

**MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC  
MINISTÈRE DES TRANSPORTS DE L'ONTARIO  
TRANSPORTS CANADA**

**Étude d'actualisation concernant la faisabilité d'un train haute  
vitesse dans le corridor Québec-Windsor**

**Livrable 6 : Mise à jour des coûts de construction et d'exploitation  
Partie 1 : Coûts de construction**

**Rapport final**

17 février 2011  
N/Réf. : P020563-0600-001-FR-01





Ministère des Transports du Québec  
Ministère des Transports de l'Ontario  
Transports Canada

Étude d'actualisation concernant la faisabilité d'un train haute vitesse dans le corridor Québec-Windsor

Livrable 6 : Mise à jour des coûts de construction et d'exploitation  
Partie 1 : Coûts de construction

Préparation par :

Jean-Claude Therrien, B.A., ing., M.S.E.  
Chef de groupe, Infrastructures  
(Coûts des infrastructures)

i.A. Dipl.-Ing. Ottmar Grein  
Chef de groupe, Systèmes et exploitation  
(Coûts des systèmes ferroviaires)

Approbation par :

Stéphane Robert, ing., P. Eng.  
Gestionnaire de contrat

**EcoTrain**

1060, rue University, bureau 600  
Montréal (Québec) Canada H3B 4V3  
Téléphone : 514-281-1010  
Télécopieur : 514-281-1060  
Courriel : [info@dessau.com](mailto:info@dessau.com)  
Site Web : [www.dessau.com](http://www.dessau.com)



EcoTrain



## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	IX
AVIS DE NON-RESPONSABILITÉ .....	XII
INTRODUCTION .....	1
<b>1 DÉMARCHE ET MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>3</b>
1.1 Démarche générale.....	3
1.1.1 Point de départ : estimations provenant de l'ÉPTRQO .....	3
1.1.2 Utilisation des mêmes sous-systèmes pour faciliter la comparaison .....	4
1.1.3 Année de référence de l'estimation.....	4
1.1.4 Examen et révision des hypothèses énoncées dans l'ÉPTRQO.....	5
1.1.5 Modification des quantités établies dans l'ÉPTRQO pour tenir compte des nouveaux résultats	5
1.1.6 Modification des coûts unitaires établis dans l'ÉPTRQO en fonction des nouvelles estimations	6
1.2 Type d'estimation des coûts.....	6
1.3 Modèle de coûts et sa structure .....	7
1.3.1 Ventilation .....	7
1.3.2 Regroupement .....	8
1.3.3 Sous-systèmes.....	9
<b>2 CONFIGURATION DU RÉSEAU.....</b>	<b>11</b>
2.1 Configuration du réseau – Technologie F200+ .....	11
2.1.1 Tracé représentatif.....	11
2.1.2 Voies ferrées.....	12
2.1.3 Alimentation et distribution d'énergie .....	12
2.1.4 Gares.....	12
2.1.5 Signalisation et télécommunications.....	12
2.1.6 Matériel roulant .....	13
2.1.7 Installations de maintenance.....	13
2.1.8 Systèmes d'information et billetterie.....	13
2.2 Configuration du système pour la technologie E300+.....	13
2.2.1 Tracé représentatif .....	13
2.2.2 Voies ferrées.....	14
2.2.3 Alimentation et distribution d'énergie .....	14
2.2.4 Gares.....	15



2.2.5	Signalisation et télécommunications.....	16
2.2.6	Matériel roulant.....	16
2.2.7	Installations de maintenance.....	16
2.2.8	Systèmes d'information et billetterie .....	16
3	ESTIMATIONS DES COÛTS DE L'INFRASTRUCTURE .....	17
3.1	Estimation des coûts d'acquisition des emprises.....	17
3.2	Estimation des coûts de terrassements et drainage.....	18
3.3	Estimation des coûts des ponts, viaducs et tunnels .....	18
3.4	Estimation des coûts des croisements étagés .....	19
3.5	Estimation des coûts des autres travaux d'aménagement.....	20
3.6	Estimation des coûts des gares .....	20
3.7	Coûts des mesures d'atténuation des impacts environnementaux.....	21
4	ESTIMATION DES COÛTS DES SYSTÈMES FERROVIAIRES .....	23
4.1	Estimation des coûts des voies ferrées .....	23
4.1.1	Éléments et coûts unitaires .....	23
4.1.2	Quantités pour la technologie F200+.....	25
4.1.3	Quantités pour la technologie E300+.....	26
4.2	Estimation des coûts d'alimentation et de distribution d'énergie.....	27
4.2.1	Technologie F200+ .....	27
4.2.2	Technologie E300+ .....	28
4.3	Estimation des coûts de signalisation et des télécommunications .....	29
4.3.1	Éléments et coûts unitaires .....	29
4.3.2	Quantités .....	31
4.4	Estimation des coûts du matériel roulant.....	32
4.4.1	Éléments et coûts unitaires .....	32
4.4.2	Quantités .....	32
4.5	Estimation des coûts des installations de maintenance .....	34
4.5.1	Éléments et coûts unitaires .....	34
4.5.2	Quantités .....	35
4.6	Estimation des coûts – Systèmes d'information et billetterie .....	37
4.6.1	Éléments et coûts unitaires .....	37
4.6.2	Quantités .....	38



5	ESTIMATION DES COÛTS DE DÉMARRAGE .....	39
5.1	Estimation des coûts de mise en service .....	39
5.2	Estimation des coûts d'administration .....	39
5.3	Estimation des coûts de formation .....	40
6	ESTIMATION GLOBALE DES COÛTS .....	41
6.1	Exactitude des coûts et éventualités .....	41
6.2	Estimation des coûts – Technologie F200+ .....	41
6.3	Estimation des coûts – Technologie E300+ .....	43
6.4	Comparaison des deux technologies .....	45
6.5	Comparaison avec des THV existants .....	46
6.6	Estimations détaillées pour les différents tronçons .....	48
7	CALENDRIER DE MISE EN OEUVRE .....	51
7.1	Évaluation environnementale .....	51
7.2	Définition du concept/Sélection du tracé .....	52
7.3	Avant-projet .....	53
7.4	Plans et devis .....	53
7.6	Construction générale et installation du matériel ferroviaire fixe .....	54
7.7	Préachats .....	54
7.8	Essais .....	54
8	ANALYSE DES RISQUES .....	57
8.1	Exactitude des estimations .....	57
8.2	Contingence projet et probabilité de respect du coût estimatif du projet .....	58
8.3	Modèle d'analyse Monte-Carlo .....	59
8.4	Résultats de l'analyse de risques .....	59
8.5	Recommandation .....	61
	ANNEXE A : DÉFINITION DES SOUS-SYSTÈMES, ÉLÉMENTS ET SOUS-ÉLÉMENTS .....	63
	ANNEXE B : LISTE DES COÛTS UNITAIRES POUR LE CALCUL DES COÛTS D'IMMOBILISATION. ....	65
	ANNEXE C : ÉTABLISSEMENT DES COÛTS UNITAIRES D'IMMOBILISATION INDIVIDUELS .....	67



ANNEXE D : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – ENSEMBLE DU PROJET QUÉBEC–WINDSOR..... 69

    D1 – Technologie F200+ .....69

    D2 – Technologie E300+ .....69

ANNEXE E : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON GÉOGRAPHIQUE QUÉBEC–MONTRÉAL..... 71

    E1 – Technologie F200+ .....71

    E2 – Technologie E300+ .....71

ANNEXE F : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON GÉOGRAPHIQUE MONTRÉAL–OTTAWA ..... 73

    F1 – Technologie F200+.....73

    F2 – Technologie E300+ .....73

ANNEXE G : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON GÉOGRAPHIQUE OTTAWA–TORONTO ..... 75

    G1 – Technologie F200+ .....75

    G2 – Technologie E300+ .....75

ANNEXE H : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON GÉOGRAPHIQUE TORONTO–WINDSOR ..... 77

    H1 – Technologie F200+ .....77

    H2 – Technologie E300+ .....77

ANNEXE I : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON FONCTIONNEL QUÉBEC–TORONTO ..... 79

    I1 – Technologie F200+ .....79

    I2 – Technologie E300+ .....79

ANNEXE J : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON FONCTIONNEL MONTRÉAL–TORONTO ..... 81

    J1 – Technologie F200+ .....81

    J2 – Technologie E300+ .....81

ANNEXE K : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON FONCTIONNEL TORONTO–WINDSOR ..... 83

    K1 – Technologie F200+ .....83

    K2 – Technologie E300+ .....83



ANNEXE L : CARTES À ÉCHELLE DE 1:50 000 – QUÉBEC À WINDSOR .....	85
L1 – Ottawa-Montréal .....	85
L2 – Montréal-Québec .....	85
L3 – Ottawa-Toronto.....	85
L4 – Toronto-Windsor .....	85

**TABLEAUX**

Tableau 1- 1 : ÉPTRQO, Sommaire des coûts d'immobilisation, à 200 km/h.....	3
Tableau 1- 2 : ÉPTRQO, Sommaire des coûts d'immobilisation, à 300 km/h.....	4
Tableau 4- 1 : Éléments de voie .....	23
Figure 4- 1 : Configuration type des nouvelles gares de THV.....	24
Tableau 4- 2 : Estimation de la longueur de la ligne principale pour la technologie F200+ .....	25
Tableau 4- 3 : Exigences pour les nouvelles voies et les aiguillages – Technologie F200+ .....	26
Tableau 4- 4 : Estimation de la longueur de la ligne principale pour la technologie E300+ .....	26
Tableau 4- 5 : Exigences pour les nouvelles voies et les aiguillages – Technologie E300+.....	27
Tableau 4- 6 : Longueur de voie simple exigeant l'installation de caténaire .....	29
Tableau 4- 7 : Matériel de signalisation – F200+ .....	31
Tableau 4- 8 : Matériel de signalisation – E300+ .....	31
Tableau 4- 9 : Nombre de trains nécessaires – F200+ .....	33
Tableau 4- 10 : Nombre de trains nécessaires – E300+ .....	33
Tableau 6- 1 : Marge d'exactitude et contingence projet .....	41
Tableau 6- 2 : THV Québec–Windsor – Coûts d'immobilisation totaux, F200+ .....	42
Tableau 6- 3 : THV Québec–Windsor – Coûts d'immobilisation totaux (E300+).....	44
Tableau 6- 4 : Comparaison des coûts d'immobilisation des deux technologies .....	45
Figure 6- 1 : Comparaison des technologies F200+ et E300+.....	46
Tableau 6- 5 : Coûts d'immobilisation des tronçons fonctionnels – F200+ (M\$ <sub>2009</sub> ).....	48
Tableau 6- 6 : Coûts d'immobilisation des tronçons fonctionnels – E300+ (M\$ <sub>2009</sub> ).....	49
Figure 7- 1 : Projet de THV Québec-Windsor : Calendrier général de mise en œuvre .....	55
Tableau 8- 1 : Marge d'exactitude vs niveau de conception .....	57
Tableau 8- 2 : Marge d'exactitude en 1995 et en 2009.....	58
Tableau 8- 3 : Sommaire des coûts du projet, contingence et exactitude.....	59
Tableau 8- 4 : Résultats des simulations Monte-Carlo.....	60
Tableau 8- 5 : Résultats des simulations Monte-Carlo par sous-système – Technologie F200+.....	60
Tableau 8- 6 : Résultats des simulations Monte-Carlo par sous-système – Technologie E300+ .....	61
Tableau 8- 7 : Contingence projet prescrite pour chaque sous-système .....	62

**FIGURES**

Figure 4- 1 : Configuration type des nouvelles gares de THV.....	24
Figure 6- 1 : Comparaison des technologies F200+ et E300+.....	46
Figure 7- 1 : Projet de THV Québec-Windsor : Calendrier général de mise en œuvre .....	55



## LISTE DES ABRÉVIATIONS

Les définitions ci-après s'appliquent à l'ensemble du document, sauf indication contraire :

ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias – Gestionnaire d'infrastructure (anciennement GIF)
Aéroport CdG	Aéroport Charles-de Gaulle
AFITF	Agence de financement des infrastructures de transport de France
AG	Aktiengesellschaft – Société ouverte à responsabilité limitée
AVE	Alta Velocidade Española (grande vitesse espagnole)
BEI	Banque européenne d'investissement
BVWP	Plan fédéral des infrastructures de transport
CCVM	Coût du cycle de vie du matériel
CE	Commission européenne
CCE	Centre de commande d'exploitation
CIADT	Comité interministériel d'aménagement et de développement du territoire
CPER	Contrat de projets État-Région
DB	Deutsche Bahn – Société ferroviaire allemande
DG TREN	Direction générale de l'énergie et des transports
DGITM	Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer
Directive UE	Acte législatif de l'Union européenne qui lie tout État membre destinataire quant au résultat à atteindre, tout en lui laissant la compétence quant à la forme et aux moyens
EBA	Eisenbahn Bundes Amt – Office fédéral des chemins de fer
EPIC	Établissement public industriel et commercial (entreprise financée par des fonds publics, mais exploitée comme une société privée)



ERTMS	Système de gestion du trafic ferroviaire européen
FEVE	Ferrocarriles de Vía Estrecha – Chemin de fer à voie étroite
GES	Gaz à effet de serre
GI	Gestionnaire d'infrastructure
GIF	Gestor de Infraestructuras Ferroviárias – Gestionnaire d'infrastructure (avant l'entrée en vigueur de la « loi sur le secteur ferroviaire » LSF)
ICE	Intercity Express – Trains à haute vitesse allemands (et réseau)
LGV	Ligne à grande vitesse
Livre blanc	Document contenant des propositions d'action communautaire dans un domaine spécifique
Livre vert	Document publié par la Commission européenne dont le but est de stimuler une réflexion au niveau européen sur un sujet particulier
LSF	Loi sur le secteur ferroviaire (39/2003)
MEEDM	Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer
PBA	Paris-Bruxelles-Amsterdam
PBKA	Paris-Bruxelles-Köln-Amsterdam
PEIT	Plan stratégique d'infrastructures et de transport
PPP	Partenariat public-privé
RENFE	Red Nacional de Ferrocarriles Españoles – Réseau national des chemins de fer espagnols
RFF	Réseau Ferré de France
RFI	Red Ferroviaria de Interés General – Réseau ferroviaire d'intérêt général espagnol



SEC95	Manuel d'Eurostat pour le déficit public et la dette publique
SEITT	Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre – Société d'État des infrastructures de transport terrestre
SNCF	Société nationale des chemins de fer français
SNIT	Schéma national des infrastructures de transport
STI	Spécifications techniques d'interopérabilité (Agence ferroviaire européenne)
TCAC	Taux de croissance composé
TEN-T	Trans-European Network – Transport
TER	Transport express régional
TGV	Train à grande vitesse
THV	Train haute vitesse
t-km	Tonne-kilomètre
TOC	Train Operating Company (société d'exploitation ferroviaire)
Train à haute performance	Appellation espagnole pour les trains à haute vitesse
UE	Union européenne (anciennement Communauté économique européenne ou (E)EC/CE(E)
UIC	Union internationale des chemins de fer



## Avis de non-responsabilité

À la suite de la publication par EcoTrain de l'ébauche de ce rapport, EcoTrain a été informé que les tarifs aériens précédemment reçus en vue d'établir les prévisions de clientèle et de recettes, lesquelles sont des intrants au présent rapport, nécessitaient des corrections impliquant de grandes variations dans les ajustements des tarifs aériens d'une paire de villes à une autre.

En raison de l'impact potentiel de ces corrections sur les résultats des analyses, EcoTrain a recommandé aux gouvernements que des travaux supplémentaires soient entrepris pour réviser les prévisions de clientèle et de recettes en utilisant les tarifs aériens corrigés et pour réviser également les analyses qui en découlent. EcoTrain croit que l'utilisation des tarifs aériens corrigés aurait pu avoir un effet global positif en termes de clientèle, de recettes, de rapport bénéfices/coûts et de rendement financier du THV dans le corridor Québec - Windsor. L'effet aurait pu être passablement différent, de minimal à significatif, d'un tronçon ou d'une paire de villes à l'autre.

Les gouvernements ont demandé à EcoTrain de ne pas effectuer ces travaux supplémentaires. La raison invoquée par les gouvernements étant que, puisque les résultats sont des évaluations de type « ordre de grandeur », et que les gouvernements estiment que les changements de tarifs aériens et les prévisions en découlant ne changeraient pas substantiellement les décisions consécutives à cette étude; ils n'ont pas voulu que de telles révisions aux prévisions retardent la fin de l'étude.

En conséquence, EcoTrain ne peut pas être tenu responsable des décisions prises sur la base de ces prévisions et analyses non corrigées.



## INTRODUCTION

Le présent document constitue le rapport final du Livrable 6, *Mise à jour des coûts de construction et d'exploitation*, qui fait partie de l'*Étude d'actualisation concernant la faisabilité d'un train haute vitesse dans le corridor Québec-Windsor*, ci-après désignée la « présente étude ».

Le Livrable 6 vise à « mettre à jour les coûts de construction et le calendrier de construction (...) en fonction des tracés représentatifs (...) et des technologies recommandées (...) ».

La présente étude étant une mise à jour de l'*Étude du projet de train rapide Québec-Ontario (ÉPTRQO)*, elle prend comme point de départ les coûts estimatifs de construction et d'exploitation présentés dans les rapports de l'ÉPTRQO : *Évaluation préliminaire du tracé et des coûts* et *Exploitation et coûts du réseau*.

Le Livrable 6 examine, met à jour et complète, au besoin, les estimations de coûts présentées dans ces études, en tenant compte des changements entre les conditions de 1993 (date de ces estimations de coûts) et celles de 2009, ainsi que des résultats figurant dans les Livrables précédents de la présente étude, en particulier les Livrables 4 (*Examen de la technologie de THV disponible*) et 5 (*Examen des options de tracés représentatifs*).

Deux rapports sont établis et présentés pour le Livrable 6 :

- ✦ le présent rapport (Partie 1) qui contient la mise à jour des estimations des coûts de construction et d'autres coûts d'immobilisation, et qui traite aussi du calendrier de mise en œuvre du projet et des risques;
- ✦ un autre rapport (Partie 2) qui présente la mise à jour des estimations des coûts d'exploitation et de maintenance.

Le présent rapport se divise comme suit :

- ✦ la section 1 présente la démarche et la méthodologie utilisées dans le Livrable 6;
- ✦ la section 2 décrit la configuration des réseaux pour lesquels les estimations de coûts ont été mises à jour : les configurations sont différentes pour les deux technologies représentatives adoptées dans la présente étude, comme décrites dans le Livrable 4;
- ✦ la section 3 présente la mise à jour des estimations des coûts de construction des infrastructures et des gares. Les éléments d'infrastructure pris en compte sont les suivants : acquisition d'emprises; terrassements et drainage; ponts, viaducs et tunnels; croisements étagés; autres travaux d'aménagement;
- ✦ la section 4 présente la mise à jour des estimations des coûts pour l'acquisition et la mise en place des éléments des systèmes ferroviaires suivants : voies ferrées; alimentation et



distribution d'énergie; signalisation et télécommunications; matériel roulant; installations de maintenance; systèmes d'information et billetterie;

- ⊕ la section 5 présente les estimations d'autres coûts d'immobilisation non liés à la construction, qui sont regroupés sous la rubrique « Démarrage » : mise en service, administration et formation;
- ⊕ la section 6 présente les estimations de coûts globales actualisées pour les technologies F200+ et E300+;
- ⊕ la section 7 présente le calendrier prévu de mise en œuvre du projet;
- ⊕ la section 8 présente l'analyse de risques.



# 1 DÉMARCHE ET MÉTHODOLOGIE

## 1.1 Démarche générale

### 1.1.1 Point de départ : estimations provenant de l'ÉPTRQO

Les estimations des coûts d'immobilisation de l'ÉPTRQO, en dollars de 1993, sont présentées dans le tableau 1-1, pour ce qui est de la *technologie à 200 km/h (pendulaire)* sur le tracé représentatif mixte (ou composite) via Dorval, et dans le tableau 1-2, pour la *technologie à 300 km/h (non pendulaire)* sur le tracé représentatif mixte via Mirabel.

