



**Réponses à la deuxième série de questions et commentaires pour le
projet de construction d'un tramway
sur le territoire de la ville de Québec dans le cadre
du projet de réseau structurant de transport en commun par
la Ville de Québec**

Dossier 3211-08-015

Le 26 mai 2020



TABLE DES MATIÈRES

QUESTIONS ET COMMENTAIRES	1
ANNEXE 1 - BILAN GES.....	15

QUESTIONS ET COMMENTAIRES

QC-2-1 Veuillez nous confirmer votre engagement à nous déposer le résumé de l'étude d'impact au plus tard le 22 mai 2020.

RÉPONSE RSTC :

Comme demandé, le résumé de l'étude d'impact a été déposé au MELCC le 22 mai.

QC-2-2 Veuillez nous confirmer votre engagement à déposer les addendas concernant les pôles d'échanges de Sainte-Foy et de Saint-Roch en version finale au plus tard le 22 mai 2020.

RÉPONSE RSTC :

Comme demandé, les addendas finaux concernant les pôles d'échanges de Sainte-Foy et Saint-Roch ont été déposés le 22 mai 2020

QC-2-3 L'initiateur a produit une liste des avantages et inconvénients du projet. Toutefois, l'initiateur devait fournir un tableau regroupant les impacts (avantages et coûts) actualisés, qui ont été évalués dans différentes sections de l'étude d'impact ainsi que les principaux avantages et inconvénients qualitatifs ayant été identifiés dans le projet. L'initiateur a également estimé la valeur monétaire de la réduction des tonnes de gaz à effet de serre (GES) attribuable au transfert modal et les avantages liés aux gains de temps.

Afin de répondre à la demande, l'initiateur doit s'engager à produire, pour le 26 mai 2020, un tableau synthèse incluant minimalement les avantages et les coûts listés à la **QC-5**, soit :

- L'impact du projet sur la valeur foncière;
- L'impact du projet dans les dépenses en transport des ménages;
- L'impact du projet sur les dépenses de la Ville de Québec;
- Les réductions de GES du projet;
- Les coûts de réalisation du projet.

Les autres impacts ayant été évalués et faisant partie des éléments à prendre en compte dans une analyse avantages-coûts doivent aussi être inclus dans le tableau. De plus, les impacts non monétisés, qui auraient dû faire l'objet d'une analyse avantages-coûts, doivent aussi se retrouver de façon qualitative dans les avantages ou les coûts du tableau.

L'idée n'est pas d'obtenir un ratio avantage/coût, mais de donner un ordre de grandeur pour chaque impact. Le tableau en question peut avoir le format suivant :

Avantages du projet pour la société québécoise

Impact	Acteur	Amplitude de l'impact (Montant ou description sommaires)
Baisse des GES pendant la phase d'exploitation	Environnement et société	X \$
Hausse de la valeur foncière	Propriétaires fonciers	X \$
Réduction des coûts d'exploitation des véhicules automobiles	Automobilistes	Non chiffré
etc	etc	etc

Coût du projet pour la société québécoise

Impact	Acteur	Amplitude de l'impact (Montant ou description sommaires)
Hausse des GES pendant la phase de construction	Environnement et société	X \$
Coût de construction	Les divers paliers de gouvernement	3,3 G\$
Coût d'opportunité des espaces de stationnement	Automobilistes	Non chiffré
etc	etc	etc

Il est à noter que les valeurs proposées dans le Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport routier du ministère des Transports (MTQ) sont toutes en dollars de 2015. S'il y a lieu, il faut donc les actualiser à la hausse pour les ramener à l'unité monétaire souhaitée. Il est normal que la valeur monétaire des GES croisse dans le temps, ce qui reflète l'effet cumulatif des dommages qui en découlent. Les GES produits pendant la phase de construction doivent également être pris en compte du côté des coûts.

RÉPONSE RSTC :

Le tableau suivant présente les impacts (avantages et coûts) actualisés, qui ont été évalués dans différentes sections de l'étude d'impact ainsi que les principaux avantages et inconvénients qualitatifs ayant été identifiés dans le projet.

