pourcentage d'aléas à la fois sur les quantités et sur les coûts unitaires. Elle se situe, au stade de l'étude de faisabilité, dans une fourchette de +/- 30%.

Périmètre

Le périmètre des estimations comprend un linéaire de 13.6 km de voie double de terminus à terminus (y compris arrières-gares, et voies d'accès aux dépôts) et couvre l'ensemble des emprises de façade à façade (pour le détail des emprises considérées, se référer au volume D3 – Coupes et plans d'aménagement). Le site retenu pour le chiffrage du CdEE est celui de Victoria, dont l'accès se fait depuis la rue Jean-Talon.

Décomposition par postes

La méthodologie de décomposition des coûts retenue en Phase 2 est une décomposition en 10 items qui regroupent l'ensemble des postes d'investissement d'un projet de tramway.

Tableau 0.1 Décomposition par poste

Numéro item	Poste	Description
1	Maîtrise d'ouvrage	Totalité des études du projet de la maîtrise d'œuvre, frais de maîtrise d'ouvrage
2	Système de transport	Travaux préparatoires, plateforme tramway, voie spécifique des systèmes ferrés et guidés, revêtement du site propre, traction, courants faibles et PCC
3	Stations	Infrastructures et équipements fixes des stations
4	Foncier	Acquisitions, démolitions, modifications, relogement et indemnités d'éviction
5	Déviations des réseaux	Déviations des réseaux
6	Aménagements urbains	Voirie, équipements urbains, signalisation routière
7	Ouvrages d'art	Ouvrages d'art
8	Atelier dépôt	Infrastructure du dépôt et équipements nécessaires à son accès
9	Matériel roulant	Véhicules, frais dus aux essais et à la mise en service
10	Opérations connexes	Opérations connexes au projet de tramway

Principales hypothèses retenues

Les principales hypothèses retenues pour réaliser le chiffrage du projet sont les suivantes :

- En l'absence d'études géotechniques, et afin de limiter au maximum les risques de déformations de la plateforme liés au gel, une profondeur d'excavation de plateforme et chaussée de 1200mm a été retenue.
- Par souci de cohérence, il est considéré que l'ensemble des réseaux longitudinaux compris dans l'emprise du tramway et situé à moins de 1200mm sous le plan de roulement devra être dévié,
- Les analyses de déviation de réseaux ont permis de séparer les conflits certains des conflits potentiels. Le chiffrage retient 100% des conflits certains et 50% des conflits potentiels.
- Les travaux de déviation de réseaux et ceux de plateforme et voirie seront réalisés en deux temps en raison des contraintes hivernales (pas de mutualisation de l'excavation et du remblai),
- Le coût des acquisitions foncières et indemnités d'éviction pour le site du CdEE a été transmis par la Ville et est estimé à \$70M,
- Les ouvrages chiffrés comprennent le renforcement de la dalle Place Ville Marie sous l'emprise de la plateforme tramway et le mur de soutènement de la rue Berri;
- Les travaux de voirie concernent 100% des espaces publics de façade à façade. Les revêtements retenus sont définis par le projet architectural (pour le détail des matériaux considérés, se référer au volume D3 – Coupes et plans d'aménagement).
- L'atelier dépôt sera fermé intégralement, et sera équipé pour une capacité de remisage de 40 rames de 45m en première étape, avec une possibilité d'extension ultérieure à 80 rames. Le chiffrage ne comprend pas de stationnement en toiture.
- L'exploitation de la première ligne nécessite l'acquisition de 26 rames.

Résultats des estimations

Le total de l'estimation, aux conditions économiques de décembre 2009, y compris acquisitions foncières et matériel roulant est de **849 Million \$**. Ce coût correspond à un estimé de classe D, hors taxes, et ne comprend pas de provision pour contingence.

L'option tunnel est évaluée à **951 Million \$**.

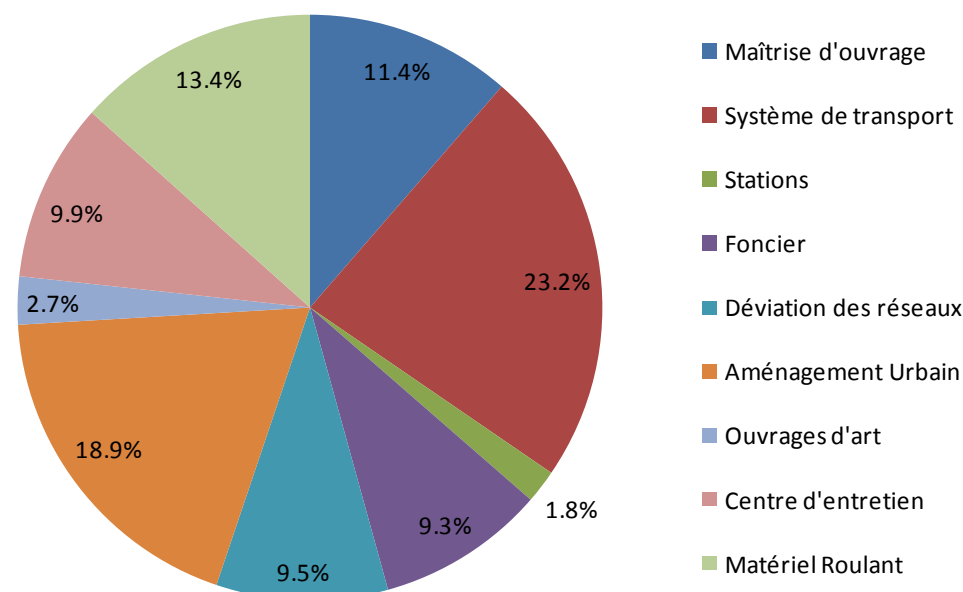
Tableau 0.2 Coût du tramway ventilé par poste

Numéro item	Poste	Coût Global (M\$)
1	Maîtrise d'ouvrage	96 M\$
2	Système de transport	197 M\$
3	Stations	16 M\$
4	Foncier	79 M\$
5	Déviations des réseaux	80 M\$
6	Aménagements urbains	160 M\$
7	Ouvrages d'art	23 M\$
8	Atelier dépôt	84 M\$
9	Matériel roulant	113 M\$
10	Opérations connexes	1 M\$
	Ensemble	849 M\$

A ce stade des études de faisabilité, les postes à forte incertitude et donc sujets à variabilité dans les phases ultérieures sont :

- La maîtrise d'ouvrage : l'incertitude sur ce poste est liée à l'étendue des investigations, enquêtes ou reconnaissances qui seront nécessaires ainsi que l'étendue des missions d'ingénierie dans les phases de conception et/ou de réalisation (qualité, information du public, étude de synthèse des réseaux coordination des interfaces....),
- Système de transport. Pour ce poste, l'incertitude provient :
 - des solutions techniques spécifiquement mises en œuvre pour traiter les contraintes climatiques qui seront détaillées durant la phase 3 (profondeur de plateforme, type de LAC, appareils de voie,...) ainsi que l'étude des équipements fixes (billettique, signalisation ferroviaire...),
 - mais aussi des prix unitaires, car la majorité des prix utilisés pour ce poste provient de retours d'expérience français, et sont ensuite convertis en \$CAN en appliquant un facteur de taux de change.
- Déviations de réseaux. L'incertitude sur ce poste est forte car les données disponibles ne fournissent pas systématiquement la position exacte et/ou l'état de vétusté de certains réseaux.
- Matériel roulant. Les incertitudes sur le prix du matériel roulant sont liées :
 - Au matériel lui-même qui devra répondre à des exigences techniques spécifiques au projet de Montréal (franchissement de fortes pentes, résistance aux contraintes hivernales)
 - Au processus d'appel d'offre dont le cahier des charges peut imposer des conditions restrictives additionnelles (assurer une partie de la production localement...).

Figure 0.1 Répartition des postes



Comparaison avec les résultats de Phase 1

D'une longueur totale de 13.6km (retournements inclus), le coût kilométrique du tramway est de **62,5M\$/km**. Cette valeur est légèrement supérieure à celle estimée en Phase 1 de 60M\$/km, établie sur la base de projets de tramway en France, aux conditions économiques de janvier 2008.

La comparaison avec les projets de tramway en France permet de mettre en évidence les éléments suivants :

- 2 postes de dépense sont beaucoup plus élevés dans le cas du projet de Montréal : le foncier et la déviation des réseaux;
- 3 postes sont légèrement plus élevés : la maîtrise d'ouvrage, l'aménagement urbain et le centre d'entretien;
- Les autres postes sont comparables aux valeurs moyennes françaises.

Comparaison avec les références françaises

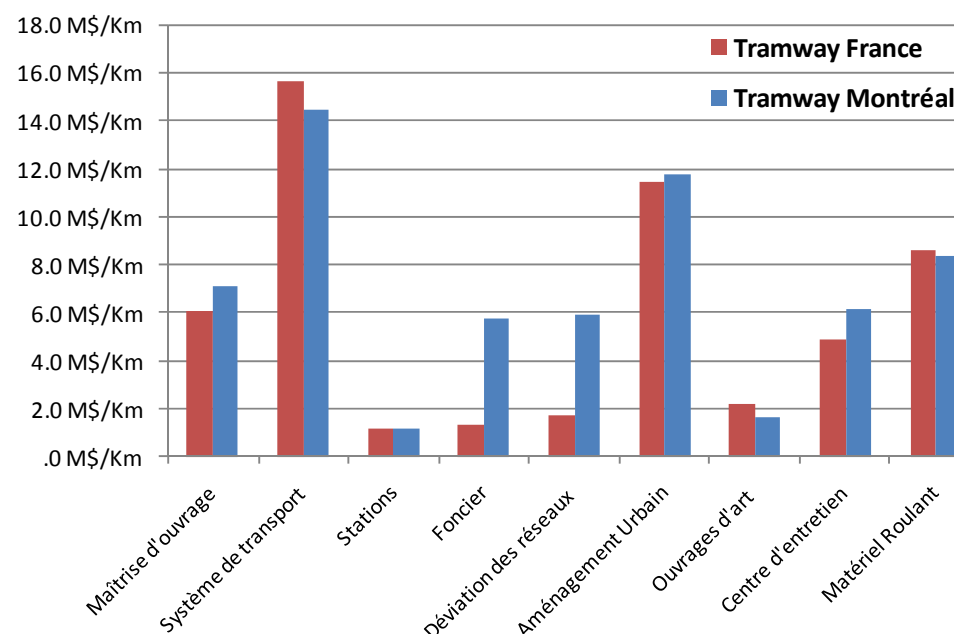
Le surcoût du projet de Montréal par rapport aux projets français peut s'expliquer de la façon suivante :

- Les dépenses d'acquisitions foncières sont très élevées du fait de l'acquisition du site Victoria pour le CdEE, d'un montant de \$70M.
- Les coûts de déviation des réseaux sont plus importants à Montréal car :
 - la densité des réseaux y est élevée,
 - la profondeur à considérer pour les déviations des réseaux est d'environ 1200mm sous le plan de roulement de manière à bâtir une sous couche de fondation suffisamment profonde pour minimiser les déformations de la plateforme liées au gel,
 - le coût de la déviation des réseaux concédés en France est pris en charge directement par le concessionnaire.