Tableau 1-1 : ÉPTRQO, Sommaire des coûts d'immobilisation, à 200 km/h

6 oct. 94				
ÉTUDE DU SYSTÈME DE TRAIN RAPIDE - ÉTABLISSEMENT DES COÛTS				
SOMMAIRE DES COÛTS D'IMMOBILISATION Composite (via Dorval) à 200 km/h corridor QW				
	Coûts de base	Services professionnels	Éventualités	Total
Emprise	380,64	40,92	45,56	467,12
Travaux de terrassement/plateforme	1 182,67	294,14	177,40	1 654,21
Ponts	528,90	95,80	52,89	677,59
Croisements étagés	803,50	156,35	145,96	1 105,80
Autres installations	98,01	20,98	29,40	148,39
Voie	860,49	131,55	44,68	1 036,72
Réseau de distribution d'électricité	687,42	130,18	103,11	920,71
Gares	370,70	67,15	37,07	474,92
Réseau de transport de passagers (inclus dans les gares)	0,00	0,00	0,00	0,00
Signalisation	350,38	79,83	52,56	482,77
Communications	196,18	44,70	29,43	270,30
Installations d'entretien du matériel	143,04	13,14	19,71	175,88
Installations d'entretien de l'infrastructure	132,66	0,00	0,00	132,66
Systèmes d'information/vente des billets	45,61	0,00	0,00	45,61
Matériel roulant	1 204,94	105,83	117,97	1 428,74
Mise en service	0,00	102,33	0,00	102,33
Administration	93,17	0,00	0,00	93,17
Démarrage et formation	60,61	0,00	0,00	60,61
<b>TOTAL DES COÛTS D'IMMOBILISATION INITIAUX</b>	<b>7 138,91</b>	<b>1 282,89</b>	<b>955,74</b>	<b>9 277,55</b>
<b>Besoins supplémentaires du parc</b>				
	<i>année 2009</i>	<i>5 unités</i>		117,11
	<i>année 2013</i>	<i>5 unités</i>		117,11
	<i>année 2017</i>	<i>3 unités</i>		70,27
	<i>année 2021</i>	<i>5 unités</i>		117,11
	<b>Total</b>	<b>18 unités</b>		<b>421,60</b>
<b>Révisions du matériel roulant</b>	<i>total, années 2005-2025</i>			<b>424,41</b>
<b>Renouvellement de l'infrastructure</b>	<i>total, années 2005-2025</i>			<b>0,00</b>
<b>Autres coûts d'immobilisation continus</b>	<i>total, années 2005-2025</i>			<b>207,23</b>
<i>Contre-vérification des coûts d'immobilisation initiaux</i>				<b>(0,00)</b>

Source : ÉPTRQO – *Exploitation et coûts du réseau*, CIGGT, octobre 1994



Tableau 1- 2 : ÉPTRQO, Sommaire des coûts d'immobilisation, à 300 km/h

6 oct. 94				
ÉTUDE DU SYSTÈME DE TRAIN RAPIDE - ÉTABLISSEMENT DES COÛTS				
SOMMAIRE DES COÛTS D'IMMOBILISATION Composite (via Mirabel) à 300 km/h corridor QW				
	Coûts de base	Services professionnels	Éventualités	Total
Emprise	398,18	42,80	47,67	488,65
Travaux de terrassement/plateforme	1 353,60	334,41	203,04	1 891,05
Ponts	557,05	100,90	55,70	713,66
Croisements étagés	1 203,91	227,98	180,59	1 612,48
Autres installations	105,98	22,69	31,80	160,47
Voie	881,78	134,58	45,76	1 062,11
Réseau de distribution d'électricité	673,41	127,52	101,01	901,94
Gares	303,20	54,92	30,32	388,44
Réseau de transport de passagers (inclus dans les gares)	0,00	0,00	0,00	0,00
Signalisation	427,95	97,51	64,19	589,65
Communications	197,07	44,90	29,56	271,53
Installations d'entretien du matériel	160,04	14,84	22,26	197,13
Installations d'entretien de l'infrastructure	133,47	0,00	0,00	133,47
Systèmes d'information/vente des billets	46,90	0,00	0,00	46,90
Matériel roulant	1 290,34	113,33	126,33	1 530,00
Mise en service	0,00	105,63	0,00	105,63
Administration	93,16	0,00	0,00	93,16
Démarrage et formation	67,58	0,00	0,00	67,58
<b>TOTAL DES COÛTS D'IMMOBILISATION INITIAUX</b>	<b>7 893,63</b>	<b>1 422,02</b>	<b>938,22</b>	<b>10 253,87</b>
<b>Besoins supplémentaires du parc</b>				
	<i>année 2009</i>	<i>4 unités</i>		120,00
	<i>année 2013</i>	<i>4 unités</i>		120,00
	<i>année 2017</i>	<i>4 unités</i>		120,00
	<i>année 2021</i>	<i>3 unités</i>		90,00
	<i>Total</i>	<i>15 unités</i>		450,00
<b>Révisions du matériel roulant</b>				509,34
	<i>total, années 2005-2025</i>			
<b>Renouvellement de l'infrastructure</b>				0,00
	<i>total, années 2005-2025</i>			
<b>Autres coûts d'immobilisation continus</b>				210,67
	<i>total, années 2005-2025</i>			
<i>Contre-vérification des coûts d'immobilisation initiaux</i>				(0,00)

Source : ÉPTRQO – *Exploitation et coûts du réseau*, CIGGT, octobre 1994

### 1.1.2 Utilisation des mêmes sous-systèmes pour faciliter la comparaison

Afin de faciliter et d'améliorer l'établissement des coûts de construction actualisés dans le présent Livrable ainsi que leur comparaison avec ceux de l'ÉPTRQO, EcoTrain a conçu son modèle de coûts (décrit à la section 1.4) en fonction de la structure des coûts d'immobilisation ci-dessus.

Plus précisément, les sous-systèmes utilisés dans le modèle de coûts d'EcoTrain sont basés sur les éléments de coût définis dans l'*Évaluation préliminaire du tracé et des coûts<sup>1</sup> (PTRQO-EPTC)*, et qui figurent dans les tableaux 1-1 et 1-2 ci-dessus.

### 1.1.3 Année de référence de l'estimation

Dans l'ÉPTRQO, l'estimation était basée sur les prix en vigueur en 1993.

Dans la présente étude, l'année de référence choisie pour l'estimation des coûts est 2009.

<sup>1</sup> PTRQO : *Évaluation préliminaire du tracé et des coûts*, Rapport provisoire n° 3, SNC-Lavalin/Delcan, février 1994



#### 1.1.4 Examen et révision des hypothèses énoncées dans l'ÉPTRQO

Voici les hypothèses adoptées pour la présente étude :

- a. L'ensemble de la ligne de THV entre Québec et Windsor sera à double voie et constitué de matériel de voie neuf, peu importe qu'il y ait ou non déjà des voies utilisées pour le service passagers sur le tracé prévu (l'ÉPTRQO proposait l'utilisation des voies existantes si celles-ci étaient en bon état et que la vitesse d'exploitation était inférieure à 200 km/h);
- b. Les emprises existantes seront partagées avec les autres services passagers dans les zones urbaines de forte densité où l'acquisition de terrains est impossible ou inabordable; les trains marchandises devront circuler en dehors des heures d'exploitation du THV (comme prévu dans l'ÉPTRQO);
- c. Dans les zones rurales où le tracé du THV suit une emprise ferroviaire existante (corridor partagé), une bande de terrain supplémentaire d'une largeur de 40 m à l'usage exclusif du THV devrait être acquise le long de l'emprise existante (comme prévu dans l'ÉPTRQO);
- d. Dans les zones rurales, les nouvelles emprises du THV – pour la correction des courbes et les nouveaux alignements – auront une largeur de 50 m (comme prévu dans l'ÉPTRQO);
- e. Tous les passages à niveau existants, incluant les passages de ferme privés, seront éliminés sur le tracé du THV, y compris ceux qui se trouvent dans les villes, et aucun autre ne sera ajouté (l'ÉPTRQO acceptait les passages à niveau sur les routes secondaires à faible densité de circulation où la vitesse d'exploitation maximale était inférieure à 200 km/h); la pratique actuelle à l'échelle internationale est d'éliminer ce type de passages sur les tracés de THV, peu importe la vitesse de circulation;
- f. À la demande des membres du Comité technique de l'Ontario et du Québec, aucune route ne sera fermée et détournée : des croisements étagés seront aménagés (l'ÉPTRQO prévoyait la fermeture et le détournement de nombreuses routes secondaires).

#### 1.1.5 Modification des quantités établies dans l'ÉPTRQO pour tenir compte des nouveaux résultats

Dans le Livable 4 de la présente étude, deux technologies représentatives actualisées ont été définies. Ces technologies représentatives sont différentes de celles utilisées dans l'ÉPTRQO quant à leur capacité (nombre de sièges) et à leur performance.

Pour tenir compte de ces différences au moment de la mise à jour des quantités, on a dû recalculer le nombre de trains nécessaires, ainsi que la quantité de tous les éléments de coût se rapportant aux caractéristiques techniques, à la performance et à la capacité du train : temps de déplacement (taille du parc), garages, installations de maintenance, etc.

Dans le Livable 5 de la présente étude, des tracés représentatifs actualisés ont été définis. Ces tracés représentatifs mis à jour diffèrent en partie de ceux utilisés dans l'ÉPTRQO, comme expliqué



dans le rapport du Livrable 5 et montré sur les cartes à échelle de 1:250 000 qui accompagnent ce rapport. Pour tenir compte de ces différences, les quantités de tous les éléments de coûts qui varient en fonction des modifications apportées au tracé, à son alignement et à ses caractéristiques (acquisition d'emprises, terrassements et drainage, ponts, viaducs et tunnels, croisements étagés, etc.) ont été évaluées comme suit :

- ⊕ quand le tracé représentatif mis à jour dans la présente étude (comme défini plus en détail dans le rapport du Livrable 5) suit le tracé représentatif mixte décrit dans l'ÉPTRQO, les *quantités* associées aux travaux d'infrastructure utilisées aux fins d'estimation des coûts dans le présent Livrable sont celles qui ont été établies dans le Rapport provisoire n° 3 de PTRQO-EPTC;
- ⊕ quand le tracé représentatif mis à jour dans la présente étude ne suit pas le tracé représentatif mixte décrit dans l'ÉPTRQO, les nouvelles *quantités* utilisées aux fins d'estimation des coûts sont basées sur un nouvel alignement défini dans le présent Livrable.

### 1.1.6 Modification des coûts unitaires établis dans l'ÉPTRQO en fonction des nouvelles estimations

Si ce n'est qu'en raison du temps qui s'est écoulé entre l'estimation des coûts de l'ÉPTRQO (1993) et celle de la présente étude (2009), on a dû mettre à jour tous les coûts unitaires. En outre, pendant cette période, les différents facteurs influant sur les coûts de construction ont évolué de façon différente, inégale et non linéaire : technologie, productivité, prix du carburant et des matériaux, rémunération de la main-d'œuvre, etc.

Les coûts unitaires estimatifs établis dans la présente étude n'ont pas été mis à jour par la simple majoration des coûts figurant dans l'ÉPTRQO au moyen d'un indice de variation de prix comme l'IPC (indice des prix à la consommation), car le résultat aurait été extrêmement peu satisfaisant.

Pour obtenir des estimations plus exactes et plus réalistes, on a donc développé de nouveaux coûts unitaires pour tous les éléments de coût.

Quand c'était possible, on a mis à jour les coûts unitaires en se basant sur les coûts de projets (ou éléments de projets) récents et similaires. Autrement, on a développé une méthode appropriée qui permet d'obtenir la meilleure estimation possible du coût unitaire de chaque élément de coût. Les méthodes utilisées pour chacun des sous-systèmes sont expliquées séparément à la section 3 et plus en détail à l'annexe C.

## 1.2 Type d'estimation des coûts

Il est important de rappeler au lecteur le type d'estimation des coûts qui a été effectué dans le cadre de l'ÉPTRQO, ainsi que dans celui de la présente étude et qui figure dans le présent rapport.



L'estimation est conforme à ce que l'Association des ingénieurs-conseils du Québec (AICQ) et l'Association des ingénieurs-conseils du Canada (AICC) désignent une « Étude de pré faisabilité », et qu'elles définissent<sup>2</sup> comme suit :

- ⊕ “Ces études visent à clarifier les besoins du demandeur, à préciser les objectifs du *projet* et à identifier le *projet*<sup>3</sup> en termes de produits ou de services à livrer et de contraintes à respecter lors de la réalisation. Elles sont souvent constituées d'études de marché, d'études bénéfices-coûts et de recherches sur des *projets* similaires déjà réalisés afin de déterminer les caractéristiques techniques générales et un coût très approximatif pour la réalisation d'un tel *projet* : l'*estimation des coûts* résultante est réputée être de classe D (voir définition à la section 5.1).”
- ⊕ “Il est parfois nécessaire de faire une revue complète d'études antérieures déjà entreprises sur le sujet et même de faire certains relevés pour améliorer la connaissance du besoin ou du problème à cette étape ; ces dernières études devraient toutefois être limitées aux seules *activités* requises pour établir l'*estimation* de classe D, afin de minimiser les dépenses à être encourues par le client, au cas où celui-ci déciderait de ne pas poursuivre le *projet*”.

L'AICC et l'AICQ définissent une estimation de concept de Classe D comme suit :

- ⊕ “Cette *estimation*, également appelée *estimation paramétrique*, est généralement préparée au cours des *études de pré faisabilité*. Elle n'a pour but que d'établir s'il y a intérêt à entreprendre un avant-projet, c'est-à-dire des *études préparatoires* et des *plans et devis sommaires* pour le *projet* en question. L'estimation de classe D est souvent préparée à partir de données historiques compilées sur des *projets* comparables déjà complétés, dont les coûts sont ajustés avec des facteurs tenant compte de l'année de construction, de la capacité de production, s'il s'agit d'une usine, des dimensions et autres paramètres généraux de même nature. Elle est très sommaire et est établie à partir d'un minimum de renseignements et, en conséquence, comporte une marge d'erreur importante (20 % à 100 %).”

### 1.3 Modèle de coûts et sa structure

Pour établir les estimations actualisées des coûts de construction et des autres coûts d'immobilisation, EcoTrain a mis au point un modèle de coûts dont la structure est basée sur celle qui a été utilisée dans PTRQO-EPTC, ce qui permet de faciliter les comparaisons.

Ce modèle, qui est constitué essentiellement d'un ensemble de tableaux Excel interreliés, est structuré comme suit.

#### 1.3.1 Ventilation

Des estimations de coûts actualisées distinctes ont été établies pour les deux technologies représentatives, en fonction du tracé représentatif actualisé associé à chacune d'elles.

<sup>2</sup> Association des ingénieurs-conseils du Québec et Association des ingénieurs-conseils du Canada, *Guide et lexique de gestion des services d'ingénierie*, ISBN 2-980-59670-1

<sup>3</sup> Les mots et expressions en italique ont une définition particulière dans le document en référence



Aux fins d'estimation, les coûts ont été ventilés comme suit.

- ⊕ Les coûts de construction et autres coûts d'immobilisation sont d'abord divisés en 13 sous-systèmes (voir 1.3.3), de façon similaire à PTRQO-EPTC.
- ⊕ Chaque sous-système est d'abord divisé en deux secteurs : services professionnels/gestion de projet et approvisionnement/construction/installation (incluant le matériel, les matériaux, le transport et la distribution); PTRQO-EPTC définissait cinq secteurs différents, mais finalement seulement deux d'entre eux – n° 1 et n° 4 – ont été utilisés.
- ⊕ Chaque secteur est ensuite subdivisé en un certain nombre d'éléments et sous-éléments, selon les besoins. Par exemple, le secteur n° 4 du sous-système B, Terrassements et drainage, est subdivisé en 13 éléments différents (préparation de l'assiette (nettoyage, déboisement, décapage...), systèmes de drainage, écrans acoustiques, etc.) et 22 sous-éléments.
- ⊕ Les quantités (voir 1.1.5) et les coûts unitaires (au moyen de l'unité de mesure appropriée, voir 1.1.6) sont évalués pour chaque élément ou sous-élément de coût.
- ⊕ Les quantités associées aux travaux d'infrastructure (sous-systèmes B à E) sont totalisées par sous-tronçon de 20 km, comme dans PTRQO-EPTC.

### 1.3.2 Regroupement

- ⊕ Pour compléter l'estimation, les quantités mises à jour pour chaque sous-tronçon de 20 km sont regroupées comme suit :
  - pour chacun des quatre tronçons d'analyse des infrastructures (ou « tronçons géographiques ») : Québec-Montréal, Montréal-Ottawa, Ottawa-Toronto et Toronto-Windsor;
  - pour chacun des quatre tronçons fonctionnels, qui doivent faire l'objet d'une analyse sur les plans financiers et de l'exploitation comme scénarios de mise en œuvre : Québec-Windsor, Québec-Toronto, Montréal-Toronto et Toronto-Windsor.
- ⊕ Les quantités sont multipliées par leurs coûts unitaires respectifs, ce qui permet d'obtenir une estimation pour chaque élément et sous-élément.
- ⊕ Les coûts estimatifs approvisionnement/construction/installation de tous les éléments et sous-éléments de chaque sous-système sont additionnés.
- ⊕ Comme dernier élément du secteur 4, Approvisionnement/Construction/Installation, on ajoute une *Contingence Projet*, qui est différente pour chaque sous-système. La contingence projet est définie comme suit par l'AICC<sup>4</sup> : « Montant estimé pour tenir compte des inconnues possibles reliées aux hypothèses de travail et qui correspond normalement à un certain pourcentage du coût estimatif du projet. Ce pourcentage diminue au fur et à mesure du progrès des études. La réserve pour contingence peut aussi impliquer une quantité de temps disponible dans la cédule » (p. 80). Dans la présente étude, cette contingence contient un montant supplémentaire pour faire

<sup>4</sup> Association des ingénieurs-conseils du Canada, *Guide et lexique de gestion des services d'ingénierie*, ISBN 2-980-59670-1



en sorte d'obtenir un coût de projet dans lequel toutes les parties prenantes auront confiance (voir la section 8 pour d'autres renseignements à ce sujet).

- # Finalement, dans le secteur 1, des pourcentages sont ajoutés aux coûts du secteur 4 pour tenir compte des honoraires relatifs aux services professionnels et à la gestion de projet.

### 1.3.3 Sous-systèmes

Voici la liste des 13 sous-systèmes :

- A. Acquisition d'emprises
- B. Terrassements et drainage
- C. Ponts, viaducs et tunnels
- D. Croisements étagés
- E. Autres travaux d'aménagement
- F. Voies ferrées
- G. Alimentation et distribution d'énergie
- H. Gares
- I. Signalisation et télécommunications
- J. Matériel roulant
- K. Installations de maintenance
- L. Systèmes d'information et billetterie
- M. Démarrage

Les estimations (coûts unitaires et quantités) des sous-systèmes A, B, C, D, E et H, qui sont liées aux tracés, ont été établies par le groupe Infrastructures d'EcoTrain.

Les estimations (coûts unitaires et quantités) des sous-systèmes F, G, I, J, K et L, qui comportent d'importantes caractéristiques associées à la technologie, ont été établies par le groupe Systèmes et Exploitation d'EcoTrain.

Les estimations du sous-système M (qui comprend les éléments mise en service, administration et formation) sont des sommes forfaitaires qui ont été établies conjointement par les deux groupes mentionnés ci-dessus.





## 2 CONFIGURATION DU RÉSEAU

La présente section décrit, pour chaque technologie représentative<sup>5</sup>, la configuration du réseau qui a servi de base à l'établissement des coûts d'immobilisation actualisés.

### 2.1 Configuration du réseau – Technologie F200+

#### 2.1.1 Tracé représentatif<sup>6</sup>

Voici un aperçu général du tracé représentatif actualisé pour la technologie représentative F200+, décrit en détail dans le rapport du Livrable 5.

- ✦ De Québec à Montréal, le tracé suit la Rive-Nord du Saint-Laurent, en grande partie le long de l'emprise existante du Chemin de fer Québec-Gatineau, puis rejoint Montréal en empruntant certaines parties des emprises du Canadien Pacifique et du Canadien National.
- ✦ De Montréal à Ottawa, le tracé emprunte l'emprise existante du Canadien National de la gare Centrale jusqu'à Coteau, puis celle de Via Rail (sauf là où les courbes doivent être modifiées) jusqu'à Ottawa.
- ✦ D'Ottawa à Toronto, le tracé suit d'abord les emprises existantes jusqu'à Smiths Falls, puis une nouvelle emprise jusqu'à Napanee, où il suit l'emprise du Canadien National dans la subdivision de Kingston jusqu'à Oshawa et finalement, dans cette même emprise, atteint Toronto (annexe L3).
- ✦ De Toronto à London, le tracé suit les emprises existantes de GO Transit, du Canadien National et du Canadien Pacifique, et emprunte une nouvelle emprise qui contourne les villes de Paris et de Woodstock (annexe L4).
- ✦ De London à Windsor, le tracé suit les emprises existantes du Canadien National et du Canadien Pacifique, et emprunte une nouvelle emprise qui contourne la ville de Chatham (annexe L4).

Pour la mise à jour des coûts d'infrastructure et des autres coûts associés à ce tracé :

- ✦ tous les *coûts unitaires* utilisés dans l'ÉPTRQO ont été actualisés (section 3);
- ✦ là où le tracé représentatif actualisé de la présente étude suit le tracé représentatif mixte de l'ÉPTRQO, les *quantités* utilisées pour l'estimation des coûts sont celles de l'ÉPTRQO;
- ✦ là où le tracé représentatif actualisé de la présente étude ne suit pas le tracé représentatif mixte de l'ÉPTRQO, les *quantités* utilisées pour l'estimation des coûts sont basées sur un alignement défini dans le cadre du présent Livrable.

