

# Coûts d'exploitation de la simulation

OPEX annuel et projection sur 10 ans — habillage du réseau de 150 km

Vélo Tunnel Québec · Juin 2026 · Dollars canadiens (CAD) · Ordres de grandeur à raffiner par devis

## Le principe : un beau tunnel doit le rester à faible coût

Construire un tunnel magnifique ne sert à rien s'il devient cher à maintenir. Le coût d'exploitation (OPEX) compte donc autant que l'investissement initial. Le levier déterminant est simple : **quelle part de l'habillage est passive plutôt que dynamique.**

Dans la stratégie retenue, environ 70 % de l'installation est passive (surfaces imprimées, porcelaine émaillée, ciel DEL qui sert aussi d'éclairage). Ces éléments ne consomment presque rien et durent des décennies. Les équipements gourmands (écrans, projecteurs vidéo) sont confinés aux stations, où il y a déjà du personnel, du courant et un accès facile.

**OPEX estimé : 2 à 4 % du CAPEX par an** pour le plan tiéré, contre 8 à 10 % pour un scénario « dynamique partout ». Sur dix ans, l'écart se chiffre en centaines de millions.

## Les postes d'exploitation

Poste	Description	% du CAPEX / an
Énergie	Éclairage (ciel DEL, qui est aussi l'éclairage principal) + projecteurs gobos	0,5 – 2 %
Maintenance	Remplacement de DEL, recalibrage, nettoyage des surfaces et optiques	1 – 4 %
Vandalisme / réparations	Remplacement de films sacrificiels, panneaux marqués	0,5 – 1,5 %
<b>Total (plan tiéré)</b>		<b>~ 2 – 4 %</b>

Les surfaces passives (porcelaine, panneaux imprimés) approchent un entretien nul; ce sont les équipements dynamiques des stations qui génèrent l'essentiel de l'OPEX.

## Estimation annuelle (CAPEX 500 M\$)

Scénario	Taux	OPEX annuel
Optimiste	2 % / an	10 M\$
Réaliste	3 % / an	15 M\$
Prudent	4 % / an	20 M\$

Soit un OPEX de l'ordre de **10 à 20 M\$ par an**, avec une cible réaliste autour de **15 M\$**.

## Projection sur 10 ans — deux stratégies comparées

À ambition visuelle équivalente, le choix passif-contre-dynamique change radicalement le coût sur dix ans.

	Plan tiéré (retenu)	Dynamique partout
<b>OPEX annuel</b>	~3 %/an (15 M\$)	~9 %/an (45 M\$)
<b>OPEX cumulé sur 10 ans</b>	~150 M\$	~450 M\$
<b>Remplacement d'équipement</b>	Stations seulement (faible)	150 km d'électronique vers l'an 12 (un 2e CAPEX)
<b>Risque en milieu humide</b>	Faible (passif)	Élevé (électronique partout)

Sur dix ans, le plan tiéré économise de l'ordre de **300 M\$** en exploitation par rapport à un habillage entièrement dynamique — pour une expérience équivalente, voire supérieure.

### Pourquoi le passif l'emporte

- **Durée de vie** : porcelaine et panneaux imprimés durent 30 à 50 ans; écrans et projecteurs, 10 à 15 ans.
- **Énergie** : le ciel DEL fait double emploi comme éclairage principal (déjà budgété); les gobos sont des projecteurs DEL de faible puissance. Les gros consommateurs (écrans, mapping) restent aux stations.
- **Humidité** : un tunnel souterrain est un environnement difficile pour l'électronique. Les surfaces passives y sont insensibles.

### Recommandation : valider sur le segment pilote

Avant tout déploiement massif, le segment de démonstration (1 à 2 km avec une station complète) doit servir à mesurer l'OPEX réel sur douze mois : consommation énergétique, coûts de maintenance, taux d'incidents et de vandalisme, disponibilité des systèmes. Ces données remplaceront les ordres de grandeur ci-dessus par des chiffres fermes.

### Hypothèses et limites

- Montants en dollars canadiens (CAD).
- OPEX estimé en pourcentage du CAPEX, méthode de planification usuelle pour un avant-projet.
- Projection sur 10 ans sans actualisation ni inflation (à ajouter dans une analyse financière détaillée).
- Le CAPEX correspondant est détaillé dans le document « Coûts de la simulation de la nature ».