Dans une moindre mesure, le surcoût est lié :

- Aux coûts du centre d'entretien, qui s'expliquent par le besoin de créer une structure fermée, chauffée et suffisamment solide pour résister aux intempéries (neige...),
- Les aménagements urbains qui considèrent le réaménagement de 100% de l'espace public compris dans le projet de façade à façade (chaussées + trottoirs), sans aucun partage de coûts avec les travaux de déviation des réseaux (excavation, remblais...),
- Aux dépenses à la charge du maître d'ouvrage qui résultent de l'étendue des études, enquêtes et investigations considérées ainsi que la prise en compte dans le contexte canadien d'une mission de contrôle qualité dans la mission d'ingénierie de base.

Figure 0.2 Comparaison des postes avec les références françaises



COÛTS D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

Objet

L'objet de cette partie est d'estimer les coûts d'exploitation et de maintenance dans une fourchette de +/-30%. Les coûts sont calculés en dissociant les frais liés à l'exploitation de la ligne, à la maintenance des installations fixes et du matériel roulant et les frais de structure.

Hypothèses de calcul

Les principales hypothèses retenues sont les suivantes :

- Dimensionnement des effectifs : 118 personnes à l'exploitation, 50 à la maintenance, 27 personnes de structure,
- Le coût salarial moyen considéré (salaires et charges sociales) est de 67 500 \$. Ce coût salarial correspond à un travail effectif de 1880 heures par an.
- Consommation énergétique de la ligne : 21,1GWh annuels au tarif « M » d'Hydro-Québec,

Résultats

Les coûts d'exploitation et de maintenance liés à la production kilométrique de la ligne de tramway s'élèvent à **16.3 millions de \$** par an. Les coûts totaux incluant les frais de structure s'élèvent à **19,2 millions de \$** par an.

Tableau 0.3 Coût annuels d'exploitation du tramway

	Coût Global (M\$)	Coût / véh.km (\$/km)
Exploitation	9,8 M\$	6,2 \$/km
Maintenance	6,5 M\$	4,1 \$/km
Structure	2,9 M\$	1,8 \$/km
Total	19,2 M\$	12,2 \$/km

Sur la base d'une production kilométrique totale de 1,57 millions de véh.km annuels, le coût du tramway par kilomètre parcouru est de **12.2\$/km**.

COÛTS D'ENTRETIEN MAJEUR

Objet

L'objet de cette partie est de définir les coûts d'entretien majeur de la ligne de tramway, sur une durée de 30 années après la mise en service, dans une fourchette de +/-30%.

Hypothèses de calcul

Les hypothèses retenues concernant les cycles de renouvellement sont celles décrites dans la section C-Principes de Maintenance du *Volume C1 – Exploitation du système de transport*.

Sont concernés par les opérations d'entretien majeur sur une durée de 30 ans:

- 20% des revêtements de la plateforme tramway au bout de 15 ans d'exploitation,
- Ordinateurs, renouvellement tous les 7 ans,
- Les équipements électroniques et de téléphonie, automatismes de signalisation ferroviaire,
- Renouvellement de certains équipements de l'atelier dépôt,
- Rénovation de mi-vie pour le matériel roulant (15 ans).

Résultats

Sur la base des hypothèses de renouvellement, les coûts d'entretien majeur du matériel roulant et des installations fixes du tramway sur une durée de 30 ans s'élèvent à **72.2 millions de \$**.

L'essentiel des coûts d'entretien majeur du tramway a lieu 15 ans après la mise en service de la ligne.

Tableau 0.4 Coût d'entretien majeur du tramway

Année de mise en service	Coût d'entretien majeur (M\$)
7 ans	7,9 M\$
15 ans	56,5 M\$
22 ans	7,9 M\$
Total	72,2 M\$



TABLE DES MATIERES

A.	Coûts d'investissements initiaux	1
1.0	Objet	3
2.0	Définitions et glossaire	3
2.1	Définitions.....	3
2.2	Sigles et abréviations	3
3.0	Cadre et Périmètre de l'estimation	3
3.1	Objectifs de l'estimation en Phase 2	3
3.2	Périmètre de l'estimation.....	4
4.0	Méthodologie	5
4.1	La décomposition CERTU.....	5
4.2	Le découpage en séquences	5
4.3	Organisation du travail	5
5.0	Structure détaillée de décomposition des estimations (phase 3)	6
6.0	Structure agrégée de décomposition des estimations (phase 2)	10
7.0	Estimation des coûts de réalisation du projet - Phase 2	11
7.1	Date de valeur	11
7.2	Coût global estimé.....	11
7.3	Coût par séquences	12
7.4	Coût de l'option Tunnel	13
7.5	Projets additionnels	13
8.0	Précision des estimations	13
8.1	Origine des incertitudes.....	13
8.2	Prise en compte de ces incertitudes	13
8.3	Précision des estimations.....	13
9.0	Analyse des Résultats	15
B.	Estimation des coûts d'exploitation et de maintenance	17
10.0	Coûts d'exploitation et de maintenance	19
10.1	Objet	19
10.2	Méthodologie de décomposition des coûts d'exploitation et de maintenance	19
10.3	Hypothèses de calcul	19
10.4	Estimation des coûts d'exploitation et de maintenance	19
10.5	Résultats	19
C.	Estimation des coûts d'entretien majeur	21
11.0	Coûts d'entretien majeur	23
11.1	Objet	23
11.2	Hypothèses de calcul	23
11.3	Résultats	23

LISTE DES FIGURES

Figure 3.1	Localisation de la ligne du tramway et des 32 stations	4
Figure 7.1	Répartition des postes	12
Figure 9.1	Comparaison des postes avec les références françaises	15

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1	Découpage de la ligne	5
Tableau 6.1	Liste des dix postes agrégés pour l'estimation des coûts du tramway de Montréal (ph 2).....	11
Tableau 7.1	Coût du tramway ventilé par poste	12
Tableau 7.2	Coût du tramway ventilé par séquence	12
Tableau 7.3	Coût des projets additionnels	13
Tableau 8.1	Coût du tramway ventilé par poste	14
Tableau 10.1	Coût annuels d'exploitation du tramway	19
Tableau 11.1	Coût d'entretien majeur du tramway	23

A. COÛTS D'INVESTISSEMENTS INITIAUX

1.0 OBJET

L'objet de cette partie est de présenter l'estimation des coûts d'investissements initiaux du tramway de Montréal au niveau de la phase 2 du projet (études de faisabilité) et d'en déterminer la précision.

La structure de décomposition des coûts que nous proposons d'appliquer dans cette phase correspond à une déclinaison adaptée au contexte montréalais de la méthodologie élaborée par le CERTU (Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme), la plus couramment utilisée en France. Les coûts sont ainsi classés par postes de dépense, définis à l'avance et qui s'attachent à décrire de manière exhaustive le projet de tramway.

L'avantage d'appliquer cette décomposition est d'éviter les doublons et les oublis de poste de coût et également de permettre la comparaison entre les coûts prévus pour le projet de tramway de Montréal et les valeurs constatées en France.

2.0 DÉFINITIONS ET GLOSSAIRE

2.1 DÉFINITIONS

CERTU : En France, Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques, créé par le décret n°94-134 du 9 février 1994.

Il a pour mission de conduire des études dans le domaine des réseaux urbains, des transports, de l'urbanisme et des constructions publiques, pour le compte de l'État ou au bénéfice des collectivités locales, établissements publics ou entreprises chargés de missions de service public ou des professions en cause.

Son rôle est de diffuser les connaissances et les savoir-faire et, à ce titre, il contribue à l'élaboration de la normalisation et de la réglementation technique. En matière de transports publics, l'application systématique depuis quelques années en France des « méthodes CERTU » a pour conséquence l'homogénéisation des références concernant les projets et la création d'une communauté de pratiques permettant notamment la comparaison des projets entre eux.

Maître d'ouvrage : personne morale pour laquelle l'ouvrage est construit. Ici, la ville de Montréal.

Maître d'œuvre : entité retenue par le maître d'ouvrage pour réaliser l'ouvrage, dans les conditions de délais, de qualité et de coût fixées par ce dernier conformément à un contrat.

Coût des Travaux : Comprend les coûts du matériel et de la main d'œuvre de l'ensemble du système de tramway mis à part le matériel roulant

2.2 SIGLES ET ABRÉVIATIONS

CERTU : Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme en France

TCSP : Transport en Commun en Site Propre.

LAC : Ligne Aérienne de Contact

PCC : Poste de Commande Centralisé

SAE : Système d'Aide à l'Exploitation

SAIV : Système d'Aide à l'Information des Voyageurs

SLT : Signalisation Lumineuse de Trafic

Loi MOP : la loi française n°85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée. Cette loi établit un cadre général pour la détermination de la rémunération des missions de maîtrise d'œuvre qui tient compte à la fois de l'étendue de la mission, de son degré de complexité et du coût prévisionnel des travaux. Le taux de rémunération global de la maîtrise d'œuvre est réparti selon les éléments normalisés de la mission de conception et/ou de réalisation de l'infrastructure.

AVP (Loi française) : Études d'Avant Projet (élément de mission normalisé de la loi MOP)

PRO (Loi française) : Études de Projet, (élément de mission normalisé de la loi MOP)

ACT (Loi française) : Assistance apportée au maître de l'ouvrage pour la passation des contrats de travaux (élément de mission normalisé de la loi MOP)

CdEE : Centre d'Entretien et d'Exploitation

GLO : Gabarit Limite d'Obstacle

PMR : Personne à Mobilité Réduite

3.0 CADRE ET PERIMÈTRE DE L'ESTIMATION

3.1 OBJECTIFS DE L'ESTIMATION EN PHASE 2

L'objectif de l'estimation des coûts en Phase 2 est de fournir un ordre de grandeur des coûts d'investissement initiaux pour réaliser la première ligne du tramway de Montréal. Ces estimations permettront notamment d'alimenter les analyses économiques et financières du projet, dont l'objectif à ce stade est d'apporter les éclairages nécessaires sur la faisabilité du projet (taux de rentabilité interne, montage financier...).

L'objectif recherché n'est donc pas la précision des estimés en tant que tel, qui serait prématuré au stade d'une faisabilité, mais plutôt d'évaluer les principaux postes de dépense, et surtout d'identifier les éléments sujets à de fortes variations, et d'en expliquer les raisons et les conséquences pour les phases ultérieures.

3.2 PÉRIMÈTRE DE L'ESTIMATION

Le coût d'un projet tramway dépend de la qualité du projet de transport, mais aussi de l'environnement dans lequel il s'insère. La réalisation du projet doit donc privilégier, d'une part, la fiabilité et la bonne exploitation du système, via un « Projet Transport » ; d'autre part la lisibilité des aménagements urbains à la fois propre au système mais également en vue d'une redéfinition de l'espace urbain, via un « Projet de façade à façade ».