<sup>5</sup> Le rapport du Livrable 4 définit le concept de technologie représentative et décrit les deux technologies représentatives qui ont été retenues aux fins d'analyse plus complète dans la présente étude, nommées F200+ et E300+.

<sup>6</sup> Les motifs pour le recours à des tracés représentatifs dans la présente étude sont expliqués à la section 1 du rapport du Livrable 5.



Cet alignement mis à jour a été établi en fonction des caractéristiques géométriques et des autres exigences de la technologie représentative actualisée F200+ et de celles des tracés représentatifs actualisés décrits ci-dessus.

L'alignement mis à jour est montré sur un ensemble d'environ 80 cartes à l'échelle 1:50 000, qui font partie du présent rapport, mais qui sont présentées dans un document distinct.

## 2.1.2 Voies ferrées

Le réseau de THV basé sur la technologie représentative F200+ est formé de voies existantes partagées ainsi que de nouvelles voies ballastées et non ballastées (définies dans le rapport du Livrable 4). Se reporter à la section 4.1 pour obtenir des données détaillées à ce sujet.

## 2.1.3 Alimentation et distribution d'énergie

Comme la technologie F200+ fait appel à la traction diesel, elle ne nécessite que des postes de ravitaillement en carburant à certaines gares passagers. Les besoins spécifiques en équipement et les coûts de construction associés sont décrits à la section 4.2.

## 2.1.4 Gares

Les gares envisagées pour le tracé à technologie F200+ sont les suivantes :

- ✦ Québec : la gare du Palais existante et une nouvelle gare à L'Ancienne-Lorette;
- ✦ Trois-Rivières : une nouvelle gare;
- ✦ Montréal : la gare Centrale existante et de nouvelles gares à Laval et à Dorval;
- ✦ Ottawa : la gare de Via Rail existante;
- ✦ Toronto : la gare Union existante et de nouvelles gares à Oshawa et à Hamilton;
- ✦ London et Windsor : une nouvelle gare dans chaque ville.

Les coûts de construction et autres coûts d'immobilisation associés à ces gares sont décrits à la section 3.6.

## 2.1.5 Signalisation et télécommunications

Aux fins de l'estimation des coûts, on présume que le réseau de THV basé sur la technologie représentative F200+ fera appel au système de signalisation ERTMS-2. Ce choix est justifié dans le rapport du Livrable 4, où est aussi décrit le système de signalisation en question. Les coûts actualisés associés à l'acquisition et à l'installation du matériel de signalisation et de télécommunications de ce type sont traités à la section 4.3.



### 2.1.6 Matériel roulant

Le matériel roulant pour le réseau de THV basé sur la technologie représentative F200+ est constitué de trains à propulsion diesel, d'une longueur approximative de 200 m, à motorisation concentrée (matériel de traction constitué de motrices avec cabine à chaque extrémité du train), comportant huit voitures-coaches articulées et ayant une capacité de 400 sièges.

La configuration et la performance de ces trains sont expliquées plus en détail dans le rapport du Livrable 4.

Le nombre nécessaire de trains pour la technologie F200+ et leur coût d'acquisition unitaire (par train) figurent à la section 4.4.

### 2.1.7 Installations de maintenance

Le réseau de THV à technologie F200+ nécessite des installations pour la maintenance du matériel roulant, des voies, de l'équipement d'alimentation et distribution d'énergie et du système de signalisation ainsi que des installations pour le garage de nuit des véhicules à différents points désignés sur la ligne. Ces installations ont pu être mentionnées dans les rapports antérieurs, mais n'y ont pas fait l'objet d'un examen. Dans le cadre du Livrable 6, on a déterminé les besoins pour le réseau à technologie F200+, décrit les installations nécessaires et établi les coûts d'immobilisation correspondants. Pour plus de renseignements à ce sujet, se reporter à la section 4.5.

### 2.1.8 Systèmes d'information et billetterie

L'exploitation du réseau de THV à technologie F200+ exige la mise en place de systèmes d'information et de billetterie. Ces systèmes ont pu être mentionnés dans les rapports antérieurs, mais n'y ont pas fait l'objet d'un examen. Dans le cadre du Livrable 6, on a déterminé et décrit l'équipement et les installations nécessaires à ces systèmes et établit les coûts d'immobilisation correspondants. Pour plus de renseignements à ce sujet, se reporter à la section 4.6.

## 2.2 Configuration du système pour la technologie E300+

Certains renseignements sont répétés dans la présente section pour permettre la lecture de celle-ci indépendamment de la section précédente.

### 2.2.1 Tracé représentatif

Voici un aperçu général du tracé représentatif actualisé associé à la technologie représentative E300+, décrit en détail dans le rapport du Livrable 5.

- ⊕ De Québec à Montréal, le tracé se situe sur la rive nord du Saint-Laurent, en grande partie le long de l'emprise existante du Chemin de fer Québec-Gatineau, et rejoint Montréal en empruntant des tronçons des emprises du Canadien Pacifique et du Canadien National entre Laval et la gare Centrale dans le centre-ville de Montréal (annexe L2).



- ⊕ De Montréal à Ottawa, le tracé emprunte l'emprise existante du Canadien National de la gare Centrale jusqu'à Dorion, puis longe celle du Canadien Pacifique jusqu'à Avonmore et de là, il continue sur une nouvelle emprise jusqu'à un point situé à l'ouest de Casselman, où il emprunte l'emprise de Via Rail pour atteindre finalement Ottawa (annexe L1).
- ⊕ D'Ottawa à Toronto, le tracé suit ou emprunte les emprises existantes jusqu'à Smiths Falls, puis continue sur une nouvelle emprise jusqu'à Cobourg, où il emprunte l'emprise du Canadien National jusqu'à Oshawa, et finalement dans cette même emprise, atteint Toronto (annexe L3).
- ⊕ De Toronto à London, le tracé suit ou emprunte les emprises existantes de GO Transit, du Canadien National et du Canadien Pacifique, ainsi qu'une nouvelle emprise qui contourne les villes de Paris et de Woodstock, ainsi que le centre-ville de London (annexe L4).
- ⊕ De London à Windsor, le tracé emprunte l'emprise existante du Canadien National, ainsi qu'une nouvelle emprise qui contourne la ville de Chatham et le centre-ville de London (annexe L4).

Pour la mise à jour des coûts d'infrastructure et des autres coûts associés à ce tracé :

- ⊕ tous les *coûts unitaires* utilisés dans l'ÉPTRQO ont été actualisés (section 3);
- ⊕ là où le tracé représentatif actualisé de la présente étude suit le tracé représentatif mixte de l'ÉPTRQO, les *quantités* utilisées pour l'estimation des coûts sont celles provenant de l'ÉPTRQO;
- ⊕ là où le tracé représentatif actualisé de la présente étude ne suit pas le tracé représentatif mixte de l'ÉPTRQO, les *quantités* utilisées pour l'estimation des coûts sont basées sur un alignement défini dans le cadre du présent Livrable.

Cet alignement mis à jour a été établi en fonction des caractéristiques géométriques et des autres exigences de la technologie représentative actualisée E300+ et de celles des tracés représentatifs actualisés décrits ci-dessus.

L'alignement mis à jour est montré sur un ensemble d'environ 80 cartes à l'échelle 1:50 000, qui font partie du présent rapport, mais qui sont présentées dans un document distinct.

## 2.2.2 Voies ferrées

Le réseau de THV basé sur la technologie représentative E300+ est formé de voies existantes partagées ainsi que de nouvelles voies ballastées et non ballastées (définies dans le rapport du Livrable 4). Se reporter à la section 4.1 pour obtenir des données détaillées à ce sujet.

## 2.2.3 Alimentation et distribution d'énergie

La ligne ferroviaire à technologie E300+ sera électrifiée au moyen d'un système de distribution par caténaire de 25 kV en courant alternatif. Le système d'alimentation d'énergie de traction comprend les principaux éléments suivants :

- ⊕ réseau de distribution/transmission raccordé au réseau public d'alimentation électrique;



- ⊕ postes de transformation du courant de traction;
- ⊕ sous-stations d'alimentation à basse et moyenne tensions;
- ⊕ réseau de distribution/transmission de la ligne de traction et des lignes électriques à basse et moyenne tension;
- ⊕ postes de sectionnement/couplage et postes de distribution.

Le système de distribution électrique comprend les principaux éléments suivants :

- ⊕ supports de caténaire (mâts, portiques, fondations, etc.);
- ⊕ supports autoporteurs (pièces d'ancrage, bras, pièces de fixation, etc.);
- ⊕ caténares (fil de contact et fil porteur, etc.).

La gestion de l'ensemble du système d'alimentation et de distribution électrique sera assurée à partir d'un centre de commande à distance, qui doit être intégré au centre de commande de l'exploitation (CCE) au siège social du THV, par une personne chargée du contrôle des installations de lignes aériennes et une autre de l'alimentation électrique auxiliaire, toutes deux en service 24 heures sur 24.

Les coûts de construction estimatifs pour le sous-système alimentation et distribution d'énergie sont décrits à la section 4.2.

#### 2.2.4 Gares

Les gares envisagées pour le tracé à technologie E300+ sont les suivantes :

- ⊕ Québec : la gare du Palais existante et une nouvelle gare à L'Ancienne-Lorette;
- ⊕ Trois-Rivières : une nouvelle gare;
- ⊕ Montréal : la gare Centrale existante et de nouvelles gares à Laval et à Dorval;
- ⊕ Ottawa : la gare de Via Rail existante;
- ⊕ Kingston : une nouvelle gare;
- ⊕ Toronto : la gare Union existante et de nouvelles gares à l'est (près d'Oshawa) et à l'ouest (près d'Aldershot) de la zone métropolitaine;
- ⊕ London et Windsor : une nouvelle gare dans chaque ville.

Dans le cadre du Livrable 6, on a examiné les exigences d'exploitation de ces gares et établi les estimations des coûts de construction, en suivant la démarche décrite à la section 4.4, où sont aussi présentées les estimations de coûts.

Les coûts de construction et autres coûts d'immobilisation associés à ces gares sont décrits à la section 3.6.



## 2.2.5 Signalisation et télécommunications

Aux fins de l'estimation des coûts, on présume que le réseau de THV basé sur la technologie représentative E300+ fera appel au système de signalisation ERTMS-2. Ce choix est justifié dans le rapport du Livrable 4, où est aussi décrit le système de signalisation en question. Les coûts actualisés associés à l'acquisition et à l'installation du matériel de signalisation et de télécommunications pour ce type de système figurent à la section 4.3.

## 2.2.6 Matériel roulant

Le matériel roulant pour le réseau de THV basé sur la technologie représentative E300+ est constitué de trains à propulsion électrique, d'une longueur approximative de 200 m, à motorisation concentrée (matériel de traction constitué de motrices avec cabine à chaque extrémité du train), comportant des voitures-coaches articulées et ayant une capacité de 400 sièges.

La configuration et la performance de ces trains sont expliquées plus en détail dans le rapport du Livrable 4.

Le nombre nécessaire de trains pour la technologie E300+ et leur coût d'acquisition unitaire (par train) figurent à la section 4.4.

## 2.2.7 Installations de maintenance

Le réseau de THV à technologie E300+ nécessite des installations pour la maintenance du matériel roulant, des voies, de l'équipement d'alimentation et distribution d'énergie et du système de signalisation ainsi que des installations pour le garage de nuit des véhicules différents points désignés sur la ligne. Ces installations ont pu être mentionnées dans les rapports antérieurs, mais n'y ont pas fait l'objet d'un examen. Dans le cadre du Livrable 6, on a déterminé les besoins pour le réseau à technologie E300+, décrit les installations nécessaires et établi les coûts d'immobilisation correspondants. Pour plus de renseignements à ce sujet, se reporter à la section 4.5.

## 2.2.8 Systèmes d'information et billetterie

L'exploitation du réseau de THV à technologie E300+ exige la mise en place de systèmes d'information et de billetterie. Ces systèmes ont pu être mentionnés dans les rapports antérieurs, mais n'y ont pas fait l'objet d'un examen. Dans le cadre du Livrable 6, on a déterminé et décrit l'équipement et les installations nécessaires à ces systèmes et établi les coûts d'immobilisation correspondants. Pour plus de renseignements à ce sujet, se reporter à la section 4.6.



### 3 ESTIMATIONS DES COÛTS DE L'INFRASTRUCTURE

La présente section décrit la méthode utilisée pour l'estimation des coûts d'infrastructure, qui comprend les sous-systèmes suivants :

- A. Acquisition d'emprises
- B. Terrassements et drainage
- C. Ponts, viaducs et tunnels
- D. Croisements étagés
- E. Autres travaux d'aménagement
- H. Gares.

La présente section décrit les composantes (éléments et sous-éléments) et leurs coûts unitaires ainsi que la méthode utilisée pour l'établissement des quantités, mais elle ne présente pas les estimations de coûts globales mises à jour pour les sous-systèmes énumérés ci-dessus. Ces estimations de coûts figurent à la section 6, pour les deux technologies F200+ et E300+.

#### 3.1 Estimation des coûts d'acquisition des emprises

Les coûts des trois éléments et des huit sous-éléments associés à ce sous-système ont fait l'objet d'une estimation relativement détaillée pour les différents tracés par les consultants de PTRQO-EPTC en 1992-94 :

- ⊕ acquisition de terrains urbains en milieu résidentiel, commercial et industriel (trois sous-éléments);
- ⊕ acquisition de terrains ruraux en milieux agricole et naturel (deux sous-éléments);
- ⊕ achat d'emprises existantes du CN, du CP/CFQG ou de Via Rail (trois sous-éléments).

Les coûts liés à l'acquisition d'emprises en milieux rural et urbain comprennent tous les coûts pour l'achat de terrains non ferroviaires (les terrains destinés à la construction des nouvelles emprises et les terrains contigus aux terrains ferroviaires dans les cas de corridors partagés) et les travaux requis pour les rendre dans un état utilisable pour le projet, ce qui comprend les indemnités de cessation d'usage, les indemnités pour nuisance et la démolition des installations et des ouvrages en surface.

Les coûts pour l'achat d'emprises existantes ou abandonnées devant servir à l'usage exclusif du THV comprennent les dommages-intérêts à verser pour cause de perturbation, les frais d'amélioration capitalisés, les coûts d'enlèvement et l'acquisition foncière. Ces coûts ne comprennent pas l'achat de terrains ferroviaires à l'intérieur d'emprises partagées, car ces terrains sont assujettis à un bail dont les frais sont inclus dans les coûts d'exploitation, ni les coûts de la dépose ou du déplacement des voies, qui sont prévus ailleurs. La description détaillée des coûts unitaires figure à l'annexe A.



Sur la base de l'alignement défini dans le présent Livrable, les quantités associées à chaque type d'emprise à acquérir ont été révisées uniquement pour les parties de l'alignement qui ont été modifiées par rapport aux tracés représentatifs mixtes de 1995. Les coûts unitaires moyens liés aux huit sous-éléments dans chacun des quatre tronçons visés par l'étude (24 cas différents) ont été mis à jour, comme décrit à l'annexe C.

### 3.2 Estimation des coûts de terrassements et drainage

Les éléments et sous-éléments pris en compte aux fins de l'estimation des coûts liés au sous-système terrassements et drainage sont les suivants :

- ⊕ préparation de l'assiette, nettoyage et aménagement de la plateforme (en route-km), coût ventilé en fonction des sols de Type 1, 2, 3;
- ⊕ construction de remblais (en milliers de mètres cubes), coût ventilé en fonction du type de sols;
- ⊕ transport de matériaux pour remblais (en milliers de mètres cubes);
- ⊕ sous-ballast (en route-km), coût ventilé en fonction du type d'emprise (existante ou nouvelle);
- ⊕ ouvrages de drainage, décomposé en trois sous-éléments : ponceau et fossés standards d'assainissement de l'emprise, ponceaux pour cours d'eau majeurs et ouvrages de contrôle environnemental des eaux de ruissellement;
- ⊕ amélioration de l'assiette dans les emprises existantes (en route-km);
- ⊕ ouvrages de soutènement (en km), coût ventilé en fonction de la hauteur;
- ⊕ barrières anti-intrusion (en km);
- ⊕ écrans acoustiques (en km), coût ventilé en deux sous-éléments : mur et talus;
- ⊕ mesures de protection hivernale (en km);
- ⊕ divers, coût ventilé en trois sous-éléments : évaluation environnementale des sols (en route-km), évaluation environnementale des sols dans les triages (ch) et traverse pour la faune (ch).

La description détaillée des coûts unitaires figure à l'annexe A.

Sur la base de l'alignement défini dans le présent Livrable, les quantités associées à chaque type de travaux de terrassement et de drainage sont évaluées par sous-tronçon de 20 km, au moyen des unités de mesure appropriées. La mise à jour des coûts unitaires correspondants figure à l'annexe C.

### 3.3 Estimation des coûts des ponts, viaducs et tunnels

Les éléments et sous-éléments pris en compte aux fins de l'estimation des coûts liés au sous-système ponts, viaducs et tunnels sont les suivants:

- ⊕ ponts sur petites rivières, jusqu'à 30 m de longueur (ch);
- ⊕ ponts sur rivières intermédiaires, de 30 à 100 m de longueur (m lin.);



- ⊕ ponts sur grandes rivières, de 100 à 250 m de longueur (m lin.);
- ⊕ ponts sur rivières majeures, plus de 250 m de longueur (m lin.);
- ⊕ modification de ponts existants (m lin.);
- ⊕ viaducs d'une longueur supérieure à 250 m (m lin.), avec surplus pour hauteur supérieure ou conditions de fondation difficiles);
- ⊕ tunnels à deux voies ferrées (m lin.), coût ventilé en fonction du type de sol;
- ⊕ modification de tunnels existants (somme forfaitaire pour chaque tunnel);
- ⊕ mesures d'atténuation du bruit (somme forfaitaire).

La description détaillée des coûts unitaires figure à l'annexe A.

Sur la base de l'alignement défini dans le présent Livrable, les quantités associées à chaque type de pont, de viaduc et de tunnel sont évaluées par sous-tronçon de 20 km, à l'aide des unités de mesure appropriées. La mise à jour des coûts unitaires correspondants figure à l'annexe C.

### 3.4 Estimation des coûts des croisements étagés

Les éléments et sous-éléments pris en compte aux fins de l'estimation des coûts liés au sous-système croisements étagés sont les suivants:

- ⊕ nouvel étagement pour route secondaire en milieu rural (ch), coût ventilé en fonction du nombre de voies des routes transversales et du nombre d'emprises ferroviaires franchies;
- ⊕ nouvel étagement pour autoroute en milieu rural (ch), avec surplus pour conditions de fondation difficiles;
- ⊕ nouvel étagement pour route secondaire en milieu urbain (ch), coût ventilé en fonction du nombre d'emprises ferroviaires franchies;
- ⊕ nouvel étagement pour autoroute en milieu urbain (plus de 4 voies) (ch);
- ⊕ modification d'étagement existant (ch), coût ventilé en fonction du milieu rural ou urbain;
- ⊕ passage privé de ferme (ch);
- ⊕ grand passage pour la faune (ch).

La description détaillée des coûts unitaires figure à l'annexe A.

Sur la base de l'alignement défini dans le présent Livrable, les quantités associées à chaque type de croisement étagé sont évaluées par sous-tronçon de 20 km, au moyen des unités de mesure appropriées. La mise à jour des coûts unitaires correspondants figure à l'annexe C.



### 3.5 Estimation des coûts des autres travaux d'aménagement

Les éléments et sous-éléments pris en compte aux fins de l'estimation des coûts liés à ce sous-système sont les suivants :

- ⊕ démantèlement de voies ferrées existantes (en km);
- ⊕ construction de nouvelles voies ferrées d'accès (en km);
- ⊕ étage rail/rail (ch);
- ⊕ autres éléments (somme forfaitaire).

La description détaillée des coûts unitaires figure à l'annexe A.

Sur la base de l'alignement défini dans le présent Livrable, les quantités associées aux autres travaux d'aménagement sont évaluées par sous-tronçon de 20 km, au moyen des unités de mesure appropriées.

### 3.6 Estimation des coûts des gares

Les éléments et sous-éléments pris en compte aux fins de l'estimation des coûts liés au sous-système gares sont les suivants :

- ⊕ modification de gares existantes : gare du Palais, gare Centrale, gare de Via Rail (Ottawa), gare Union;
- ⊕ construction de nouvelles gares : L'Ancienne-Lorette, Trois-Rivières, Laval, Dorval, Kingston, Toronto Est, Toronto Ouest et London;
- ⊕ construction d'une nouvelle gare terminale à Windsor.

