



RÉSEAU STRUCTURANT DE TRANSPORT EN COMMUN **EN ROUTE VERS LA MODERNITÉ**



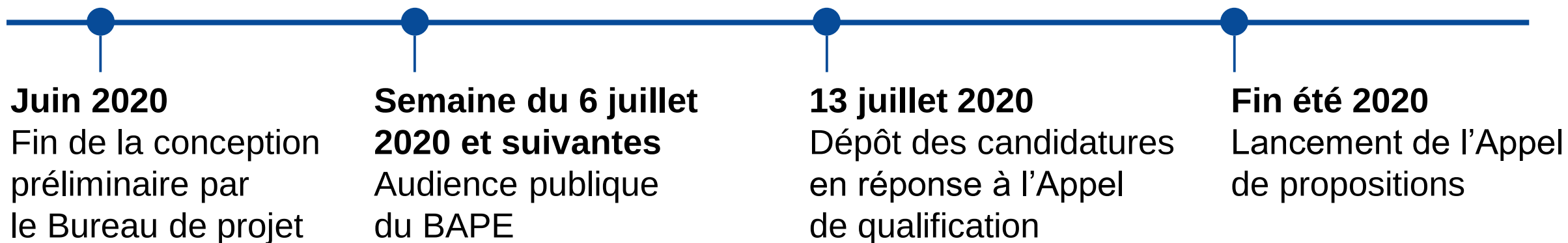
Insertion souterraine du tramway – colline Parlementaire

Vendredi 19 juin 2020

www.reseaustructurant.info



*l'accent
d'Amérique*



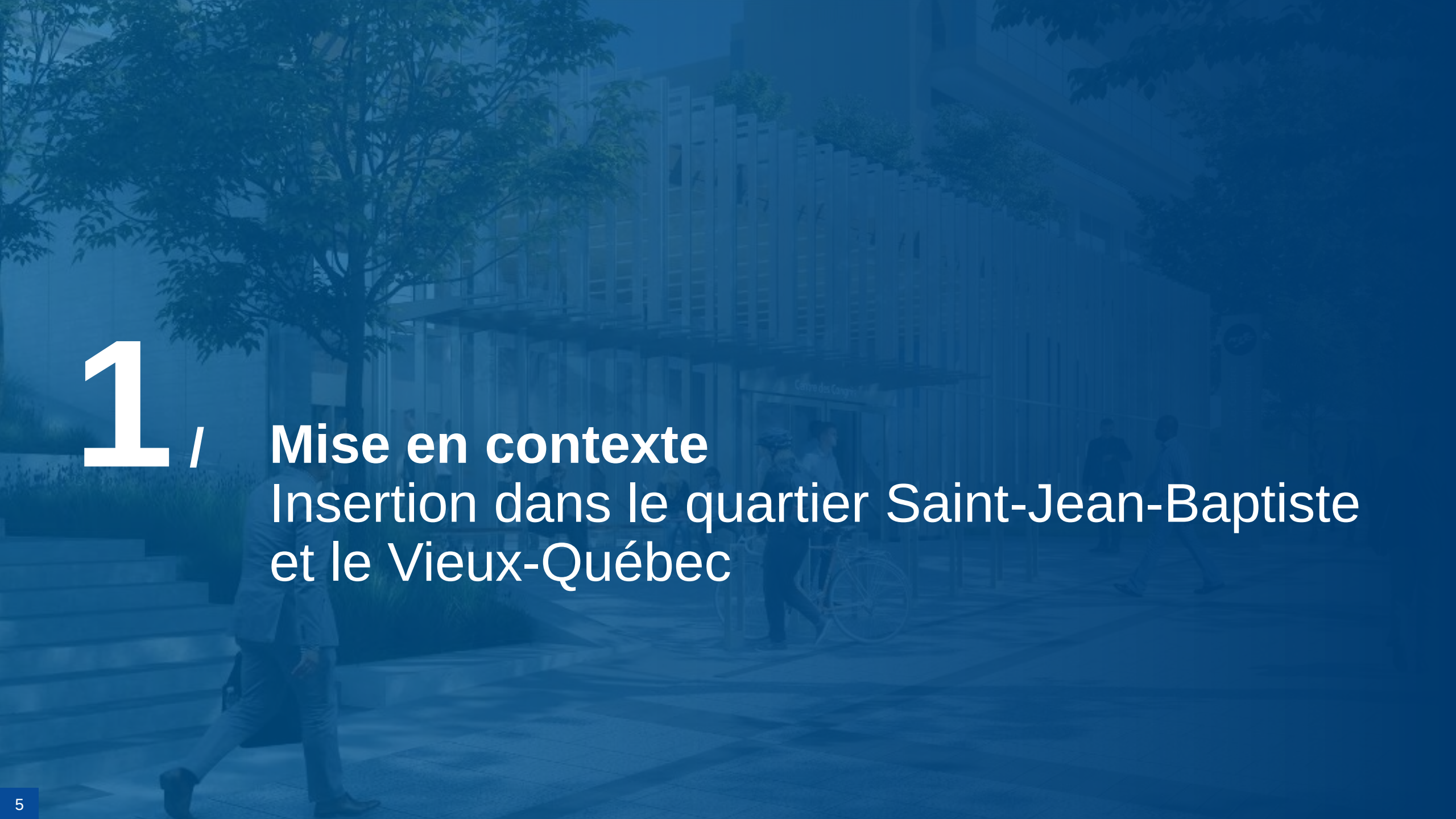


- Insertion souterraine dans le secteur de la colline Parlementaire
- **Optimisation du tracé souterrain : de la rue de la Couronne au carrefour de l'avenue Honoré-Mercier et du boulevard René-Lévesque**
 - Résultats des études géotechniques
 - Exploitation optimale du tramway
- Localisation revue de certaines stations
 - Même bassin de desserte
 - En adéquation avec les contraintes techniques et les coûts
 - **Déplacement de la station souterraine D'Youville sous l'avenue Honoré-Mercier**
 - **Fusion des stations souterraines Centre des Congrès et Grand Théâtre : nouvelle station Colline Parlementaire**
- **Scénario de tunnel court à l'étude**
 - Sortie du tunnel à l'avenue Turnbull au lieu de l'avenue des Érables
 - Cible budgétaire et potentiel urbanistique du secteur



Contenu de la présentation

1. Mise en contexte
2. Insertion souterraine
3. Insertion dans la ville
4. Construction
5. Exploitation



1

/

Mise en contexte

Insertion dans le quartier Saint-Jean-Baptiste
et le Vieux-Québec

- Maintenir la **mixité des fonctions** urbaines
- Accroître et soutenir la fonction résidentielle
- Consolider et **densifier** le tissu urbain
- Bonifier l'espace public
- Favoriser les **déplacements actifs** et le **transport en commun**





Quartier historique

- Site du **patrimoine mondial** de l'UNESCO
- Importance des **fonctions démocratiques**
- **Mixité des usages** : résidentiel, institutionnel, commercial, emploi et touristique
- Artère commerciale de la rue Saint-Jean



Portrait des déplacements : résidents

Chez les **résidents du secteur**



45 %

des déplacements
quotidiens

↓ **En baisse**
2011 = 51 %



14 %

des déplacements
quotidiens

Stable
2011 = 15 %



40 %

des déplacements
quotidiens

↑ **En hausse**
2011 = 32 %

Source : Enquêtes origine-destination 2017 et 2011
Sous-secteur Haute-Ville Est



Portrait des déplacements : destinataires

Chez les **usagers se destinant au secteur**



54 %

des déplacements
quotidiens

↓ **En baisse**
2011 = 58 %



25 %

des déplacements
quotidiens

Stable
2011 = 26 %



22 %

des déplacements
quotidiens

↑ **En hausse**
2011 = 17 %

Source : Enquêtes origine-destination 2017 et 2011
Sous-secteur Haute-Ville Est

Limites actuelles du transport en commun au centre-ville

- **Congestion des autobus** sur les voies réservées et effet train-bus
- **Manque d'espace** aux abords des trottoirs pour les arrêts d'autobus
- Métrobus **ne suffisent plus à la demande** dans le secteur

Actuel : effet train-bus



Futur : tramway



Le réseau structurant propose :

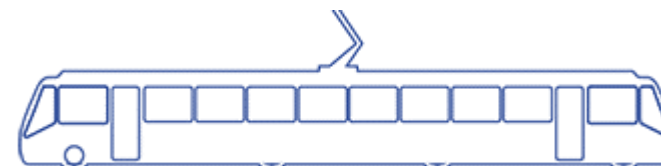
- **Voies totalement dédiées** = aucun partage de l'espace avec les autres véhicules
- **Priorité** aux feux de circulation = pas d'arrêt aux feux rouges
- **Fréquence élevée** (4 minutes à l'heure de pointe) et grande **amplitude horaire** (5 h à 1 h)
- Véhicules plus **capacitaires**, plus **confortables** et plus **silencieux**



Autobus régulier
65 passagers



Autobus articulé
105 passagers



Tramway
260 passagers

Création d'un axe de **transport actif** entre la Haute-Ville et la Basse-Ville

- Rue Sainte-Claire dans la continuité du futur aménagement de la rue de la Couronne
- Élargissement potentiel des trottoirs dans la côte d'Abraham

Volonté de **favoriser les cheminements piétons**





2

.1 / Insertion souterraine

Mise en contexte

Dans les derniers mois, la Ville a travaillé **à optimiser le tracé** souterrain du tramway :

- Localiser les stations de façon à répondre **aux besoins des usagers** résidant ou se destinant au secteur
- Favoriser une **correspondance efficace**
- Assurer la **performance du tramway**
- Concilier le tracé avec les **contraintes techniques et géologiques**



Réduire l'intensité de la pente à franchir entre la Basse-Ville et la Haute-Ville

- Jusqu'à 12 % d'inclinaison
- Tramway à roulement sur fer peut franchir des pentes entre 6 % et 9 % d'inclinaison

Réduire les impacts sur la circulation dans la côte d'Abraham

L'insertion souterraine permet également de :

- **S'affranchir des contraintes** de surface
- **Optimiser le tracé** en réduisant sa longueur
- **Optimiser la vitesse commerciale** du tramway





