

Coûts de la simulation de la nature

Habillage immersif du réseau cyclable souterrain de 150 km — investissement (CAPEX)

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

Le principe : pourquoi investir dans la beauté

Sous terre, la beauté n'est pas de la décoration : c'est le facteur qui détermine si le tunnel sera utilisé. Les cyclistes qui aiment la nature ne descendront pas dans un corridor de béton gris, et les personnes claustrophobes n'y entreront pas du tout. L'habillage immersif n'est donc pas une dépense de confort — c'est ce qui produit l'achalandage, et l'achalandage représente toute la valeur d'un réseau de ce coût.

Stratégie retenue : un niveau premium **passif et durable** sur l'ensemble des 150 km (forêt imprimée, ciel lumineux, son, mouvement), et les effets **dynamiques** coûteux (écrans, projection vidéo, ciel artificiel haut de gamme) concentrés aux entrées de stations et au segment vitrine. Ce choix maximise l'effet ressenti partout tout en gardant les coûts d'exploitation bas (voir le document complémentaire « Coûts d'exploitation »).

500 M\$ consacrés à l'habillage représentent environ **5,6 %** d'un projet d'environ 8,9 G\$. Ce n'est pas un décor accessoire : c'est l'investissement qui garantit que les 94 % restants soient effectivement utilisés.

Les six couches technologiques

Le réalisme ne vient pas d'un seul équipement, mais de l'empilement de couches. Les quatre premières couvrent les 150 km au complet — c'est ce qui crée le sentiment d'ouverture d'un bout à l'autre. Les deux dernières concentrent l'effet spectaculaire là où il convertit le plus de monde.

Couche	Rôle	Technologie	Portée
1. Ciel lumineux	Ouverture, anti-claustrophobie	DEL « blanc accordable » rétroclairé + diffuseur imprimé	150 km
2. Forêt imprimée	Immersion visuelle	Stratifié (HPL), acier émaillé porcelaine, panneaux acoustiques imprimés	150 km
3. Mouvement	Vie, lumière changeante	Projecteurs à gobos en acier + roues à effets (DMX)	150 km
4. Son	Immersion sonore	Haut-parleurs zonés + DSP, paysage sonore spatialisé	150 km
5. Profondeur	Relief, réalisme accru	Éléments 3D en avant-plan, vraies plantes (mousse, fougères)	Stations / portails
6. Wow dynamique	Effet spectaculaire	Mapping vidéo, écrans DEL, ciel artificiel (type CoeLux)	Stations + démo

La protection : durer 50 ans

L'objection classique — « la peinture va s'abîmer » — est exacte : c'est pourquoi il n'y a ni peinture ni image fragile dans la zone de contact. La durabilité repose sur trois leviers : la hauteur, des matériaux durs, et des films de protection remplaçables.

Hauteur	Surface	Protection
0 à 1,2 m (zone de contact)	Panneaux durs et lavables	Film sacrificiel anti-graffiti (remplacé à bas coût)
1,2 à 2,4 m (hauteur des yeux)	Panneaux imprimés rigides	Film hardcoat anti-abrasion
2,4 m jusqu'au plafond (le dôme)	Porcelaine / acoustique imprimés	Hors d'atteinte, jamais touché

Matériau de référence : l'acier émaillé porcelaine équipe les métros depuis un siècle. Le graffiti s'essuie, c'est 100 % incombustible, et la surface dure plus de 50 ans sans entretien — tout en s'imprimant aujourd'hui en photo couleur. Il est réservé aux stations et aux tronçons les plus fréquentés.

Ventilation budgétaire — CAPEX 500 M\$

Poste	Portée	Budget (M\$ CAD)
Ciel lumineux (l'ouverture)	150 km, partout	110
Forêt imprimée + films (l'immersion)	150 km, 3 hauteurs	140
Mouvement (gobos) + paysage sonore	150 km, partout	80
150 stations toutes soignées	chaque station	100
Segment démo + stations signature	la vitrine	50
Réserve + bonifications (commandites possibles)	—	20
Total		500

Environ **70 % de la dépense est passive et durable** (surfaces imprimées, porcelaine, ciel DEL), et seulement **~30 %** est dynamique et concentrée aux stations. C'est ce ratio qui maintient des coûts d'exploitation faibles.

Réparti sur le réseau, l'habillage des 150 km représente de l'ordre de **2,5 à 3 M\$/km** — soit environ 5 % du coût de forage et d'aménagement du tunnel lui-même (~59 M\$/km).

Pourquoi pas du dynamique partout

Il serait tentant d'installer des écrans ou de la projection vidéo sur l'ensemble des 150 km. Trois raisons l'écartent :

- **Mauvais outil dans un tunnel éclairé** : un écran ou une projection se délave sous l'éclairage de sécurité permanent. Une surface imprimée physique est plus réaliste, pas moins.
- **Coût prohibitif** : du dynamique continu sur 150 km dépasserait largement 1 G\$ en CAPEX, sans compter l'énergie.
- **Durée de vie courte** : l'électronique dure 10 à 15 ans; il faudrait remplacer tout l'équipement des 150 km à chaque cycle. Les surfaces passives durent 30 à 50 ans.

Hypothèses et limites

- Montants en dollars canadiens (CAD), de l'année 2026.
- Ordres de grandeur de niveau planification, à raffiner par devis et appels d'offres par lot.
- Le CAPEX exclut les coûts d'exploitation (énergie, maintenance, vandalisme), traités dans le document « Coûts d'exploitation de la simulation ».
- Les coûts réels d'installation doivent être validés sur un segment pilote avant tout déploiement massif.