Pour la modification des gares existantes, les montants forfaitaires estimatifs établis dans PTRQO-EPTC ont été mis à jour en fonction de l'année de référence 2009. Dans PTRQO-EPTC, les coûts relatifs à la modification des quatre gares existantes, qui étaient basés sur des études antérieures ainsi que sur les résultats de projets similaires en Europe, se rapportaient aux éléments suivants : quais, halls, aires de stationnement et installations de services divers. À la gare Union, les correspondances intermodales ont aussi été prises en compte. Malheureusement, les rapports de PTRQO-EPTC ne donnaient les coûts estimatifs détaillés que pour la gare Union. Compte tenu des ressources disponibles et des délais prévus pour la présente étude, on a présumé que les données sur la modification de chacune des quatre gares existantes étaient toujours valables. Comme expliqué à l'annexe C, on a mis à jour les coûts estimatifs détaillés pour la gare Union figurant dans la feuille de travail de PTRQO-EPTC, tandis que dans le cas des trois autres gares existantes, on a actualisé les sommes forfaitaires au moyen d'un coefficient multiplicateur équivalant à l'augmentation moyenne des coûts de 10 autres gares.

Pour ce qui est des nouvelles gares, PTRQO-EPTC avait établi une conception type basée sur l'expérience européenne de trains rapides et sur l'expérience locale dans les gares de banlieue. Ce



concept, qui est toujours valable en 2009, se rapporte aux éléments suivants : bâtiments de gare, routes d'accès, nivellement et drainage, aires de stationnement/d'arrêt d'autobus/d'attente, quais et marquises, circulation verticale, tunnels piétonniers et clôtures. Les coûts unitaires de chacun de ces éléments ont été mis à jour en dollars de 2009 à partir des coûts provenant de contrats récents octroyés pour des travaux similaires.

Dans le cas de la nouvelle gare terminale à Windsor, l'estimation de PTRQO-EPTC portait sur trois autres éléments : trois îlots entre quatre voies ainsi que marquises/abris, installations de circulation verticale et tunnels piétonniers supplémentaires, une provision pour un bâtiment de plus grande superficie et divers autres éléments. Les différents coûts unitaires ont été mis à jour en dollars de 2009 comme ci-dessus.

Pour obtenir des renseignements détaillés à ce sujet, se reporter aux annexes A et C.

### 3.7 Coûts des mesures d'atténuation des impacts environnementaux

Les différentes mesures à mettre en œuvre pour atténuer les impacts environnementaux ainsi que les coûts associés à ces mesures ont été pris en compte dans l'établissement des estimations des coûts de construction figurant dans le présent rapport. Le niveau de détail de ces estimations est conforme à la portée de la présente étude.

Plus précisément, les types d'impacts environnementaux potentiels du THV, ainsi que les circonstances dans lesquelles de tels impacts pourraient se produire, sont décrits dans le Livrable 9, *Analyse d'impact environnemental et social*, qui définit aussi les mesures possibles d'atténuation correspondantes à mettre en œuvre.

Toutefois, les emplacements précis où les impacts d'un type donné pourraient se faire sentir, leur étendue et leur niveau d'intensité exacts ne sont pas précisés dans le rapport du Livrable 9. La détermination de ces éléments aurait exigé des enquêtes approfondies sur le terrain et des études de sites, en plus de cartes topographiques et hydrologiques très détaillées, ce qui n'aurait pas pu être réalisé compte tenu de la nature et des contraintes de délais et de coûts de la présente étude de faisabilité. De plus, les résultats des études visant à recenser les impacts environnementaux associés à un tracé représentatif donné n'auraient pas été automatiquement transposables au tracé ou à l'alignement optimisé réel qui sera éventuellement choisi après la réalisation des analyses appropriées.

Les quantités associées aux estimations des coûts de construction ont été établies suivant la méthode des comparables. Sans le recours à des cartes détaillées récentes et à la réalisation d'études de site et d'enquêtes sur le terrain, il n'est pas possible de repérer avec précision l'emplacement des difficultés de construction, y compris les mauvaises conditions topographiques et hydrologiques et les sols instables ou de mauvaise qualité, ni de déterminer les endroits précis où des mesures d'atténuation doivent être mises en œuvre.



Les mesures d'atténuation matérielles courantes, comme les écrans antibruit, les ouvrages de gestion des eaux pluviales (bassins de rétention/clarification) et les passages de ferme et de la faune sont explicitement compris dans les estimations, comme décrits dans les sections 3.2 et 3.4. Les coûts des autres types de mesures d'atténuation, notamment la protection des milieux humides et des frayères de poissons et les mesures de contrôle de l'érosion et de la sédimentation, sont implicitement compris dans les coûts unitaires associés aux terrassements, au drainage, aux ponts, aux viaducs, aux croisements étagés et autres travaux de génie civil. Ces coûts unitaires ont été établis à partir des coûts unitaires moyens de travaux récents de construction d'infrastructures comparables. Pour cette raison, ces coûts unitaires comprennent les coûts des mesures d'atténuation exigées par la législation et la réglementation actuelles au Canada et dans les provinces du Québec et de l'Ontario, mesures qui doivent être intégrées ou ajoutées à ces nouveaux ouvrages. Par conséquent, il est vraisemblable d'admettre que, de manière générale, les estimations de coûts comprennent le coût des mesures d'atténuation appropriées.

Comme indiqué ci-dessus, la présente étude de faisabilité n'indique pas si le coût de telle structure en particulier, ou de telle partie de l'alignement représentatif sera inférieur ou supérieur au coût moyen calculé dans le cadre du Livrable 6.1. On sait que certaines structures ou certaines parties de l'alignement représentatif pourraient exiger la mise en œuvre de mesures d'atténuation plus importantes que d'autres; toutefois, le coût moyen utilisé dans le présent rapport prend en compte cette possibilité. Il tient aussi compte des différences possibles entre les tracés représentatifs décrits dans la présente étude et l'alignement de THV optimisé éventuellement mis en place.

## 4 ESTIMATION DES COÛTS DES SYSTÈMES FERROVIAIRES

La présente section décrit la méthode utilisée pour l'estimation des coûts des sous-systèmes ferroviaires suivants :

- F. Voies ferrées
- G. Alimentation et distribution d'énergie
- I. Signalisation et télécommunications
- J. Matériel roulant
- K. Installations de maintenance
- L. Systèmes d'information et billetterie

Elle décrit les composantes (éléments et sous-éléments) et leurs coûts unitaires ainsi que la méthode utilisée pour l'établissement des quantités, mais elle ne présente pas les estimations de coûts globales mises à jour pour les sous-systèmes énumérés ci-dessus. Ces estimations de coûts figurent à la section 6.

### 4.1 Estimation des coûts des voies ferrées

#### 4.1.1 Éléments et coûts unitaires

##### 4.1.1.1 Voie principale

La ligne principale sera à double voie.

Les voies sont constituées des éléments indiqués dans le tableau 4-1.

Tableau 4-1 : Éléments de voie

Voie sans ballast (voie sur dalle)	Voie ballastée
Rails UIC 60	Rails UIC 60
Système de fixation	Système de fixation
Traverses en béton monobloc ou bibloc	Traverses en béton monobloc
Couche de béton ou d'asphalte	Ballast
Couche sous-jacente (à liant hydraulique)	Couche sous-jacente (compactage dynamique)
Absorbeur	Tapis sous-ballast

Dans les cas des voies ballastées, on a établi les coûts unitaires (par km de voie double) pour les éléments et sous-éléments suivants : rails, traverses, attaches, ballast, construction de la voie et tapis sous-ballast.

Dans le cas des voies sans ballast (sur dalle), on a établi les coûts unitaires (par km de voie double) pour les éléments et sous-éléments suivants : rails, traverses, attaches, fabrication de la dalle en béton et absorbeurs et dans le cas des voies au sol, on a aussi établi les coûts unitaires pour la couche sous-jacente à liant hydraulique et les ouvrages de drainage.

Des coûts unitaires (par km de voie double) distincts ont été établis pour les voies ballastées et les voies sur dalle, ainsi que pour les applications suivantes :

- ⊕ voie ballastée au sol;
- ⊕ voie sans ballast au sol;
- ⊕ voie sans ballast en tunnel (les économies correspondantes à la coupe transversale ont été prises en compte);
- ⊕ voie sans ballast sur ponts longs.

#### 4.1.1.2 Aiguillages dans les gares

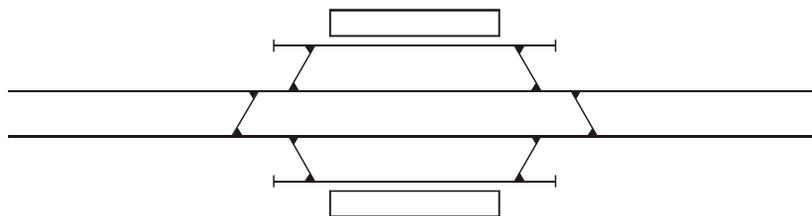
Les nouvelles gares seront dotées de deux aiguillages de 500 m chacune.

#### 4.1.1.3 Aiguillages

On trouve deux types d'aiguillages sur les voies principales :

- ⊕ un aiguillage à haute vitesse, qui est utilisé pour les voies d'évitement (voir la figure 4-1), les liaisons dans les gares et les liaisons intermédiaires. Cet aiguillage a un rayon de déviation de 1 200 m et permet un franchissement à une vitesse maximale de 100 km/h sur la voie déviée;
- ⊕ un aiguillage à basse vitesse, qui est utilisé pour la protection latérale<sup>7</sup> dans les gares. Cet aiguillage a un rayon de déviation de 500 m et permet un franchissement à une vitesse maximale de 60 km/h sur la voie déviée.

Figure 4- 1 : Configuration type des nouvelles gares de THV



#### 4.1.1.4 Établissement des coûts unitaires

La méthode d'établissement des coûts unitaires et leur description figurent dans des feuilles de travail à l'annexe C.

<sup>7</sup> Protection des trains traversant les gares sur les voies principales



## 4.1.2 Quantités pour la technologie F200+

### 4.1.2.1 Longueur de la ligne principale

La longueur totale de la ligne principale pour la technologie F200+, dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 4-2, est de 1 210 km en voie double (existante et nouvelle). Cette longueur a été déterminée à partir de l'alignement défini dans le présent Livrable (section 2.1.1).

**Tableau 4- 2 : Estimation de la longueur de la ligne principale pour la technologie F200+<sup>8</sup>**

Tronçon	Longueur du tronçon [km]	Nouvelle voie THV (km)		Voie partagée (km)	
		En emprise nouvelle ou élargie	En emprise partagée	Électrifiée	Non électrifiée
Québec – Montréal	274,0	227,0	28,1	8,8	10,1
Montréal – Ottawa	183,9	138,5	41,0	0,0	4,4
Ottawa – Toronto	404,6	389,6	0	0,0	15,0
Toronto – Windsor	360,0	169,3	0	0,0	58,0
<b>Total F200+</b>	<b>1222,5</b>	<b>924,4</b>	<b>69,1</b>	<b>8,8</b>	<b>87,5</b>

### 4.1.2.2 Longueur des nouvelles voies à construire

Compte tenu des conditions climatiques au Canada, aucun avantage précis n'a pu être établi quant à l'utilisation de voies ballastées au lieu de voies sans ballast (dans les limites de la présente étude). On a donc présumé, aux fins de l'estimation des coûts, que la ligne serait constituée à 50 % de voies ballastées et à 50 % de voies sans ballast. Les voies existantes qui doivent être empruntées par les trains à haute vitesse seront complètement remplacées par des voies qui satisfont aux nouvelles normes de conception des lignes destinées à ce type de trafic. Les voies d'évitement dans les nouvelles gares seront des voies ballastées. En raison des coûts, les ponts d'une longueur supérieure à 25 m comporteront des voies ballastées et les tunnels, des voies sans ballast.

En tenant compte de ces critères, les nouvelles voies doubles et les aiguillages répondront aux exigences figurant dans le tableau 4-3.

<sup>8</sup> Sur le tronçon Québec-Montréal, la voie électrifiée est située dans le tunnel Mont-Royal et sur ses approches.

Tableau 4- 3 : Exigences pour les nouvelles voies et les aiguillages – Technologie F200+<sup>9</sup>

Tronçon	Nouvelle voie double THV [km]		Aiguillages (unités)	
	Voie sur dalle	Voie ballastée	Rayon de 1 200 m	Rayon de 500 m
Québec – Montréal	136,7	139,7	48	12
Montréal – Ottawa	92,1	93,1	24	4
Ottawa – Toronto	202,7	204,7	60	8
Toronto – Windsor	179,7	182,6	60	12
<b>Total F200+</b>	<b>611,1</b>	<b>620,1</b>	<b>192</b>	<b>36</b>

### 4.1.3 Quantités pour la technologie E300+

#### 4.1.3.1 Longueur de la ligne principale

La longueur totale de la ligne principale pour la technologie E300+, dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 4-4, est de 1216 km en voie double (existante et nouvelle). Cette longueur a été déterminée par l'établissement des quantités à partir de l'alignement défini dans le présent Livrable (section 2.1.1).

Tableau 4- 4 : Estimation de la longueur de la ligne principale pour la technologie E300+<sup>10</sup>

Tronçon	Longueur du tronçon [km]	Nouvelle voie THV (km)		Voie partagée (km)	
		En nouvelle emprise ou partagée	En emprise partagée	Électrifiée	Non électrifiée
Québec – Montréal	273,3	225,4	29,0	8,8	10,1
Montréal – Ottawa	183,7	138,2	41,1	0,0	4,4
Ottawa – Toronto	405,9	390,9	0	0,0	15,0
Toronto – Windsor	365,0	194,3	0	0,0	61,0
<b>Total E300+</b>	<b>1 227,8</b>	<b>948,8</b>	<b>70,1</b>	<b>8,8</b>	<b>90,5</b>

<sup>9</sup> Comprend la longueur des voies dans les gares, mais non celle des voies de service.

<sup>10</sup> Dans le tronçon Québec-Montréal, la voie électrifiée est située dans le tunnel Mont-Royal et sur ses approches.



#### 4.1.3.2 Longueur des nouvelles voies à construire

Compte tenu des conditions climatiques au Canada, aucun avantage précis n'a pu être établi quant à l'utilisation de voies ballastées au lieu de voies sans ballast (dans le cadre de la présente étude). On a donc présumé, aux fins de l'estimation des coûts, que la ligne serait constituée à 50 % de voies ballastées et à 50 % de voies sans ballast. Les voies existantes qui doivent être empruntées par les trains à haute vitesse seront complètement remplacées par des voies qui satisfont aux nouvelles normes de conception des lignes destinées à ce type de trafic. Les voies d'évitement dans les nouvelles gares seront des voies ballastées. En raison des coûts, les ponts d'une longueur supérieure à 25 m comporteront des voies ballastées et les tunnels, des voies sans ballast.

En tenant compte de ces critères, les nouvelles voies doubles et les aiguillages répondront aux exigences figurant dans le Tableau 4-5.

Tableau 4- 5 : Exigences pour les nouvelles voies et les aiguillages – Technologie E300+ <sup>11</sup>

Tronçon de ligne	Nouvelle voie double THV [km]		Aiguillages	
	Voie sur dalle	Voie ballastée	Rayon de 1 200 m	Rayon de 500 m
Québec – Montréal	136,5	139,5	48	12
Montréal – Ottawa	91,9	92,9	24	4
Ottawa – Toronto	204,1	206,1	60	8
Toronto – Windsor	181,4	184,4	60	12
<b>Total E300+</b>	<b>613,8</b>	<b>622,8</b>	<b>192</b>	<b>36</b>

#### 4.1.3.3 Coût total de construction des voies

La description détaillée des coûts unitaires figure à l'annexe A.

## 4.2 Estimation des coûts d'alimentation et de distribution d'énergie

### 4.2.1 Technologie F200+

#### 4.2.1.1 Éléments et coûts unitaires

Pour les trains à traction diesel, les seules infrastructures nécessaires sont des postes de ravitaillement en nombre suffisant dans les gares. Le coût unitaire associé à l'acquisition du matériel nécessaire à la mise en place d'un poste de ravitaillement et à son installation est basé sur

<sup>11</sup> Comprend la longueur des voies dans les gares, mais non celle des voies de service.



les coûts de construction de postes de ravitaillement récents sur le réseau ferroviaire allemand, ajusté en fonction des coûts de main-d'œuvre et autres conditions propres au Canada.

La méthode d'établissement des coûts unitaires et leur description figurent dans des feuilles de travail à l'annexe C.

#### 4.2.1.2 Quantités

Des postes de ravitaillement sont prévus dans tous les garages (Windsor, Toronto, Ottawa, Montréal et Québec) où les trains peuvent être garés pour la nuit.

### 4.2.2 Technologie E300+

#### 4.2.2.1 Éléments et coûts unitaires

La ligne ferroviaire à technologie E300+ doit être électrifiée au moyen d'un système de distribution par caténaire de 25 kV en courant alternatif.

Le sous-système d'alimentation et de distribution électrique de traction comprend les principaux éléments et sous-éléments suivants :

- ⊕ réseau de distribution/transmission raccordé au réseau public d'alimentation électrique;
- ⊕ postes de transformation du courant de traction;
- ⊕ sous-stations d'alimentation à basse et moyenne tension;
- ⊕ réseau de distribution/transmission de la ligne de traction et des lignes électriques à basse et moyenne tension;
- ⊕ postes de sectionnement/couplage et postes de distribution.

Le système de distribution électrique comprend les principaux éléments suivants :

- ⊕ supports de caténaire (mâts, portiques, fondations, etc.);
- ⊕ supports autoporteurs (pièces d'ancrage, bras, pièces de fixation, etc.);
- ⊕ caténaires (fil de contact et fil porteurs, etc.).

La gestion de l'ensemble du système d'alimentation et de distribution d'énergie sera assurée à partir d'un centre de commande à distance, qui doit être intégré au centre de commande de l'exploitation (CCE) au siège social du THV, par une personne chargée du contrôle des installations de lignes aériennes et une autre de l'alimentation électrique auxiliaire, toutes deux en service 24 heures sur 24.



Des coûts unitaires distincts (par km de voie simple pour le système de caténaire (OCS – Overhead Catenary System); ou chaque) ont été établis pour les éléments et conditions d'installation ci-après :

- ⊕ caténaire haute vitesse à niveau;
- ⊕ caténaire haute vitesse en tunnel;
- ⊕ caténaire de gares;
- ⊕ sous-stations;
- ⊕ stations à autotransformateurs.

La méthode d'établissement des coûts unitaires et leur description figurent dans des feuilles de travail à l'annexe C.

#### 4.2.2.2 Quantités

Sauf pour le court tronçon de la ligne de Deux-Montagnes à Montréal, qui est déjà électrifiée à 25 kV en courant alternatif, toutes les voies de la ligne principale doivent être électrifiées.

Les longueurs des voies à électrifier, y compris les voies d'évitement, sont indiquées dans le tableau 4-6 :

**Tableau 4-6 : Longueur de voie simple exigeant l'installation de caténaire<sup>12</sup>**

Tronçon de ligne	Système de caténaire pour voie simple (km)	
	À niveau	En tunnel
Québec – Montréal	532,4	0,0
Montréal – Ottawa	370,4	0,0
Ottawa – Toronto	813,4	6,0
Toronto – Windsor	705,1	0,0
<b>Total E300+</b>	<b>2 421,3</b>	<b>6,0</b>

Aux fins de l'estimation des coûts, on suppose que 30 sous-stations seront nécessaires, ce qui correspond à une distance moyenne d'environ 40 km entre les sous-stations.

## 4.3 Estimation des coûts de signalisation et des télécommunications

### 4.3.1 Éléments et coûts unitaires

Comme expliqué dans le rapport du Livrable 4, le même sous-système de signalisation et télécommunications est utilisé pour les deux technologies F200+ et E300+.

Le système de signalisation comprend notamment le système d'enclenchement automatique, le système de contrôle des trains et la commande centralisée.

<sup>12</sup> Comprend la longueur des voies dans les gares, mais non les voies de service et de maintenance.



- # Le système d'enclenchement permet de commander tous les appareils de voie dans les gares et sur la ligne, comme les aiguillages, les signaux et le matériel de détection d'occupation de la voie.
- # Les installations de contrôle des trains assurent la protection automatique des trains et peuvent contribuer à accroître de façon significative la fiabilité et la ponctualité, qui sont cruciales pour le transport des passagers. La signalisation en voie n'étant plus nécessaire, les coûts de maintenance seront considérablement réduits.

Les éléments ci-après sont aussi pris en compte :

- # commande automatique de la marche des trains (automatic train control – ATC) avec signalisation en cabine;
- # ligne équipée de balises de repérage des trains;
- # matériel de détection en bordure de voie basée sur le comptage des essieux;
- # centre de commande centralisée de la circulation sur l'ensemble de la ligne THV, intégré au centre de commande de l'exploitation (CCE) au siège social du THV.