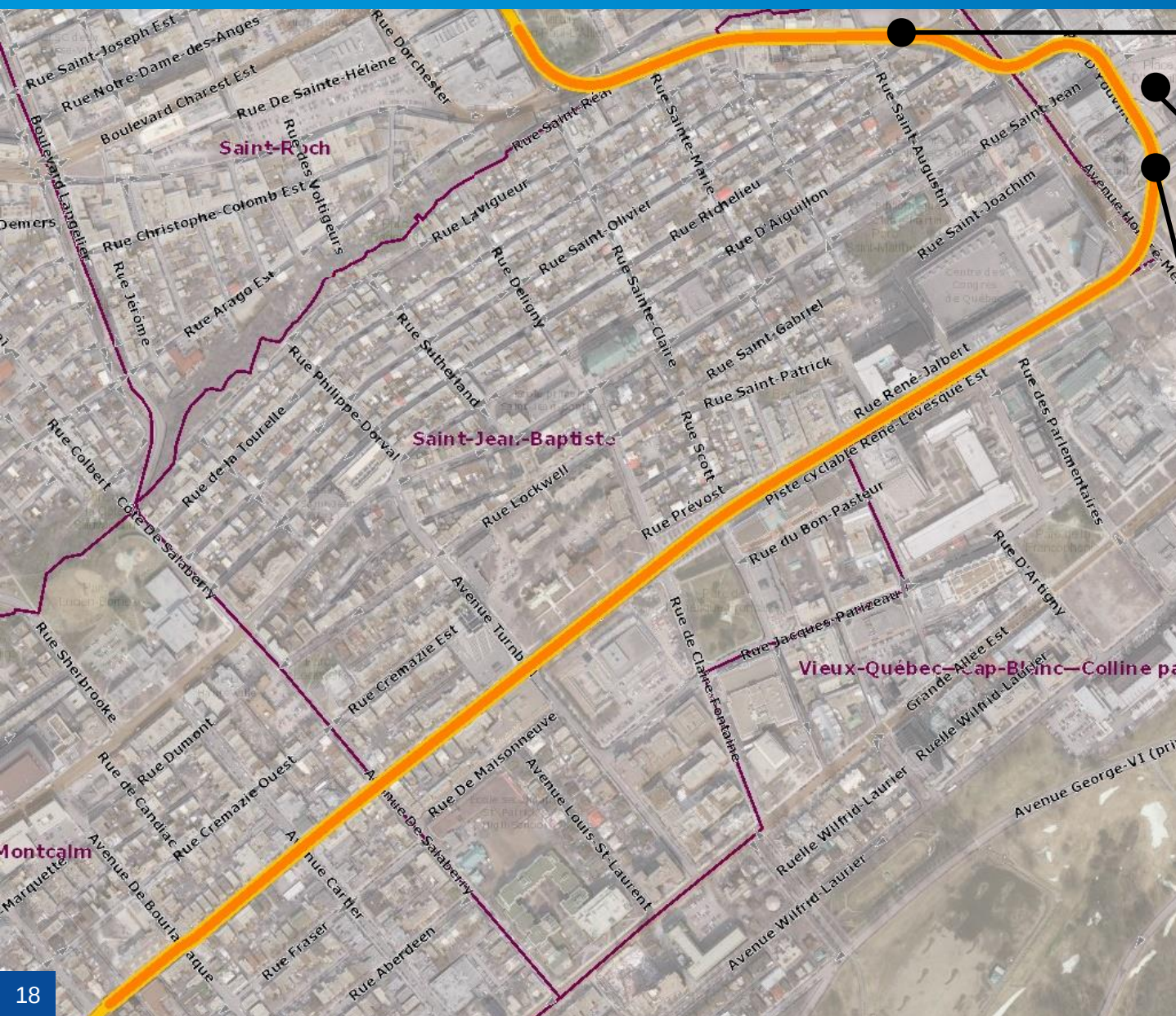
2

.2 / Insertion souterraine

Évolution de la conception et optimisation du tracé



Tracé de référence | Juin 2019



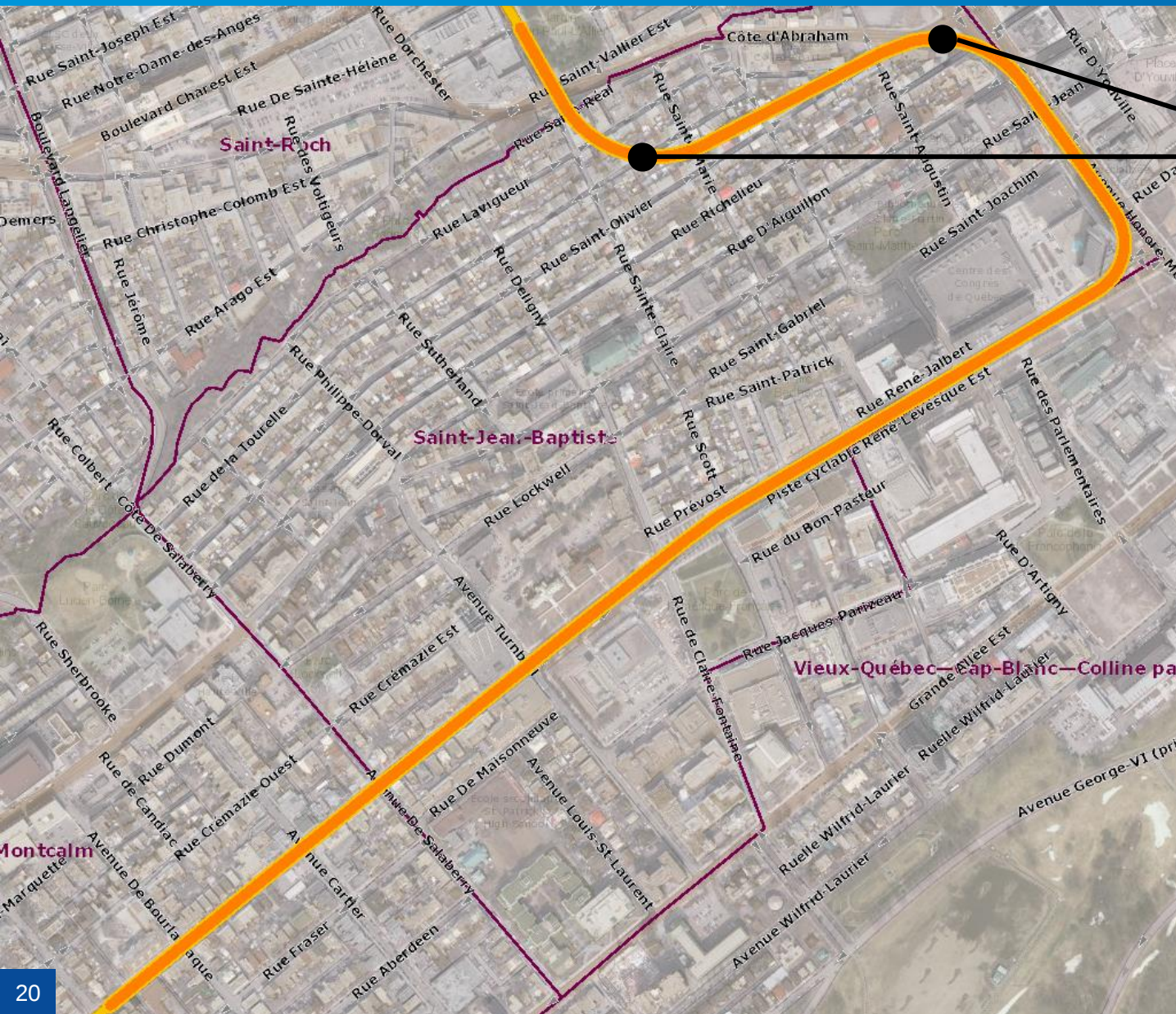
Présence de plusieurs courbes et contre courbes (contraintes d'exploitation)

Enjeu archéologique fort (contraintes travaux)

Passage en profondeur sous le Stationnement d'Youville (contraintes travaux et exploitation)

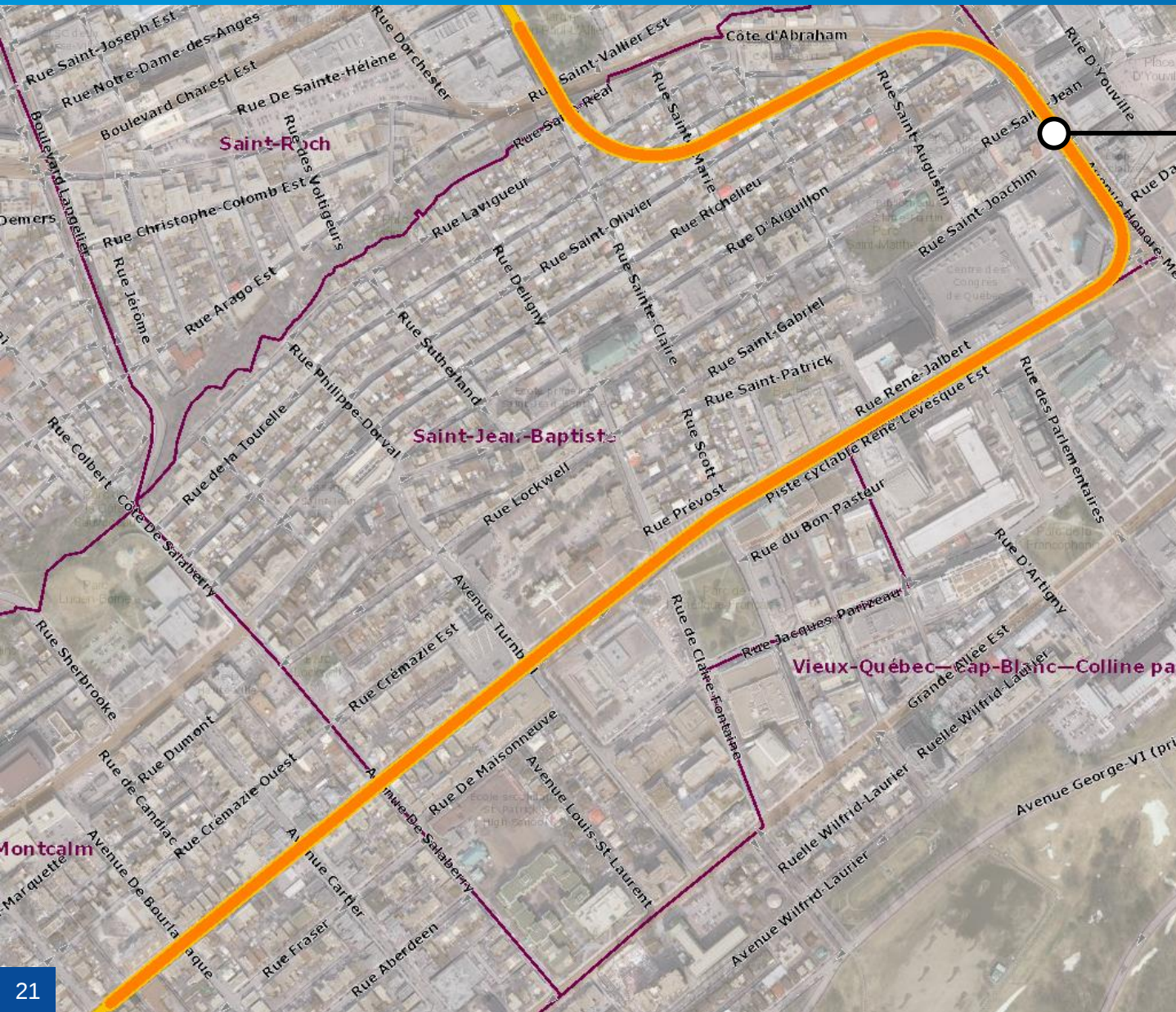


Nouveau tracé



Augmentation des rayons de courbure

- **Meilleure performance**
du tramway
- **Réduction des impacts**
de la construction sur la
circulation dans la côte
d'Abraham

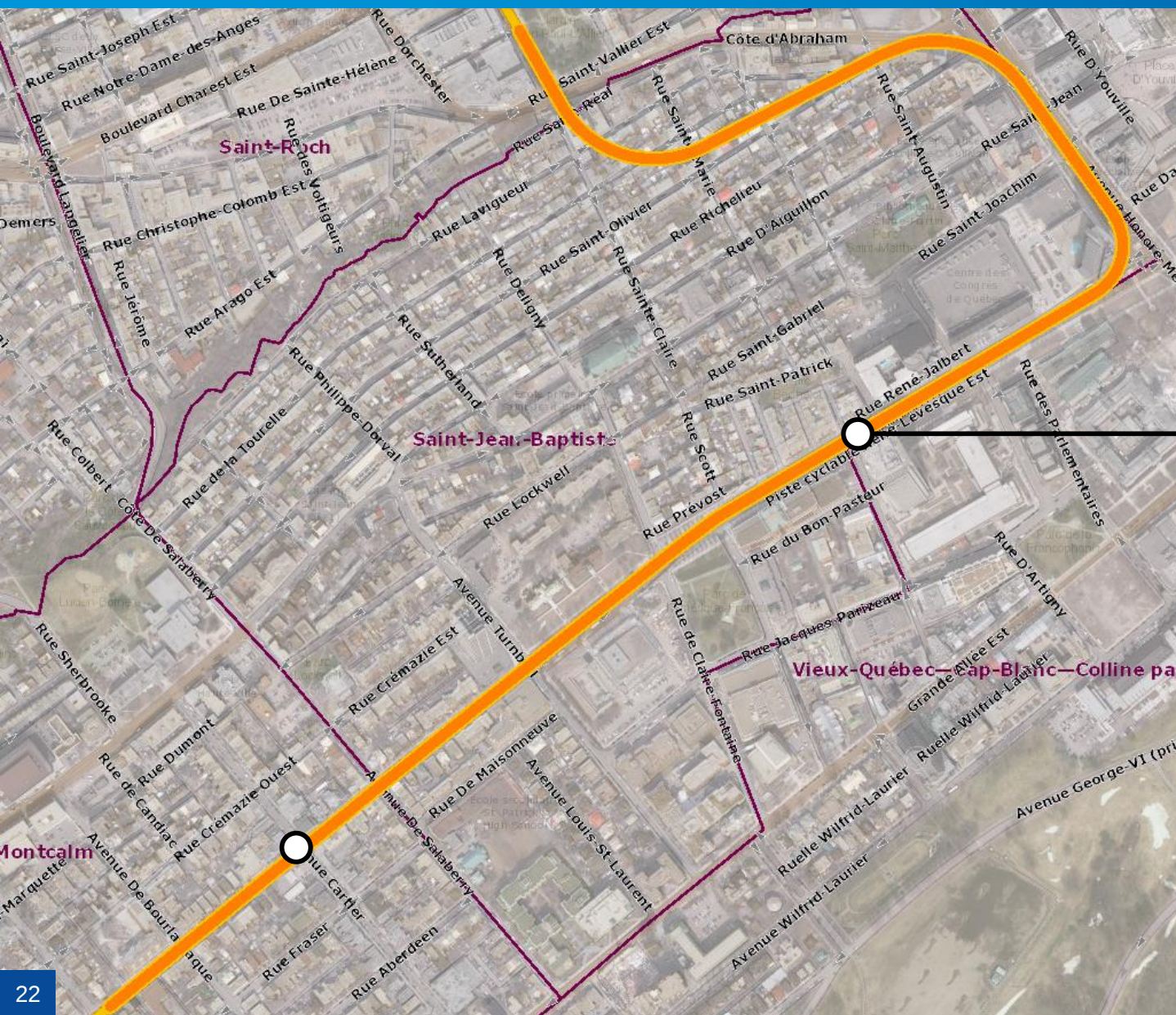


Tunnel situé sous l'avenue Honoré-Mercier

- **Rapprochement de la station** D'Youville de la rue Saint-Jean et du faubourg résidentiel
- **Meilleure connectivité** pour les autobus
- Maintien de la **proximité** avec le **Vieux-Québec**

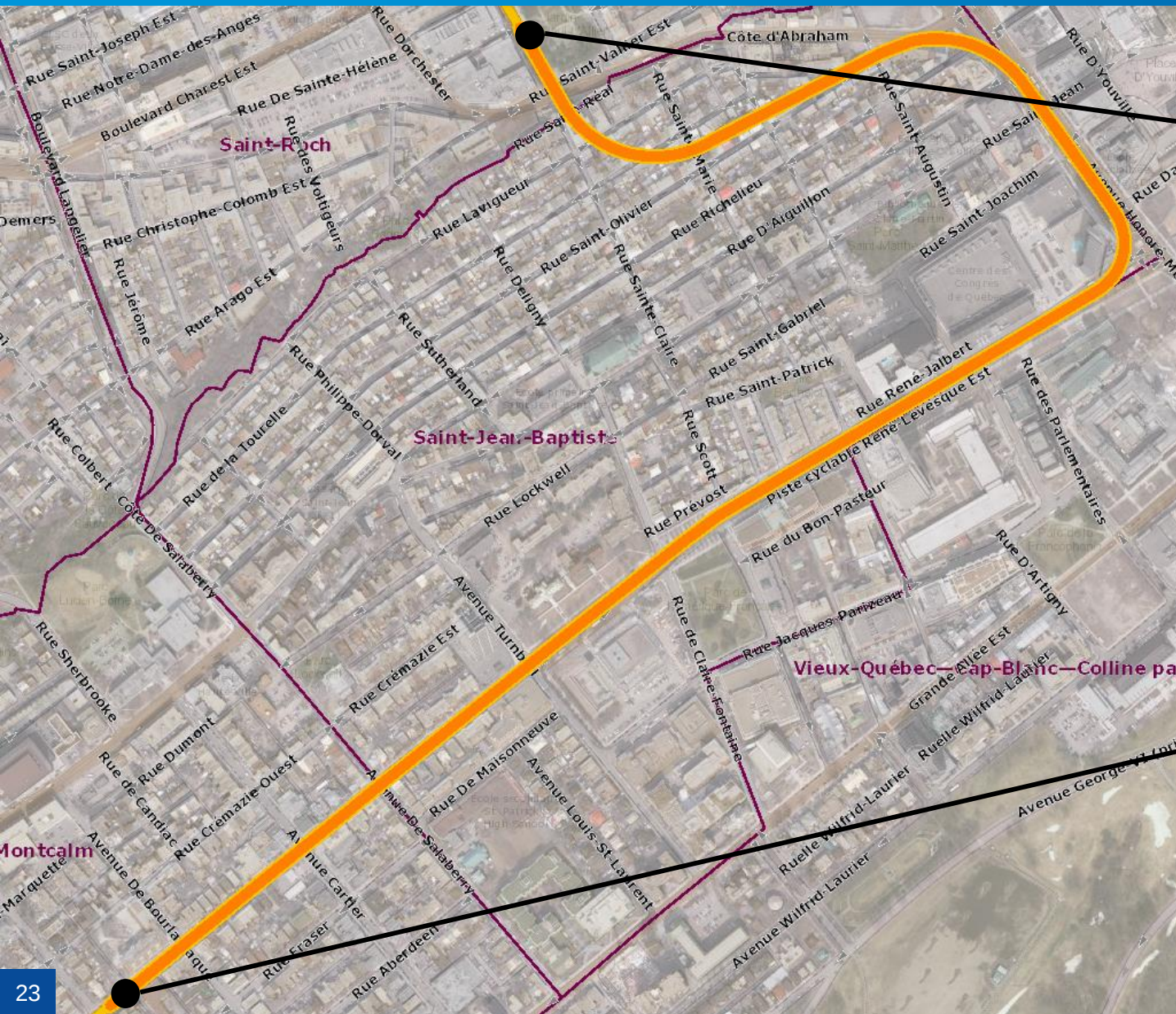


Résultat de l'optimisation du tracé



Poursuite sous le boulevard
René-Lévesque

- **Connectivité** avec la colline Parlementaire
- Deux stations : Colline Parlementaire et Cartier



