

ANALYSE FINANCIÈRE — CONSTRUCTION · VERSION COMPLÈTE

Coûts de construction

Recalcul complet, avec les échangeurs souterrains et les puits d'évacuation intégrés — et deux postes déjà compris, sortis au clair.

De 7,8 à 18,4 G\$ — réaliste \approx 11,2 G\$

Cinq scénarios pour 150 km, en dollars constants. Soit 52 à 122 M\$ par kilomètre — contre 940 M\$/km pour le 3^e lien routier, même dans le pire cas.

PRÉPARÉ PAR

Philippe Leblond

Vélo Tunnel Québec · Juin 2026 · velotunnelquebec.com

Dollars constants — hors inflation et hors intérêts d'emprunt · Document à titre informatif

1. Vue d'ensemble

Combien pour bâtir 150 km de réseau cyclable souterrain, une seule fois ? Voici le portrait complet, scénario par scénario, en dollars constants de 2030.

De 7,8 à 18,4 G\$ — réaliste ≈ 11,2 G\$

Le réaliste atteint 11,2 G\$ une fois tout compté honnêtement : la simulation de la nature, le drainage et la géothermie, puis les deux derniers ajouts — les échangeurs souterrains et les puits d'évacuation. Soit 52 à 122 M\$ par kilomètre, contre 940 M\$/km pour le 3^e lien routier.

Base de calcul : dollars constants, hors inflation et hors intérêts d'emprunt (qui dépendent du calendrier et du montage financier). La contingence est technique — risques d'ingénierie et imprévus de chantier — pas un coussin d'inflation. Toutes les valeurs sont des ordres de grandeur de niveau planification, à raffiner par devis.

2. Les systèmes techniques, ligne par ligne

L'ancien bloc de 2 800 M\$ ouvert en treize lignes, chacune adossée à une analyse. La ligne « bornes de recharge » est détaillée pour rendre visibles les docks àVélo.

Sous-poste des systèmes techniques	M\$	Source
Ventilation et filtration d'air	600	Analyse ventilation
Acoustique (béton texturé + panneaux)	450	Analyse acoustique
Simulation de la nature (habillage immersif sur 150 km)	500	Analyse simulation
Sécurité (1 500 caméras, 1 500 bornes SOS, IA, drones, centre 24/7)	550	Dossier sécurité
Suppression incendie + sorties de secours + niches refuges	350	Dossier incendie
Distribution électrique (MT/BT, postes, transfos, câblage 150 km)	160	Éclaté
Drainage et pompage	200	Recoupé
Génératrices + alimentation de secours (UPS)	120	Dossier énergie
Télécommunications (5G, WiFi, fibre, radios)	100	Dossier télécom
Piste cyclable (asphalte 150 km, base, marquage)	80	Éclaté
Bornes de recharge vélos électriques (150 stations) — dont ≈ 22 M\$ de docks àVélo, ≈ 38 M\$ d'alimentation et paiement	60	Détaillé
Géothermie des stations	50	CAPEX
Éclairage d'urgence phosphorescent	8	Analyse phosphor.
Total — systèmes techniques (réaliste)	3 228	vs 2 800 avant

3. Deux ajouts au périmètre : échangeurs et puits d'évacuation

Le calcul de base s'arrêtait à $\approx 9,5$ G\$. Deux décisions techniques l'allongent : on **relie réellement les tunnels entre eux** (les échangeurs) et on **rapproche les sorties de secours** (les puits). Ensemble, ces deux postes ajoutent $\approx 1,7$ G\$ au réaliste, qui passe de 9,5 à $\approx 11,2$ G\$.

3.1 Les échangeurs souterrains

Un croisement où un tunnel passe sous l'autre est gratuit tant qu'on va tout droit. Mais pour changer de tunnel sans s'arrêter, il faut un échangeur — de courtes bretelles reliant un tube à l'autre, à l'échelle du vélo (rayons serrés, pentes 5-8 %, diamètre 3,6 m). Le poste cher n'est pas la bretelle, c'est la **jonction minée** où elle s'ouvre dans le tunnel principal — à forer pendant le creusement initial, jamais après coup. On en prévoit un à chaque nœud majeur (≈ 25).

Poste d'un échangeur complet	Ordre de grandeur
Bretelles ($\approx 0,4$ à 1 km de tunnel court et courbé)	5 - 13 M\$
Jonctions minées (4 à 8 raccordements — le poste cher)	15 - 35 M\$
Systèmes au nœud (ventilation, éclairage, signalisation, drainage)	5 - 10 M\$
Par échangeur	$\approx 25 - 60$ M\$
Réseau — ≈ 25 nœuds (scénario réaliste)	≈ 700 M\$

La perspective qui rassure. Un seul échangeur autoroutier comme Turcot, à Montréal, a coûté $\approx 3,7$ G\$. Les ≈ 25 échangeurs cyclables, ensemble, reviennent à une fraction de ce montant : souterrain et taillé dans le roc plutôt que perché sur piliers, un échangeur de vélo est environ 50 à 100 fois moins cher.