Les systèmes de télécommunication doivent assurer la transmission radio bidirectionnelle redondante de la voix et des données dans toutes les gares et sur l'ensemble de la ligne haute vitesse.

Des coûts unitaires ont été établis pour les éléments ci-après.

- # Système d'enclenchement :
  - modifications nécessaires aux gares existantes;
  - aux gares intermédiaires;
  - voies de liaisons;
  - installations de bloc fictif.
- # Contrôle automatique des trains :
  - installation complète de l'ECTS;
  - installation complète du GSM-R.
- # Centre de commande de l'exploitation :
  - construction et installations de base;
  - installations techniques.
- # Équipement de télécommunications et installation.

La méthode d'établissement des coûts unitaires et leur description figurent dans des feuilles de travail à l'annexe C.



## 4.3.2 Quantités

### 4.3.2.1 Technologie F200+

Dans le cas de la technologie F200+, l'estimation des coûts est basée sur le système de contrôle des trains ERMTS niveau 2. Les quantités associées au matériel de signalisation qui figurent dans le tableau 4-7 ont fait l'objet d'une estimation provisoire.

Tableau 4- 7 : Matériel de signalisation – F200+

Tronçon de ligne	Nouvelles gares	Voies de Liaisons	Ligne-km à équiper
Québec – Montréal	3	6	273,5
Montréal – Ottawa	1	4	184,1
Ottawa – Toronto	2	11	405,4
Toronto – Windsor	3	9	347,6
<b>Total F200+</b>	<b>9</b>	<b>30</b>	<b>1 210,6</b>

En outre, le système d'enclenchement des quatre gares existantes à Québec, Montréal, Ottawa et Toronto doit être adapté au nouveau système de signalisation de THV.

La gestion de l'ensemble de ligne de THV sera assurée depuis le centre de commande de l'exploitation (CCE) au siège social du THV.

### 4.3.2.2 Technologie E300+

Dans le cas de la technologie E300+, l'estimation des coûts est aussi basée sur le système de contrôle des trains ERMTS niveau 2. Les quantités associées au matériel de signalisation qui figurent dans le tableau 4-8 ont fait l'objet d'une estimation provisoire.

Tableau 4- 8 : Matériel de signalisation – E300+

Tronçon de ligne	Nouvelles gares	Liaisons	Ligne-km à équiper
Québec – Montréal	3	6	273,0
Montréal – Ottawa	1	4	183,7
Ottawa – Toronto	2	11	408,2
Toronto – Windsor	3	9	351,1
<b>Total E300+</b>	<b>9</b>	<b>30</b>	<b>1 216,0</b>

En outre, le système d'enclenchement des quatre gares existantes à Québec, Montréal, Ottawa et Toronto doit être adapté au nouveau système de signalisation de THV.



La gestion de l'ensemble de ligne de THV sera assurée depuis le centre de commande de l'exploitation (CCE) au siège social du THV.

#### 4.4 Estimation des coûts du matériel roulant

##### 4.4.1 Éléments et coûts unitaires

Ce sous-système comprend trois éléments : le train à propulsion électrique pour la technologie E300+ et les trains hybrides et les trains à propulsion diesel pour la technologie F200+.

- ⊕ Le train F200+ est à propulsion diesel, d'une longueur approximative de 200 m et d'une puissance de 4 500 kW, à motorisation concentrée dans deux voitures automotrices situées à chaque extrémité du train. Le train, composé de huit voitures intermédiaires, aura une vitesse maximale d'exploitation de 200 km/h et une capacité de 400 sièges.
- ⊕ L'utilisation de la traction diesel est interdite dans le tunnel Mont-Royal à Montréal, en raison de la ventilation insuffisante. Par conséquent, les trains F200+ requièrent une propulsion électrique dans le tunnel. Une partie du parc F200+ doit donc être constituée de trains hybrides à propulsion diesel et électrique, ce qui est possible sur le plan technique (voir les commandes récentes de locomotives hybrides (bimodes) diesels-électriques (25 kV) par l'AMT à Montréal et par le New Jersey Transit).
- ⊕ Le train E300+ est à propulsion électrique, d'une longueur approximative de 200 m et d'une puissance de 9 000 kW, à motorisation concentrée dans deux voitures automotrices situées à chaque extrémité du train. Le train composé de huit voitures intermédiaires aura une vitesse maximale de 300 km/h et une capacité de 400 sièges.

Les coûts unitaires de chacun de ces trains ont été établis à partir de prix publiés de contrats octroyés récemment pour du matériel roulant à haute vitesse comparable. Ces coûts (exprimés en dollars par siège) sont applicables au contexte ferroviaire européen uniquement. Pour tenir compte des exigences de la FRA (Federal Railway Association), le coût moyen par siège a été augmenté de 20 %.

La méthode d'établissement des coûts unitaires et leur description figurent dans des feuilles de travail à l'annexe C.

##### 4.4.2 Quantités

###### 4.4.2.1 Technologie F200+

Le nombre de véhicules nécessaires à l'exploitation du réseau à technologie F200+ dépend des différentes prévisions de la demande pour les différents tronçons fonctionnels à prendre en compte (Livrable 7) et des plans d'exploitation correspondants décrits dans la partie 2 du rapport du Livrable 6 (Coûts d'exploitation). Le tableau 4-9 indique le nombre de trains qui seront nécessaires pour les différents tronçons fonctionnels aux horizons 2025 et 2055; il est à noter que ces quantités sont sujettes à la limitation exprimée dans l'*Avis de non-responsabilité* présenté au début de ce rapport.



Tableau 4- 9 : Nombre de trains nécessaires – F200+

Tronçon fonctionnel	Nombre de trains						Nombre de trains diesels supplémentaires à acquérir
	2025			2055			
	Diesel	Hybride	Total	Diesel	Hybride	Total	
Québec – Windsor	36	12	48	46	15	61	13
Québec – Toronto	23	11	34	29	15	44	10
Montréal – Toronto	23	0	23	30	0	30	7
Toronto – Windsor	11	0	11	13	0	13	2

Ces chiffres comprennent une provision pour les trains en attente, ceux en maintenance préventive ou ceux en réparation à un moment ou à un autre, sur l'hypothèse d'un taux de disponibilité de 85 % au cours des premières années d'exploitation<sup>13</sup> et de 90 % au cours des années suivantes.

Comme le nombre de trains diesels supplémentaires à acquérir pour le tronçon fonctionnel Québec-Windsor entre 2025 et 2055 est faible, l'achat de ces trains devrait se faire en une commande unique, ce qui permettrait d'obtenir des prix abordables.

#### 4.4.2.2 Technologie E300+

Le nombre de véhicules nécessaires à l'exploitation du réseau à technologie E300+ dépend des différentes prévisions de la demande pour les différents tronçons fonctionnels à prendre à compte (Livable 7) et des plans d'exploitation correspondants décrits dans la partie 2 du rapport du Livable 6 (Coûts d'exploitation). Le tableau 4-10 indique le nombre de trains qui seront nécessaires pour les différents tronçons fonctionnels aux horizons 2025 et 2055.

Tableau 4- 10 : Nombre de trains nécessaires – E300+

Segment fonctionnel	Nombre de trains		Nombre de trains diesels supplémentaires à acquérir
	2025	2055	
Québec – Windsor	46	56	10
Québec – Toronto	36	44	8
Montréal – Toronto	24	33	9
Toronto – Windsor	9	12	3

Ces chiffres comprennent une provision pour les trains en attente, ceux en maintenance préventive ou ceux en réparation à un moment ou à un autre, sur l'hypothèse d'un taux de disponibilité de 90 % au cours des premières années d'exploitation<sup>14</sup> et de 95 % au cours des années suivantes.

<sup>13</sup> Le taux de disponibilité plus bas dans les premières années tient compte des difficultés de mise au point des trains et du manque d'expérience de l'équipe de maintenance.



Comme le nombre de trains diesels supplémentaires à acquérir pour le tronçon fonctionnel Québec-Windsor entre 2025 et 2055 est faible, l'achat de ces trains devrait se faire en une commande unique, ce qui permettrait d'obtenir des prix abordables.

#### 4.5 Estimation des coûts des installations de maintenance

Des installations de maintenance sont nécessaires pour les systèmes ferroviaires suivants :

- # voies ferrées;
- # installations d'alimentation et de distribution d'énergie dans le cas de E300+;
- # signalisation et télécommunications;
- # matériel roulant;
- # exploitation.

Des données détaillées sur l'organisation des services de maintenance figurent dans l'autre rapport du Livrable 6 (Coûts d'exploitation).

##### 4.5.1 Éléments et coûts unitaires

Des coûts unitaires ont été établis dans les domaines suivants :

- # maintenance du réseau de distribution électrique;
- # maintenance des systèmes de signalisation et de télécommunications;
- # entretien de la voie;
- # matériel de déneigement;
- # gares, ateliers et dépôts;
- # bureaux administratifs.

Des coûts unitaires ont été établis pour les éléments de coût ci-après :

- # véhicules de maintenance du réseau d'alimentation et de distribution électrique;
- # véhicules de maintenance du système de signalisation et de télécommunications;
- # véhicules d'entretien de la voie;
- # véhicules de déneigement;
- # postes de maintenance, y compris les bâtiments pour le personnel ainsi que les voies et les abris pour les véhicules de maintenance et de déneigement;
- # bâtiment administratif central;
- # postes de lavage de trains;
- # dépôts de maintenance centraux;

<sup>14</sup> La différence du taux de disponibilité est due au nombre beaucoup plus élevé de pièces mobiles que comporte le matériel de traction diesel (du moteur diesel à la génératrice) par rapport au matériel à traction électrique (du pantographe



- # garages;
- # ateliers (des coûts unitaires ont été établis pour l'adaptation des différents ateliers existants aux exigences du corridor);
- # voies et électrification des voies de service, y compris les voies et l'électrification dans les garages, postes de maintenance et voies d'accès aux garages, aux ateliers et aux postes de maintenance :
  - construction des voies – voies ballastées au sol;
  - construction de aiguillages – rayon de déviation à 60 km/h;
  - construction de aiguillages – rayon de déviation à 40 km/h;
  - appareils de chauffage des aiguillages;
  - caténaires.

La méthode d'établissement des coûts unitaires et leur description figurent dans des feuilles de travail à l'annexe C.

#### 4.5.2 Quantités

La méthode d'établissement des différentes quantités figure à l'annexe C.

##### 4.5.2.1 Technologie F200+

###### Véhicules de maintenance – électrification (équipement 60 Hz)

On trouve un véhicule dans chaque poste de maintenance.

###### Véhicules de maintenance pour les systèmes de signalisation et de télécommunications

On trouve un véhicule ferroviaire polyvalent et au moins un véhicule routier dans chaque poste de maintenance.

###### Véhicules d'entretien de la voie

On trouve 14 véhicules ferroviaires polyvalents et 5 véhicules de travaux lourds à différents endroits sur la ligne. Il faut prévoir une voiture de détection par ultrasons et une voiture de contrôle de l'état géométrique de la voie. Il y a un véhicule routier dans chaque poste de maintenance.

###### Véhicules de déneigement

On trouve deux souffleuses dans chaque poste de maintenance de sorte que toute la ligne puisse être déneigée en deux heures.

au transformateur). D'après l'expérience de DB AG, le taux de disponibilité des trains diesels est d'environ 5 % inférieur à celui des trains électriques.



### Postes de maintenance

La maintenance de la ligne est assurée à partir de postes de maintenance où sont regroupées toutes les fonctions de maintenance de la voie, des terrains, des ouvrages et des systèmes d'alimentation et de distribution d'énergie et de signalisation et de communications. Le nombre et la taille des postes et la distance entre chacun d'entre eux vont dépendre de l'emplacement des gares et des liaisons, des délais d'intervention établis, ainsi que du temps maximal prévu pour le déneigement de la ligne. Aux fins de la présente étude, on a pris pour hypothèse un délai d'intervention d'environ 30 à 40 minutes et établi le nombre de postes de maintenance en deux étapes. Premièrement, on a choisi des emplacements aux différentes gares ou à proximité de celles-ci où il y a un nombre très important d'installations à entretenir. Deuxièmement, on a disposé des postes intermédiaires aux différentes liaisons qui se trouvent à plus de 100 km de la gare la plus près pour que le délai d'intervention soit respecté. Cette démarche on a permis de déterminer que 19 postes de maintenance étaient nécessaires. Leur taille va dépendre du nombre d'employés et de véhicules de maintenance.

### Bâtiment d'administration centrale

Les coûts du bâtiment d'administration central sont calculés en fonction d'un espace moyen par personne de 20 m<sup>2</sup> et du nombre d'employés administratifs.

### Poste de lavage

Deux installations de lavage de trains sont nécessaires, situées près des gares de Toronto et de Montréal.

### Dépôts de maintenance centraux

Comme dans l'ÉPTRQO, quatre dépôts de maintenance centraux sont prévus.

### Garages

Des installations pour le garage des trains au cours de la nuit sont prévues dans toutes les gares terminales : Québec (L'Ancienne-Lorette), Montréal, Toronto, Ottawa et Windsor. Le nombre nécessaire de voies uniques, d'une longueur de 220 m chacune, va dépendre de la taille du parc et du plan d'exploitation.

### Ateliers

Le nombre d'ateliers nécessaire est basé sur la taille du parc, la longueur du train, les intervalles prescrits entre les inspections ainsi que sur le temps et l'espace qu'on juge nécessaires pour les réparations non prévues.

### Voies de service

Les voies de service comprennent :



- ⊕ les voies d'accès aux garages situés à :
  - L'Ancienne-Lorette, estimée à 2 km (double voie);
  - Montréal, voies de garage dans l'installation de maintenance, 5 km de la gare Centrale;
  - Ottawa, estimée à 2 km;
  - Toronto, voies de garage dans l'installation de maintenance, 7 km de la gare Union;
  - Windsor, estimée à 2 km;
- ⊕ les voies dans les garages ainsi que les liaisons correspondantes;
- ⊕ les voies d'accès aux postes de maintenance et aux voies de garage des véhicules de maintenance.

Le coût des voies à l'intérieur des ateliers est compris dans le coût total des ateliers.

On suppose que toutes les voies de service seront des voies ballastées.

#### 4.5.2.2 Technologie E300+

Les quantités pour les installations de maintenance sont similaires à celles prévues pour la technologie F200+, à l'exception de ce qui suit :

- ⊕ les véhicules de maintenance pour le système d'alimentation et de distribution électrique;
- ⊕ il y a un véhicule ferroviaire polyvalent, un véhicule de maintenance du système de caténaire (OCS) et au moins un véhicule routier dans chaque poste de maintenance. De plus, on trouve deux véhicules de mesure des caténaires, cinq véhicules d'installation de caténaires et cinq locomotives diesel à différents endroits sur la ligne;
- ⊕ toutes les voies de service doivent être électrifiées (la longueur des voies d'accès est indiquée au point 4.5.2.1 ci-dessus), sauf celles qui sont situées à l'intérieur des installations de maintenance, car les véhicules seront à propulsion diesel. Le coût des caténaires dans les ateliers est compris dans le coût de construction de l'atelier.

## 4.6 Estimation des coûts – Systèmes d'information et billetterie

Les systèmes d'information et de billetterie sont les mêmes pour les deux technologies F200+ et E300+.

### 4.6.1 Éléments et coûts unitaires

Les systèmes d'information et de billetterie comprennent les éléments suivants :

- ⊕ appareils pour comptoirs de vente et machines de billetterie dans les gares;
- ⊕ systèmes de renseignements, de billetterie et de réservation par Internet;
- ⊕ infrastructure de billetterie et de courriel;



- ⊕ centre de traitement des données et services de soutien.

#### 4.6.2 Quantités

On a pris pour hypothèse 10 millions de déplacements par année pour calculer la quantité des éléments suivants :

- ⊕ programme d'application secondaire pour le traitement des données sur le trafic des passagers;
- ⊕ machines de billetterie et intégration logicielle;
- ⊕ points de vente (POS-Point of sales) et comptoir de billetterie en ligne (OTC-Online Ticketing Counter) dans les gares et intégration logicielle;
- ⊕ serveur Internet; développement et intégration de logiciel;
- ⊕ billettique;
- ⊕ exploitation informatique et soutien informatique;
- ⊕ déploiement et formation — billettique.

Des données détaillées à ce sujet figurent dans les annexes A et C.

## 5 ESTIMATION DES COÛTS DE DÉMARRAGE

La présente section décrit la méthode utilisée pour établir les estimations des quantités et des coûts unitaires associés aux trois éléments du sous-système M, démarrage : mise en service; administration et formation. Les estimations de coûts globales de ces éléments pour les technologies F200+ et E300+ figurent à la section 6.

### 5.1 Estimation des coûts de mise en service

La mise en service comprend l'essai final et le réglage de tous les éléments du THV après la remise de l'infrastructure et du matériel roulant par le fournisseur au client. Les points particuliers à souligner sont les essais d'interaction entre les différents composants :

- ⊕ parcours d'essai haute vitesse visant à vérifier la sécurité de l'interaction dynamique entre le rail et les roues et entre la caténaire et le pantographe;
- ⊕ essais intensifs des systèmes à haute tension et de leurs répercussions sur les autres sous-systèmes;
- ⊕ analyse des interruptions dans les réseaux électriques causées par les oscillations harmoniques, la mauvaise répartition des charges, les variations rapides de courant et la scintillation;
- ⊕ essais des systèmes de sécurité et de leur interaction avec les autres sous-systèmes;
- ⊕ essais des systèmes de signalisation et de télécommunications avec véhicules en marche;
- ⊕ simulations d'opérations de sauvetage (formation).

Le rapport *Exploitation et coûts du réseau*, présenté en octobre 1994 dans le cadre de l'ÉPTRQO (PTRQO-ECR) évaluait le coût de la mise en service à 2 % du coût des systèmes, ce qui a pu être confirmé par des données récentes<sup>15</sup>.

Le coût de mise en service du matériel roulant n'est pas compris; cette mise en service doit être faite par le fournisseur du matériel roulant et son coût est inclus dans celui du matériel roulant.

### 5.2 Estimation des coûts d'administration

Dans l'étude PTRQO-ECR, les hypothèses ci-après avaient été adoptées pour l'établissement des frais administratifs :

- ⊕ Les frais administratifs capitalisés durant la période de la construction ont été évalués pour l'année initiale de construction à 5 % des dépenses finales établies pour les catégories de la direction et de l'administration. Les frais administratifs vont augmenter au fur et à mesure de la construction, afin que le nombre complet d'employés des catégories de la direction et de l'administration soient en place l'année précédant celle où chaque tronçon est inauguré.



- ⊕ Le deuxième élément des frais administratifs capitalisés comprend l'embauche du personnel administratif fonctionnel (par exemple, le chef des transports, les superviseurs de la maintenance, les professionnels du marketing). Vingt pour cent de ces employés sont mis en place au cours de la troisième année précédant l'inauguration du tronçon, le reste des employés étant embauchés au cours des deux années suivantes, de façon que tout le personnel administratif et de supervision soit en place l'année où chaque tronçon est inauguré.

Ces coûts ont été établis sur la base de l'estimation du personnel requis, de salaires moyens et des échéanciers de construction prévus.

### 5.3 Estimation des coûts de formation

La formation appropriée des salariés horaires est un élément clé de la réussite de la mise en œuvre d'un système de THV. Dans l'ÉPTRQO, la démarche ci-après avait été adoptée :

- ⊕ Toutes les équipes de train et tous les répartiteurs recevront la formation préalable à l'inauguration, ainsi que tous les employés des services à la clientèle qui occupent des postes de premier niveau. Une provision pour formation de 5 % a été prévue pour seulement 75 % des employés de maintenance du matériel étant donné que les aides et les manœuvres n'ont pas besoin de compétences ou de connaissances spéciales. En ce qui concerne les employés de maintenance de l'infrastructure, seulement 60 % reçoivent une formation, là encore parce les manœuvres n'ont pas besoin de connaissances spéciales qu'ils ne peuvent pas acquérir sur le tas et parce qu'un certain nombre d'employés de métier spécialisés n'ont pas besoin de compétences spécialisées additionnelles. Les provisions pour formation tiennent compte de la pratique courante d'outre-mer et sont basées sur l'utilisation du personnel ferroviaire existant (VIA Rail).
- ⊕ La formation des employés doit débuter quatre ans avant la mise en service du premier tronçon de ligne pour le personnel clé et se poursuivre jusqu'à ce que chaque tronçon soit inauguré, le gros des dépenses étant engagé au cours des deux années précédant immédiatement l'inauguration de chaque tronçon.

Ces coûts ont été établis sur la base de l'estimation du personnel requis, de salaires moyens et des échéanciers de construction prévus.