Trémie de la Couronne

- À l'ouest du jardin Jean-Paul-L'Allier (Saint-Roch)

Trémie René-Lévesque

- À l'intersection de l'avenue des Érables (Montcalm)



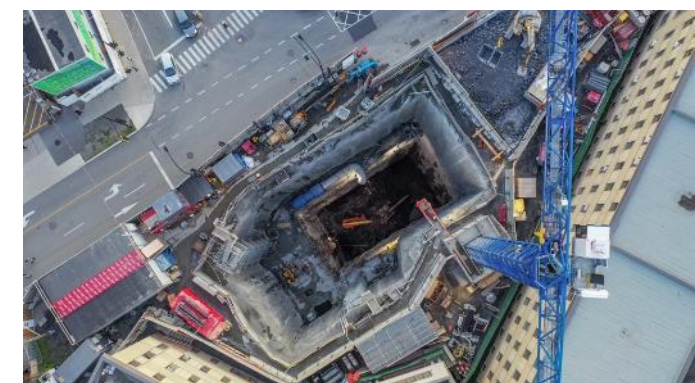
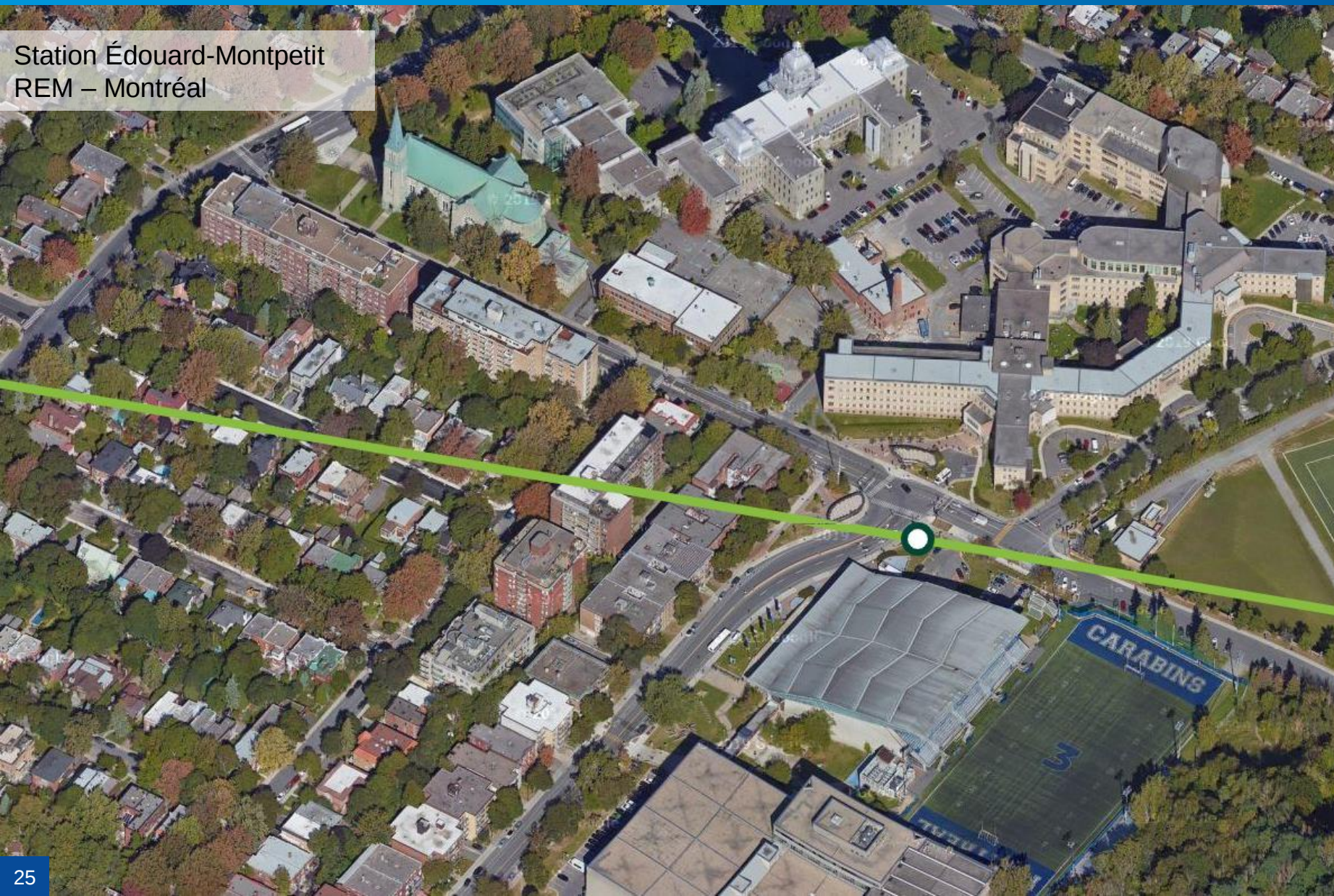
Une portion du tracé optimisé sera construite **sous une zone résidentielle** du faubourg Saint-Jean-Baptiste

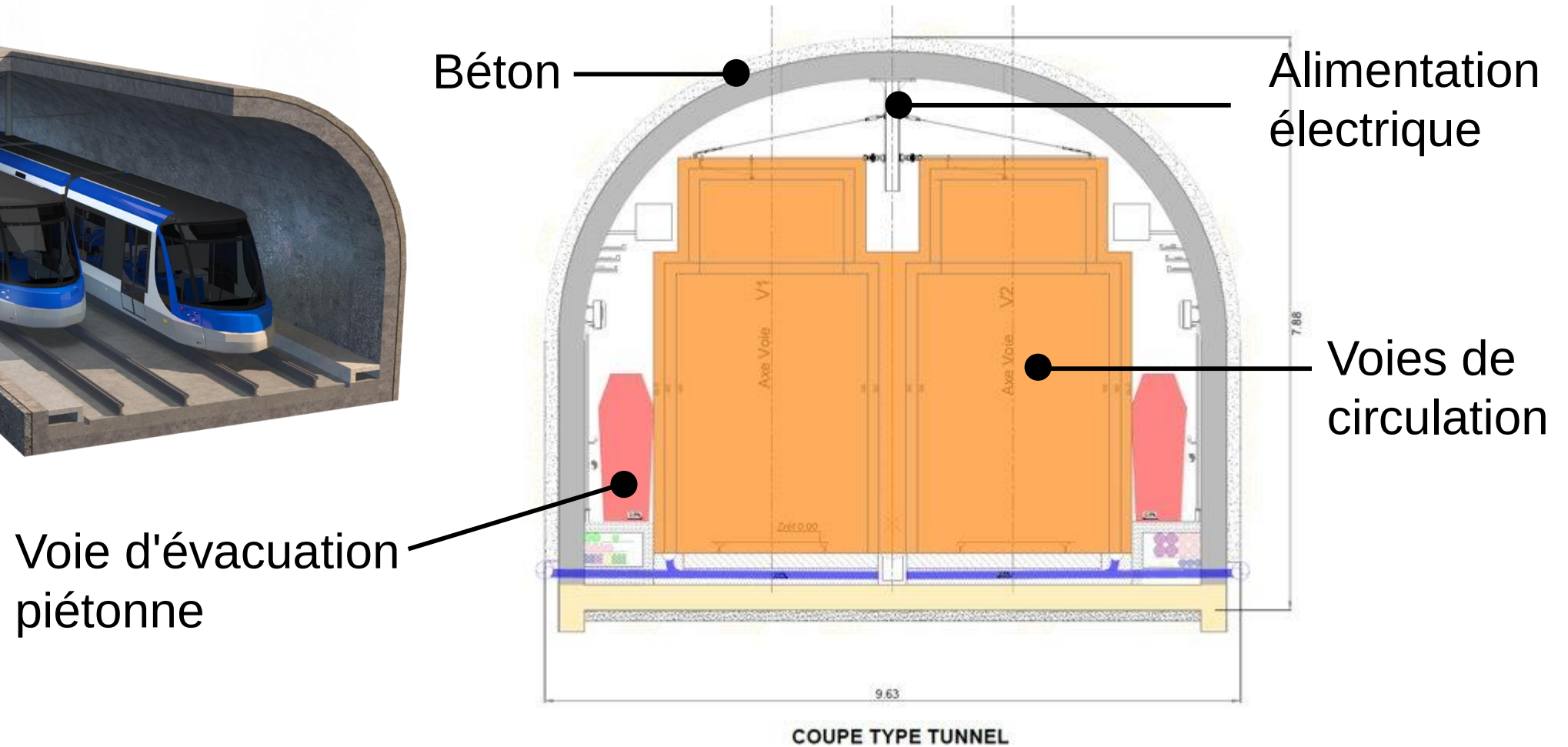
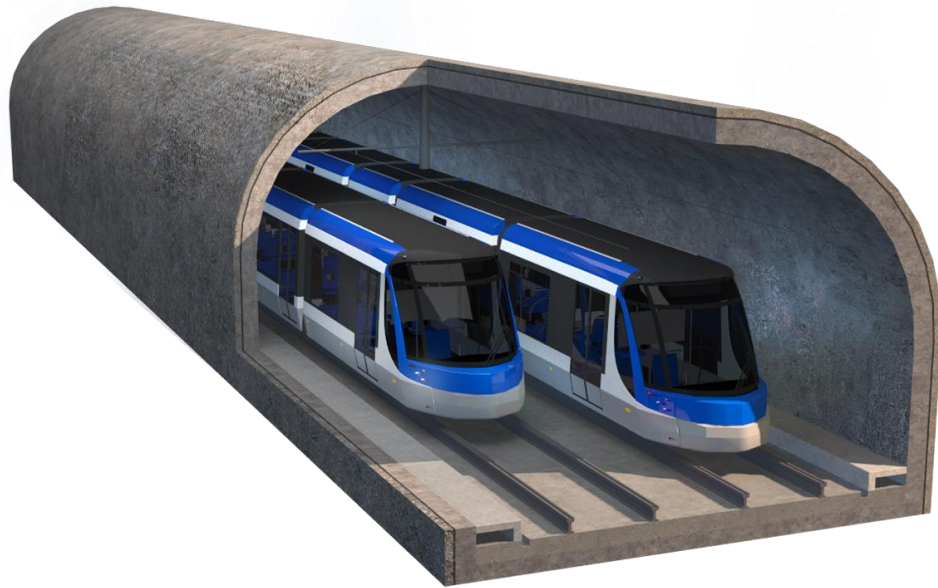
- **Commun** dans les projets de transport en commun
- **Bonne qualité du roc** dans le secteur
- **Profondeur importante** par rapport aux résidences



Exemple d'insertion souterraine

Station Édouard-Montpetit
REM – Montréal







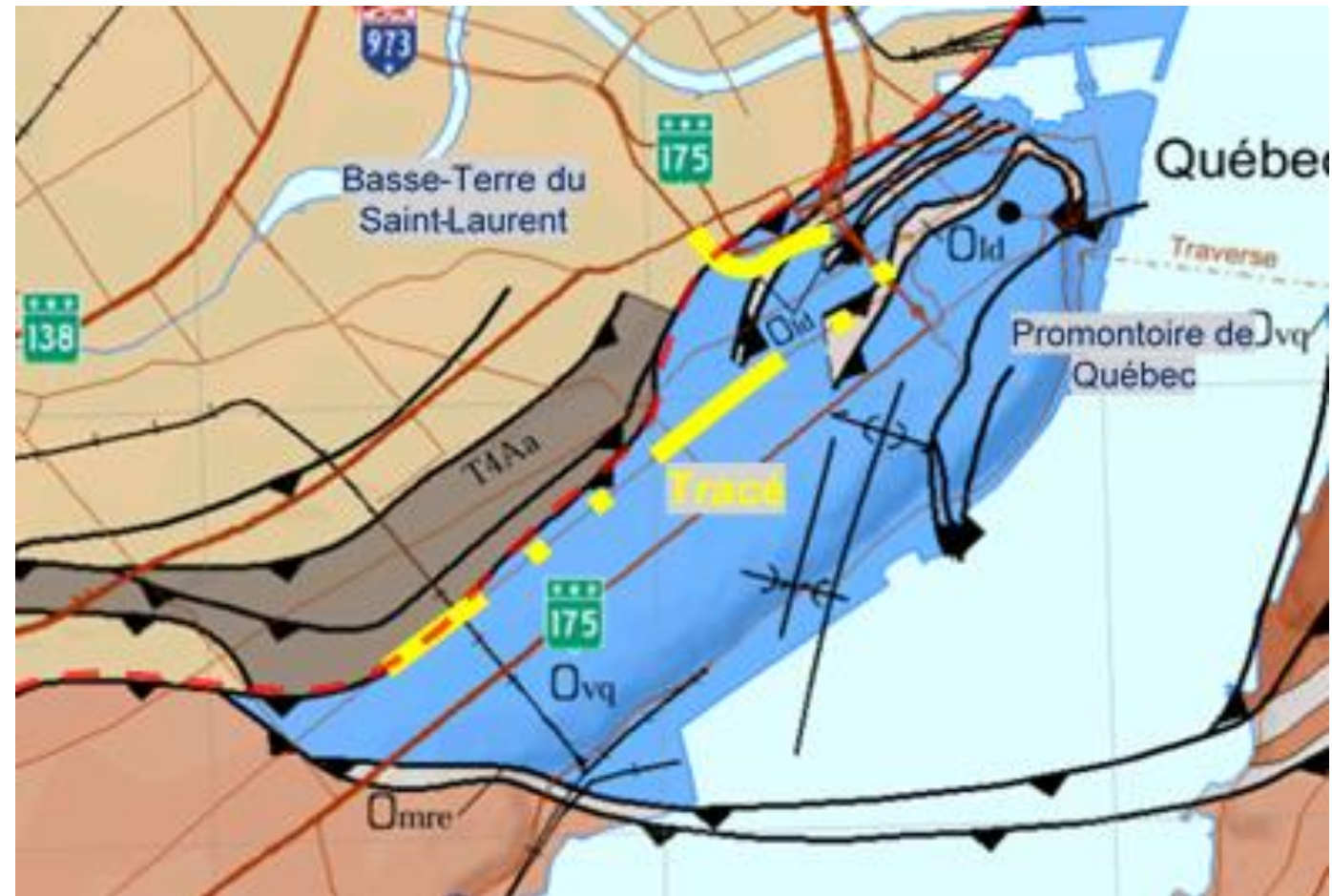
2

.3 / Insertion souterraine

Études et connaissance du sol

Le tracé souterrain s'inscrit dans la formation géologique de la **Nappe du promontoire de Québec** :

- Constituée essentiellement d'un **roc de qualité moyenne à bonne**
- Présence possible de zones de cisaillement / chevauchements entre différentes formations rocheuses