Avantages du projet pour la société québécoise <i>* Les chiffres sont exprimés en \$ 2019</i>		
Impact	Acteur	Amplitude de l'impact (description sommaire ou valeur actualisée en 2022)
Baisse des GES pendant l'exploitation <i>* Valeur de la tonne de GES indexée à 2019</i>	Environnement et société	31 490 363 \$
Impact économique	Ville de Québec, province du Québec et acteurs économiques (travailleurs, entreprises, etc.)	<p>Selon l'étude d'impact économique pour le Québec de dépenses d'immobilisation liées à la mise en place du Réseau Structurant de Transport en Commun (RSTC) (ISQ, 2019) :</p> <p>L'impact économique des dépenses liées au futur réseau ont été mesurés par l'ISQ à l'aide du modèle intersectoriel du Québec. Le modèle intersectoriel permet de déterminer les effets directs, indirects sur la main-d'œuvre, les salaires, la valeur ajoutée et les fuites (importations) liés à ces travaux.</p> <p>Les dépenses d'immobilisation en biens et services utilisés pour les simulations réalisées à l'aide du modèle intersectoriel totalisent 3,3 G\$.</p> <p>Les investissements liés à la mise en place du réseau structurant entraîneront la création de 18 970 emplois, soit l'équivalent de 3 794 emplois par année en moyenne sur 5 ans.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Près de 12 000 emplois directs (années-personnes). • Près de 7 000 emplois indirects (années-personnes). <p>Le salaire moyen de ces emplois est relativement élevé à 61 200 \$ par année.</p> <p>La masse salariale totale de tous ces emplois créés est de 1,1 G\$.</p> <p>La valeur ajoutée au produit intérieur brut (PIB) du Québec est estimée à plus de 2,1 G\$. C'est donc dire que les investissements contribuent à l'accroissement de la richesse collective en ajoutant au PIB du Québec 2,1 G\$ de valeur ajoutée.</p> <p>Les importations représenteront 1,1 G\$, soit 35 %, dont 469 M\$ du reste du Canada et 657 M\$ d'ailleurs. Il s'agit d'une contribution à l'activité économique équivalente à la moyenne des projets d'infrastructures au Québec.</p> <p>Les principaux secteurs qui verront leur production s'accroître sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le secteur de la construction (880 M\$); • la fabrication (300 M\$), en particulier le matériel ferroviaire (160 M\$); • les services (676 M\$), dont les services d'architecture et de génie (315 M\$). <p>Les achats de biens et services engendreront des hausses de 656,8 M\$ des importations internationales et de 469,2 M\$ des importations interprovinciales.</p>

Impact	Acteur	Amplitude de l'impact (description sommaire ou valeur actualisée en 2022)
Impact fiscal	Ville de Québec	<p>L'investissement de la Ville de Québec dans le projet de 3,3 G\$ du réseau structurant de transport en commun (RSTC) de la ville de Québec représente un montant de 300 M\$. La Ville de Québec évalue que l'impact fiscal du RSTC sera positif.</p> <p>L'investissement de 300 M\$ sera rentable sur un horizon de 25 ans pour les citoyens de Québec puisqu'à elles seules, les taxes générées par les investissements additionnels en construction résidentielle et commerciale résultant de l'implantation du RSTC couvriront plus de la totalité de l'investissement initial de 300 M\$.</p> <p>Le Service des finances de la Ville de Québec a examiné trois scénarios réalistes de l'impact fiscal découlant du RSTC. Seuls les impacts associés aux nouvelles constructions résultant de l'attractivité accrue de la ville en raison du RSTC ont été pris en compte. Globalement, l'impact fiscal se situera entre 245 M\$ et 324 M\$ selon l'amplitude de l'effet d'attractivité du réseau structurant de transport en commun sur les immeubles à distance de marche. Selon le scénario B, à 10 minutes de marche, 3,3 G\$ de valeur foncière seront ajoutés par la nouvelle construction découlant du RSTC, soit un accroissement de 4,8 % par rapport au rôle d'évaluation actuel. Par exemple, les revenus additionnels des taxes foncières et de mutations immobilières annuelles associées à cette construction atteindront 46 M\$ en 2044. La valeur actuelle nette des flux de taxes des 25 prochaines années découlant de cette construction neuve serait de 321 M\$. Sur une période de 30 ans, l'impact serait de 472 M\$.</p>
Impact sur la valeur foncière	Propriétaires fonciers	<p>Parmi les hypothèses prises en compte par la Ville de Québec, figure une prise de valeur relative de 3 % à 5%.</p> <p>Les études sur les implantations de réseaux de transport démontrent des taux de prise de valeur résultant de nouvelles constructions et de l'activité sur le marché de la revente. Il ressort clairement de ces études que la prise de valeur est expliquée principalement par la proximité du réseau. Pour une zone d'impact de 800 m, la projection repose sur une hausse relative de 3 % à 5 % au-delà de la valeur moyenne sans la présence du réseau structurant de transport en commun. Ainsi, seul l'impact direct est considéré puisque les taux de taxe foncière sont ajustés de façon à annuler l'impact de l'augmentation moyenne du rôle d'évaluation.</p>