<sup>15</sup> Un exemple est le tunnel Loetschberg Base en Suisse, qui est en exploitation depuis décembre 2007. Le coût de l'infrastructure ferroviaire a été de 1,07 milliard de francs suisses et celui de la mise en service de 20 millions de francs suisses (1,9 %).

## 6 ESTIMATION GLOBALE DES COÛTS

### 6.1 Exactitude des coûts et éventualités

Avant d'établir de manière définitive les estimations de coûts détaillées de la présente étude, on a réalisé une estimation préliminaire des coûts pour chaque technologie (F200+ et F300+) sans tenir compte des éventualités (ou contingence projet). Puis, on a effectué une analyse de type Monte-Carlo (voir la section 8) en utilisant cette estimation préliminaire et les marges d'erreur applicables à chaque sous-système, telles qu'indiquées par les estimateurs. Finalement, des recommandations ont été faites à l'équipe d'établissement des coûts quant au pourcentage de contingence à appliquer à chaque sous-système de façon à obtenir un niveau de probabilité de 70 % que le coût final ne dépasse pas l'estimation. Ce niveau de confiance de 70 %, au lieu du niveau habituel de 50 %, fut établi, d'une part, pour respecter les attentes du client, et d'autre part, pour tenir compte de quelques éléments mineurs qui ne sont pas pris en considération dans l'estimation détaillée ou qui sont dits être compris dans la contingence. Le tableau 6-1 donne les niveaux d'exactitude et les pourcentages pour éventualités à appliquer à chaque sous-système.

**Tableau 6- 1 : Marge d'exactitude et contingence projet**

Sous-système	Marge d'exactitude		Contingence projet recommandée
	Estimation de 1995	Estimation de 2009	
<b>A – ACQUISITION D'EMPRISES</b>	±25 %	±25 %	15 %
<b>B – TERRASSEMENTS ET DRAINAGE</b>	±35 %	±35 %	20 %
<b>C – PONTS, VIADUCS ET TUNNELS</b>	±15 %	±15 %	10 %
<b>D – CROISEMENTS ÉTAGÉS</b>	±15 %	±15 %	17,5 %
<b>E – AUTRES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT</b>	±50 %	±50 %	35 %
<b>F – VOIES FERRÉES</b>	±10 %	±10 %	5 %
<b>G – ALIMENTATION / DISTRIBUTION D'ÉNERGIE</b>	±15 %	±10 %	15 %
<b>H GARES</b>	±20 %	±15 %	10 %
<b>I – SIGNALISATION / TÉLÉCOMMUNICATIONS</b>	S.O.	±15 %	10 %
<b>J – MATÉRIEL ROULANT</b>	S.O.	±10 %	5 %
<b>K – INSTALLATIONS DE MAINTENANCE</b>	S.O.	±15 %	10 %
<b>L – SYSTÈMES D'INFORMATION/BILLETTERIE</b>	S.O.	±15 %	10 %
<b>M – DÉMARRAGE</b>	S.O.	±15 %	10 %

### 6.2 Estimation des coûts – Technologie F200+

Le tableau 6-2 présente le sommaire des coûts d'immobilisation totaux associés à la technologie F200+ pour l'ensemble du corridor Québec-Windsor.



Tableau 6- 2: THV Québec–Windsor – Coûts d’immobilisation totaux, F200+

THV Québec–Windsor F200+	TOTAL M\$ 2009	% du total	ÉPTRQO Tracé composite 200+		2009 /1993
			M\$ 1993	M\$ 2009 <sup>1</sup>	
<b>A – ACQUISITION D’EMPRISES</b>	<b>1 043,46</b>	5,5 %	467,12	833,81	<b>1,25</b>
<b>B – TERRASSEMENTS ET DRAINAGE</b>	<b>2 651,90</b>	14,0 %	1 654,21	2 952,76	<b>0,90</b>
<b>C – PONTS, VIADUCS ET TUNNELS</b>	<b>1 562,33</b>	8,3 %	677,58	1 209,48	<b>1,29</b>
<b>D – CROISEMENTS ÉTAGÉS</b>	<b>3 978,85</b>	21,0 %	1 105,80	1 973,85	<b>2,02</b>
<b>E – AUTRES TRAVAUX D’AMÉNAGEMENT</b>	<b>209,26</b>	1,1 %	148,30	264,72	<b>0,79</b>
<b>F – VOIES FERRÉES</b>	<b>3 297,63</b>	17,4 %	1 036,72	1 850,55	<b>1,78</b>
<b>G – ALIMENTATION ET DISTRIBUTION D’ÉNERGIE</b>	<b>8,93</b>	0,0 %	920,71	1 643,47	<b>s.o.</b>
<b>H GARES</b>	<b>276,83</b>	1,5 %	148,23 <sup>2</sup>	264,59	<b>1,05</b>
<b>I – SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATIONS</b>	<b>1 102,32</b>	5,8 %	753,07	1 344,23	<b>0,82</b>
<b>J – MATÉRIEL ROULANT</b>	<b>3 505,57</b>	18,5 %	1 428,74	2 550,30	<b>1,37</b>
<b>K – INSTALLATIONS DE MAINTENANCE</b>	<b>844,32</b>	4,5 %	308,53	550,73	<b>1,53</b>
<b>L – SYSTÈMES D’INFORMATION/BILLETTERIE</b>	<b>46,23</b>	0,2 %	45,61	81,41	<b>0,57</b>
<b>M – DÉMARRAGE</b>	<b>399,61</b>	2,1 %	256,11	457,16	<b>0,87</b>
<b>COÛT TOTAL</b>	<b>18 927,23</b>	100 %	<b>8 950,73</b>	<b>15 977,05</b>	<b>1,32<sup>3</sup></b>

1 : Facteur d’indexation de 1,785; source : 1993-2001 de CanaData, et 2002-2009 de Statistiques Canada, Indices des prix de la construction de bâtiments non résidentiels

2 : Sans systèmes de correspondance aéroportuaire

3 : Alimentation et distribution d’énergie non comprises

Les deux premières colonnes du tableau 6-2 montrent que les travaux de génie civil (acquisition d’emprises, terrassements, structures, croisements étagés et autres travaux d’aménagement) et les gares comptent pour 50 % des coûts d’immobilisation, les voies ferrées et les systèmes de signalisation et de télécommunications, pour 23 %, et le matériel roulant, pour environ 20 %.

La dernière colonne « 2009/1993 » du tableau 6-2 permet de mettre en évidence les écarts de coûts importants en dollars constants entre le concept de 1993 et celui de 2009 : un ratio qui tourne autour de 1,00 indique que les quantités sont similaires et que les coûts unitaires ont progressé « normalement » (c’est-à-dire, en proportion des coûts de construction moyens observés au cours de la période 1993-2009). En rouge, on trouve les éléments qui présentent un ratio particulièrement élevé, à savoir :

⊕ Croisements étagés – deux raisons principales expliquent cet écart élevé :

- les croisements étagés sont plus nombreux, car il a été convenu (a) d’éliminer tous les passages à niveau dans le scénario à 200 km/h (le concept de 1993 prévoyait des passages à niveau au croisement de routes secondaires où la vitesse maximale des trains ne dépassait pas 200 km/h), et (b) d’éviter toute fermeture et détournement de routes; en particulier entre Québec et Montréal, les coûts liés aux croisements étagés ont ainsi été multipliés par 4 en dollars constants;



- les prix de l'acier (d'armature et de structure) ont augmenté à un taux plus important que celui des autres matériaux.
- # Voies ferrées :
  - le coût de l'acier a doublé depuis 1993;
  - on suppose que 50 % des voies seront des voies sans ballast (+ 31 %);
  - la valeur d'autres travaux et matériaux a été sous-estimée en 1993.
- # Matériel roulant :
  - les coûts unitaires des trains ont été établis à partir de coûts liés à des commandes récentes. Des coûts supplémentaires de 20 % sont nécessaires pour l'adaptation du matériel aux exigences des règlements nord-américains. Dans le tunnel sous le mont Royal, il faudra recourir à des trains hybrides, ce qui fait augmenter le coût de 45 % par rapport aux trains diesels classiques.
- # Installations de maintenance :
  - ces installations ont sans doute été mentionnées et leurs coûts établis dans les rapports de 1995, mais ils n'y ont pas été détaillés. Par conséquent, on ne peut pas confirmer leur exhaustivité. Les coûts établis dans la présente étude sont basés sur des calculs très détaillés (voir l'annexe C).
- # Ponts, viaducs et tunnels :
  - il a été entendu de réduire au minimum le nombre des piles de ponts dans les cours d'eau, et même de les éliminer;
  - comme ci-dessus quant à l'augmentation des prix de l'acier de structure et d'armature;
- # Acquisition d'emprises :
  - le nombre d'hectares à acquérir est plus élevé, en particulier entre Québec et Ottawa, où aucune acquisition d'emprise ferroviaire n'est prévue, mais où l'acquisition de terrains supplémentaires d'une largeur de 40 m est nécessaire pour l'élargissement des emprises du CN et du CFQG.

À l'autre extrême, le coût d'un élément (surligné en vert), Systèmes d'information/billetterie, est beaucoup plus bas que celui de 1993 : cette différence peut s'expliquer par l'évolution des technologies de l'information et des communications – en particulier Internet -, qui ont été marquées par la croissance remarquable de leur efficacité et de leur popularité et la baisse de leurs coûts d'approvisionnement.

### 6.3 Estimation des coûts – Technologie E300+

Le tableau 6-3 résume les coûts d'immobilisation totaux associés à la technologie E300+ pour l'ensemble du corridor Québec-Windsor. Voici quelques observations concernant les données présentées dans ce tableau :

- # Ici encore, les coûts associés aux travaux de génie civil et aux gares représentent 49 % de l'ensemble des coûts (50 % dans le cas de la technologie F200+);
- # compte tenu de l'ajout de l'élément alimentation et distribution d'énergie aux sous-systèmes voies ferrées/signalisation/télécommunications, le coût des systèmes ferroviaires représente maintenant 31 % du coût total;



- ⊕ le matériel roulant compte pour 14 % des coûts d'immobilisation (comparativement à 20 % dans le cas de la technologie F200+, en raison du prix élevé des trains hybrides). Quoique la clientèle prévue soit plus élevée dans le scénario à technologie E300+, le nombre de trains nécessaires sera, de façon générale, inférieur à celui de la technologie F200+ en raison d'une productivité accrue;
- ⊕ les coûts liés au sous-système des voies ferrées augmentent pour les mêmes raisons que la technologie F200+;
- ⊕ les coûts des installations de maintenance, en particulier ceux associés à l'alimentation et à la distribution électrique, étaient sous-estimés en 1993. En raison de l'absence d'autres lignes électrifiées, tous les travaux d'électricité doivent être effectués par le propriétaire de l'infrastructure et aucune réduction de coûts par le recours à l'impartition n'est possible;
- ⊕ le nombre de croisements étagés est aussi plus élevé, mais dans une moindre mesure que la technologie F200+, l'élimination des fermetures de routes étant le principal facteur à l'origine de cette augmentation;
- ⊕ le coût unitaire de la caténaire par kilomètre de voie simple est 3,1 fois plus élevé qu'en 1993 (541 000 vs 175 000);

Tableau 6- 3 : THV Québec–Windsor – Coûts d'immobilisation totaux (E300+)

Sous-systèmes	TOTAL M\$ 2009	% du total	ÉPTRQO Tracé mixte 300+		2009/ 1993
			M\$ 1993	M\$ 2009 <sup>1</sup>	
<b>A – ACQUISITION D'EMPRISES</b>	<b>930,74</b>	4,4%	488,65	872,24	<b>1,07</b>
<b>B – TERRASSEMENTS ET DRAINAGE</b>	<b>2 931,35</b>	13,8%	1 891,05	3 375,52	<b>0,87</b>
<b>C – PONTS, VIADUCS ET TUNNELS</b>	<b>1 682,93</b>	7,9%	713,66	1 273,88	<b>1,32</b>
<b>D – CROISEMENTS ÉTAGÉS</b>	<b>4 208,98</b>	19,8%	1 612,48	2 878,28	<b>1,46</b>
<b>E – AUTRES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT</b>	<b>236,75</b>	1,1%	160,47	286,44	<b>0,83</b>
<b>F – VOIES FERRÉES</b>	<b>3 306,12</b>	15,5%	1 062,11	1 895,87	<b>1,74</b>
<b>G – ALIMENTATION ET DISTRIBUTION D'ÉNERGIE</b>	<b>2 010,35</b>	9,4%	901,94	1 609,96	<b>1,25</b>
<b>H – GARES</b>	<b>276,83</b>	1,3%	160,44 <sup>2</sup>	286,39	<b>0,97</b>
<b>I – SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATIONS</b>	<b>1 105,29</b>	5,2%	861,18	1 537,21	<b>0,72</b>
<b>J – MATÉRIEL ROULANT</b>	<b>3 052,43</b>	14,3%	1 530,00	2 731,05	<b>1,12</b>
<b>K – INSTALLATIONS DE MAINTENANCE</b>	<b>1 022,23</b>	4,8%	330,60	590,12	<b>1,73</b>
<b>L – SYSTÈMES D'INFORMATION/BILLETTERIE</b>	<b>46,40</b>	0,2%	46,90	83,72	<b>0,55</b>
<b>M – DÉMARRAGE</b>	<b>489,34</b>	2,3%	266,37	475,47	<b>1,03</b>
<b>COÛT TOTAL</b>	<b>21 299,74</b>	<b>100%</b>	<b>10 025,85</b>	<b>17 896,14</b>	<b>1,19</b>

1 : Facteur d'indexation de 1,785; source : 1993-2001 de CanaData, et 2002-2009 de Statistiques Canada, Indices des prix de la construction de bâtiments non résidentiels

2: Sans systèmes de correspondance aéroportuaire



- ⊕ les coûts pour le sous-système ponts, viaducs et tunnels sont plus élevés pour les mêmes raisons que pour la technologie 200+;
- ⊕ les coûts pour les systèmes d'information et de billetterie sont moins élevés pour les mêmes raisons que pour la technologie F200+.

## 6.4 Comparaison des deux technologies

Le tableau 6-4 et la figure 6-1 permettent de comparer les coûts d'immobilisation associés aux différents sous-systèmes des deux technologies. Mise à part l'alimentation/distribution d'énergie, quelques autres éléments, où l'écart entre les coûts des deux technologies dépasse les 10 % (en rouge) en plus ou en moins, méritent d'être commentés :

- ⊕ les immobilisations associées à l'électrification n'étant présents que dans le cas de la technologie E300+, ils font aussi grimper le coût des installations de maintenance et des activités de démarrage pour cette technologie;
- ⊕ les coûts du matériel roulant dépendent de la taille du parc et du coût unitaire. Les coûts liés aux trains diesels classiques et aux trains électriques sont de même ordre, mais on estime que le coût des trains hybrides est d'environ 45 % supérieur. La taille du parc varie en fonction de l'achalandage, mais également de la vitesse moyenne. L'augmentation de la vitesse moyenne améliore la productivité du matériel roulant;
- ⊕ l'écart dans les coûts associés aux autres travaux d'aménagement s'explique par le nombre plus élevé de croisements étagés rail/rail dans le scénario à technologie E300+;

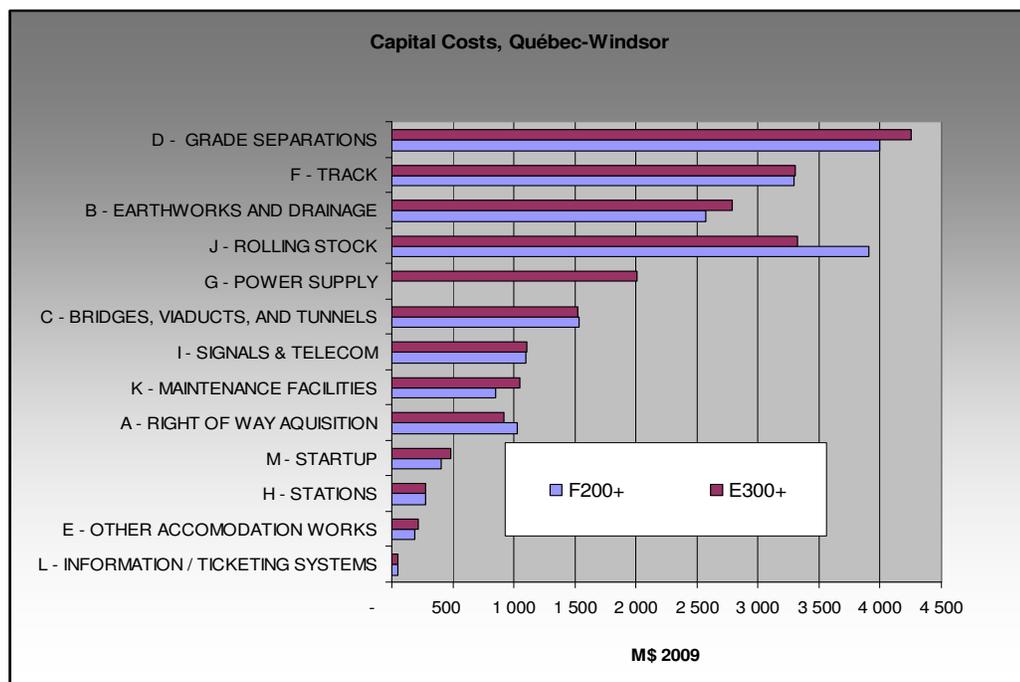
Tableau 6- 4 : Comparaison des coûts d'immobilisation des deux technologies

	F200+	E300+	ÉCART E300+ – F200+	
	M\$ 2009	M\$ 2009	M\$ 2009	%
<b>A – ACQUISITION D'EMPRISES</b>	1 043,46	930,74	(112,72)	-11%
<b>B – TERRASSEMENTS ET DRAINAGE</b>	2 651,90	2 931,35	279,45	11%
<b>C – PONTS, VIADUCS ET TUNNELS</b>	1 562,33	1 682,93	120,60	8%
<b>D – CROISEMENTS ÉTAGÉS</b>	3 978,85	4 208,98	230,13	6%
<b>E – AUTRES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT</b>	209,26	236,75	27,50	13%
<b>F – VOIES FERRÉES</b>	3 297,63	3 306,12	8,49	0%
<b>G – ALIMENTATION ET DISTRIBUTION D'ÉNERGIE</b>	8,93	2 010,35	2 001,42	n/a
<b>H - GARES</b>	276,83	276,83	-	0%
<b>I – SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATIONS</b>	1 102,32	1 105,29	2,97	0%
<b>J – MATÉRIEL ROULANT</b>	3 505,57	3 052,43	(453,14)	-13%
<b>K – INSTALLATIONS DE MAINTENANCE</b>	844,32	1 022,23	177,92	21%
<b>L – SYSTÈMES D'INFORMATION/BILLETTERIE</b>	46,23	46,40	0,17	0%
<b>M – DÉMARRAGE</b>	399,61	489,34	89,73	22%
<b>TOTAL</b>	<b>18 927,23</b>	<b>21 299,74</b>	<b>2 372,52</b>	<b>2,0%</b> <sup>1</sup>

1 : Alimentation et distribution d'énergie non comprises

- # les coûts relativement plus faibles prévus pour l'acquisition de terrains dans le scénario à technologie E300+ s'expliquent principalement par le coût unitaire moins élevé des terrains à acquérir le long de l'alignement entre Montréal et Ottawa (plus précisément entre Dorion- et Casselman) et dans le secteur de London (milieu naturel ou agricole vs milieu résidentiel ou commercial);
- # Les coûts supérieurs associés aux terrassements et drainage pour la technologie E300+ sont liés principalement aux travaux de défrichage et de construction de remblais, de même qu'aux écrans acoustiques et aux murs de soutènement.

**Figure 6- 1 : Comparaison des technologies F200+ et E300+**



## 6.5 Comparaison avec des THV existants

De façon générale, il pourrait être intéressant et instructif de comparer les estimations des coûts de construction du présent projet avec les coûts historiques de THV en exploitation ou avec ceux d'autres projets semblables sur la table à dessin. Toutefois, à moins de faire une étude à la loupe des composantes, il est difficile et peut-être même imprudent de tirer des conclusions absolues à partir de ces comparaisons. La plupart des documents sur le sujet s'entendent pour dire que les éléments d'infrastructure de THV les plus sensibles à l'évolution des coûts sont les travaux qui dépendent de la topographie comme les tunnels, les viaducs et les ponts. Dans le corridor Québec-Windsor, les conditions d'insertion du THV, comme l'indiquent les tracés représentatifs des deux technologies, ne présentent généralement pas de contraintes topographiques qui pourraient présenter des problèmes importants sur le plan des coûts et faire augmenter les risques associés aux coûts de construction. La plus grande partie des tracés se trouve dans la plaine du Saint-Laurent et des Grands Lacs et suit une emprise ferroviaire existante, laquelle a déjà été optimisée du point de vue de la topographie et de la



traversée des cours d'eau. En outre, les tracés empruntent les emprises ferroviaires existantes en milieu urbain ou contournent les zones urbaines importantes, ce qui réduit aussi le risque de coûts importants et imprévus.