Extrait de la carte géologique du site

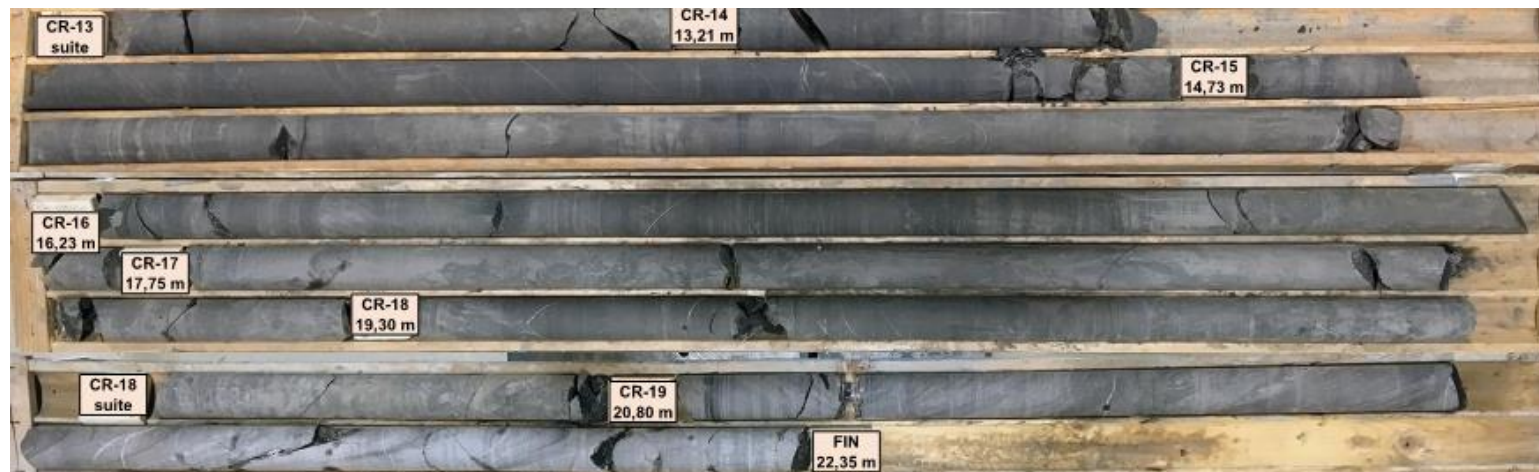


La réalisation de forages le long du tracé a permis de **préciser la connaissance du souterrain**

- Première campagne d'investigation géotechnique en 2019
- Seconde campagne d'investigation géotechnique en 2020
- Total **de plus de 60 forages** :
 - Environ tous les 50 mètres
 - Profondeur des sondages variant entre 15 et 40 m
 - Récupération du roc (carottes) pour analyses et essais

Les sondages et essais réalisés mettent en évidence :

- 80 % du tunnel se trouvent dans un **massif rocheux de qualité moyenne à bonne**
- Fracturation modérée, quelques zones de roc fracturé ou de qualité médiocre connue dans la littérature et identifiée par les sondages
- **Abrasivité moyenne**, compatible avec diverses méthodes de creusement



Exemple d'un échantillon extrait lors des campagnes de forage



Production d'un **Rapport géotechnique de base (GBR)**

- Préparé par un **groupe d'experts multidisciplinaires** : géologue, géotechnicien, ingénieurs et experts en travaux
- S'inscrit dans les **bonnes pratiques** en matière de travaux souterrains
- Fournit de l'information sur les **conditions souterraines anticipées**
- Définit les **paramètres de référence** pour les phases de **conception** et de **construction**



2

.4 / Insertion souterraine

Éléments de conception des stations



Sécurité et visibilité

- Aménagement de la station en lien avec le principe de « voir et être vu »



Accessibilité universelle

- Minimum d'un ascenseur par station
- Accès et cheminements accessibles



Réseau piétonnier

- Capter les principaux flux de piétons
- Confort



Transport en commun

- Distance et temps de déplacement pour les correspondances
- Efficacité

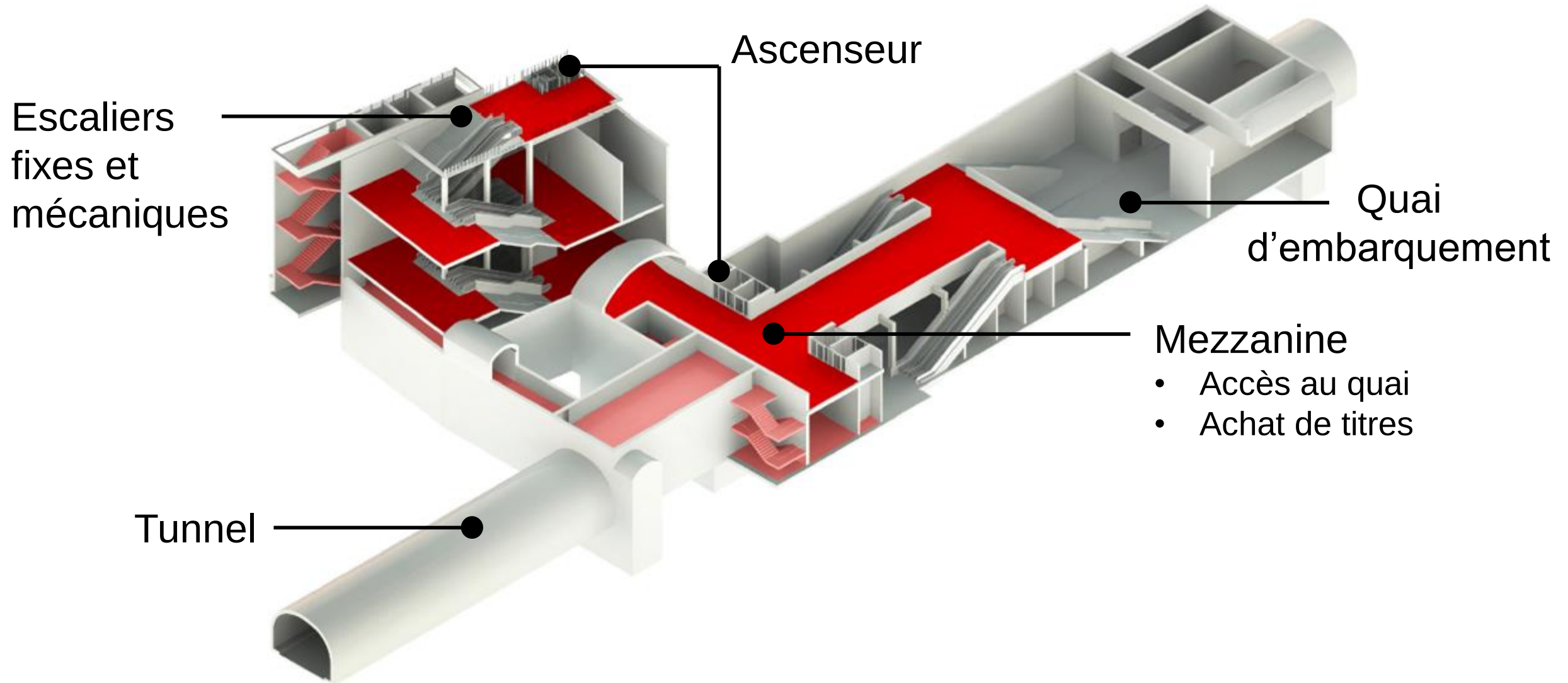


Coûts et faisabilité

- Respect des budgets
- Faisabilité technique



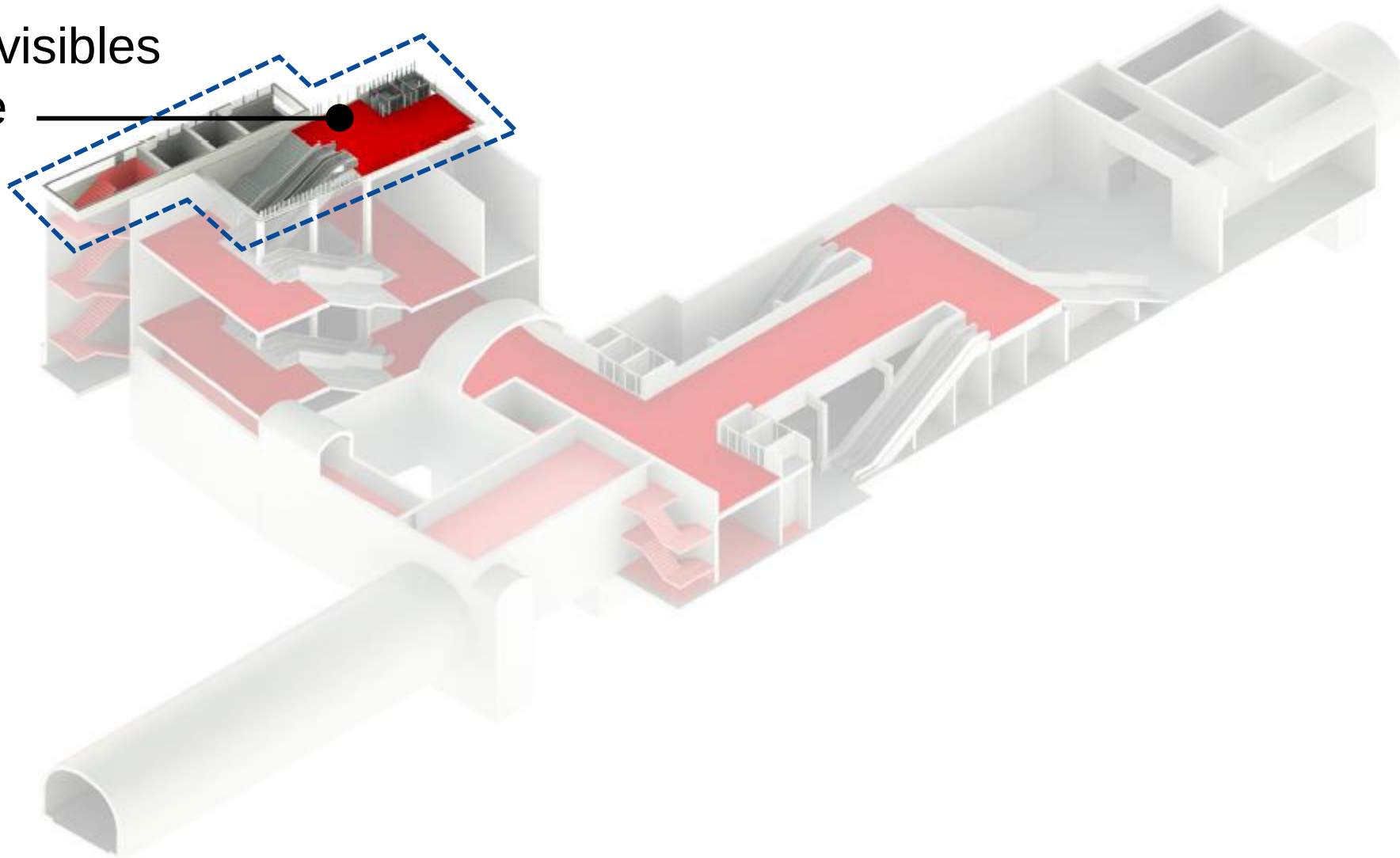
Aménagement d'une station souterraine





Aménagement d'une station souterraine

Éléments visibles
en surface
(édicule)

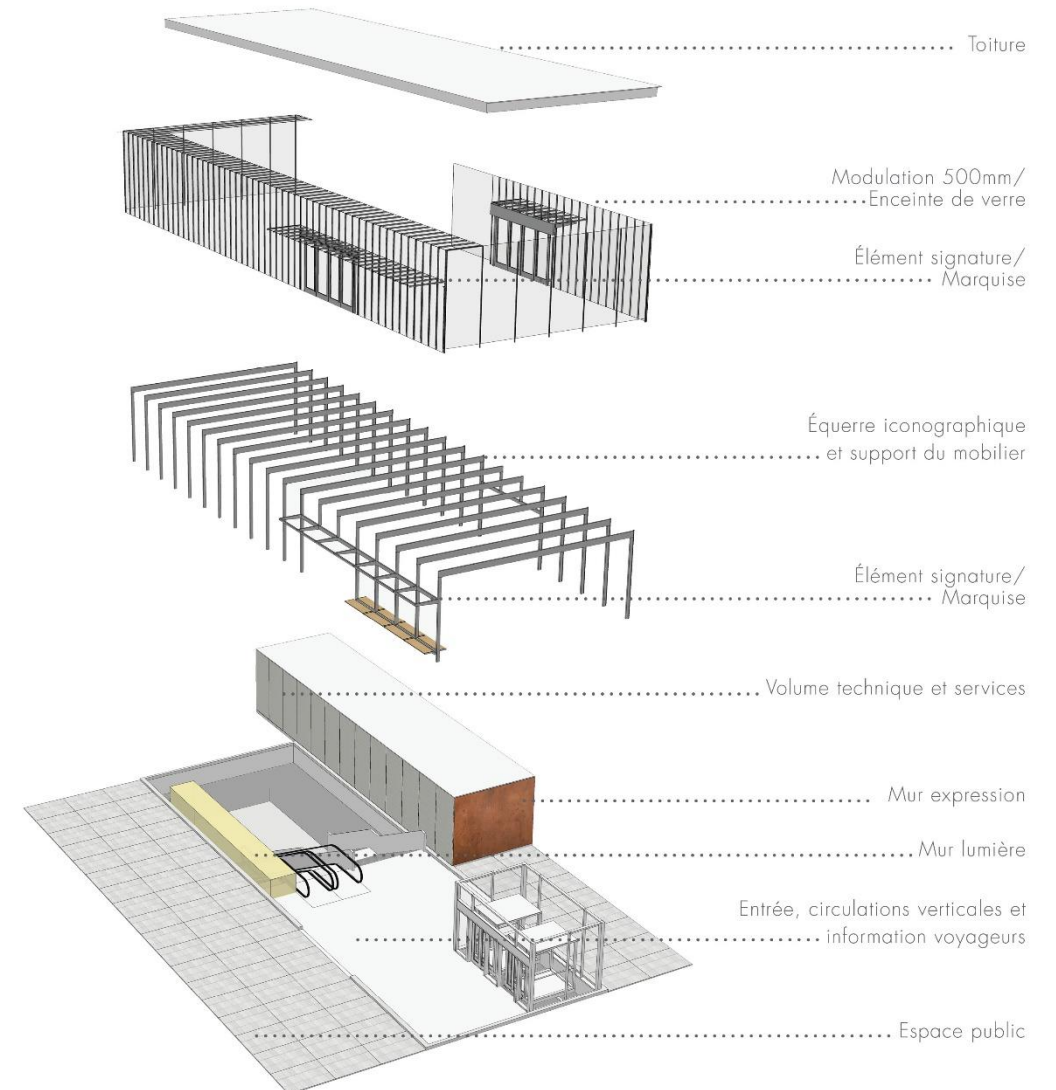
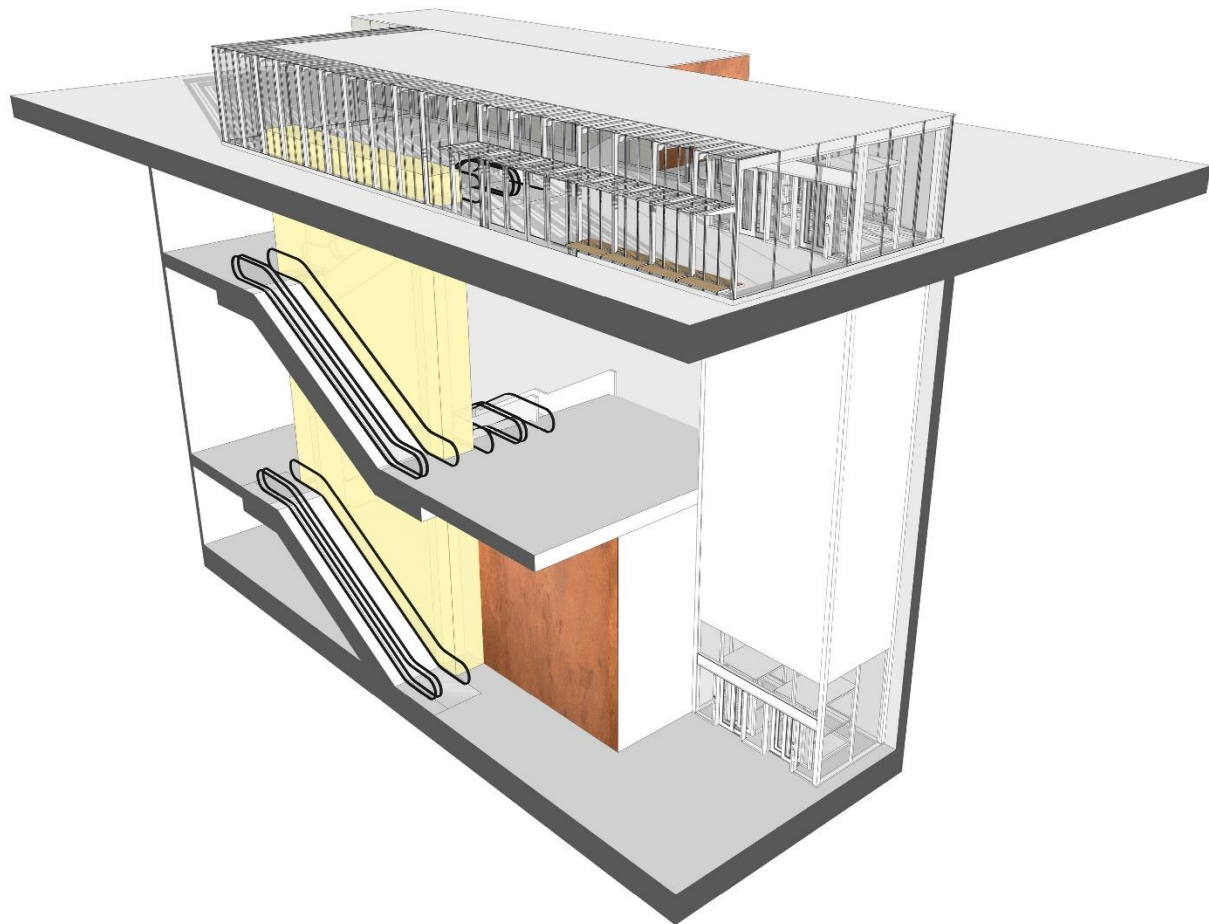