3.2 Les puits d'évacuation

Le dossier sécurité fixe une sortie de secours tous les ~ 300 m, rendue possible par la faible profondeur (10 m) : un simple escalier coiffé d'un édicule. Sur 150 km, ≈ 500 points de sortie sont requis ; le réseau en possède déjà ≈ 190 (stations + puits de ventilation). Il reste ≈ 310 puits dédiés à forer.

Étape	Calcul	Résultat
Points de sortie requis (1 / 300 m)	$150 \text{ km} \div 300 \text{ m}$	~ 500
Déjà disponibles	~ 150 stations + ~ 40 puits de ventilation	~ 190
Puits dédiés à ajouter	$500 - 190$	~ 310
Coût unitaire (escalier 10 m + édicule + terrain)	1 à 4 M\$, centre ~ 2 M\$	~ 2 M\$
Coût brut	$310 \times 2 \text{ M\$}$	~ 620 M\$
Déjà compris dans la ligne « incendie + sorties » (350 M\$)	—	$\sim 100-150$ M\$
Coût net nouveau	—	≈ 500 M\$

Anti-double-comptage : la ligne « incendie + sorties » (350 M\$) contenait déjà une centaine de millions de sorties. La ligne « puits d'évacuation » ne compte donc que le **net** à ajouter.

Effet combiné : $\approx +1,7$ G\$ \rightarrow réaliste $\approx 11,2$ G\$

≈ 700 M\$ d'échangeurs et ≈ 500 M\$ de puits (coûts durs), propagés dans l'ingénierie, la gestion et la contingence pour ≈ 1,7 G\$. Le réaliste passe de 63 à 74 M\$/km — toujours trois à treize fois moins cher au km que les autres mégaprojets.

4. Deux postes déjà compris, détaillés (le total ne bouge pas)

Contrairement aux deux précédents, ceux-ci ne s'ajoutent pas : ils étaient déjà dans le budget, noyés dans une ligne plus large. On les sort au clair pour qu'il ne reste aucun poste implicite — mais le total demeure ≈ 11,2 G\$.

Poste rendu explicite	Déjà compris dans...	Part estimée
Docks àVélo (verrouillage + recharge), ≈ 30 par station	« Bornes de recharge » (60 M\$)	≈ 22 M\$
Stationnement en colimaçon (vélos personnels), ≈ 150 places/station	« Stations » (1 240 M\$)	≈ 22 M\$
Total — déjà inclus, ne s'additionne pas au reste	—	≈ 44 M\$

Détail des docks : sur les 60 M\$ de « bornes de recharge » (≈ 400 k\$/station), environ 22 M\$ sont les docks àVélo eux-mêmes (≈ 30 × ~5 k\$ × 150 stations), ≈ 38 M\$ l'alimentation et le paiement. Colimaçon : ≈ 150 places × ~1 000 \$ × 150 stations ≈ 22 M\$, fondu dans le ≈ 8 M\$ par station.

5. Cinq scénarios, du minimum au maximum

L'écart tient à des décisions et à une inconnue technologique. Le levier dominant reste le **tarif du tunnelier en roc** ; viennent ensuite le mix de stations, l'ampleur de l'habillage, et le choix d'acheter ou de louer les terrains.

Poste (M\$)	A · Optimiste	B · Réaliste	C · Prudent	D · Stagnation	E · Gel total
Tarif tunnel effectif (roc, US\$/mi)	8	15	21,5	32	40
Tunnels (150 km)	1 030	1 930	2 770	4 120	5 150
Stations	800	1 240	1 240	1 700	1 700
Échangeurs souterrains (≈ 25 nœuds)	400	700	850	1 100	1 250
Systèmes techniques	2 913	3 228	3 258	3 378	3 418
dont habillage immersif	250	500	500	550	550
dont drainage	150	200	220	260	280
dont géothermie	35	50	60	90	110
Puits d'évacuation dédiés (~310, net)	350	500	520	600	640
Flotte de vélos (76 000)	177	177	177	177	177
Liaison Québec-Lévis (navettes)	90	90	90	90	90
Acquisition de terrains	0	125	125	250	250
Sous-total dur	5 760	7 990	9 030	11 415	12 675
Ingénierie et design (10 %)	576	799	903	1 142	1 268
Gestion de projet (5 %)	288	400	452	571	634
BAPE, géotechnique, permis	120	120	120	120	120
Sous-total	6 744	9 309	10 505	13 248	14 697
Contingence technique	15 %	20 %	20 %	25 %	25 %
TOTAL	≈ 7,8 G\$	≈ 11,2 G\$	≈ 12,6 G\$	≈ 16,6 G\$	≈ 18,4 G\$
Coût par kilomètre	52 M\$	74 M\$	84 M\$	110 M\$	122 M\$