Étant donné ce qui précède, il est raisonnable de s'attendre à ce que les estimations des coûts de construction du projet de THV Québec-Windsor reflètent les conditions relativement favorables des tracés.

À titre de comparaison, on a examiné deux documents récents, à savoir le rapport n° GAO-09-317 du United States Government Accountability Office, daté du 9 mars 2009, et un rapport de la fondation BBVA intitulé *Economic Analysis of High Speed Rail in Europe*, daté de mai 2009, par Ginés de Rus, de l'université de Las Palmas en Espagne. Cette dernière étude, qui porte sur 45 projets de THV dans le monde, indique que le coût de construction par kilomètre des 24 réseaux de THV en service varie de 4,7 à 39,5 M€ (2005), la moyenne étant de 18 M€ (2005), soit 31 M\$ (CAD 2009). Ces coûts ne comprennent pas le matériel roulant, la planification et les terrains. Dans l'étude du GAO, les coûts de construction de six projets de THV européens et japonais ont été analysés. Dans ce cas, le coût par mille en USD de 2008 varie de 37 M\$ à 143 M\$ (soit de 24,6 à 95,1 M\$/km en CAD de 2009). Dans le cas de quatre projets de THV en gestation aux États-Unis, le coût estimatif de construction en USD de 2008 varie de 22 M\$ à 132 M\$ par mille (soit de 14,6 à 87,8 M\$/km en CAD de 2009) selon le type de technologie sélectionnée (Maglev, diesel), la topographie et le prix des terrains en vigueur.

D'après l'étude de la fondation BBVA, le projet de THV européen qui présente le coût le moins élevé au kilomètre est celui de la ligne Paris-Lyon (France), construite en 1981 sur un tracé généralement plat, à 8,1 M\$ (CAD 2009). Vient ensuite la ligne Madrid-Lleida (Espagne) dont le tracé présente des conditions de terrain variées à 13,4 M\$ (CAD 2009). Le coût de construction de la ligne Bologne-Florence (Italie) est le plus élevé à 113,4 M\$ (CAD 2009), cette ligne étant constituée à 95 % de viaducs et de tunnels. EcoTrain estime le coût du projet de THV Québec-Windsor à technologie E300+ à environ 12,8 M\$ (CAD 2009) par kilomètre (excluant le matériel roulant, l'acquisition de terrains et la planification), ce qui est 58 % plus élevé que le coût de la ligne Paris-Lyon et 4 % inférieur à celui de la ligne Madrid-Lleida.

Dans le rapport du GAO, le coût du projet de la ligne de THV reliant la Californie (Victorville) au Nevada (Las Vegas) est estimé à 14,6 M\$ (CAD 2009) par kilomètre, ce qui comprend l'acquisition de terrains et la planification, mais exclut le matériel roulant. Cette ligne suit un corridor relativement plat. En démarrant à Victorville, le tracé évite les terrains difficiles qui auraient nécessité la construction de ponts et de tunnels dans la chaîne de montagnes entre Los Angeles et Victorville, et évite aussi des secteurs urbains très denses de Los Angeles, dont la traversée aurait engendré des coûts de construction élevés. Cette situation se compare relativement bien à l'estimation de 14,4 M\$ (CAD 2009), excluant le coût du matériel roulant mais incluant les coûts d'acquisition des terrains et de la planification, préparée par EcoTrain pour le TVH Québec-Windsor à technologie E300+.

De manière générale, les estimations des coûts de construction établies pour le THV Québec-Windsor à technologie E300+ se situent dans la plage des coûts de construction des réseaux de THV existants et des coûts prévus pour des projets de THV, comme indiqué dans les documents de référence, s'approchant du bas des échelles de coûts, ce qui s'explique par les conditions topographiques favorables dans le corridor Québec-Windsor.



## 6.6 Estimations détaillées pour les différents tronçons

Des coûts d'immobilisation détaillés ont d'abord été établis pour les quatre *tronçons géographiques* du corridor de Québec à Windsor, pour les deux technologies F200+ et E300+ :

- ⊕ Québec-Montréal (comprenant la gare du Palais, les gares de L'Ancienne-Lorette, de Trois-Rivières et de Laval, et le dépôt central de maintenance de Québec);
- ⊕ Montréal-Ottawa (comprenant la gare Centrale et les gares de Dorval et d'Ottawa, le centre de commande de l'exploitation (CCE), le bâtiment d'administration centrale, les ateliers de maintenance et le dépôt central de maintenance de Montréal);
- ⊕ Ottawa-Toronto (comprenant les gares de Kingston, de Toronto Est et Union, les ateliers de maintenance et le dépôt central de maintenance de Toronto);
- ⊕ Toronto-Windsor (comprenant les gares de Toronto Ouest, de London et de Windsor, et le dépôt central de maintenance de Windsor).

Puis, en accord avec le Comité technique, des *tronçons fonctionnels* ont été définis pour les deux technologies aux fins d'analyses plus approfondies dans le cadre d'autres Livrables (6.2, 7, 10 et 11) :

Québec-Windsor    Québec-Toronto    Montréal-Toronto    Toronto-Windsor

Les tableaux 6-5 et 6-6 présentent, pour les technologies F200+ et E300+, un sommaire des coûts associés aux quatre tronçons fonctionnels, ventilés par les 13 sous-systèmes.

**Tableau 6-5 : Coûts d'immobilisation des tronçons fonctionnels – F200+ (M\$<sub>2009</sub>)**

	Québec-Windsor	Québec-Toronto	Montréal-Toronto	Toronto-Windsor
<b>A – ACQUISITION D'EMPRISES</b>	1 043	679	502	354
<b>B – TERRASSEMENTS ET DRAINAGE</b>	2 652	2 021	1 378	631
<b>C – PONTS, VIADUCS ET TUNNELS</b>	1 562	1 212	793	350
<b>D – CROISEMENTS ÉTAGÉS</b>	3 979	3 050	1 773	929
<b>E – AUTRES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT</b>	209	63	39	146
<b>F – VOIES FERRÉES</b>	3 298	2 324	1 588	979
<b>G – ALIMENTATION / DISTRIBUTION D'ÉNERGIE</b>	9	7	5	4
<b>H – GARES</b>	277	229	160	91
<b>I – SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATIONS</b>	1 102	795	543	326
<b>J – MATÉRIEL ROULANT</b>	3 506	2 613	1 575	683
<b>K – INSTALLATIONS DE MAINTENANCE</b>	844	625	452	273
<b>L – SYSTÈMES D'INFORMATION / BILLETTERIE</b>	46	44	43	41
<b>M – DÉMARRAGE</b>	400	310	216	113
<b>TOTAL</b>	<b>18 927</b>	<b>13 983</b>	<b>9 067</b>	<b>4 919</b>



Tableau 6- 6 : Coûts d'immobilisation des tronçons fonctionnels – E300+ (M\$2009)

	Québec-Windsor	Québec-Toronto	Montréal-Toronto	Toronto-Windsor
<b>A – ACQUISITION D'EMPRISES</b>	917	628	440	293
<b>B – TERRASSEMENTS ET DRAINAGE</b>	2 931	2 346	1 651	586
<b>C – PONTS, VIADUCS ET TUNNELS</b>	1 683	1 318	918	365
<b>D – CROISEMENTS ÉTAGÉS</b>	4 209	3 171	1 905	1 038
<b>E – AUTRES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT</b>	237	88	66	149
<b>F – VOIES FERRÉES</b>	3 306	2 323	1 587	988
<b>G – ALIMENTATION / DISTRIBUTION D'ÉNERGIE</b>	2 010	1 411	977	601
<b>H – GARES</b>	277	229	160	91
<b>I – SIGNALISATION / TÉLÉCOMMUNICATIONS</b>	1 105	796	544	328
<b>J – MATÉRIEL ROULANT</b>	3 052	2 398	1 799	654
<b>K – INSTALLATIONS DE MAINTENANCE</b>	1 022	849	590	341
<b>L – SYSTÈMES D'INFORMATION / BILLETTERIE</b>	46	45	43	41
<b>M – DÉMARRAGE</b>	489	375	265	139
<b>TOTAL</b>	<b>21 300</b>	<b>15 987</b>	<b>10 952</b>	<b>5 614</b>

En annexe, on peut trouver, pour chaque tronçon et chaque technologie, les données ci-dessous obtenues à partir du modèle de coût d'EcoTrain :

- ⊕ un tableau sommaire présentant pour chaque sous-système, les honoraires des services professionnels, les coûts d'approvisionnement-construction-installation, la contingence projet (ou provision pour éventualités) et les totaux;
- ⊕ un ensemble de tableaux indiquant, pour chacun des 13 sous-systèmes, les quantités et les coûts de chaque élément et sous-élément des secteurs 1 et 4.

Voici la liste des annexes correspondantes :

- Annexe D : Projet total Québec - Windsor
- Annexe E : Tronçon géographique Québec - Montréal
- Annexe F : Tronçon géographique Montréal - Ottawa
- Annexe G : Tronçon géographique Ottawa - Toronto
- Annexe H : Tronçon géographique Toronto - Windsor
- Annexe I : Tronçon fonctionnel Québec - Toronto
- Annexe J : Tronçon fonctionnel Montréal - Toronto
- Annexe K : Tronçon fonctionnel Toronto - Windsor





## 7 CALENDRIER DE MISE EN OEUVRE

L'objet principal du calendrier d'exécution des travaux est de fournir un flux des déboursés pour les besoins de l'analyse financière. On fait l'hypothèse, pour les besoins de la présente étude de faisabilité, que le projet sera réalisé selon un processus conventionnel ou traditionnel, tel qu'il le fut lors de l'ÉPTRQO. EcoTrain est d'avis que le calendrier de réalisation ne varierait pas de façon significative si le projet était lancé en mode PPP; les activités qui précèdent les étapes de Conception détaillée et de Construction étant dans tous les cas de responsabilité gouvernementale (ou publique) et comptant pour près de 7 ans, il reste très peu de marge au secteur privé pour réduire la durée des activités subséquentes.

La figure 7-1 illustre le calendrier de mise en œuvre prévu pour l'ensemble du corridor Québec-Windsor. Ce calendrier est fondé sur différentes hypothèses qui devront être validées et précisées aux étapes importantes. Selon ce calendrier, la mise en service de la ligne Québec-Windsor aurait lieu 14 ans suivant l'autorisation du projet.

On présume, aux fins de la présente étude de faisabilité, que la période de 14 ans s'appliquerait aussi à la mise en œuvre des trois *tronçons fonctionnels* partiels Québec-Toronto, Montréal-Toronto et Toronto-Windsor, étant donné que les délais de certaines activités ne peuvent être réduits, comme l'évaluation environnementale, l'acquisition de terrains et l'approvisionnement en matériel roulant, la durée des autres activités étant principalement une question d'allocation de ressources.

### 7.1 Évaluation environnementale

Suite à la présente étude de faisabilité et à une éventuelle décision gouvernementale de lancer le projet selon une technologie préférée (F200+ ou E300+), l'**évaluation environnementale** (EE) démarrera. Transports Canada sera « l'autorité responsable » aux fins de l'application de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (LCÉE)*. Les processus d'évaluation environnementale de l'Ontario et du Québec devraient aussi s'appliquer. La section 8 du Livrable 9 décrit les exigences pour l'obtention des approbations d'évaluation environnementale. L'EE devrait vraisemblablement être réalisée de façon à satisfaire à toutes les exigences des processus obligatoires et nécessiter une évaluation environnementale distincte.

Advenant que le projet de THV passe à l'étape de mise en œuvre, il faudra obtenir les permis et autorisations nécessaires des gouvernements du Québec, de l'Ontario et du Canada dans le respect des modalités prescrites par ces autorités en matière d'évaluation environnementale. Des ententes récentes entre les provinces et entre les provinces et le gouvernement fédéral indiquent une volonté d'harmonisation des processus d'évaluation environnementale. Par conséquent, on suggère l'adoption, pour le THV, d'un seul processus d'évaluation environnementale qui respecte les exigences de ces trois gouvernements.



Les délais requis pour la réalisation d'évaluations environnementales distinctes suscitent d'importantes préoccupations. Par exemple, l'évaluation environnementale distincte de l'autoroute 407 Est commencée en 2002 a duré plus de huit ans. Elle portait sur un corridor de 50 km et sur deux liaisons de 10 km qui avaient déjà fait l'objet d'une étude approfondie. Il a fallu trois ans uniquement pour définir les termes de référence, puis cinq autres années pour réaliser l'évaluation environnementale. Des règlements récents pris en vertu de la *Loi sur les évaluations environnementales* de l'Ontario ont visé à accélérer le processus d'évaluation pour les projets de transport collectif. En vertu du nouveau règlement 231/08 de l'Ontario, les promoteurs n'ont pas à justifier la pertinence de projets de transport en commun ou à proposer de solutions de rechange, puisque les besoins en transports en commun et les avantages qu'ils apportent aux collectivités, à l'environnement et à l'économie sont largement démontrés. Les seules objections examinées par le Ministre seront celles liées aux questions d'importance provinciale, aux droits des Autochtones ou aux droits consentis en vertu de traités. Pour assurer l'obtention des autorisations dans un délai raisonnable, le processus ne peut pas durer plus de six mois.

Afin d'accélérer au maximum le processus d'évaluation environnementale du projet de THV, on a prévu une tâche à l'échéancier pour l'élaboration de mesures législatives provinciales ou fédérales visant à alléger le processus d'évaluation environnementale du projet. Pendant ce temps, il sera possible de procéder à un examen visant à déterminer si le nouveau règlement 231/08 de l'Ontario sur les transports en commun s'applique au projet et d'étudier d'autres options pour assurer l'efficacité du processus. Dans l'hypothèse d'un allègement du processus tant au provincial qu'au fédéral, on estime que l'évaluation environnementale serait achevée dans un délai de cinq à huit ans.

## 7.2 Définition du concept/Sélection du tracé

On recommande qu'une étude de **définition du concept (ou avant-projet préliminaire)** soit entreprise pour l'ensemble du corridor Québec-Windsor. Puisque cette définition servira de fondement sur lequel se développera le projet de train à haute vitesse, l'étude de définition du concept et l'EE devront être concurrentes, de façon à permettre à la première de fournir à la seconde les paramètres géographiques requis. Du point de vue global, il est important que la responsabilité soit centralisée en ce qui concerne l'optimisation et la **sélection du tracé**, l'établissement des critères de conception et le calage des alignements verticaux et horizontaux. On prévoit qu'il faudra six mois pour définir les Termes de référence et choisir un consultant qui sera chargé de l'étude de définition du concept. Comme mentionné précédemment, une importante partie du tracé doit suivre les lignes ferroviaires existantes. Toutefois, conformément à l'un des tracés représentatifs retenus dans la présente étude, il est probable que la construction d'un nouveau corridor soit nécessaire entre Dorion et Ottawa et entre Smith Falls et Oshawa. Par conséquent, la définition du concept pourrait prendre considérablement plus de temps en raison du besoin d'établir, d'analyser et d'évaluer d'autres tracés possibles entre ces points. On a pris pour hypothèse que la définition du concept, qui comprendrait une étude fonctionnelle à l'échelle 1:2000, serait un travail de nature technique sans consultation publique officielle. On prévoit que le consultant aura besoin de 30 mois pour réaliser les travaux de définition du concept et de sélection du tracé.



### 7.3 Avant-projet

Comme indiqué dans la figure 7-1, l'étude d'**avant-projet (AP définitif)** devrait être réalisée parallèlement à l'évaluation environnementale. On a prévu un délai supplémentaire de 26 semaines suivant la fin du processus d'évaluation environnementale pour compléter l'avant-projet. Cet échéancier n'est peut-être pas tout à fait exact, car généralement l'avant-projet se termine en même temps que l'évaluation environnementale; mais il accorde un certain jeu aux délais prévus pour l'évaluation environnementale.

### 7.4 Plans et devis

Le calendrier de 1995 prévoyait un délai de trois mois entre la fin de l'avant-projet et le début des **plans et devis des travaux de génie civil**. Dans un projet classique (autre qu'un projet PPP), les plans et devis sont presque toujours réalisés par une autre entreprise ou équipe. Notre calendrier des travaux (figure 7-1) prévoit que les plans et devis détaillés des travaux de génie civil doivent commencer immédiatement après la fin de la conception préliminaire.

Les **plans et devis des systèmes ferroviaires** ne peuvent pas être entrepris avant qu'une partie des plans et devis des travaux de génie civil soit terminée. Notre calendrier prévoit que les plans et devis des systèmes ferroviaires devraient commencer un an après le début de ceux génie civil et se terminer six mois après la fin de ceux-ci.

### 7.5 Acquisition des emprises

Dans le calendrier de 1995, l'**acquisition des emprises** devait commencer en même temps que les plans et devis, ce qui est peu plausible étant donné que les besoins en propriété foncière, esquissés au cours de l'avant-projet, seront concrétisés au cours de la préparation des plans et devis. De manière générale, l'acquisition des emprises ne doit pas commencer avant que l'étape des plans et devis soit achevée à 30 % (au plus tôt); habituellement, c'est à 60 %.

En général, le maître de l'ouvrage ne devrait pas lancer d'appels d'offres pour un projet avant d'avoir pris possession de tous les terrains, de façon à éviter le risque de réclamations pour retards par l'entrepreneur. Toutefois, pour accélérer le projet de THV, il pourrait être nécessaire d'amorcer le processus d'acquisition des emprises « à risque ». On propose un délai de 42 mois pour cette tâche, ce qui est légèrement plus long que les 36 mois prévus dans l'ÉPTRQO; ce délai demeure encore optimiste étant donné que le processus d'expropriation prend au moins 18 mois et qu'il y aura des centaines de terrains à acquérir. La disponibilité des ressources pourrait être une contrainte majeure au respect de l'échéancier prévu pour l'acquisition des emprises.

L'ÉPTRQO prévoyait une période de 21 mois pour les appels d'offres. Ce délai comprenait peut-être l'établissement des conditions contractuelles et des dessins, car en général, le processus d'appels



d'offres pour des projets classiques n'est pas aussi long. On prévoit 42 mois pour l'acquisition des emprises, incluant environ six mois à la fin pour les appels d'offres.

## 7.6 Construction générale et installation du matériel ferroviaire fixe

Le calendrier du projet prévoit les mêmes délais que l'ÉPTRQO pour les activités de **construction générale** (génie civil et stations) et **d'installation du matériel ferroviaire fixe** (systèmes ferroviaires). Comme indiqué précédemment, la construction ne devrait pas commencer avant que tous les terrains aient été acquis. Dans l'ÉPTRQO, le début des travaux d'installation du matériel ferroviaire fixe ne commençait pas avant deux ans suivant la fin de la construction générale. L'échéancier proposé ici prévoit plutôt que ces travaux commenceraient 6 mois après le début des travaux de construction générale, de façon à ce qu'ils soient complétés quelque 6 mois avant la fin de la période des Essais. Quant aux travaux de Construction ou de Modification des Gares, dont la durée est estimée à 24 mois, ils démarreraient de façon à être complétés tout juste avant la mise en service.

## 7.7 Préachats

Deux risques importants relatifs au calendrier doivent être soulignés : la disponibilité des rails et les délais d'acquisition du matériel roulant. Pour faire face à ces risques, on recommande que le maître de l'ouvrage procède aux **préachats des rails et du matériel roulant**. Une telle mesure permettrait de réaliser des économies grâce à des commandes plus imposantes et à la possibilité offerte aux fournisseurs de réserver des créneaux de fabrication bien en avance du moment où le matériel doit être livré sur le chantier. Les délais prévus pour l'ensemble de la tâche de préachat du matériel roulant de même que pour les étapes intermédiaires (consultation de l'industrie et rédaction des spécifications, appel d'offres et adjudication, ingénierie et essais pilotes, production en série et livraison) ont été examinés par un fournisseur important pour s'assurer qu'ils étaient vraisemblables.

## 7.8 Essais

L'ÉPTRQO prévoyait que la période des **essais** devait commencer six mois avant la fin de l'installation du matériel ferroviaire fixe; la durée et la logique pour les essais et la construction des gares ont été maintenues dans le calendrier proposé pour le projet.