Création de **pavillons d'appel** et **d'espaces publics**

- Aménagements **en harmonie** avec le contexte environnant immédiat
- Ajout d'alignements **d'arbres et d'espaces verts**
- Création **d'espaces lumineux** et intégration de murs expression ou **d'œuvres d'art**



Composition des édicules





L'optimisation du tracé souterrain a aussi mené à une **révision de la localisation de certaines stations**

Les localisations ont été identifiées de façon à :

- **Maximiser la desserte** des grands générateurs de déplacements et des résidants
- Offrir **une bonne connexion** avec l'ensemble du réseau de transport en commun
- **Faciliter l'accès** et les cheminements piétonniers



3 / Insertion dans la ville

Trémies, tunnel et stations



Insertion de la trémie de la Couronne

Image conceptuelle
Vue vers le sud

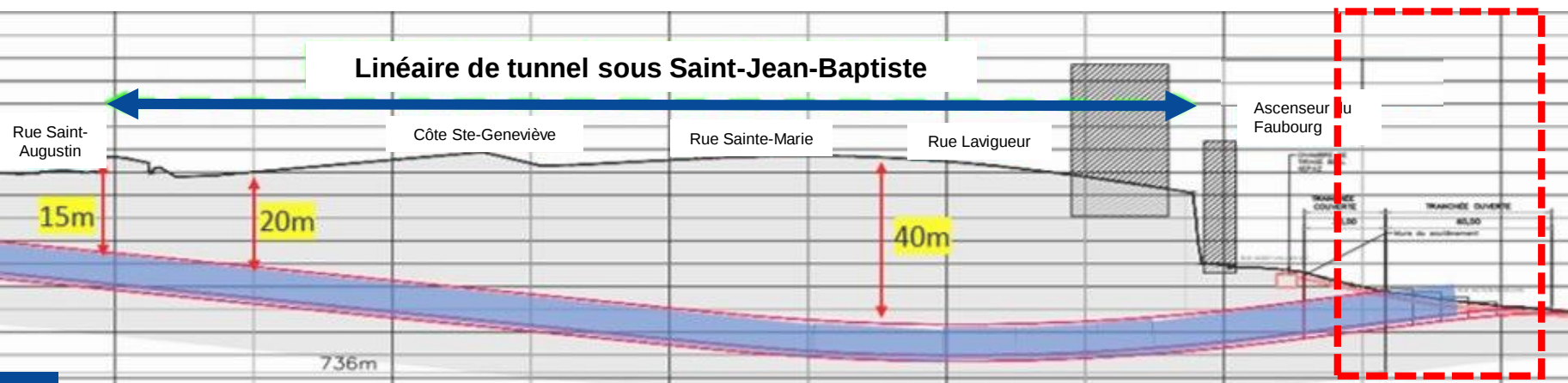


Insertion sous le faubourg Saint-Jean-Baptiste



- De 20 à 40 mètres de roc entre le tunnel et les bâtiments

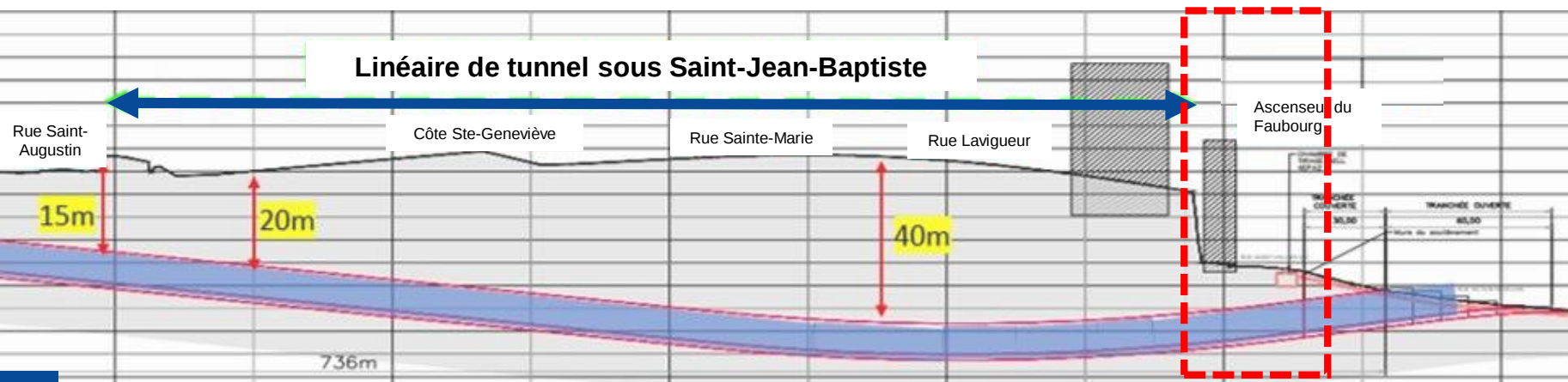
Trémie de la Couronne



Insertion sous le faubourg Saint-Jean-Baptiste



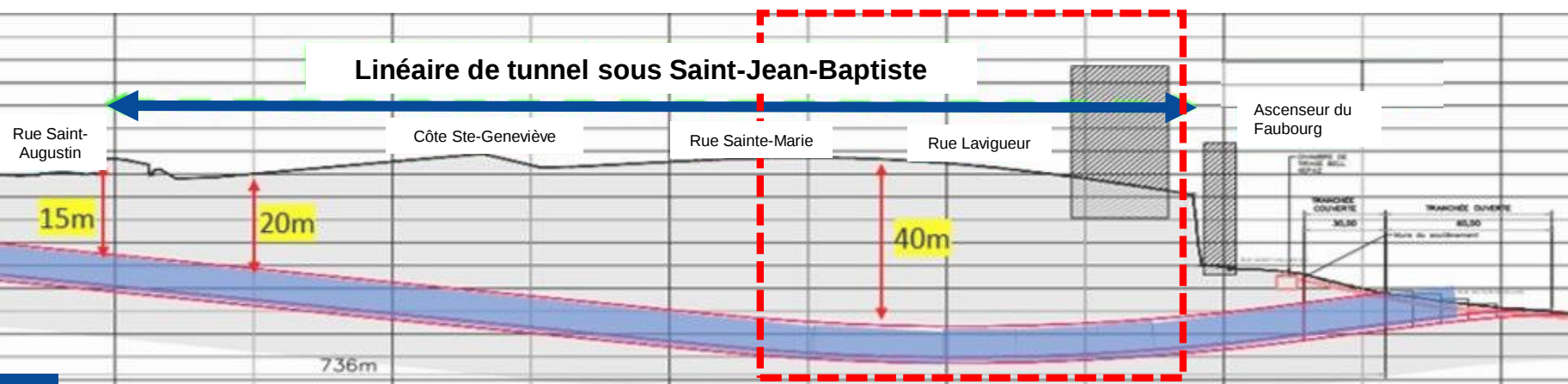
Passage sous
l'ascenseur
du Faubourg



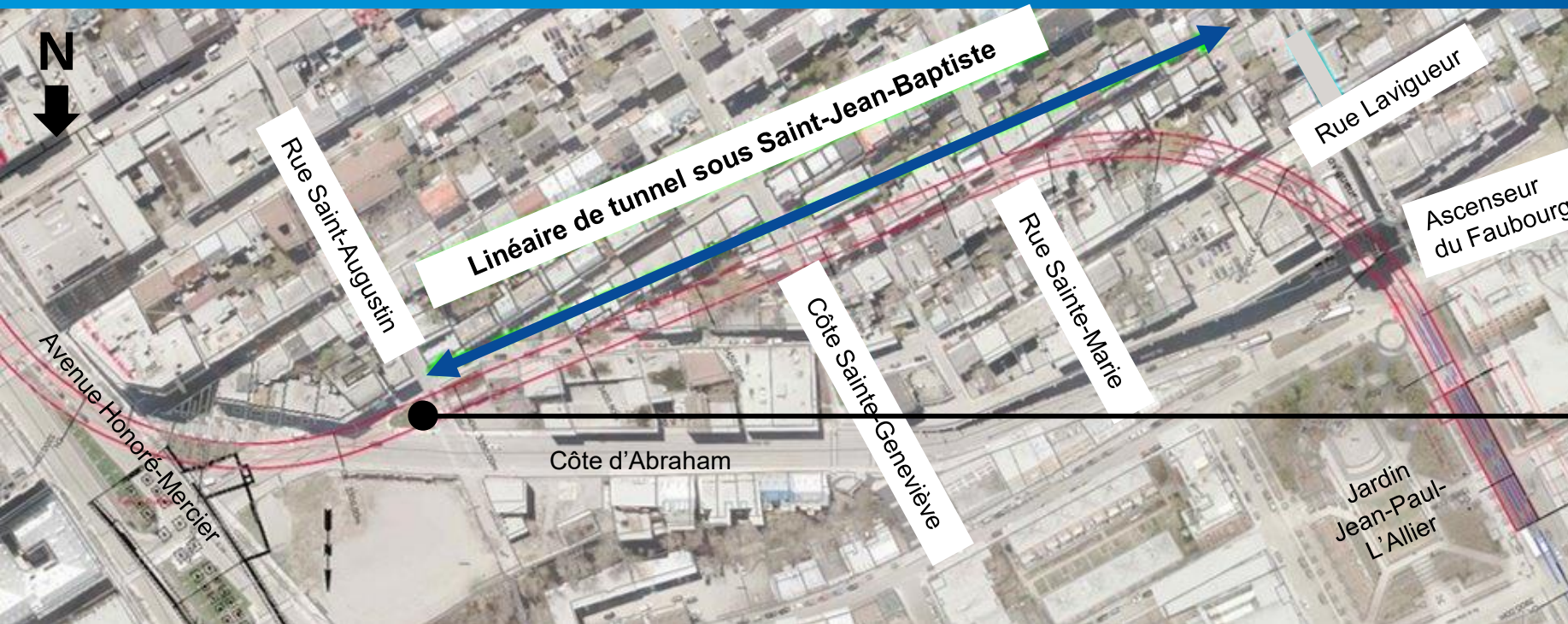
Insertion sous le faubourg Saint-Jean-Baptiste



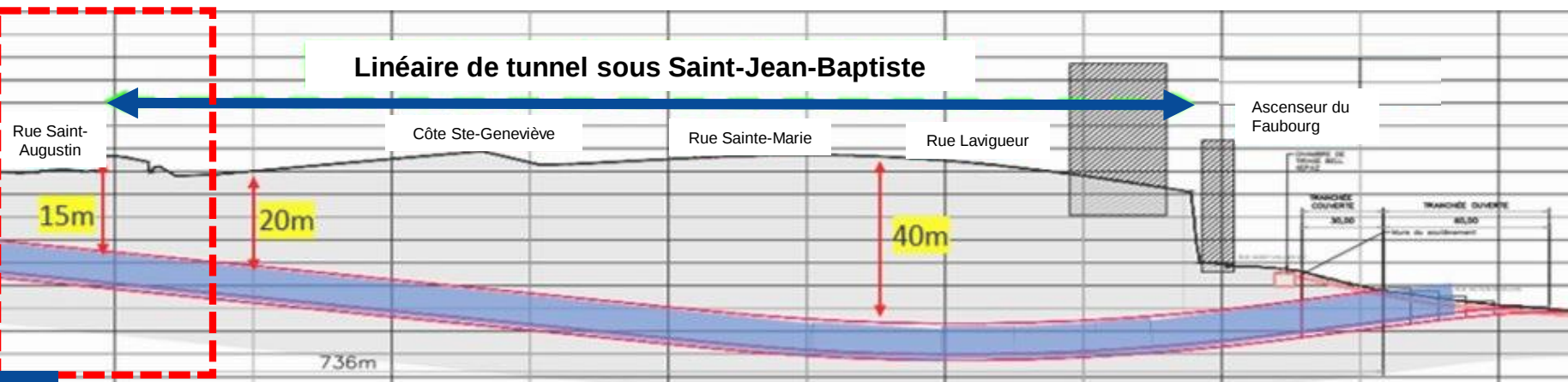
Section la
plus profonde
du tunnel
 ≈ 40 m