Dans cette optique, l'analyse des coûts de réalisation de la ligne présentée ici permet d'établir une distinction entre :

- les aménagements strictement nécessaires à la réalisation du Projet Transport : plate-forme et voie, systèmes, stations, ouvrages d'arts, ateliers-dépôts, matériel roulant ;
- les aménagements de l'espace public associé (voirie, assainissement, éclairage, trottoirs, stationnements...), qui participent à la requalification urbaine des corps de rues et espaces publics adjacents et à la définition d'un nouveau paysage urbain, dans le cadre du Projet de Façade à Façade.
- les opérations connexes, non strictement nécessaires au fonctionnement du tramway proprement dit, mais dont la mise en œuvre permettrait d'apporter une plus value à la ligne de tramway.

Le périmètre du projet de tramway, intégrant à la fois le Projet Transport et le Projet de Façade à Façade, est compris dans le périmètre représenté sur le schéma ci-dessous (pour le détail des emprises considérées, se référer au volume D3 – Coupes et plans d'aménagement). Sont inclus :

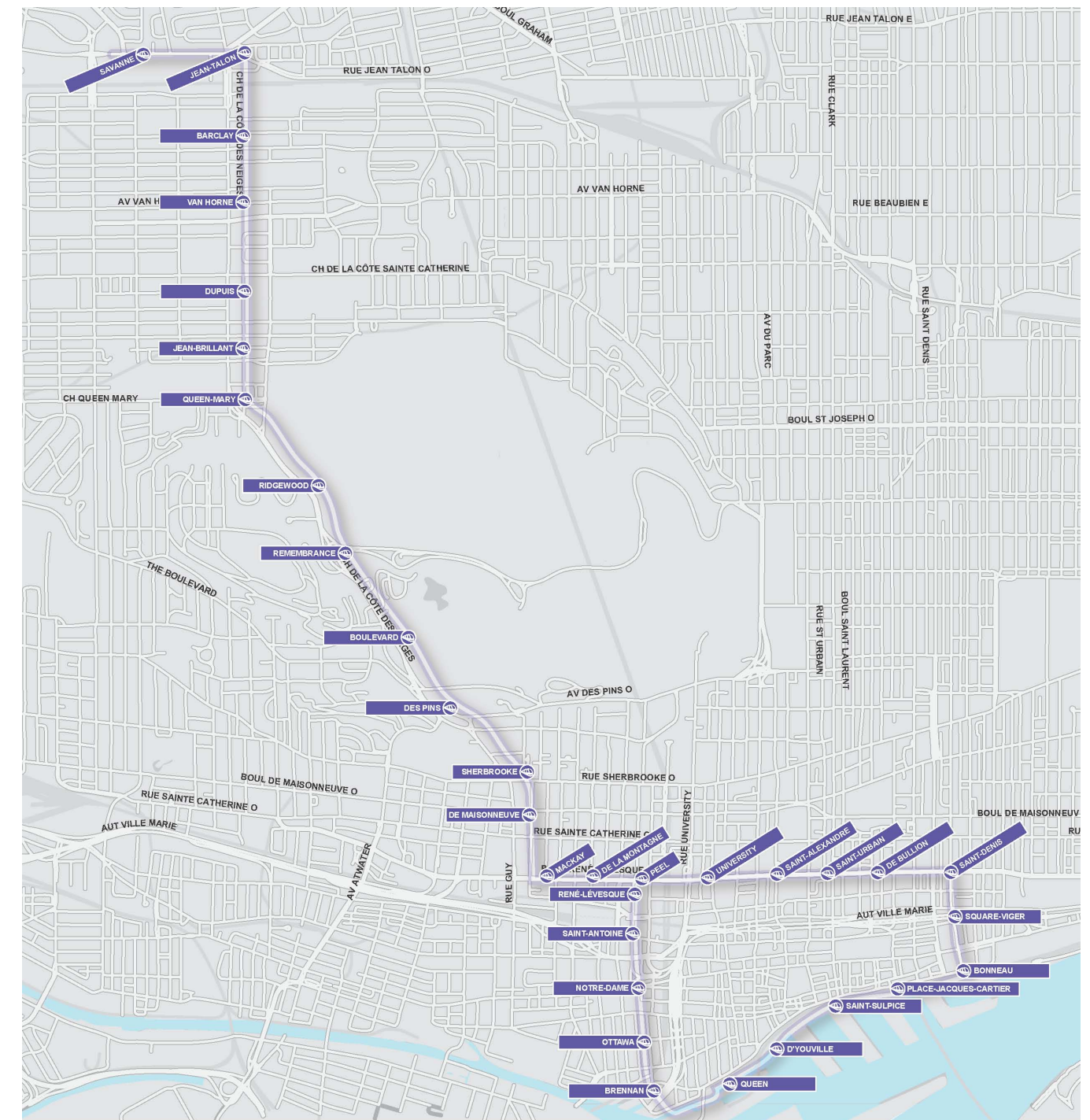
- La rue Jean-Talon entre Victoria et Côte-des-Neiges
- Le Chemin de la Côte des Neiges entre la rue Jean-Talon et l'avenue Dr. Penfield
- La rue Guy dans le prolongement du Chemin de la Côte-des-Neiges jusqu'au Boulevard René-Lévesque,
- Le boulevard René-Lévesque entre Guy et Berri,
- La rue Berri entre René-Lévesque et la rue de la Commune
- La rue de la Commune entre Berri et Peel
- La rue Peel dans le prolongement de la rue de la Commune jusqu'au boulevard René-Lévesque.

Le périmètre couvre un linéaire de 13.6 km de voie double de terminus à terminus (y compris arrières-gares, et voies d'accès aux dépôts), avec 32 stations (voir la Figure 3.1 ci-contre), pour une surface totale d'environ 445 000 m².

Il est à noter que le tramway s'insère également sur le projet de réaménagement de l'échangeur Remembrance, dont la conception est actuellement dans une phase préliminaire. Il est considéré que le projet de réaménagement de l'échangeur dans sa conception finalisée prendra en compte l'insertion du tramway, via la pré-réservation des emprises et des volumes souterrains nécessaires à sa réalisation.

En plus du tracé de référence, une variante d'itinéraire est retenue et chiffrée dans ce volume. Il s'agit de l'option « Tunnel » qui consiste à créer un ouvrage souterrain au niveau du Chemin de la Côte-des-Neiges, entre l'avenue des Pins et The Boulevard et ce, afin de permettre l'aménagement d'une station accessible aux PMR au droit de l'Hôpital Général de Montréal.

Figure 3.1 Localisation de la ligne du tramway et des 32 stations



4.0 MÉTHODOLOGIE

4.1 LA DÉCOMPOSITION CERTU

Nous proposons d'adapter au contexte montréalais la méthodologie de chiffrage des projets de tramway proposée par le CERTU. L'avantage de cette méthode est sa standardisation : la description systématique des coûts par poste évite les doublons et les oublis et permet ensuite une comparaison efficace entre les projets, et fait ressortir les éléments sujets à fortes variations selon les projets.

La méthodologie CERTU est tout à fait adaptée au projet de tramway de Montréal, ne serait-ce que parce que la ville fixe dans son plan de transport des objectifs similaires à ceux poursuivis par les institutions françaises. En revanche, les conditions de mise en œuvre en période hivernale, les hypothèses de coût, ou de dimensionnement, peuvent être très différentes ; c'est pour cela qu'elles sont adaptées en fonction du contexte local, sur la base des détails de calcul des coûts par poste.

La « méthode CERTU » consiste à classer les coûts d'un projet de tramway en **19 postes** de dépense. Ces postes sont décrits dans l'ouvrage du CERTU "Évaluation des TCSP, Indicateurs transport pour l'analyse et le suivi des opérations", CERTU, Novembre 1997.

L'objectif de cette décomposition est de fournir un estimé du **coût réel du projet**, et non les coûts financés par l'un ou l'autre des acteurs du projet. Dans ce cadre, le chiffrage intègre notamment :

- les frais de maîtrise d'ouvrage,
- les frais de maîtrise d'œuvre,
- les frais d'acquisition foncière,
- les frais de déviation de réseaux.

La décomposition CERTU est adaptée à l'avant-projet et aux phases ultérieures, et elle sera donc appliquée à partir de la phase 3 du projet. Au terme de la présentation de cette structure de décomposition détaillée dans la partie 5.0, une structure de décomposition agrégée adaptée à la phase 2 du tramway de Montréal est proposée au chapitre 6.0.

4.2 LE DÉCOUPAGE EN SÉQUENCES

Afin de permettre une analyse des coûts par secteur géographique, le périmètre d'étude a été divisé en 14 séquences homogènes. Les critères d'homogénéité retenus sont :

- Le type d'insertion : axial, latéral, site mixte tramway/bus, site propre,
- Les arrondissements administratifs de la Ville de Montréal : Notre-Dame-de-Grâce - Côte-des-Neiges, Ville Marie et Sud Ouest.

Ce découpage permet de relier les projets d'aménagement, dont l'ambition peut être fortement variable, aux différents secteurs géographiques du tracé, et ce faisant fournit des données d'entrée précieuses qui pourraient être utilisées dans les négociations autour du financement du projet.

Certains postes CERTU ne peuvent néanmoins pas suivre ce découpage car il s'agit de coûts globaux pour l'ensemble de la ligne: matériel roulant, CdEE, PCC et systèmes embarqués, etc. Ils sont alors comptabilisés dans une poste à part, transversal à toutes les zones.

Le découpage retenu est présenté dans le Tableau 4.1 ci-dessous. A noter que la variante d'itinéraire « Tunnel » est une variante exclusive à la séquence 5 (variante 5b).

Tableau 4.1 Découpage de la ligne

Séquence	Axe	Entre		Type d'insertion	Arrondissement
		Début	Fin		
1	Jean-Talon	Victoria	Côte-des-Neiges	Axial	Côte-des-Neiges
2	Côte-des-Neiges	Jean-Talon	Queen-Mary	Latéral ouest	Côte-des-Neiges
3	Côte-des-Neiges	Queen-Mary	Forest-Hill	Axial	Côte-des-Neiges
4	Côte-des-Neiges	Forest-Hill	Trafalgar	Axial ¹	Ville-Marie
5	Côte-des-Neiges	Trafalgar	Dr. Penfield	Latéral ouest	Ville-Marie
6	Côte-des-Neiges	Dr. Penfield	Selkirk	Axial	Ville-Marie
7	Guy	Selkirk	René-Lévesque	Latéral ouest Axial	Ville-Marie
8	René-Levesque	Guy	Berri	(partagé avec bus)	Ville-Marie
9	Berri	René-Lévesque	St Antoine	Latéral Ouest	Ville-Marie
10	Berri	St Antoine	de la Commune	Latéral Ouest	Ville-Marie
11	de la Commune	Berri	McGill	Site propre (hors rue)	Ville-Marie
12	de la Commune	McGill	Pont Bonaventure	Site propre (hors rue)	Ville-Marie
13	Peel	Pont Bonaventure	Notre-Dame	Latéral est	Sud-Ouest
14	Peel	Notre-Dame	René-Lévesque	Latéral est	Ville-Marie

4.3 ORGANISATION DU TRAVAIL

Pour l'établissement des estimations, la détermination des coûts unitaires a été placée sous la responsabilité de chaque responsable de discipline. Elle a été coordonnée / contrôlée par les responsables de pôles. L'agrégation finale des coûts a été validée par le directeur technique adjoint et le directeur du projet.