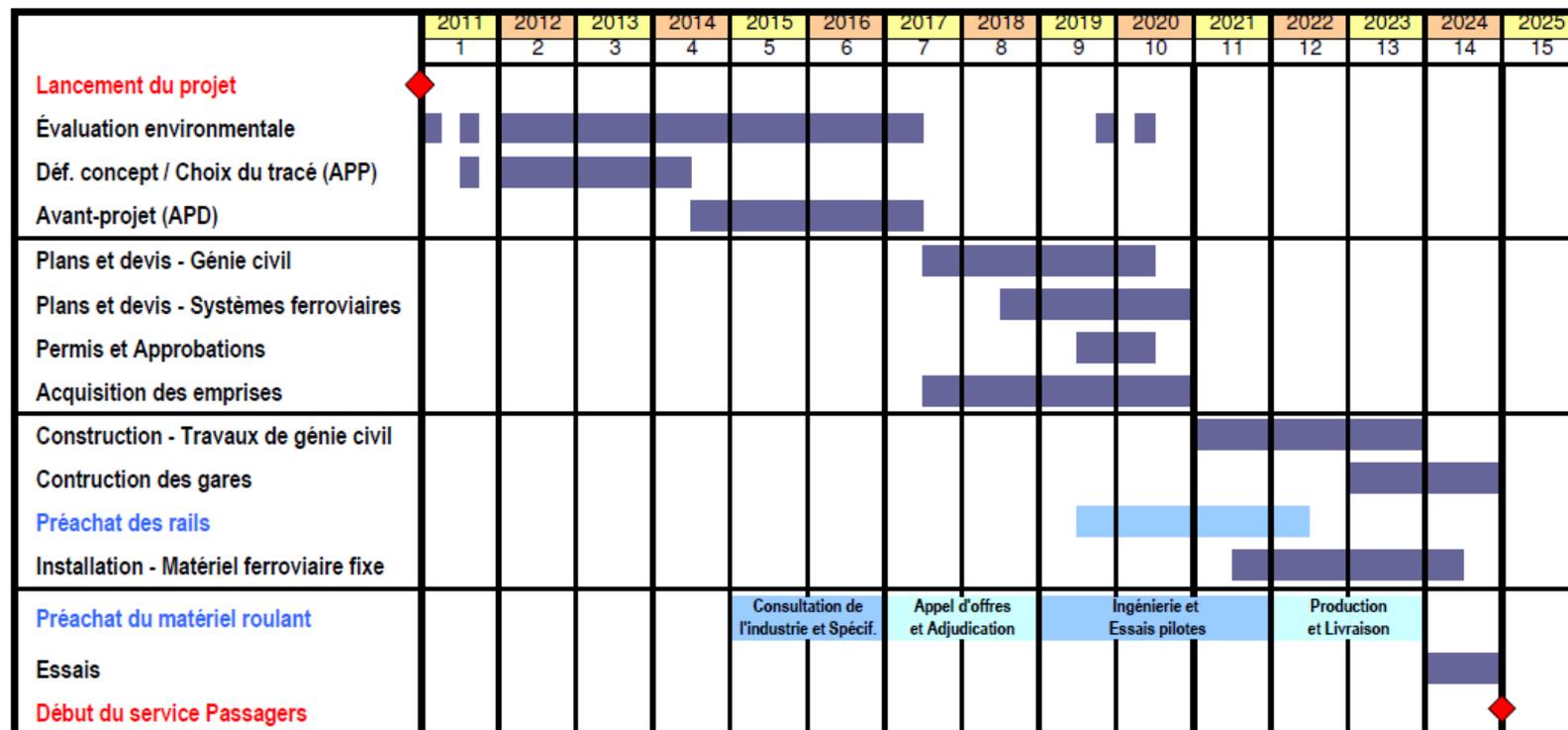


Figure 7- 1 : Projet de THV Québec-Windsor : Calendrier général de mise en œuvre



## 8 ANALYSE DES RISQUES

### 8.1 Exactitude des estimations

L'exactitude des estimations est directement liée au niveau de précision des données disponibles pour l'établissement de ces estimations, en particulier à l'état d'avancement de la conception.

Plus le cycle de vie d'un projet progresse plus l'exactitude des estimations augmente. Le niveau d'exactitude sera donc plus élevé une fois que la conception sera achevée. Par conséquent, pour qu'une estimation soit plus exacte, la conception doit être plus avancée.

Le tableau 8-1 montre ce concept, comme défini par l'ACE<sup>16</sup>.

Tableau 8- 1 : Marge d'exactitude vs niveau de conception

Type d'estimation	Niveau de définition de la conception		Marge d'exactitude
Tri/choix de concept	0 % à 2 %	Ingénierie de concept	-50 % à +100 %
Pré faisabilité	1 % à 15 %	Avant-projet sommaire	-20 % à +35 %
Faisabilité/estimation budgétaire	10 % à 40 %	Avant-projet détaillé	-15 % à +20 %
Contrôle	30 % à 70 %	Plans et devis préliminaires	-10 % à +12 %
Soumission interne	50 % à 100 %	Plans et devis définitifs	-5 % à +10 %

Le résultat final du processus d'estimation est une évaluation unique (coût de base) du coût du projet, qui peut varier selon la marge d'exactitude. Pour obtenir un coût de projet auquel tous les intervenants peuvent avoir confiance, une contingence projet (ou provision pour éventualités) est ajoutée au coût de base.

Le tableau 8-2 montre la marge d'exactitude de l'estimation en 1995 et celle de la présente.

<sup>16</sup> ACE, International Recommended Practice no. 18R-97 Cost estimate classification system – as applied in engineering, procurement, and construction for the process industries; American Association of Civil Engineers inc. 2005, 10p.

Tableau 8- 2 : Marge d'exactitude en 1995 et en 2009

Sous-systèmes	Marge d'exactitude	
	1995	2009
<b>A – ACQUISITION DES EMPRISES</b>	±25 %	±25 %
<b>B – TERRASSEMENTS ET DRAINAGE</b>	±35 %	±35 %
<b>C – PONTS, VIADUCS ET TUNNELS</b>	±15 %	±15 %
<b>D – CROISEMENTS ÉTAGÉS</b>	±15 %	±15 %
<b>E – AUTRES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT</b>	±50 %	±50 %
<b>F – VOIES FERRÉES</b>	±10 %	±10 %
<b>G – ALIMENTATION ET DISTRIBUTION D'ÉNERGIE</b>	±15 %	±10 %
<b>H – GARES</b>	±20 %	±15 %
<b>I – SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATIONS</b>	s.o.	±15 %
<b>J – MATÉRIEL ROULANT</b>	s.o.	±10 %
<b>K – INSTALLATIONS DE MAINTENANCE</b>	s.o.	±15 %
<b>L – SYSTÈMES D'INFORMATION / BILLETTERIE</b>	s.o.	±15 %
<b>M – DÉMARRAGE</b>	s.o.	±15 %

## 8.2 Contingence projet et probabilité de respect du coût estimatif du projet<sup>17</sup>.

Comme indiqué précédemment, la contingence projet ajoutée au coût du projet permet d'obtenir un niveau de confiance qui correspond à la probabilité que le coût soit respecté, généralement 50 %. Si on veut que le niveau de confiance soit plus élevé, par exemple 70 %, et par conséquent, qu'il y ait une plus grande probabilité que le coût du projet soit respecté, il faut augmenter le montant de la contingence projet.

Cela étant dit, la marge d'exactitude, elle, ne variera pas en fonction du montant de la contingence projet ajoutée au coût de base pour obtenir la probabilité désirée, car le niveau d'exactitude des estimations demeure toujours lié au niveau de précision de la conception du projet. La marge d'exactitude correspond à l'écart entre le coût le plus bas et le coût le plus élevé, exprimé par un pourcentage du coût de base, par exemple 60 % (de -20 % à +40 %). Il faut souligner que la marge d'exactitude ne variera pas même si le coût du projet augmente en raison de l'ajout de la contingence projet. Toutefois, la variation de l'exactitude par rapport au nouveau coût de projet peut maintenant être, par exemple, de -30 % à +30 % au lieu de -20 % à +40 % du coût de base. Le montant de la contingence projet ajouté au coût de base permet ainsi de définir le niveau de confiance ou de probabilité que le coût du projet sera respecté.

<sup>17</sup> Dysert, Larry; « Is estimate accuracy an oxymoron? », in *Cost Engineering*, vol. 49 n° 1, Janvier 2007; p. 32-36

La marge d'exactitude dépend aussi de l'intervalle de confiance. D'un point de vue statistique, l'intervalle de confiance est l'intervalle à l'intérieur duquel il y a une probabilité définie qu'une valeur donnée se trouve. L'intervalle de confiance est exprimé en pourcentage. Par exemple, un intervalle de confiance de 80 % indique qu'il y a 80 % de probabilité que le coût du projet se situe à l'intérieur d'une plage de valeurs donnée. Dans les tableaux ci-dessous par exemple, pour la technologie F200+, si l'intervalle de confiance est de 80 %, c'est qu'il y a 80 % de probabilité que le coût du projet se situe entre 17 140 M\$ et 19 483 M\$ avec une marge d'exactitude de 13 %. Si on augmente l'intervalle de confiance à 100 %, il y aura 100 % de probabilité que le coût du projet se situe entre 16 329 M\$ et 21 735 M\$ et la marge d'exactitude sera alors de 30 %. Comme indiqué précédemment, l'écart en plus ou en moins va dépendre du coût du projet choisi et la probabilité de dépassement. Dans l'exemple ci-dessus, si on choisit une probabilité de dépassement de 50 % et un intervalle de confiance de 80 %, le coût sera de 18 266 M\$ ± 6 %. Si la probabilité de dépassement est de 20 %, le coût sera de 19 078 M\$ avec une marge de -10 % à + 2 %. Les valeurs limites inférieure et supérieure demeurent les mêmes, soit 17 140 M\$ et 19 483 M\$ respectivement.

### 8.3 Modèle d'analyse Monte-Carlo

La simulation Monte-Carlo permet de générer une distribution de coûts probables pour le projet. Partant du coût de base, sans contingence projet, et de la marge d'exactitude de chaque sous-système, on peut déterminer l'exactitude de l'estimation et la probabilité de respect du coût ciblé, à l'intérieur d'un intervalle de confiance statistique donné.

La première étape consiste à créer un modèle qui correspond à l'analyse Monte-Carlo effectuée dans l'étude antérieure de façon que les estimations actualisées correspondent aux paramètres initiaux. Comme on n'avait pas accès aux données de l'analyse antérieure, on a réalisé les simulations en utilisant les coûts initiaux afin de vérifier les résultats de l'ÉPTRQO. On a pu ainsi valider le modèle utilisé pour l'établissement des estimations en 1995 en confirmant les données obtenues à l'égard de l'exactitude et de la contingence projet. Le montant de la contingence projet ajouté en 1995 est associé à un risque de dépassement du coût de 45 %.

### 8.4 Résultats de l'analyse de risques

Le tableau 8-3 présente le sommaire des résultats de la réévaluation des coûts du projet avant l'analyse Monte-Carlo, comme indiqué à la section 6 du présent rapport.

**Tableau 8-3 : Sommaire des coûts du projet, contingence et exactitude**

Technologie	Coût de base* sans la contingence	Contingence projet**	Total	Exactitude attendue
F200+	16 990 M\$	1 937 M\$ (12%)	18 927 M\$	20 %
E300+	19 009 M\$	2 291 M\$ (12%)	21 300 M\$	20 %

\*: Comprend les honoraires pour services professionnels

\*\* : Pour les coûts de construction et les honoraires pour frais professionnels



Suivant la simulation Monte-Carlo et supposant qu'il n'y a aucune corrélation entre les sous-systèmes (comme dans l'étude antérieure), on a obtenu les résultats qui figurent dans le tableau 8-4.

Tableau 8-4 : Résultats des simulations Monte-Carlo

Technologie	Niveau de confiance	Probabilité de dépassement	Coût de base M\$	Contingence projet		Coût total M\$	Exactitude calculée (Intervalle de confiance statistique de 80 %)
				Montant M\$	%		
F200+	A	50 %	16 990	1 276	7.5%	18 266	-6 % à +6 %
	B	30 %	16 990	1 747	10%	18 737	-8 % à +4 %
	C	20 %	16 990	2 088	12%	19 078	-10 % à + 2 %
	D	10 %	16 990	2 493	15%	19 483	-12 % à + 0 %
E300+	A	50 %	19 009	1 513	8%	20 522	-6 % à +7 %
	B	30 %	19 009	2 033	11%	21 042	-9 % à +4 %
	C	20 %	19 009	2 384	12.5%	21 393	-10 % à + 2 %
	D	10 %	19 009	2 806	15%	21 815	-12 % à + 0 %

Les tableaux 8-5 et 8-6 indiquent, pour chaque technologie, le montant de la contingence projet à appliquer à chaque sous-système pour des probabilités de dépassement de 50 % et 20 %. L'exactitude pour chaque sous-système est associée à un intervalle de confiance statistique de 80 % et une probabilité de dépassement de 50 %. L'exactitude globale, qui est aussi donnée, est associée à un intervalle de confiance statistique de 100 %. L'exactitude est de 20 % quand l'intervalle de confiance statistique se situe entre 80 % et 100 %.

Tableau 8-5 : Résultats des simulations Monte-Carlo par sous-système – Technologie F200+

Sous-système	Coût de base * M\$	Probabilité de dépassement 50 %			Probabilité de dépassement 20 %			Exactitude de l'estimation**	
		Contingence M\$	Coût total M\$	Contingence %	Contingence M\$	Coût total M\$	Contingence %	% min.	% max.
A	908	65	973	7.2%	145	1 052	16,0 %	-23,9	29,7
B	2210	160	2 370	7.3%	461	2 671	20,9 %	-33,8	38,0
C	1420	102	1 522	7,2 %	157	1 577	11,0 %	-12,9	19,1
D	3386	459	3 845	13,5 %	607	3 993	17,9 %	-12,3	19,9
E	155	21	176	13.3%	53	208	34,3 %	-45,0	53,9
F	3141	144	3 285	4,6%	190	3 331	6,1 %	-9,1	12,2
G	8	1	9	13,8%	1	9	15,8 %	-8,7	14,6
H	252	18	270	7,0%	27	279	10,9 %	-14,0	18,8
I	1002	69	1 071	6,9%	112	1 114	11,1 %	-13,2	18,1
J	3339	154	3 492	4,6%	205	3 543	6,1 %	-9,2	12,4
K	768	55	822	7,1%	85	853	11,1 %	-13,6	18,5
L et M	403	29	431	7,2%	44	447	11,0 %	-14,0	18,5
<b>Total</b>	<b>17 294</b>	<b>1 276</b>	<b>18 266</b>	<b>7,5%</b>	<b>2 088</b>	<b>19 078</b>	<b>12,1 %</b>	<b>-6,1</b>	<b>6,7</b>
Marge d'exactitude globale pour un intervalle de confiance statistique de 80 %								13 %	
Marge d'exactitude globale pour un intervalle de confiance statistique de 90 %								30 %	
Marge d'exactitude globale pour un intervalle de confiance statistique de 100 %								16 %	



\* Comprenant les services prof.

\*\* Avec intervalle de confiance statistique de 80 % et probabilité de dépassement de 50 %

Tableau 8- 6 : Résultats des simulations Monte-Carlo par sous-système – Technologie E300+

Sous-système	Coût de base* M\$	Probabilité de dépassement = 50 %			Probabilité de dépassement = 20 %			Exactitude de l'estimation**	
		Contingence M\$	Coût total M\$	Contingence %	Contingence M\$	Coût total M\$	Contingence %	% min.	% max.
A	809	54	864	6,7 %	127	936	15,7 %	-23,2	30,2
B	2 443	161	2 604	6,6 %	487	2 930	19,9 %	-33,2	40,6
C	1 530	108	1 638	7,0 %	166	1 696	10,8 %	-13,5	18,0
D	3 582	480	4 062	13,4 %	633	4 215	17,7 %	-11,7	20,1
E	175	23	198	12,9 %	60	235	34,0 %	-46,6	57,3
F	3 149	141	3 290	4,5 %	186	3 335	5,9 %	-9,6	12,5
G	1 748	236	1 984	13,5 %	272	2 020	15,5 %	-8,5	14,7
H	252	17	269	6,9 %	28	280	10,9 %	-14,1	17,5
I	1 005	70	1 075	7,0 %	110	1 115	11,0 %	-13,7	17,8
J	2 907	124	3 031	4,3 %	165	3 072	5,7 %	-9,8	11,6
K	929	65	994	7,0 %	99	1 028	10,6 %	-14,0	17,7
L et M	480	34	514	7,0 %	53	533	11,0 %	-13,0	19,1
<b>Total</b>	<b>19 009</b>	<b>1 513</b>	<b>20 522</b>	<b>8,0 %</b>	<b>2 384</b>	<b>21 393</b>	<b>12,5 %</b>	<b>-5,8</b>	<b>6,3</b>
Marge d'exactitude globale pour un intervalle de confiance statistique de 80 %								12 %	
Marge d'exactitude globale pour un intervalle de confiance statistique de 90 %								16 %	
Marge d'exactitude globale pour un intervalle de confiance statistique de 100 %								27 %	

\* Comprenant les services prof.

\*\* Avec intervalle de confiance statistique de 80 % et probabilité de dépassement de 50 %

## 8.5 Recommandation

Les simulations Monte-Carlo ont été effectuées avec des probabilités de dépassement de 50 % et de 20 %. Compte tenu du niveau de conception peu précis et du fait que certains éléments des travaux n'ont pas été définis ou ont été supposés inclus dans la contingence, on a recommandé, aux fins d'établissement des estimations de la section 6, d'utiliser des pourcentages pour contingence qui diminueront la probabilité de dépassement des coûts, soit 30 % dans le cas présent. Il sera ainsi possible de prévoir des fonds suffisants pour le projet sans que ceux-ci soient trop élevés.

Le tableau 8-7 résume les pourcentages arrondis de contingence projet prescrits pour chaque sous-système, tels qu'utilisés lors de l'établissement des estimations finales de la section 6.



Tableau 8- 7 : Contingence projet prescrite pour chaque sous-système

Sous-système	Contingence projet
A – ACQUISITION D’EMPRISES	15 %
B – TERRASSEMENTS ET DRAINAGE	20 %
C – PONTS, VIADUCS ET TUNNELS	10 %
D – CROISEMENTS ÉTAGÉS	17,5 %
E – AUTRES TRAVAUX D’AMÉNAGEMENT	35 %
F – VOIES FERRÉES	5 %
G – ALIMENTATION ET DISTRIBUTION D’ÉNERGIE	15 %
H – GARES	10 %
I – SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATIONS	10 %
J – MATÉRIEL ROULANT	5 %
K – INSTALLATIONS DE MAINTENANCE	10 %
L – SYSTÈMES D’INFORMATION/BILLETTERIE	10 %
M – DÉMARRAGE	10 %



## ANNEXE A : DÉFINITION DES SOUS-SYSTÈMES, ÉLÉMENTS ET SOUS-ÉLÉMENTS





## ANNEXE B : LISTE DES COÛTS UNITAIRES POUR LE CALCUL DES COÛTS D'IMMOBILISATION





## ANNEXE C : ÉTABLISSEMENT DES COÛTS UNITAIRES D'IMMOBILISATION INDIVIDUELS





## **ANNEXE D : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – ENSEMBLE DU PROJET QUÉBEC-WINDSOR**

**D1 – Technologie F200+**

**D2 – Technologie E300+**





## **ANNEXE E : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON GÉOGRAPHIQUE QUÉBEC- MONTRÉAL**

**E1 – Technologie F200+**

**E2 – Technologie E300+**





## **ANNEXE F : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON GÉOGRAPHIQUE MONTRÉAL- OTTAWA**

**F1 – Technologie F200+**

**F2 – Technologie E300+**





## **ANNEXE G : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON GÉOGRAPHIQUE OTTAWA- TORONTO**

**G1 – Technologie F200+**

**G2 – Technologie E300+**





## **ANNEXE H : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON GÉOGRAPHIQUE TORONTO- WINDSOR**

**H1 – Technologie F200+**

**H2 – Technologie E300+**





## ANNEXE I : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON FONCTIONNEL QUÉBEC–TORONTO

I1 – Technologie F200+

I2 – Technologie E300+





## **ANNEXE J : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON FONCTIONNEL MONTRÉAL- TORONTO**

**J1 – Technologie F200+**

**J2 – Technologie E300+**





## **ANNEXE K : ESTIMATIONS DÉTAILLÉES DES COÛTS D'IMMOBILISATION – TRONÇON FONCTIONNEL TORONTO- WINDSOR**

**K1 – Technologie F200+**

**K2 – Technologie E300+**





## ANNEXE L : CARTES À ÉCHELLE DE 1:50 000 – QUÉBEC À WINDSOR

L'annexe L, qui est présentée dans un document distinct, contient un ensemble de cartes à échelle de 1:50 000 montrant, de Québec à Windsor, les tracés représentatifs retenus dans la présente étude et dans celle de 1995.

Liste des cartes :

### **L1 – Ottawa-Montréal**

- P020563-0600-511 à P020563-0600-532

### **L2 – Montréal-Québec**

- P020563-0600-533 à P020563-0600-550

### **L3 – Ottawa-Toronto**

- P020563-0600-600 à P020563-0600-627

### **L4 – Toronto-Windsor**

- P020563-0600-628 à P020563-0600-669