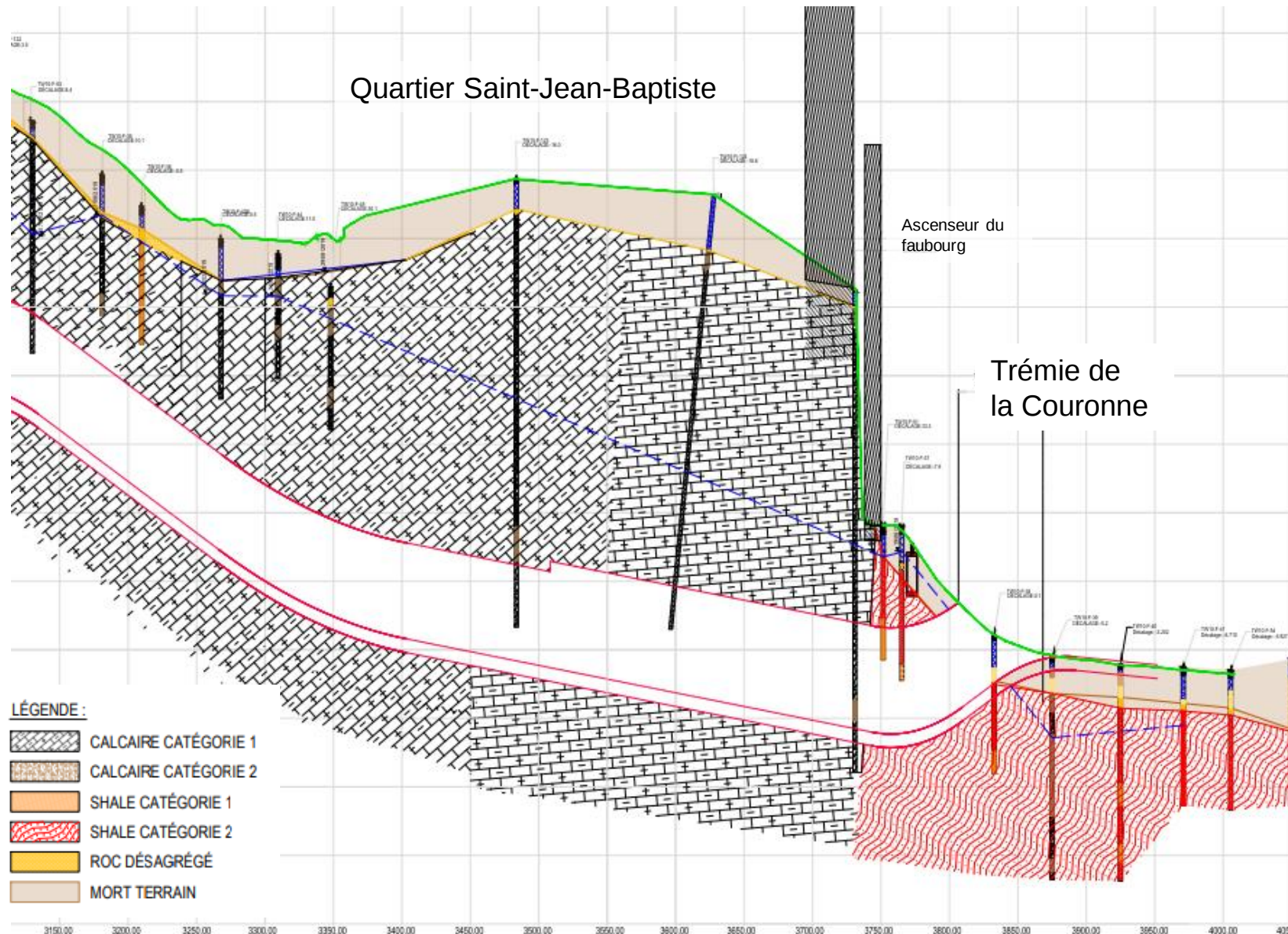
Insertion sous le faubourg Saint-Jean-Baptiste



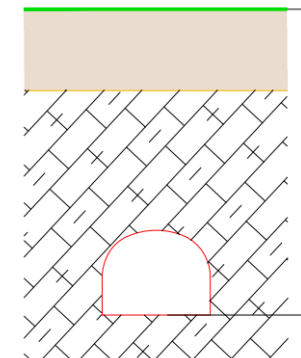
Section la **moins profonde** du tunnel située sous la voirie ≈ 15 m (l'équivalent d'un bâtiment de 4 étages)



Insertion sous le faubourg Saint-Jean-Baptiste



- Profondeur 15-40m
- **Massif rocheux de bonne qualité**
(calcaire catégorie 1)





Localisation de la station D'Youville

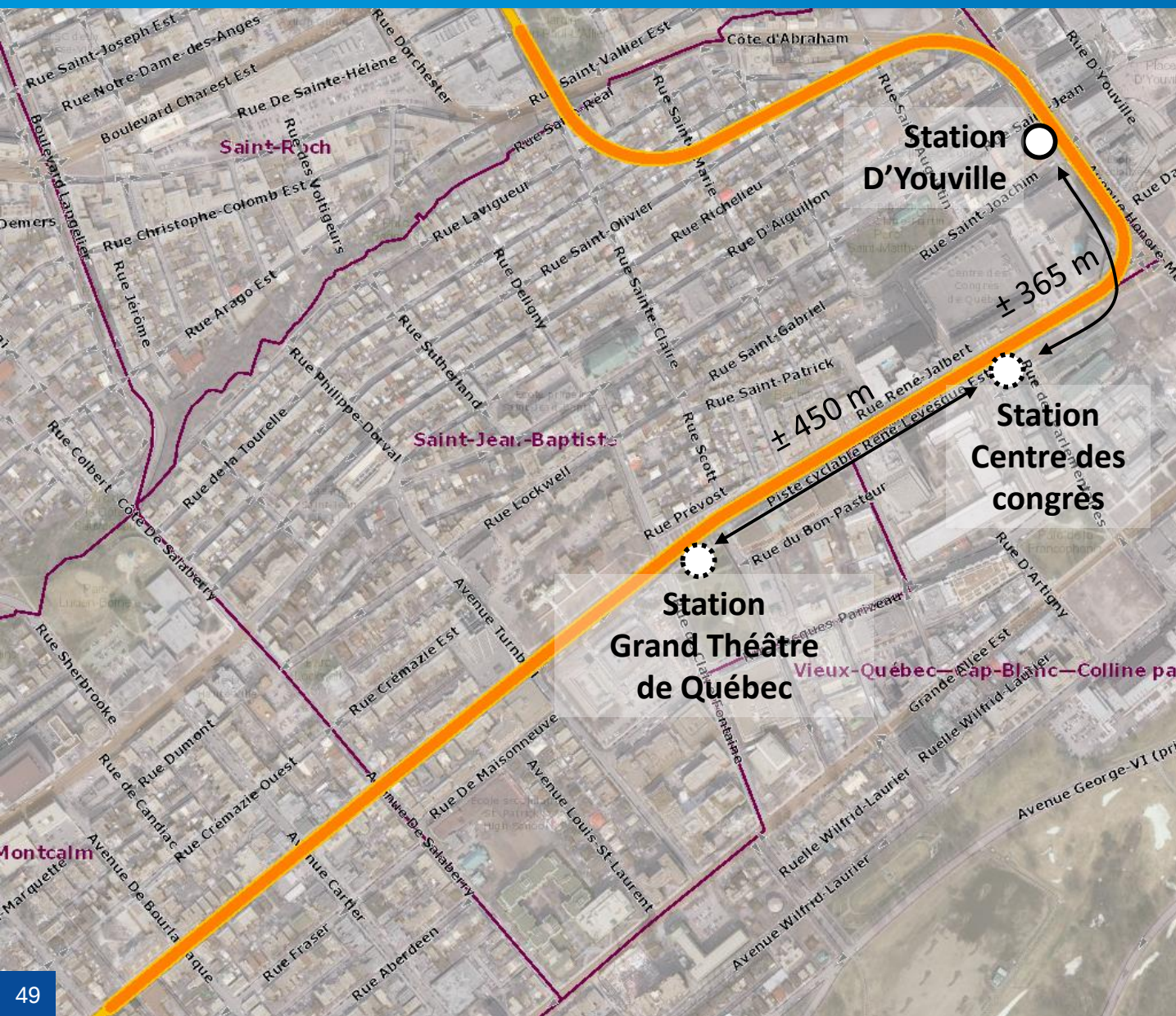


Édicule du côté ouest d'Honoré-Mercier

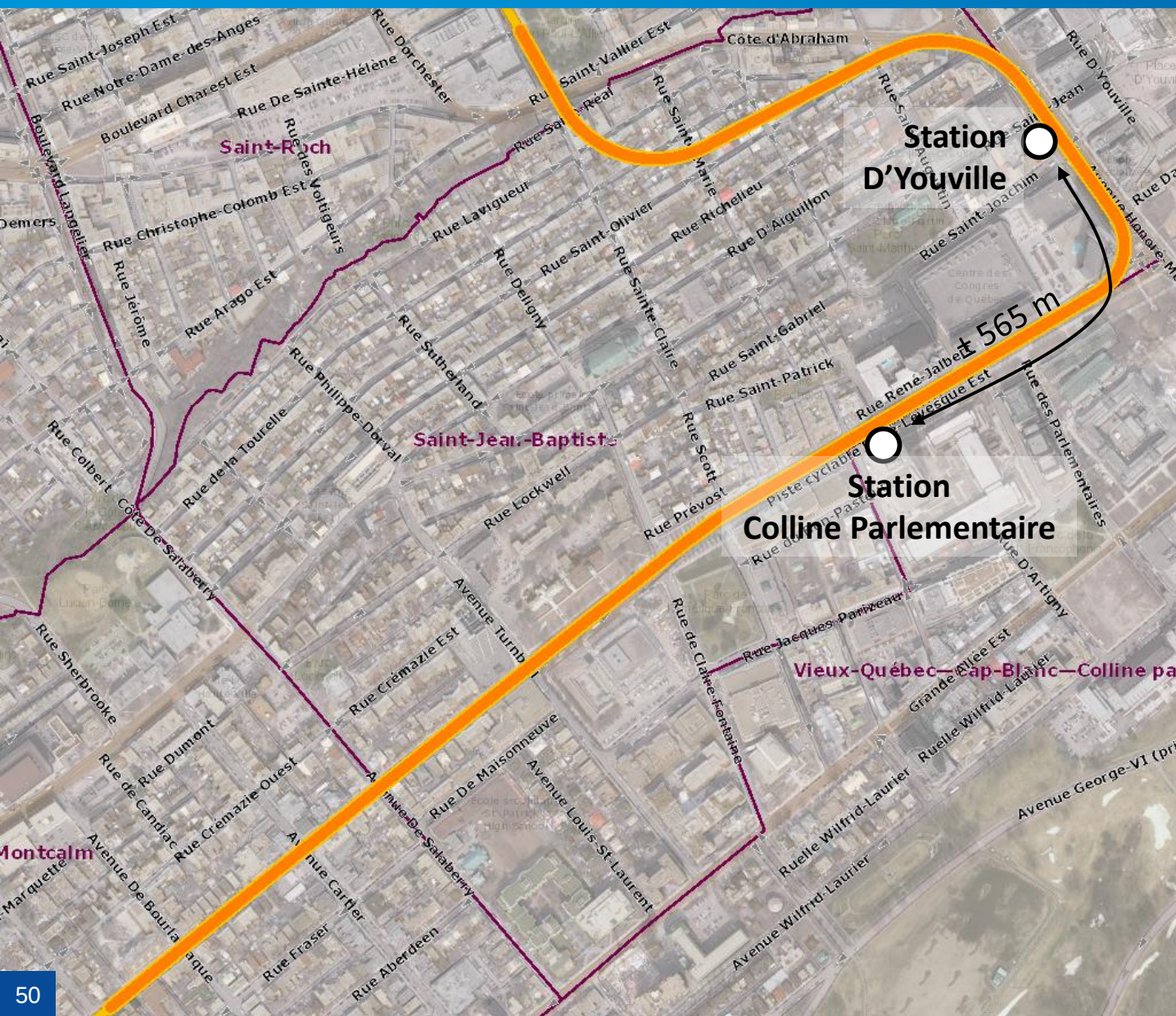
- **Connexion efficace** avec les autobus provenant de l'autoroute Dufferin-Montmorency (provenance de l'est)
- Entrée à même **l'axe commercial** de la rue Saint-Jean
- Intégration du **centre de service du RTC**
- **Réduction des impacts** sur le site historique de la Place D'Youville







- **Rapprochement** des stations D'Youville et Centre des congrès
- **Qualité de sol moins intéressante** sur le site ciblé pour l'intégration de la station Centre des congrès
- **Coûts de construction** importants
- **Fusion des stations** Centre des congrès et Grand Théâtre de Québec