Pour définir les coûts unitaires, les responsables de discipline se sont appuyés sur des travaux similaires à Montréal (pour la partie génie civil en particulier) et en Europe pour la partie système de transport.

Dans un souci constant de contextualisation, des fournisseurs locaux ont également été contactés.

¹ Hypothèse retenue sur la section de l'échangeur Remembrance

5.0 STRUCTURE DÉTAILLÉE DE DÉCOMPOSITION DES ESTIMATIONS (PHASE 3)

L'estimation des coûts de la phase 2 s'est appuyée sur la décomposition technique du projet selon les dix-neuf postes CERTU, détaillés ci-dessous, qui décrivent l'essentiel d'un projet de tramway. « *Les textes entre guillemets et en italique* » sont la reproduction exacte des termes du CERTU. Les textes en police normale explicitent les définitions du CERTU en les adaptant au contexte montréalais, et présentent les hypothèses retenues à ce stade pour les estimations de coût.

Au chapitre suivant, la présentation des coûts est agrégée selon 10 postes ce qui est plus pertinent au stade de l'étude de faisabilité.

Poste d'investissement 1 : Études d'avant-projet / projet

« *Ce poste ne concerne que les études au stade de l'avant-projet et du projet.*

Il ne concerne pas les études antérieures, de type études préalables, études d'insertion, schémas directeurs, etc., souvent très nombreuses, très variées, et réalisées sur une longue période, en régie ou par des bureaux privés ou publics. Mais celles-ci peuvent être répertoriées à part, sous le vocable études préalables, quand elles sont représentatives ».

Ce poste regroupe les phases de conception détaillée, par opposition aux phases de réalisation qui sont intégrées au poste 3 : Maîtrise d'œuvre des Travaux.

Dans le contexte montréalais du projet de tramway, ce poste correspond donc aux phases 3 "Études d'avant-projet de la 1^{ère} ligne" et 4 "Plan et Devis". Il s'agit des études engagées par le Maître d'Ouvrage autres que celles décrites dans les postes 2 et 3 ci-dessous et les missions d'assistance à la passation des contrats de travaux avec les entreprises.

Le montant retenu à ce niveau est établi par analogie avec les valeurs françaises des missions normalisées de la loi MOP (Phase 3 = AVP, Phase 4 = PRO+ACT).

Poste d'investissement 2 : Maîtrise d'ouvrage

« *Ce poste concerne tous les frais engagés au titre de la maîtrise d'ouvrage, tels que : assistance technique, architecturale, paysagère, juridique, ..., assurances, communication, concertation, enquêtes publiques, fouilles archéologiques, études topographiques, de bruit, de sol, indemnités de gêne pendant les travaux ou de préjudice commercial.*

L'assistance architecturale visée ici concerne les concours d'architecture, et les autres études confiées à des architectes durant les travaux ».

Ce poste inclut également les frais de personnel et de matériel engagés directement par le Maître d'Ouvrage, d'assistance foncière, les coûts des relevés topographiques, des études géotechniques, des reconnaissances de sols, des sondages complémentaires de toutes natures nécessaires à la définition des ouvrages et aménagements, des études acoustiques, de l'étude de qualité de l'air, et des enquêtes ou études spécifiques que le maître d'ouvrage estime indispensables à la réalisation du projet.

Les études de synthèse de déviation des réseaux, ainsi que la coordination des études et travaux font ou non partie de ce poste d'investissement selon l'étendue des prestations confiées à la maîtrise d'œuvre.

Note : la distinction opérée par le CERTU entre missions d'ingénierie et assistance architecturale est spécifique au contexte français, dans lequel ces 2 types d'activités relèvent de réglementations différentes.

En première approche, ce poste comprend (à détailler lors des phases 3 & 4):

- La Maîtrise d'ouvrage et son assistance technique,
- Les assurances,
- Frais de communication,
- Relevés topographiques et polygone de précision,
- Reconnaissances géologiques, géotechniques,
- Reconnaissances et sondages divers,
- États des lieux (niveau de bruits, des courants vagabonds, électromagnétique),
- Reconnaissances archéologiques,
- Participation aux études de déviations des réseaux,
- Préparation du dossier pour le BAPE, y compris l'étude d'impact,
- Les œuvres d'art.

Il n'est pas prévu de provision pour indemniser les riverains due à la gêne pendant les travaux.

Poste d'investissement 3 : Maîtrise d'œuvre des travaux

« *Ce poste concerne des missions d'ingénierie normalisées pour la conduite des travaux, ainsi que l'assistance architecturale pendant les travaux ».*

Dans le contexte montréalais du projet de tramway, ce poste correspond à la phase 5 "Surveillance des travaux".

La Phase 5 comprend une mission dite d'Ordonnement, Planification, Coordination qui pendant toute la durée des travaux va permettre de contrôler la réalisation du projet dans les délais et les coûts prévus. Cette mission comprend généralement l'intégration des plannings des opérations connexes dans le calendrier global de l'opération.

Par ailleurs, pour tenir compte du contexte montréalais, une mission de Contrôle a été considérée à ce stade.

Poste d'investissement 4 : Acquisitions foncières et libérations des emprises

« *Ce poste comprend les acquisitions foncières proprement dites, les démolitions, les modifications et reconstructions d'immeubles, les clôtures, les relogements, les indemnités d'éviction et autres.*

Ce poste ne comprend pas les indemnités des riverains dues à la gêne pendant les travaux et qui sont intégrées dans la rubrique 2 : Maîtrise d'Ouvrage ».

Les acquisitions foncières comprennent :

- L'ensemble des parcelles nécessaires au CdEE (site Victoria);
- Les bâtiments en front de rue sur Jean-Talon;

Il est à noter que les hypothèses concernant le CdEE prévoient l'acquisition d'un site plus grand que les besoins en remisage et en entretien de la première ligne uniquement. Cette hypothèse est retenue dans une approche conservatrice pour tenir compte que la Ville de Montréal pourrait être contrainte à acquérir la totalité d'un terrain visé partiellement par une expropriation. L'estimation des coûts prévoit que l'espace additionnel acquis pourrait servir dans un premier temps à l'aménagement d'un stationnement incitatif de 350 places (cf. Poste 19 Opérations connexes).

Les acquisitions foncières sont estimées sur la base de leur superficie, et des hypothèses de coûts transmises par la Ville de Montréal.

Les libérations d'emprises comprennent :

- La démolition du bâti existant sur l'emplacement du futur CdEE plus des bâtiments localisés en façade de rue sur Jean-Talon;
- Les indemnités d'éviction de leurs occupants.

Poste d'investissement 5 : Déviations de réseaux

« Ce poste comprend les coûts de déviations de réseaux de concessionnaires imputables à l'opération, qu'ils soient financés par l'autorité organisatrice ou d'une autre façon. ».

L'estimation a été réalisée par le Consortium en étroite collaboration avec les services de la Ville, sur la base de la synthèse des réseaux et de coût unitaires au mètre linéaire de conduites déviées issus de retour d'expérience.

Il a été considéré que l'ensemble des réseaux se situant sous la plateforme voie doivent être déplacés, sur toute la largeur du GLO, sur une profondeur de 1200mm sous le plan de roulement du Tramway.

Le coût unitaire linéaire de déplacement des réseaux dépend du type de réseaux déplacé. Les différents types de réseaux considérés sont :

- Les aqueducs
- Les conduites d'égout
- Le gaz
- Les massifs de la CSEM
- Les massifs de BELL
- Les massifs Trans Energie d'Hydro-Québec
- Les conduits de vapeur de la CCUM

L'analyse des plans disponibles a fait apparaître un certain nombre de réseaux dont l'état de vétusté ou la localisation précise ne permettaient pas à ce stade de conclure sur la nécessité de réaliser des travaux de déviation. Pour réaliser le chiffrage, les conflits potentiels ont été séparés des conflits certains :

- Conflits certains – Pour les conflits qui sont identifiés aux plans et documents de référence, les coûts pour résoudre ces conflits ont été considérés à 100%.
- Conflit potentiel – Les ouvrages d'infrastructures transversaux ne seront pas déplacés de façon systématique, par contre, lors des travaux de construction du tramway, une vérification de l'état de ces conduits devra être réalisée. Cette procédure doit aussi être appliquée pour les ouvrages longitudinaux qui se situent à la limite de l'emprise. L'hypothèse considérée dans le cas des conflits potentiels est que 50% de ces ouvrages seront à reconstruire ou à déplacer.

Les coûts linéaires utilisés comprennent une excavation et un remblai complet des tranchées réalisés pour les déviations et les reconstructions des massifs.

Poste d'investissement 6 : Travaux préparatoires

« Ce poste comprend tous les travaux préparatoires à la réalisation du chantier sur le domaine public, tels que : ouvrages provisoires, déviations de voirie, installations de chantier, etc.

Ce poste ne comprend pas les réaménagements de voirie définitifs, compris dans la rubrique 11 Voirie et espaces publics. ».

Ce poste inclut également les mesures de maintien de la circulation, la libération des emprises des mobiliers et équipements urbains, le désouchage des arbres, l'éclairage provisoire, etc.

Poste d'investissement 7 : Ouvrages d'art

« Ce poste concerne les ouvrages, en ligne, de génie civil et de gros œuvre, comme les ponts, les tunnels, les murs de soutènement, les confortations ou modifications d'ouvrages d'art existants.

Ce poste ne comprend pas le génie civil des stations aériennes ou souterraines qui sont comptabilisées dans la rubrique 14-1 Infrastructure des stations ».

Dans le contexte du projet de Montréal, ce poste comprend :

- Le mur de soutènement sur la rue Berri
- Le renforcement sur la rue René-Lévesque de la dalle Place Ville Marie, uniquement sous l'emprise de la plateforme tramway. Le renforcement de l'ensemble de la dalle (plateforme tramway + voirie) a fait l'objet d'un chiffrage à part, et est présenté en partie 7.5.
- Le tunnel, envisagé comme option sur le Chemin de la Côte-des-Neiges.

L'évaluation ne prend pas en compte un renforcement spécifique de la dalle au dessus de l'autoroute Ville Marie sur la rue Berri.

Les petites opérations de déblais et remblais sont chiffrées dans les postes 8 Plateforme et 11 Voirie.

Poste d'investissement 8 : Plateforme

« Ce poste concerne les travaux de l'assise du site propre limités à la largeur de l'emprise réservée, c'est-à-dire les travaux nécessaires à la réalisation des terrassements, de la couche de forme, de la couche de base pour un site propre de surface et de la couche de soubassement pour les tronçons en ouvrage servant d'assise à la voie, ainsi que du drainage et de la multitubulaire.