A — Optimiste : tunneliers à leur cible long terme, roc plus facile, stations économiques, terrains loués, contingence 15 %. **B — Réaliste** : cible 2030, mix équilibré, habillage complet. **C — Prudent** : ancré sur Nashville. **D — Stagnation** : forage plafonne (~32 M\$/mi), stations premium, terrains achetés, contingence 25 %. **E — Gel total** : tarif d'aujourd'hui figé + roc dur = 40 M\$/mi. Le pire cas crédible.

6. Et si les tunneliers ne baissent jamais ?

C'est le cœur des scénarios D et E. Le tarif en sol mou de The Boring Company a chuté — ~50 M\$/mi en 2018, ~30 en 2021, ~27 aujourd'hui (Prufrock-4) — et la cible 2030 est de 8 à 10 M\$/mi. Rien ne garantit cette baisse en roc dur. Voici l'échelle complète et le coût des tunnels qui en découle.

Hypothèse tunnelier	Sol mou (US\$/mi)	Premium roc	Effectif (US\$/mi)	Tunnels 150 km
A — Cible long terme atteinte	~5-6	×1,4	8	1 030
B — Cible 2030 (réaliste)	10	×1,5	15	1 930
C — Ancrage Nashville	~14	×1,5	21,5	2 770
D — Stagnation (plafonne tôt)	~21	×1,5	32	4 120
E — Gel total (tarif d'aujourd'hui figé)	~27	×1,5	40	5 150

La nuance qui protège le projet. Le débat sur le premium du roc (+40 % vs +60 %) ne déplace les tunnels que d'environ 0,25 G\$. C'est le tarif de base — la trajectoire des Prufrock — qui fait toute l'amplitude. Et la géologie de Québec appartient à la même famille ordovicienne que le calcaire de Nashville, le meilleur point d'ancrage réel disponible.

7. Le scénario réaliste, détaillé

Le budget complet du scénario B, ligne par ligne — la base de référence recommandée.

Poste	Montant (M\$)
Tunnels (150 km en roc québécois, 15 M\$/mi effectif)	1 930
Stations (150, mix équilibré — dont ≈ 22 M\$ de stationnement en colimaçon)	1 240
Échangeurs souterrains (≈ 25 nœuds)	700
Systèmes techniques (13 sous-postes)	3 228
Puits d'évacuation dédiés (~310, net)	500
Flotte de vélos (76 000 véhicules)	177
Liaison Québec-Lévis (camions, bateaux, terminaux)	90
Acquisition de terrains (partielle)	125
Sous-total dur	7 990
Ingénierie et design détaillé (10 %)	799
Gestion de projet (5 %)	400
BAPE, géotechnique, permis, consultations	120
Sous-total	9 309
Contingence technique (20 %, hors inflation)	1 862
TOTAL — réaliste 2030 (échangeurs et puits inclus)	≈ 11 171

8. Comparaison avec les autres mégaprojets

Le point qui ne bouge pas, même après recalcul : le coût au kilomètre reste dans une catégorie à part. Le réaliste (74 M\$/km) et même le gel total (122 M\$/km) demeurent largement sous les autres grands projets de la région.

Projet	Longueur	Coût / km	Statut
Vélo Tunnel Québec (réaliste)	150 km	≈ 74 M\$/km	Proposé
Vélo Tunnel Québec (gel total, pire cas)	150 km	≈ 122 M\$/km	Scénario E
REM de Montréal	67 km	254 M\$/km	En service partiel
Tramway de Québec	19 km	305 M\$/km	En planification
3 ^e lien routier Québec-Lévis	8,3 km	940 M\$/km	Estim. 5,3 à 9,3 G\$

L'écart tient à trois facteurs : un diamètre bien plus petit (3,6 m contre 12 à 15 m), des stations sans quais ni wagons, et l'absence de matériel roulant lourd. Le réseau reste de trois à treize fois moins cher au kilomètre, même dans son scénario le plus pessimiste.

Honnêteté méthodologique. Ce recalcul porte le réaliste à $\approx 11,2$ G\$ — non parce que le projet a « grossi », mais parce que chaque poste est désormais compté à sa juste valeur : simulation de la nature, drainage et géothermie d'abord, puis échangeurs et puits d'évacuation. Présenter le chiffre le plus complet rend le dossier plus solide : il n'y a plus de poste caché à exhumer. Les montants restent des estimations de planification ; une étude de génie spécialisée, et l'achèvement de Nashville, préciseront la fourchette du tunnel — le seul poste qui fait vraiment bouger le total.