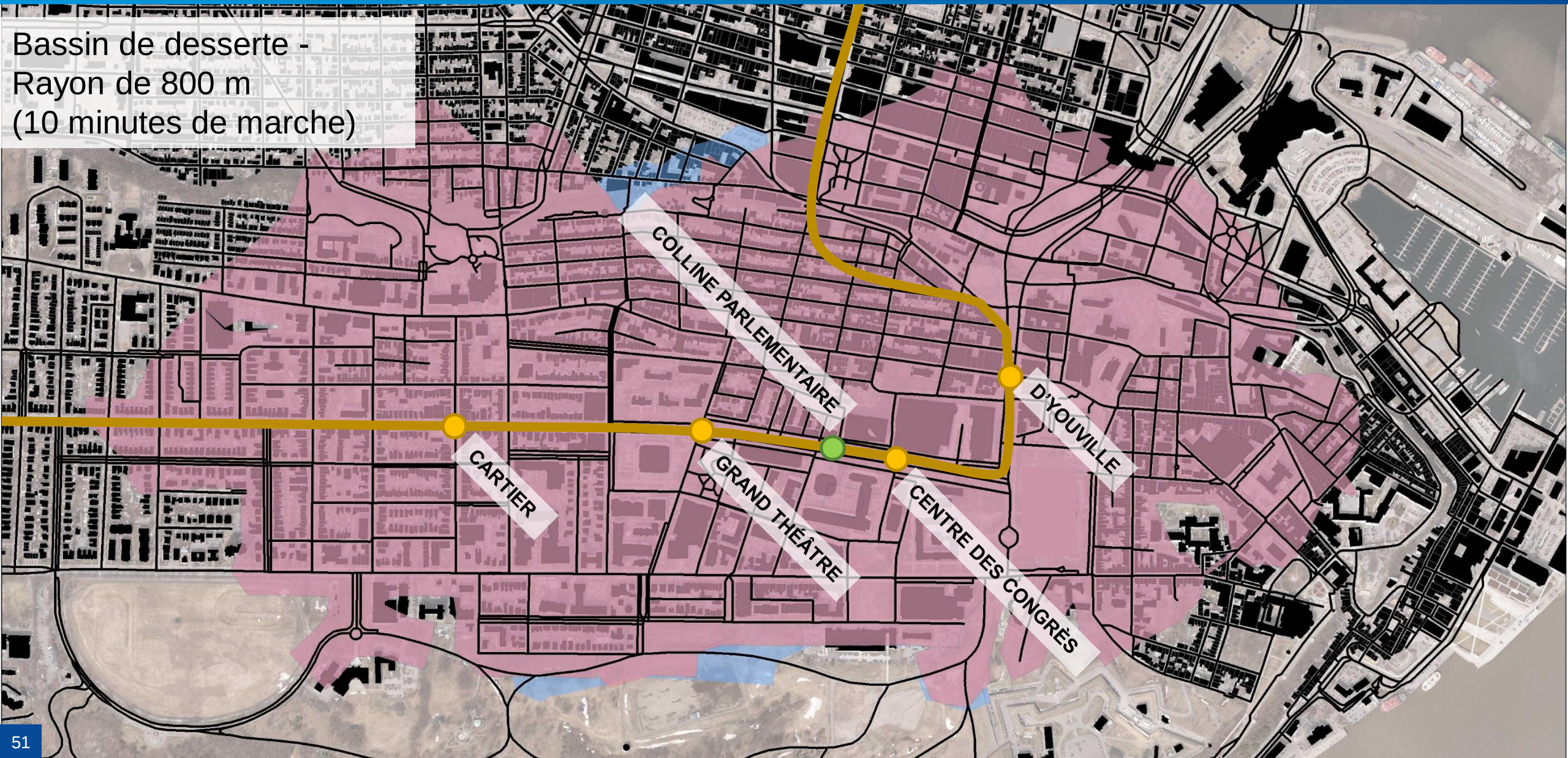
Édicule du côté sud de René-Lévesque

- Localisation en analyse dans le quadrilatère de l'édifice Marie-Guyart (Complexe G)
- Desserte des **édifices à bureaux** de la colline Parlementaire
- Maintien d'une proximité avec le **Grand Théâtre de Québec**
- Intégration en harmonie avec la **promenade des Premiers-Ministres**
- **Bassin de desserte comparable**



Nouvelle station Colline Parlementaire

Bassin de desserte -
Rayon de 800 m
(10 minutes de marche)





Nouvelle station Colline Parlementaire

Lignes directrices de design –
en cours de conception





- 53

Situation actuelle



Situation future



Images conceptuelles



Image conceptuelle

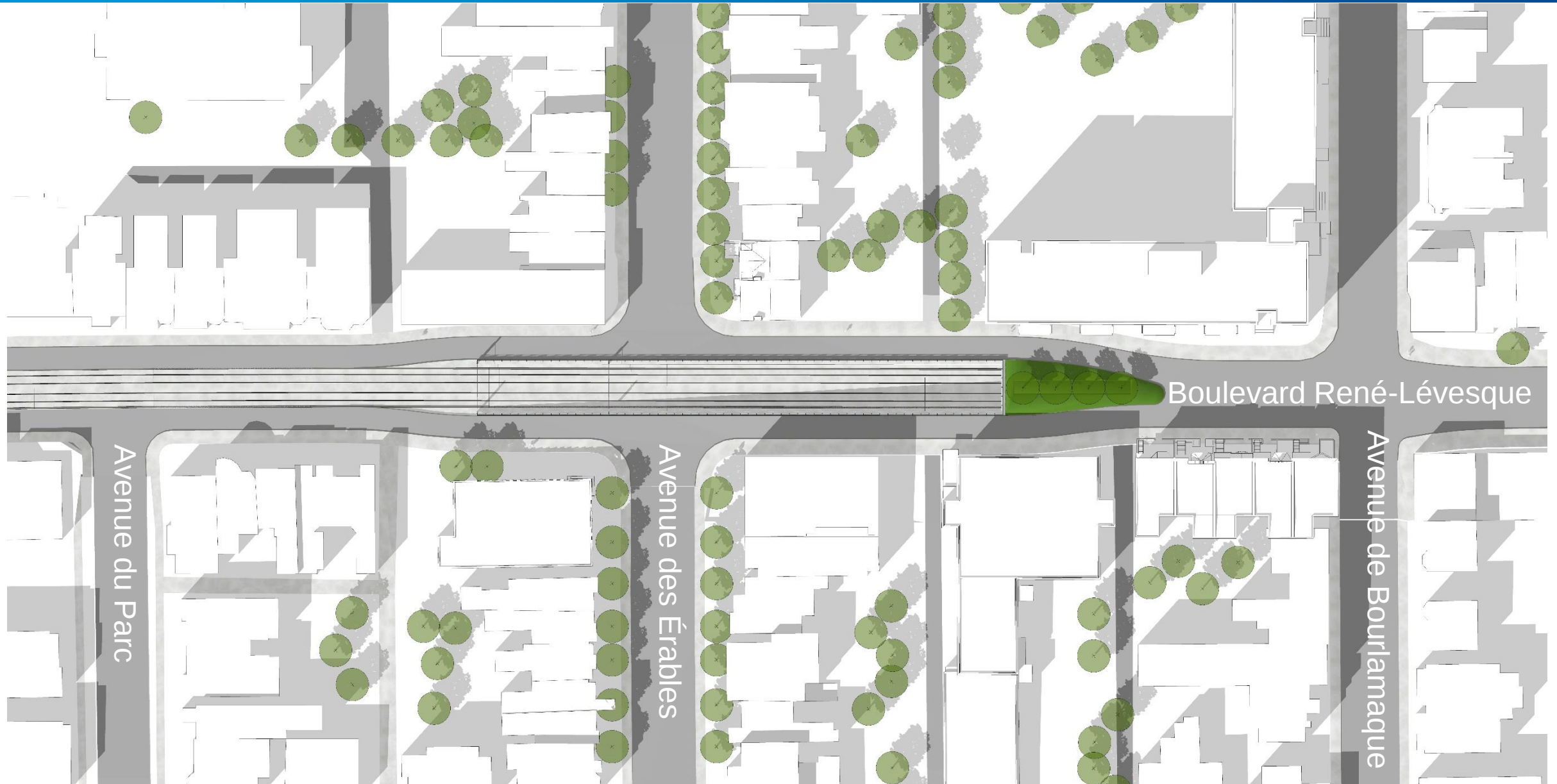


Image conceptuelle



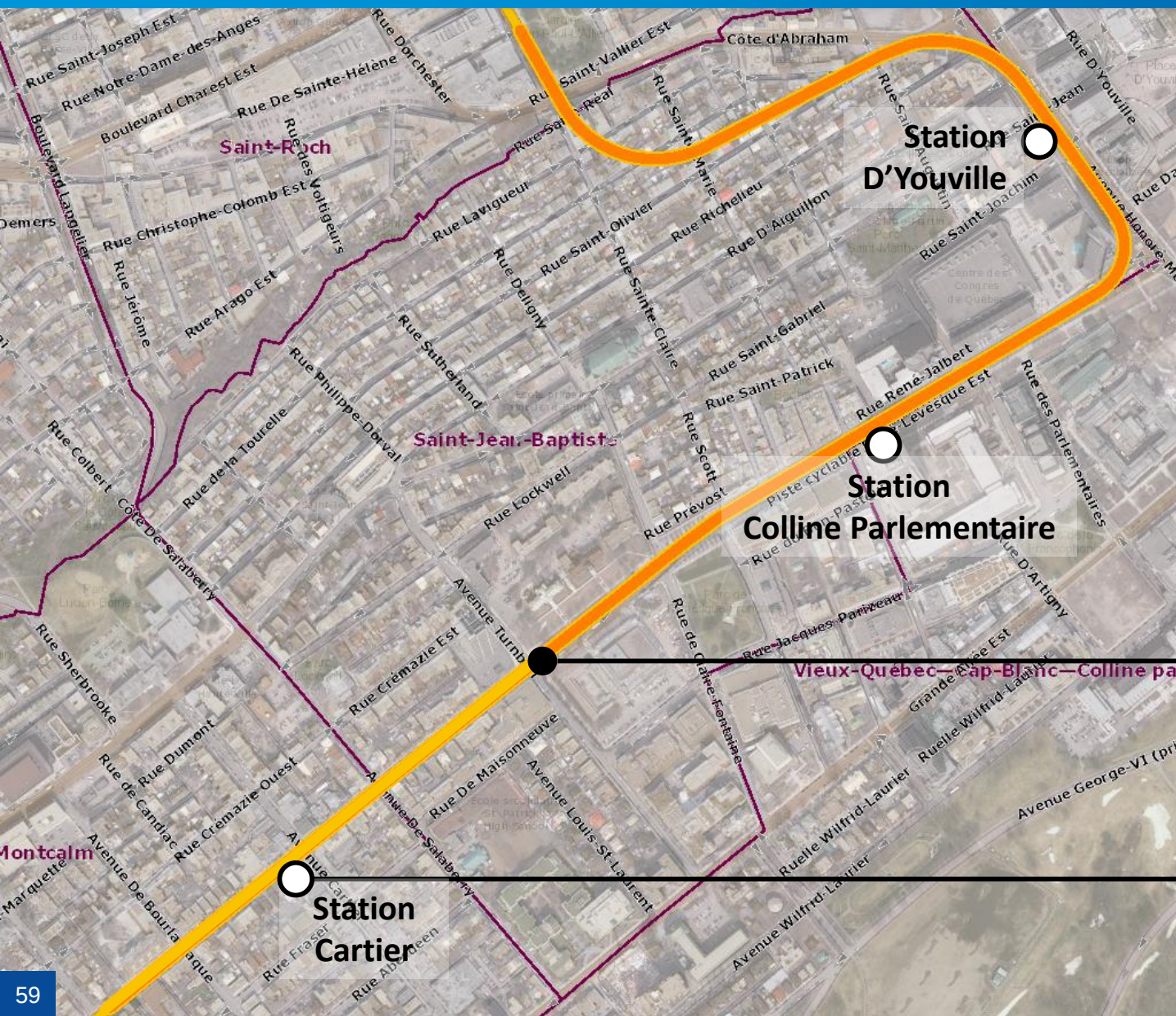


Insertion de la trémie René-Lévesque





Scénario alternatif | Tunnel court



Localisation de la trémie dans le secteur de l'avenue Turnbull

Station Cartier **en surface**

Scénario du tunnel court :

- Inscrit à l'Appel de propositions comme scénario de réduction de la portée
- Réduit la pression sur le budget du projet
- Potentiel urbanistique du secteur

Analyses en cours :

- Insertion technique : axiale ou latérale
- Intégration urbaine
- Circulation



4.1 / Construction

Techniques d'excavation

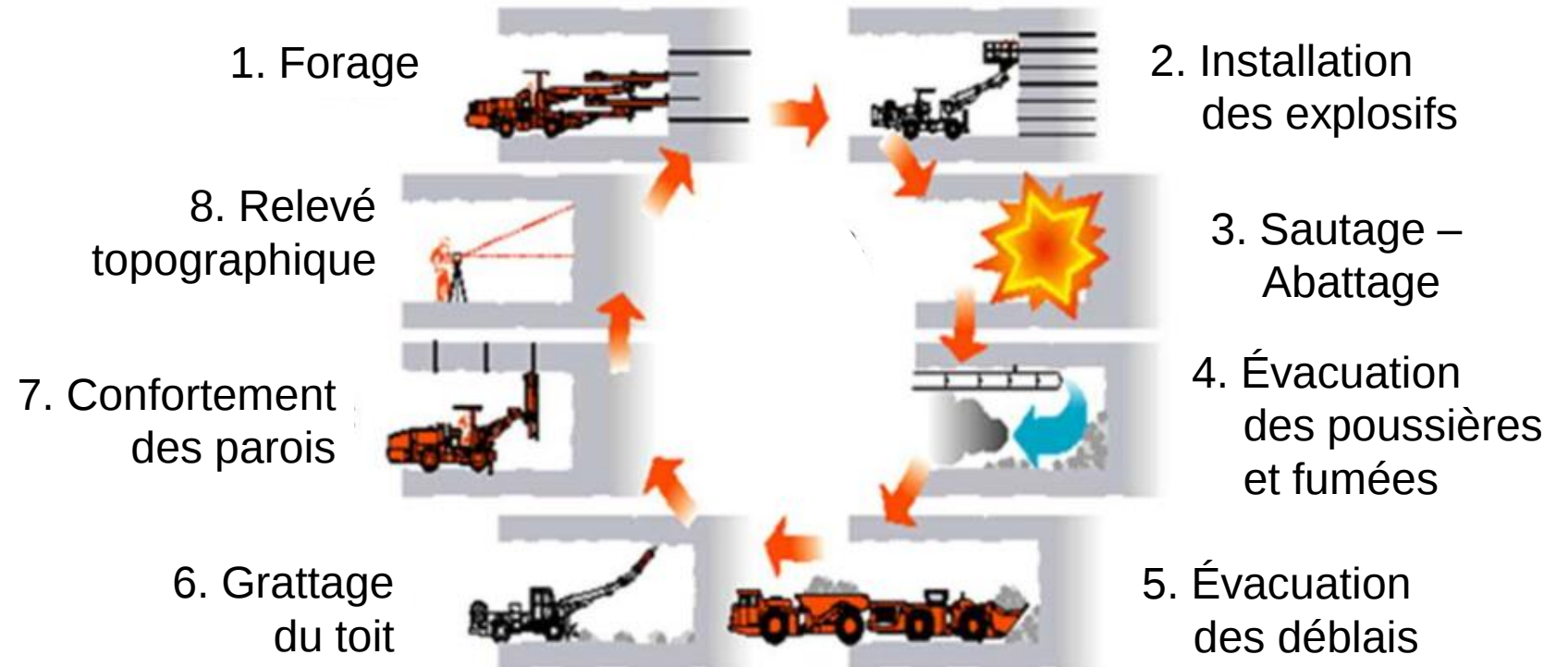
Trois méthodes de creusement sont envisageables pour l'excavation du tunnel

- Forage-sautage
- Machine à attaque ponctuelle (haveuse)
- Tunnelier

Le choix de la méthode retenue **appartient au futur consortium**

- **Cadre réglementaire strict** à respecter
- **Règlements municipaux** sur les travaux de construction

- Consiste à **fracturer le roc** grâce à **l'utilisation d'explosifs**
- Travaux se succèdent de **manière cyclique** (2 cycles par jour)
- En milieu urbain, la phase d'explosion est restreinte à des plages précises de la journée : tôt le matin (6 h - 9 h) et en fin d'après-midi (16 h - 19 h)



Fracturation du roc par action mécanique d'un outil rotatif de coupe

La machine comporte

- **châssis** motorisé sur chenille
- **bras articulé** muni d'un outil d'abattage ou *fraise de havage*
- système de chargement des déblais (**tablier**) et d'évacuation (**convoyeur**)

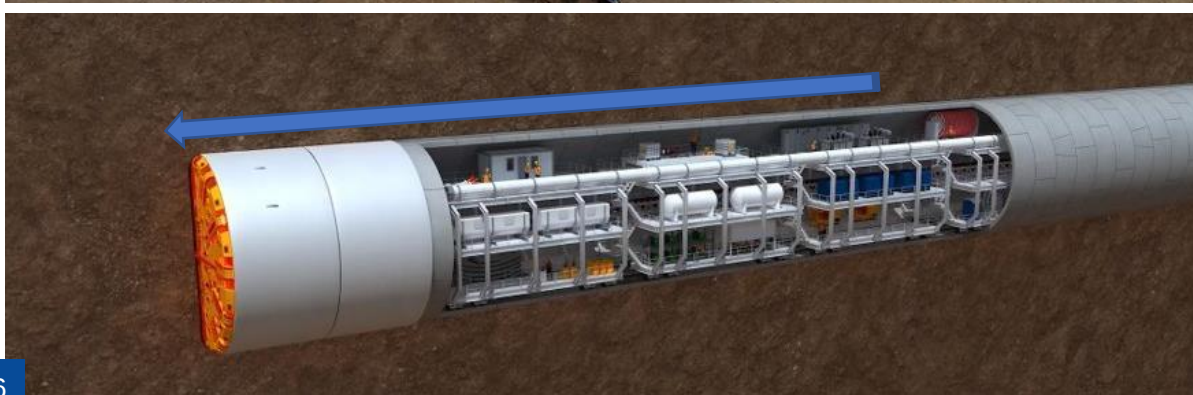




Machine à attaque ponctuelle (haveuse)

Fraise de havage avec nombre important de pics pour briser la roche par « petits morceaux » (faibles perturbations)





« **Usine** » capable d'excaver et de construire le tunnel en se déplaçant dans le roc :

- Roue de **coupe**
- Bati de poussée
- Remorques pour la logistique : évacuation des déblais, pose du revêtement, électromécanique, etc.