Ce poste ne concerne pas la voie proprement dite, le revêtement et les couches de roulement qui font partie de la rubrique 9 (Voie spécifique des systèmes ferrés et guidés) et de la rubrique 10 (Revêtement du site propre) ».

Ce poste comprend en particulier:

- Le terrassement : le décaissement, l'évacuation des décombres, les déblais et remblais, et la couche de forme,
- La structure de fondation de la plateforme : la couche de fondation, la couche isolante, le ferrailage, et le sciage,
- Le système de drainage de la plateforme,
- Les ouvrages de cheminement des câbles de transport : multitubulaires et chambres.

En l'absence d'études géotechniques précises le long du tracé, il a été retenu en première approche un décaissement moyen de 1200mm tout le long du tracé, à l'exception des séquences 3 à 6 (franchissement du Mont Royal), où la présence supposée d'un sol rocheux pourrait servir de sous fondation, et conduit donc à retenir une profondeur de décaissement de 580mm.

Des coûts différents de terrassement selon la nature des terrains ont été pris en compte.

Il a été considéré un conduit multitubulaire de chaque côté de la voie, courants forts et courants faibles séparés.

Bien qu'en pratique les travaux de plateforme tramway suivront ceux de déviations de réseaux, il est possible, voire probable que dans plusieurs zones ces travaux soient effectués en deux temps en raison des contraintes hivernales. Ainsi la chaussée serait rétablie suite à la relocalisation des réseaux, puis ré-excavée pour la construction de la plateforme la saison suivante.

L'hypothèse retenue (conservatrice) est donc de considérer les travaux de la plateforme et ceux de déviation de réseaux comme parfaitement indépendants.

Poste d'investissement 9 : Voie spécifique des systèmes ferrés et guidés

« Ce poste concerne la fourniture et la pose de la voie spécifiquement adaptée aux modes ferrés, c'est-à-dire traverses, rails, systèmes d'attaches, de liaisons et antibruit, ainsi que des appareils de voie disposés en zone de manœuvre et en arrière gare.

Ce poste ne concerne pas le remplissage éventuel entre les rails, ainsi que le revêtement de la voie ferrée, qui font partie de la rubrique 10 Revêtement du site propre. ».

Ce poste comprend :

- La pose de la voie (hors rail). Les types de pose de voie ont été déterminés en fonction de la distance entre l'axe de la voie et les fondations des bâtiments selon les règles suivantes :
 - « pose classique » : pour une distance supérieure ou égale à 12m,
 - « pose anti-vibratile » : pour une distance comprise entre 7 et 12m,
 - « pose sur dalle flottante » : pour une distance inférieure ou égale à 7m.
 - « pose directe » au niveau de la dalle de René-Lévesque.
- Les sections de lignes concernées par chacune des poses sont identifiées dans le synoptique voie du *Volume E1 – Plateforme Voie Ferrée et Cheminement des Câbles de Transport*
- Le rail à gorge, de type 59Ri2
- Les appareils de voie : communications, branchements, traversée oblique, appareils de dilatation, taquets d'arrêts.
- Les soudures de rail,
- Les pièces de rechanges.

Des fournisseurs ont été contactés pour récupérer des prix Montréalais pour le rail à gorge type 59Ri2.

Poste d'investissement 10 : Revêtement du site propre

« Ce poste concerne le remplissage entre les rails, le revêtement superficiel et les séparateurs ou bordures. ».

Les types de revêtement varient d'une séquence à l'autre, selon le projet architectural. Les types de revêtements proposés sont :

- Type pierres naturelles, essentiellement autour de la place Jacques Cartier, dans le Vieux Montréal,
- Type pavé de béton préfabriqué,
- Type béton coulé,
- Type enrobé pour les plateformes circulées,
- Type sol stabilisé « renforcé »
- Type végétal, bien que les contraintes de déneigement et de drainage puissent rendre l'entretien de ce type de revêtement difficile.

Les bordures séparatrices du GLO sont d'une largeur de 30 cm, et sont fabriquées en béton.

Poste d'investissement 11 : Voirie (hors site propre) et espaces publics

« Ce poste concerne la réalisation du gros œuvre nécessaire à la reconstitution de l'espace public, conformément à sa destination, entre le site propre (y compris les stations et leurs accès) et les façades des rues empruntées par le TCSP (hors équipements de superstructure) : terrassements, chaussées, trottoirs, revêtements. ».

Ce poste a été chiffré en prenant une hypothèse conservatrice : la totalité des espaces publics inclus au projet de façade à façade seront repris, à savoir démolis pendant les travaux et reconstitués.

Les travaux de voirie concernent donc l'ensemble des chaussées et trottoirs dans le périmètre de chiffrage. Sont compris :

- La démolition des trottoirs et chaussées existants (y compris site propre)
- La structure de la chaussée : décaissement, fondation granulaire, revêtements bitumineux et de surface;
- La structure du trottoir : décaissement, fondation granulaire, pré-réservation des espaces nécessaires à la plantation d'arbres, revêtements trottoir
- Les revêtements particuliers
- Les bordures en pierre et en fonte.

Les structures type de la chaussée et des trottoirs sont présentées dans le *Volume C2 – Hypothèses de Conception*. Par souci de cohérence avec la plateforme Tramway, la profondeur de décaissement de la voirie utilisée pour le chiffrage est de 1200mm. Celle des trottoirs est de 350mm.

Les revêtements des trottoirs sont prévus par le projet architectural : pierre, pavé de béton préfabriqué, béton, ou stabilisé.

Poste d'investissement 12 : Équipements urbains

« Ce poste comprend l'ensemble des équipements de superstructure, implantés le long de la ligne : mobilier urbain, plantations, éclairage, gardes corps.

Ce poste ne comprend pas les équipements propres au mode de transport collectif, aux stations et à la signalisation, qui sont inclus dans les rubriques 14, 15, 16 et 17. ».

Dans le projet de tramway de Montréal, les équipements urbains concernés sont:

- Le mobilier urbain : corbeilles de propreté, arceaux à vélos, grilles d'arbres, bancs
- Les plantations d'arbres et de graminées
- Les clôtures et portails
- L'éclairage public.

Compte tenu de la mutualisation des poteaux d'éclairage public et des supports de LAC, le poste éclairage public ne comprend pas cet item.

Poste d'investissement 13 : Signalisation routière

« Ce poste comprend les signalisations horizontales, verticales, de jalonnement, et tricolores pour la circulation routière, y compris le matériel de régulation des feux.

Ce poste ne comprend pas le système de priorité aux feux du TCSP et sa signalisation de type ferroviaire qui sont inscrits dans la rubrique 16 Courants faibles et PCC. ».

Le chiffrage de ce poste a été réalisé sur 4 carrefours types, chacun de ces carrefours ayant un coût unitaire propre :

- Carrefour « en croix » avec insertion latérale du tramway;
- Carrefour « en T » avec insertion latérale du tramway;
- Carrefour « en croix » avec insertion axiale du tramway;
- Carrefour « en T » avec insertion axiale du tramway.

Les coûts unitaires retenus se fondent sur des retours d'expérience de projets réalisés avec la Ville de Montréal en 2009-2010/

Poste d'investissement 14 : Stations

« Cette rubrique inclut :

- l'infrastructure des stations : génie civil, gros œuvre et second œuvre des stations ;
- les équipements des stations : mobilier des stations, abris, bancs, barrières, éclairage, panneaux d'informations fixes...

Ce poste ne comprend pas les installations et mobiliers nécessaires aux systèmes de SAE, SAIV, courants faibles, exploitation, distribution et oblitération de titres de transport, ... intégrés dans la rubrique 16 Courants faibles et PCC. ».

L'estimation de ce poste a été réalisée pour 3 catégories de quais selon leur achalandage prévisionnel, chacune de ces catégories ayant un coût unitaire propre :

- Quai « achalandage fort »,
- Quai « achalandage moyen »,
- Quai « achalandage faible ».

Chaque estimé sa base sur des valeurs françaises, et couvre le génie civil, les revêtements et le mobilier.

Pour l'estimation de la station en tunnel, les équipements nécessaires à son fonctionnement ont été ajoutés (escaliers, escalators, ascenseurs, etc).

Poste d'investissement 15 : Installations nécessaires à l'alimentation en énergie de traction

Ce poste comprend l'ensemble des installations nécessaires à la distribution de l'énergie aux véhicules à traction électrique :

- sous stations, y compris le local (sauf intégration au dépôt) ;
- fourniture et pose du réseau de distribution ;
- fourniture et pose de la ligne aérienne ;
- fourniture et pose du système de contrôle de la commande de l'énergie.

Ce poste ne comprend pas le PCC intégré dans la rubrique 16 Courants faibles et PCC. ».

Ce poste comprend donc les équipements d'énergie des sous-stations, les raccordements au réseau d'Hydro-Québec ainsi que la LAC, les mâts supports de LAC et leurs fondations.

Une majoration du coût des poteaux de LAC a été retenue pour traduire le renforcement nécessaire à la mutualisation des poteaux de LAC et d'éclairage.

Poste d'investissement 16 : Courants faibles et PCC

« Ce poste concerne l'ensemble des systèmes de contrôle et d'exploitation de la ligne de TCSP : automatismes, SAE, SAIV, distribution et oblitération des titres de transport, signalisation et commandes spécifiques (type ferroviaire), poste de commande centralisé correspondant (hors bâtiment si intégré au dépôt). ».

Ce poste comprend ainsi :

- le poste de commande centralisé et les systèmes qui y sont installés (SAE, SIV, télécommunication) ,
- les équipements d'exploitation de station,
- les équipements d'exploitation en ligne (Fibre optique...),
- Les équipements d'exploitation embarqués et mobiles,
- La signalisation ferroviaire en ligne,
- Le système de demande de priorité aux carrefours en ligne.

L'estimation de ce poste est réalisée à l'aide d'un ratio type issu des retours d'expérience sur des projets de tramway français.

Poste d'investissement 17 : centre d'entretien

Compte-tenu de la diversité des situations rencontrées, il a été décidé de regrouper l'ensemble des coûts liés à la réalisation du dépôt, et des infrastructures et équipements nécessaires à son accès. Ainsi, tous les coûts des postes mentionnés ci-dessus, liés à la partie de la ligne hors exploitation voyageur, sont à prendre en considération dans ce cadre. ».

Ce poste comprend ainsi tous les ouvrages, systèmes et équipements de centre d'exploitation et d'entretien et de la voie d'accès :

- Les travaux de gros œuvre et second œuvre, les aménagements nécessaires : voiries, réseaux et revêtements;
- La voie ferrée et les appareils de voie,
- La signalisation ferroviaire ;
- L'énergie la LAC :
- Les équipements industriels : distribution de sable, machine à laver, tour en fosse, équipements fixes de levage, véhicules d'entretien...

L'hypothèse retenue est une couverture de 100% du CdEE de manière à maintenir une température minimale de 5°C à tout moment.