Méthode	Avantages	Inconvénients	Adéquation avec le projet
Forage-sautage	• Flexibilité ++ • Optimisation des sections	• Vibrations • Fumées	Forte
Haveuse	• Flexibilité + • Optimisation des sections	• Poussières	Forte
Tunnelier	• Mécanisation • Cadence élevée	• Amortissement difficile avant 4 à 5 km • Contraintes de tracé • Surexcavation	Faible



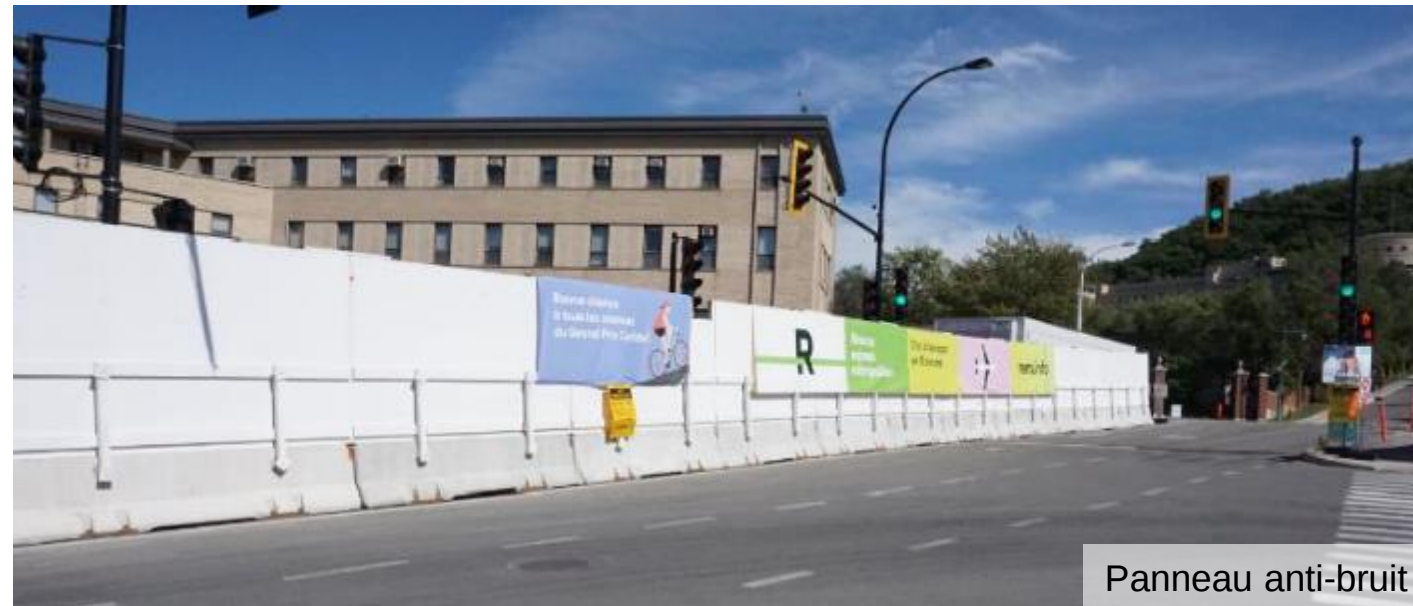
4.2 / Construction

Points de vigilance et mesures d'atténuation

- Sources potentielles : chantiers de surface (stations et trémies)
- **Seuils limites définis** selon la réglementation de la Ville de Québec

- **Mesures d'atténuation :**

- engin moins bruyant
- alarme de recul par bruits blancs
- clôture de chantier avec panneaux anti-bruit



Panneau anti-bruit

- **Surveillance en continu** des niveaux sonores durant les travaux

- Sources potentielles de poussières : chantiers de surface (stations et trémies)
- **Contrôle des poussières :**
 - Aménagement des chantiers
 - Dispositifs d'arrosage et lave-roues pour les chantiers en zone urbanisée
- **Surveillance en continu** de la qualité de l'air durant les travaux



Lave-roues



Arrosage de la benne

- Onde de vibration transmise dans le sol
- **Contrôle des vibrations :**
 - Limite générale de 25 mm/s en milieu urbain
 - Seuils de vibrations plus sévères selon la vulnérabilité des ouvrages



Paroi prédécoupée

- Différentes **mesures d'atténuation** existent :
 - Réduction des charges explosives
 - Plan de tir optimisé / détonateurs électroniques
 - Prédécoupage périphérique
- **Surveillance en continu** assurée par des sismographes



Fumées toxiques (méthode par forage-sautage)

- Gaz et fumées produits par les explosifs peuvent migrer dans la roche : monoxyde de carbone (CO) et dioxyde d'azote (NO₂)
- **Réglementation** (BNQ 1809-350) et Guide de bonnes pratiques du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec
- **Mesures préventives** :
 - Choix et quantité d'explosifs
 - Plan de tir
 - **Ventilation immédiate** après sautage
 - Communication pour informer et sensibiliser les riverains
 - **Détecteurs de CO** pour chaque habitation dans les 100 m

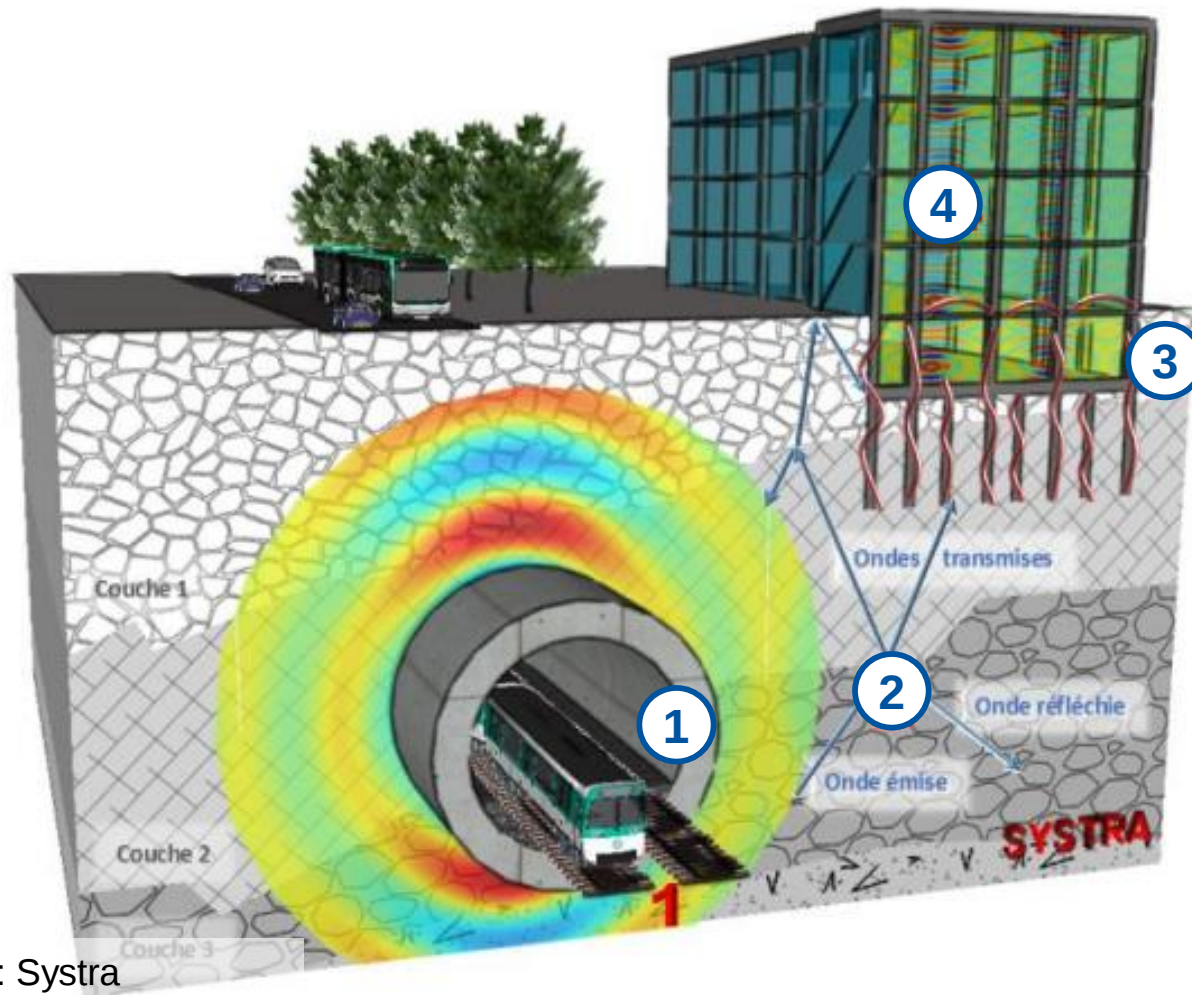


Détecteurs CO



5 / **Exploitation**

Points de vigilance et mesures d'atténuation



1. Source des vibrations (contact roue / rail)
2. Propagation dans le sol
3. Réponse vibratoire du bâtiment
4. Bruit régénéré (= bruit solidien)

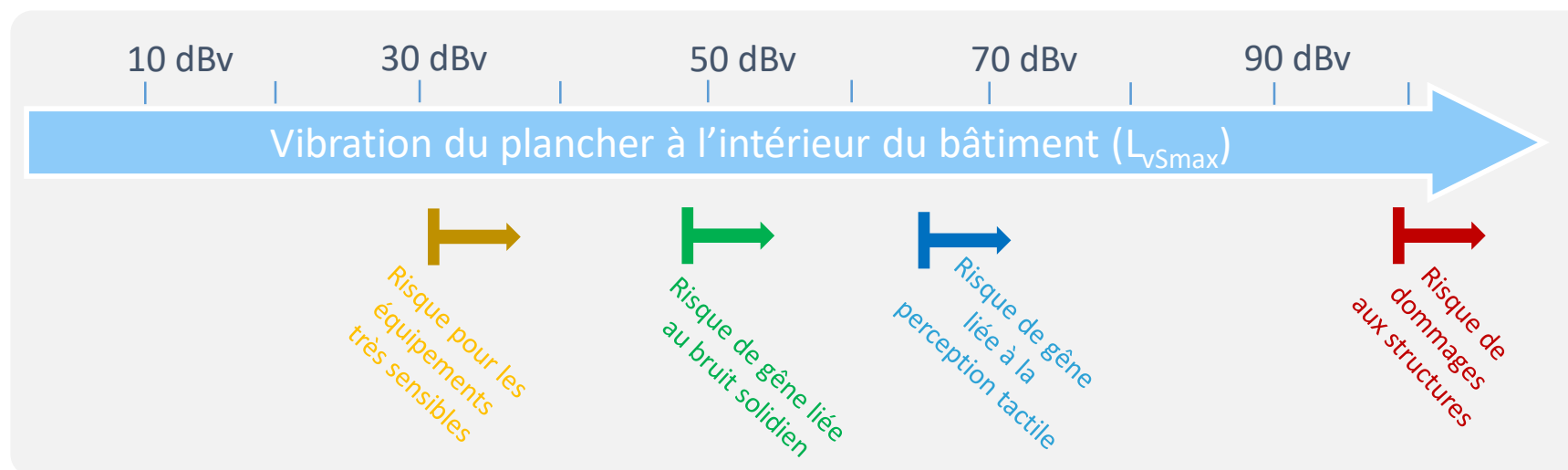
Source : Systra



Échelle de sensibilité aux vibrations

Enjeux liés aux vibrations d'origine ferroviaire :

- Risque de **perception tactile** des vibrations par les occupants
- Risque de **perception auditive** des vibrations (bruit solidien = grondement)
- Risque de **dysfonctionnement des équipements sensibles** (laboratoires, hôpitaux)
- **Absence de risques de dommages aux structures**





- Dépôt d'une **étude vibratoire** à l'automne 2019 pour l'ensemble du tracé
- Méthodologie et valeurs cibles recommandées par le guide « FTA » (*Federal Transit Administration*)
- **Aucun impact vibratoire** envisagé sur les bâtiments à usage courant
- **Quelques sites sensibles** identifiés (ex. : Grand Théâtre de Québec, INRS)



En phase de **conception détaillée** :

- Sondages géotechniques pour caractériser les **propriétés dynamiques et vibratoires du sol** et modélisations associées
- Réalisation d'études par le Partenaire privé en phase de conception et de construction pour assurer la performance des systèmes de réduction des vibrations
- Mesures d'atténuation :
 - Dispositifs anti-vibratiles sous les voies ferrées
 - Dalle flottante

An architectural rendering of a modern building with a glass facade and a large tree in the foreground. The scene is overlaid with a blue tint. The word "Questions" is written in white text across the middle of the image. The building has a glass facade and a large tree in the foreground. The scene is overlaid with a blue tint. The word "Questions" is written in white text across the middle of the image. The building has a glass facade and a large tree in the foreground. The scene is overlaid with a blue tint. The word "Questions" is written in white text across the middle of the image.

Questions