Le CdEE chiffré dans ce poste correspond à une version initiale du CdEE dotée une capacité de remisage de 40 tramways de 45m. La possibilité d'étendre le remisage à 80 rames de 45m a été chiffrée en partie 7.5.

A noter aussi que le chiffrage de ce poste ne comprend pas le coût du stationnement en toiture prévu dans le projet architectural, mais uniquement un stationnement de ~150 places pour les employés, à l'arrière du bâtiment.

De fait, les analyses préliminaires ont montré qu'un tel projet nécessite un renforcement significatif de la structure du bâtiment du CdEE, et ce faisant entraînent des surcoûts importants qui ne sauraient être attribués directement au projet de tramway.

De même que pour l'extension du CdEE, le coût additionnel nécessaire à la réalisation du stationnement en toiture est chiffré en partie 7.5.

Poste d'investissement 18 : Matériel roulant

« Outre les véhicules eux-mêmes, ce poste comprend les frais d'essais et de mise en service du matériel, ainsi que la formation des personnels. ».

Ce poste couvre les frais nécessaires à l'acquisition des 26 rames du parc de matériel roulant. Les rames considérées sont de type bidirectionnel, d'une longueur de 30-35 mètres, et d'une largeur de 2.65m.

Les estimations s'appuient sur les montants des marchés conclus avec les principaux constructeurs ces dernières années. Une majoration de 15% a été appliquée pour tenir compte des adaptations du matériel roulant qui seront requises compte tenu des conditions hivernales spécifiques à Montréal et des contraintes de franchissement des pentes (cf. *Volume F1 – Matériel roulant*).

Poste d'investissement 19 : Opérations connexes (actions d'accompagnement non nécessaires au fonctionnement du TCSP)

« Ces opérations constituent des actions d'accompagnement. Non nécessaires au fonctionnement du TCSP proprement dit, non imputable à une démarche qualité globale le long de la ligne, elles répondent par contre aux logiques suivantes :

1 - Opérations de voirie et de stationnement

Restitution de certaines fonctions et de certains usages qui dépassent le cadre du simple réaménagement de voirie de façade à façade (voie nouvelle ou réaménagement de voie pour la circulation des voitures en dehors des emprises des voies empruntées par le site propre, parc de stationnement souterrain, etc.),

2 - Opérations architecturales et urbaines

Traitement architectural ou urbain d'un lieu présentant des caractéristiques particulières (place, quai, monument, espace vert...).

3 - Opérations de transport collectif

Opérations d'interconnexion des transports collectifs (création ou modification de gares, pôles d'échange...).

Une description assez précise de chaque opération est nécessaire pour éclairer la décomposition par poste, mais seul le coût total de chaque type d'opération (hors coûts imputables aux autres rubriques) est significatif comme indicateur des coûts d'investissement.

Enfin, les coûts à renseigner ici ne sont pas les coûts financés par l'autorité organisatrice, mais bien les coûts réels des projets. ».

Ce poste comprend les projets qui viennent en accompagnement du projet de tramway et s'inscrivent dans une vision globale du projet, mais qui ne sont pas indispensable au fonctionnement de la ligne en elle-même.

A ce stade du projet, seul l'aménagement d'un stationnement incitatif de ~350 places sur le site du CdEE est considéré.

Certains projets additionnels comme la réalisation d'un stationnement en toiture au dessus du dépôt sont chiffrés en partie 7.5.

6.0 STRUCTURE AGRÉGÉE DE DÉCOMPOSITION DES ESTIMATIONS (PHASE 2)

Au niveau d'une étude de faisabilité (phase 2 du contrat), la classification du CERTU est trop détaillée car il n'est ni véritablement possible ni réellement pertinent de décomposer les coûts estimés du projet en 19 rubriques. Certains postes doivent être agrégés dans une nouvelle classification.

Une agrégation des postes est donc proposée, respectant les règles suivantes :

- simplifier la compréhension des principes de dépense d'un projet, tout en conservant l'esprit de la structure de décomposition ;
- bien séparer les coûts linéaires (chiffrés en investissement au km) des coûts non linéaires (atelier dépôt, matériel roulant, études...) afin de pouvoir comparer le projet de tramway de Montréal avec d'autres références ;
- bien dissocier les postes sujets à dérives budgétaires potentielles de ceux dont les coûts sont mieux maîtrisés.

Les 19 postes définis par le CERTU peuvent ainsi être agrégés en 10 postes de la façon suivante (voir le Tableau 6.1 ci-après) :

Poste 1 : Maîtrise d'ouvrage

Ce poste regroupe toutes les études, la maîtrise d'œuvre et les autres frais de la maîtrise d'ouvrage : postes d'investissement 1, 2 et 3.

Poste 2 : Système de transport

C'est une simplification importante de la décomposition, qui consiste à regrouper tous les postes d'investissement liés aux éléments linéaires (ouvrages, systèmes, équipements) du système de transport. Les coûts sont ainsi linéarisés (\$/km).

Le poste « système de transport » regroupe les postes d'investissement suivants :

- 06 : travaux préparatoires ;
- 08 : plateforme ;
- 09 : voie spécifique des systèmes ferrés et guidés ;
- 10 : revêtement du site propre ;
- 15 : installations nécessaires à l'alimentation en énergie de traction ;
- 16 : courants faibles et PCC.

Poste 3 : Stations

Le poste d'investissement 14 reste inchangé : il comprend les infrastructures et les équipements fixes des stations (hors équipements liés à l'exploitation et à la billetterie).

Poste 4 : Foncier

Le poste d'investissement 4 reste inchangé il comprend les acquisitions, démolitions, modifications, reconstruction et relogement.

Poste 5 : Déviation des réseaux

Le poste d'investissement 5 reste inchangé.

Poste 6 : Aménagements urbains

C'est une simplification importante de la décomposition, qui consiste à regrouper tous les postes d'investissement liés aux éléments de la voirie (travaux, ouvrages, systèmes, équipements). Les coûts peuvent être linéarisés (\$/km).

Le poste « Aménagements urbains » regroupe les postes d'investissement suivants :

- 11 : Voirie (hors site propre) et espaces publics ;
- 12 : Équipements urbains ;
- 13 : Signalisation.

Poste 7 : Ouvrages d'art

Le poste d'investissement 7 reste inchangé.

Poste 8 : Atelier dépôt

Le poste d'investissement 17 reste inchangé.

Il rassemble les coûts liés aux infrastructures du dépôt et aux équipements nécessaires à son accès.

Poste 9 : Matériel roulant

Le poste d'investissement 18 reste inchangé.

Le coût du matériel roulant comprend les véhicules, et les frais dus aux essais et à la mise en service.

Poste 10 : Opérations connexes

On comprend ici les opérations connexes au projet de tramway (poste d'investissement 19).

Tableau 6.1 Liste des dix postes agrégés pour l'estimation des coûts du tramway de Montréal (ph 2)

Numéro item	Poste	Description
1	Maîtrise d'ouvrage	Totalité des études du projet et autres frais de maîtrise d'ouvrage
2	Système de transport	Travaux préparatoires, plateforme tramway, voie spécifique des systèmes ferrés et guidés, revêtement du site propre, traction, courants faibles et PCC
3	Stations	Infrastructures et équipements fixes des stations
4	Foncier	Acquisitions, démolitions, modifications, relogement et indemnités d'éviction
5	Déviations des réseaux	Déviations des réseaux
6	Aménagements urbains	Voirie, équipements urbains, signalisation routière
7	Ouvrages d'art	Ouvrages d'art
8	Atelier dépôt	Infrastructure du dépôt et équipements nécessaires à son accès
9	Matériel roulant	Véhicules, frais dus aux essais et à la mise en service
10	Opérations connexes	Opérations connexes au projet de tramway

7.0 ESTIMATION DES CÔUTS DE RÉALISATION DU PROJET - PHASE 2

7.1 DATE DE VALEUR

Conditions économiques

Les coûts sont indiqués en \$, en valeurs hors taxes aux conditions économiques de décembre 2009.

Taux de change

Le taux de change retenu en Phase 2 est celui constaté en décembre 2009, à savoir 1€ = 1,58\$.

7.2 COÛT GLOBAL ESTIMÉ

Le coût global estimé pour la réalisation du projet du tramway de Montréal ainsi qu'une ventilation selon les dix postes décrits au chapitre 5 sont présentés au Tableau 7.1. Le montant total estimé prend en compte les quantités, les coûts unitaires, et les pourcentages les plus réalistes.

Le coût de projet est évalué à **849 Million \$**, hors provision pour contingences.

Le coût affiché correspond à un estimé de classe D. Cela traduit le fait que l'incertitude sur l'estimation reste forte à ce niveau d'étude, et les analyses de précision des estimations présentées en partie 8.0 indiquent une incertitude d'environ +/- 30% sur le montant affiché.

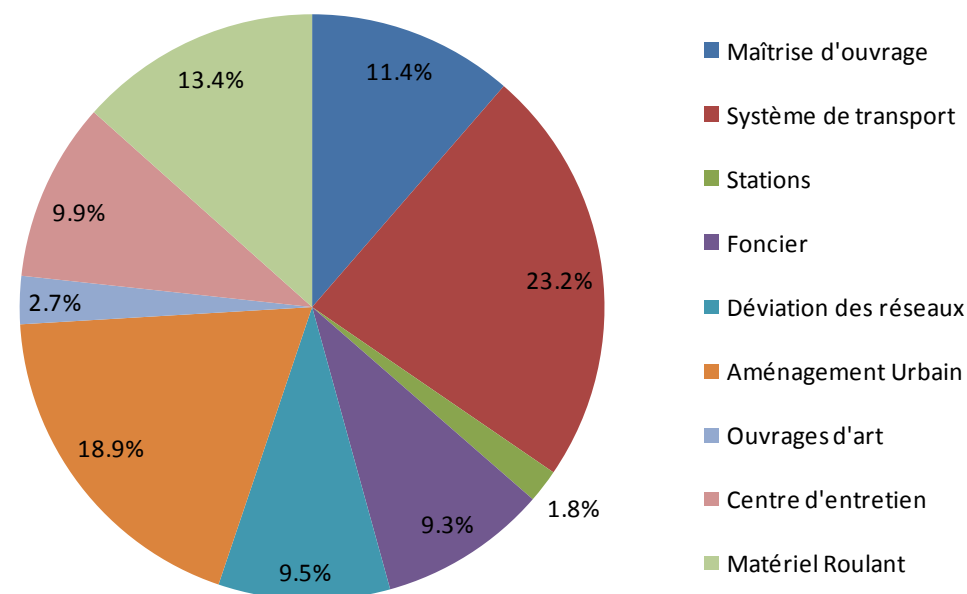
Tableau 7.1 Coût du tramway ventilé par poste

Numéro item	Poste	Coût Global (M\$ HT)
1	Maîtrise d'ouvrage	96 M\$
2	Système de transport	197 M\$
3	Stations	16 M\$
4	Foncier	79 M\$
5	Déviations des réseaux	80 M\$
6	Aménagements urbains	160 M\$
7	Ouvrages d'art	23 M\$
8	Atelier dépôt	84 M\$
9	Matériel roulant	113 M\$
10	Opérations connexes	1 M\$
	Ensemble	849 M\$

D'une longueur totale de 13.6km (retournements inclus), le coût kilométrique du tramway est de **62,5M\$/km**. Cette valeur est légèrement supérieure à celle estimée en Phase 1 de 60M\$/km, établie sur la base de projets de tramway en France, aux conditions économiques de janvier 2008.

Cette différence est analysée en partie 1.0.

Figure 7.1 Répartition des postes



7.3 COÛT PAR SÉQUENCES

Le Tableau 7.2 ci-dessous fournit le détail des coûts par séquence. Les coûts transversaux comprennent les coûts de maîtrise d'ouvrage, les dépenses liées au CdEE et l'acquisition du matériel roulant.

Les séquences les plus chères sont :

- La séquence 8, sur René-Lévesque, entre la rue Guy et la rue Berri. Le coût de cette séquence s'explique par la densité élevée de réseaux souterrains à dévier sur cet axe, et par la nécessité de renforcer la dalle sous l'emprise tramway au niveau de Place Ville Marie.
- La séquence 12 sur la rue de la Commune entre McGill et l'autoroute Bonaventure. Le coût de cette séquence s'explique par le coût élevé du revêtement en pierre proposé pour le réaménagement de la chaussée et des trottoirs.
- La séquence 10 sur la rue Berri, entre Saint Antoine et de la Commune. Le coût de cette séquence s'explique par l'ouvrage de soutènement à réaliser.

Tableau 7.2 Coût du tramway ventilé par séquence

Séquence	Description	Longueur (m)	Coût Global (M\$ HT)	Coût / km (M\$ HT/km)
0	Coûts transversaux	13583	374 M\$	27.5 M\$/Km
1	Victoria - Côte-des-Neiges	805	28 M\$	34.8 M\$/Km
2	Jean-Talon - Queen-Mary	2099	66 M\$	31.6 M\$/Km
3	Queen-Mary - Forest Hill	997	32 M\$	32.2 M\$/Km
4	Forest Hill - Trafalgar	667	17 M\$	26.0 M\$/Km
5a	Trafalgar - Dr Penfield (à niveau)	982	35 M\$	35.9 M\$/Km
5b	Trafalgar - Dr Penfield (tunnel)	1022	140 M\$	136.9 M\$/Km
6	Dr Penfield - Selkirk	271	7 M\$	27.5 M\$/Km
7	Selkirk - René-Lévesque	696	21 M\$	29.5 M\$/Km
8	Guy -Berri	2881	127 M\$	43.9 M\$/Km
9	René-Lévesque - St Antoine	330	9 M\$	27.9 M\$/Km
10	Saint-Antoine - De la Commune	275	11 M\$	40.7 M\$/Km
11	Berri - McGill	1467	48 M\$	32.6 M\$/Km
12	McGill - Aut. Bonnaventure	664	27 M\$	40.8 M\$/Km
13	Aut. Bonnaventure - Notre-Dame	766	25 M\$	33.3 M\$/Km
14	Notre-Dame - René-Lévesque	684	21 M\$	30.0 M\$/Km
Total		13583	849 M\$	62.5 M\$/km

7.4 COÛT DE L'OPTION TUNNEL

Le coût de l'option tunnel est évalué à **951 Million \$, hors contingences**.

A lui seul, le coût de l'ouvrage est d'environ 60 Million\$.

	Option à niveau	Option tunnel
Montant, hors contingences	849 M\$	951 M\$

Par rapport à la variante à niveau, l'option tunnel induit un surcoût d'environ 12% au coût global du projet. Le critère coût d'investissement jouera donc un rôle déterminant dans le choix de l'option de tracé.

7.5 PROJETS ADDITIONNELS

Les projets concernés dans cette partie correspondent à des projets qui sont en lien avec le projet du tramway, mais dont les coûts ne seraient pas portés par le projet dans sa version initiale, et ne sont donc pas considérés comme des projets connexes au sens du Poste 19 CERTU.

Les projets concernés sont les suivants:

- Le projet d'extension de CdEE vers une capacité de remisage de 80 rames de 45m (extension du dépôt de 32970m² à 55000m²).
- Le projet de stationnement en toiture de l'atelier dépôt, dans sa configuration étendue (environ 55000m² de stationnement).
- Le projet de renforcement de la dalle sur René-Lévesque au niveau de la Place Ville Marie, sur l'ensemble de la largeur de la rue, excepté au niveau des emprises de la plateforme tramway, déjà chiffré dans les coûts des ouvrages d'art.

Les coûts des différents projets sont évalués ne comprennent pas les frais d'ingénierie.

Tableau 7.3 Coût des projets additionnels

	Surcoût du projet (M\$ HT)
Extension CdEE	41 M\$
Stationnement en toiture	49 M\$
Renforcement ensemble dalle Ville Marie	25 M\$

Le projet de bâtiments en façade de rue sur Jean-Talon n'est pas considéré ici. Le coût de construction pourrait être autofinancé par les reventes ou mises en concession des terrains sur lesquels le projet de tramway aurait apporté une plus value. Cet aspect nécessiterait néanmoins la réalisation d'une étude détaillée.

8.0 PRÉCISION DES ESTIMATIONS

8.1 ORIGINE DES INCERTITUDES

Les incertitudes associées à l'estimation du coût du projet de la première ligne de Montréal proviennent :

- D'incertitudes concernant la quantité des équipements et des travaux,
- D'incertitudes relatives au coût unitaire de ces mêmes équipements et travaux,
- De coûts d'équipement, d'étude ou de travaux qui ne peuvent pas être prévus au stade actuel du projet.

8.2 PRISE EN COMPTE DE CES INCERTITUDES

Dans le cadre de ce projet, les incertitudes ont été traitées comme indiqué ci-après :

- Incertitude sur les quantités. La quantité la plus réaliste a été considérée compte tenu des données d'entrée et de la précision des plans réalisés. Une valeur maximale et une valeur minimale (plus précisément deux facteurs multiplicatifs par rapport à la valeur la plus réaliste) de ces quantités ont également été définies. Ces valeurs définissent une plage de valeur dans laquelle se situe la quantité.
- Incertitude sur les prix unitaires. La même méthodologie a été appliquée pour les coûts unitaires. Les facteurs multiplicatifs pour les coûts unitaires ont été volontairement majorés pour tenir compte de la variabilité du taux de change quand les estimés de prix unitaires se fondent sur des valeurs françaises converties en \$ CAN.

8.3 PRÉCISION DES ESTIMATIONS

En complément de l'estimation du montant global présentée dans la partie précédente, deux estimations ont été également calculées;

- Une estimation minimaliste qui prend en compte les valeurs minimales pour les quantités et pour les coûts unitaires,
- Une estimation maximalistes qui utilise, quant à elle, les valeurs maximales pour les quantités et les coûts unitaires.

Le Tableau 8.1 suivant présente une borne inférieure et supérieure de valeurs du coût du projet compte tenu du niveau d'incertitude de phase 2.

Tableau 8.1 Coût du tramway ventilé par poste

Numéro item	Poste	Valeur minimale		Coût du projet	Valeur maximale	
		Montant inf.	%		Montant sup.	%
1	Maîtrise d'ouvrage	76 M\$	-21%	96 M\$	117 M\$	21%
2	Système de transport	151 M\$	-23%	197 M\$	278 M\$	42%
3	Stations	11 M\$	-30%	16 M\$	20 M\$	30%
4	Foncier	60 M\$	-24%	79 M\$	99 M\$	26%
5	Déviations des réseaux	60 M\$	-25%	80 M\$	112 M\$	40%
6	Aménagements urbains	121 M\$	-24%	160 M\$	203 M\$	26%
7	Ouvrages d'art	18 M\$	-20%	23 M\$	27 M\$	20%
8	Atelier dépôt	66 M\$	-21%	84 M\$	102 M\$	22%
9	Matériel roulant	79 M\$	-30%	113 M\$	147 M\$	30%
10	Opérations connexes	0,9 M\$	-19%	1,1 M\$	1,3 M\$	21%
Ensemble		644 M\$	-24%	849 M\$	1 107 M\$	30%

Le tableau met en évidence que les postes à forte incertitude et donc sujets à variabilité dans les phases ultérieures sont :

- La maîtrise d'ouvrage : l'incertitude sur ce poste est liée à l'étendue des investigations, enquêtes ou reconnaissances qui seront nécessaires ainsi que l'étendue des missions d'ingénierie dans les phases de conception et/ou de réalisation (qualité, information du public, étude de synthèse des réseaux coordination des interfaces....),
- Système de transport. Pour ce poste, l'incertitude provient :
 - Des quantités, car au stade d'une faisabilité, les solutions techniques ne peuvent être définies avec précision (profondeur de plateforme, position et type de LAC, billettique, équipements électromécaniques...),
 - Mais aussi des prix unitaires, car la majorité des prix utilisés pour ce poste provient de retours d'expérience français, et sont ensuite convertis en \$CAN en appliquant un facteur de taux de change;
- Déviations de réseaux. L'incertitude sur ce poste est forte car les données disponibles ne fournissent pas systématiquement la position exacte et/ou l'état de vétusté de certains réseaux;
- Matériel roulant. Les incertitudes sur le prix du matériel roulant sont liées :
 - Au matériel lui-même qui devra répondre à des exigences techniques spécifiques au projet de Montréal (franchissement de fortes pentes, résistance aux contraintes hivernales);
 - Au processus d'appel d'offre dont le cahier des charges peut imposer des conditions restrictives additionnelles (assurer une partie de la production localement...).

9.0 ANALYSE DES RÉSULTATS

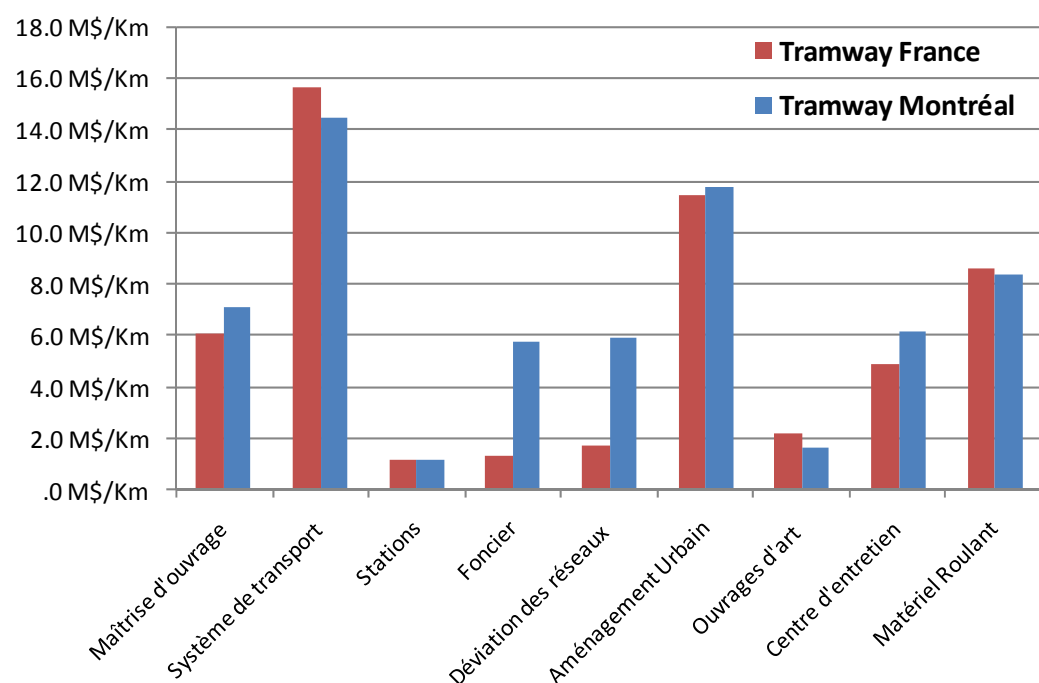
L'utilisation de la décomposition CERTU permet de comparer les résultats obtenus pour le projet de tramway de Montréal avec des valeurs d'autres projets de tramway mis en service récemment en France.

Les projets de tramway français retenus pour effectuer la comparaison sont :

- Bordeaux Phase 2 (2008), 19.6km de ligne,
- Nice T1 (2007), 8.8 km de ligne,
- Marseille (2007), 12.0 km de ligne,
- Lyon T4 (2009), 9.0 km de ligne,
- Reims (2011), 12.0 km de ligne.

Les valeurs françaises sont converties en \$CAN en utilisant un taux de change de 1€ = 1,58\$, puis regroupées et moyennées.

Figure 9.1 Comparaison des postes avec les références françaises



La comparaison met en évidence les résultats suivants (voir la Figure 9.1) :

- 2 postes de dépense sont beaucoup plus élevés dans le cas du projet de Montréal : le foncier et la déviation des réseaux.
- 3 postes sont légèrement plus élevés : la maîtrise d'ouvrage, l'aménagement urbain et le centre d'entretien
- Les autres postes sont comparables aux valeurs moyennes françaises.

Le fait que les dépenses de matériel roulant soient sensiblement équivalentes s'explique par deux effets dont les impacts sur les coûts sont opposés :

- La grille d'exploitation de la ligne définit des services partiels sur la boucle du centre ville aux heures de pointe, et conduit donc à un dimensionnement du parc plus réduit qu'une exploitation de terminus à terminus;
- Le coût du matériel roulant est néanmoins plus élevé que sur des projets de tramway français pour tenir compte des adaptations du matériel roulant au contexte de Montréal (franchissement de pentes).

Le surcoût du projet de Montréal par rapport aux projets français s'explique de la façon suivante :

- Les dépenses d'acquisitions foncières sont très élevées du fait de l'acquisition du site Victoria pour le CdEE, d'un montant de \$70M.
- Les coûts de déviation des réseaux sont importants à Montréal car :
 - la densité des réseaux y est élevée;
 - la profondeur à considérer pour les déviations des réseaux est d'environ 1200mm sous le plan de roulement de manière à bâtir une sous couche de fondation suffisamment profonde pour minimiser les déformations de la plateforme liées au gel;
 - le coût de la déviation des réseaux concédés en France est pris en charge directement par le concessionnaire.

Dans une moindre mesure, le surcoût est lié :

- Aux coûts du centre d'entretien, qui s'expliquent par le besoin de créer une structure fermée, chauffée et suffisamment solide pour résister aux intempéries (neige...);
- Les aménagements urbains qui considèrent le réaménagement de 100% de l'espace public compris dans le projet de façade à façade (chaussées + trottoirs), sans aucun partage de coûts avec les travaux de déviation des réseaux (excavation, remblais...);
- À l'étendue des études, enquêtes et investigations qui sont considérées à la charge du maître d'ouvrage ainsi que la prise en compte d'une mission de contrôle qualité dans la mission d'ingénierie de base.

B. ESTIMATION DES COÛTS D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

10.0 COÛTS D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

10.1 OBJET

L'objet de cette partie est de définir les coûts d'exploitation, de maintenance et les frais de structure de la ligne de tramway.

De même que pour les coûts d'investissements initiaux, la précision de l'estimation des coûts d'exploitation et de maintenance se situe au stade de l'étude de faisabilité dans une fourchette de +/- 30%.

10.2 MÉTHODOLOGIE DE DÉCOMPOSITION DES COÛTS D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

Les coûts sont calculés en dissociant les frais liés à l'exploitation de la ligne, à la maintenance des installations fixes et du matériel roulant et les frais de structure.

Les conditions économiques sont celles de décembre 2009.

10.3 HYPOTHÈSES DE CALCUL

Le calcul des coûts d'exploitation et de maintenance est fondé sur les hypothèses suivantes :

- La production annuelle de véh.km est de 1.58 millions (cf. *Volume C1 – Exploitation du système de transport*)
- Le coût salarial moyen considéré (salaires et charges sociales) est de 67 500 \$. Ce coût salarial correspond à un travail de 1 880 heures par an.
- Le coût de l'énergie correspond au Tarif « M » d'Hydro-Québec, qui s'applique pour des puissances souscrites allant de 100kW à 5 000kW.

10.4 ESTIMATION DES COÛTS D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

Coûts d'exploitation

Ce sont les coûts liés directement aux véh.km produits. Ils intègrent :

- Les frais de personnel,
- Les dépenses liées à l'énergie.

Les effectifs d'exploitation comprennent des agents de conduite, régulation, contrôle, information voyageurs, et encadrement. Ils sont évalués à 118 personnes, dont 84 conducteurs.

Les dépenses liées à l'énergie couvrent les postes suivants :

- La consommation des rames : traction + chauffage/climatisation,
- Le chauffage des quais des stations pendant les mois d'hiver,
- Le réchauffage des aiguilles des appareils de voie et des drains,
- La consommation électrique du CdEE, en tenant compte de la nécessité de maintenir une température minimale de 5°C en tout temps dans l'espace dédié au remisage des véhicules.

La consommation électrique annuelle estimée pour la ligne de tramway est de 21,1 GWh.

Coûts de maintenance

Les coûts liés à la maintenance des véhicules et des infrastructures de transport collectif intègrent :

- Les frais de personnel de maintenance du matériel roulant (maintenance préventive et curative) et des installations fixes sur la ligne (voie, sous-stations, LAC, courants faibles...),
- Les achats de pièces détachées et les frais d'entretien de sous-traitance de certaines activités de maintenance et de nettoyage (entretien courant et nettoyage des stations, maintenance des systèmes courants faibles et signalisation, etc.).

Les effectifs de maintenance comprennent des ouvriers techniciens pour le matériel roulant et les installations fixes, du personnel commun aux deux activités (magasinier, secrétariat) et du personnel d'encadrement. Les effectifs de maintenance sont évalués à 50 personnes.

Le coût des pièces détachées pour la maintenance des installations fixes est évalué en fonction de la longueur de la ligne, alors que celui correspondant à la maintenance du matériel roulant est estimé en fonction du kilométrage.

Frais de structure

Les frais de structure comprennent les frais de personnel de structure liés à l'exploitation de la ligne et d'autres frais correspondant aux assurances, au marketing, au gardiennage, aux finances...

Les effectifs de structure sont évalués à 27 personnes. Les frais et services extérieurs sont évalués à 4% de l'ensemble des coûts d'exploitation et de maintenance.

10.5 RÉSULTATS

Les coûts d'exploitation et de maintenance liés à la production kilométrique de la ligne de tramway s'élèvent à **16,3 millions de \$** par an.

Les coûts totaux incluant les frais de structure s'élèvent à **19,2 millions de \$** par an

Tableau 10.1 Coût annuels d'exploitation du tramway

	Coût Global (M\$)	Coût / véh.km(\$/km)
Exploitation	9,8 M\$	6,2 \$/km
Maintenance	6,5 M\$	4,1 \$/km
Structure	2,9 M\$	1,8 \$/km
Total	19,2 M\$	12,2 \$/km

Sur la base d'une production kilométrique totale de 1,57 millions de véh.km annuels, le coût du tramway par kilomètre parcouru est de **12,2\$/km**.

Bien que difficilement comparable, on note que l'ordre de grandeur obtenu est cohérent avec celui généralement observé sur les tramways français, qui varie entre 7 et 8 EUR/véh.km pour les coûts d'exploitation et de maintenance (hors frais de structure).

C. ESTIMATION DES COÛTS D'ENTRETIEN MAJEUR

11.0 COÛTS D'ENTRETIEN MAJEUR

11.1 OBJET

L'objet de cette partie est de définir les coûts d'entretien majeur de la ligne de tramway, sur une durée de 30 années après la mise en service.

De même que pour les coûts d'investissements initiaux, l'estimation des coûts d'entretien majeur se situe, au stade de l'étude de faisabilité, offre une précision de +/- 30%.

11.2 HYPOTHÈSES DE CALCUL

La politique de renouvellement est étroitement liée à la politique de maintenance qui doit avoir comme objectif l'optimisation de la durée de vie du système de transport.

Les hypothèses retenues concernant les cycles de renouvellement sont celles décrites dans la section C-Principes de Maintenance du *Volume C1 – Exploitation du système de transport*.

Les principales hypothèses de renouvellement sur une durée de 30 ans sont les suivantes:

- Rénovation de 20% des revêtements de la plateforme tramway au bout de 15 ans d'exploitation (corridor bus-tramway sur René-Levesque),
- Ordinateurs, renouvellement tous les 7 ans. Les ordinateurs représentent environ 30% de l'investissement global courants faible (hors signalisation ferroviaire).
- Équipements électroniques et de téléphonie, renouvellement au bout de 15 ans. Ces équipements représentent 40% environ du coût d'investissement global courants faibles (hors signalisation ferroviaire).
- Équipements électroniques, automatismes de signalisation ferroviaire : renouvellement au bout de 15 ans. Ce poste représente environ 20% du montant de l'investissement initial global.
- Renouvellement de certains équipements de l'atelier dépôt au bout de 15ans : équipements de manutention fixes et mobiles, machines, outillages... Leur poids est d'environ 5% de l'investissement initial pour le CdEE.
- Rénovation de mi-vie pour le matériel roulant au bout de 15 ans. Cette opération permet de remettre à niveau le matériel sur le plan technique, du confort, de la sécurité et de l'esthétique. Le coût de cette opération est estimée à 25 % du coût du matériel roulant.

11.3 RÉSULTATS

Sur la base des hypothèses de renouvellement, les coûts d'entretien majeur du matériel roulant et des installations fixes du tramway sur une durée de 30 ans s'élèvent à **72.2 millions de \$**.

L'essentiel des coûts d'entretien majeur du tramway a lieu 15 ans après la mise en service de la ligne.

Tableau 11.1 Coût d'entretien majeur du tramway

Année de mise en service +	Coût d'entretien majeur (M\$)
7 ans	7,9 M\$
15 ans	56,5 M\$
22 ans	7,9 M\$
Total	72,2 M\$