Impact	Acteur	Amplitude de l'impact (description sommaire ou valeur actualisée en 2022)
Réduction des coûts d'exploitation des véhicules automobiles	Citoyens de la ville de Québec (automobilistes)	<p>Sur le territoire du RTC, le taux de possession d'un véhicule est de 1,31 par logis, ce qui représente au total 354 750 véhicules.</p> <p>L'automobile coûte très cher aux individus : elle génère un coût évalué à environ 3,5 G\$ annuellement sur le territoire desservi par le RTC.</p> <p>En faisant l'hypothèse que la mise en place d'un réseau structurant permettrait de réduire le taux de possession de 1,31 à 1,16 (baisse de 13 %), l'économie pour les familles serait de 410 M\$: $354\,750 \times 13\% \times [(10\,000 \\$/\text{véhicule} - \text{coût annuel du transport en commun (1 050 \\$)}) = 8\,950 \\$] = 410,6 \text{ M\\$}$</p> <p>Par ailleurs, l'automobile et l'essence constituent les deux principaux produits d'importation du Québec (21 % du total en 2017). En plus d'offrir une solution de mobilité valable pour les ménages, la mise en place d'un réseau structurant de transport en commun est de nature à générer des économies qui pourront être utilisées à d'autres fins par ceux-ci.</p>
Coût d'opportunité des espaces de stationnement	Citoyens de la ville de Québec (automobilistes)	Non chiffré
Valeur des gains de temps	Citoyens de la ville de Québec (usagers du transport en commun)	918 826 900 \$
Amélioration des infrastructures urbaines	Citoyens de la ville de Québec	Non chiffrée
Amélioration de la qualité de l'air	Environnement et société Citoyens de la ville de Québec	Non chiffrée
Atténuation de l'effet d'îlot de chaleur en milieu urbain	Environnement et société Citoyens de la ville de Québec	Non chiffrée
Incitatif pour transport actifs et impact sur saines habitudes de vie	Environnement et société Citoyens de la ville de Québec	Non chiffrée
Reconfiguration et requalification urbaine	Citoyens de la ville de Québec Société	Non chiffrée
Amélioration de la mobilité et de l'accessibilité	Citoyens de la ville de Québec	Non chiffrée
Amélioration du climat sonore à certains endroits	Citoyens de la ville de Québec	Non chiffrée

Impact	Acteur	Amplitude de l'impact (description sommaire ou valeur actualisée en 2022)
Hausse des GES pendant les travaux <i>* Valeur de la tonne de GES indexée à 2019</i>	Environnement et société	(25 209 151) \$
Coût de construction du projet 3,3 G\$ répartis également sur 4 ans	Les divers paliers de gouvernement	<p>• 3,3 G\$ dont 3 G\$ du gouvernement du Québec et du gouvernement fédéral et 300 M\$ de la Ville de Québec.</p> <p>Valeur non actualisée des 3 G\$ des gouvernements du Québec et fédéral : (281 561 743 497 \$)</p> <p>Valeur non actualisée des 300 M\$ de la Ville de Québec : (281 561 743 \$)</p>
Valeur actuelle en 2022 de l'augmentation de la contribution de la Ville pour l'exploitation (15,2M\$ par an)	Ville de Québec	Si demeure constante année après année pour le même niveau de service : (200 130 299 \$)
Perturbation de la circulation et de la fluidité des déplacements pendant les travaux	Citoyens de la ville de Québec	Non chiffrée
Impacts sur les commerces durant les travaux	Commerçants et gens d'affaires	Non chiffrés
Impacts sonores à certains endroits	Citoyens de la ville de Québec	Non chiffrés

QC-2-4 Relativement à la question **QC-73**, concernant la modélisation de la dispersion atmosphérique :

- Veillez-vous engager à prendre en compte les commentaires spécifiques listés à l'annexe 1 portant sur le devis de modélisation déposé le 20 avril 2020 lors de la préparation du rapport de modélisation. Précisons que ces commentaires ne se rapportent qu'à la modélisation de la dispersion atmosphérique et la qualité de l'air ambiant;
- Veillez-vous confirmer votre engagement à déposer le rapport de modélisation atmosphérique au plus tard le 26 mai 2020;
- Dans l'éventualité où des éléments de la modélisation se révélaient insatisfaisants selon les experts du MELCC, veuillez-vous engager à apporter les modifications demandées avant la période de l'acceptabilité environnementale.

RÉPONSE RSTC :

- La Ville confirme que les commentaires spécifiques listés à l'annexe 1 du document de questions et commentaires reçu le 5 mai 2020 ont été pris en compte lors de la préparation du rapport de modélisation.
- Le rapport de modélisation a été déposé le 26 mai 2020.
- La Ville s'engage à apporter à la modélisation toute modification demandée par le MELCC avant la période de l'acceptabilité environnementale.

QC-2-5 En lien avec la réponse de la **QC-73**, les principaux contaminants atmosphériques seront modélisés selon le devis présenté à l'annexe 7. Toutefois, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) n'ont pas été considérés, malgré la présence de plusieurs équipements (machinerie lourde, camion, etc.) fonctionnant au carburant ou au diesel. De plus, les particules provenant de ces équipements sont considérées cancérogènes et devraient faire l'objet d'une évaluation particulière. Il serait souhaitable que la modélisation de la dispersion atmosphérique inclue deux autres paramètres, soit les HAP et les PM_{2.5} provenant des équipements au diesel. Les PM_{2.5} provenant des équipements au diesel doivent faire l'objet d'une modélisation séparée de celle de l'ensemble des PM_{2.5}.

Veuillez-vous engager à déposer ce complément au rapport de modélisation atmosphérique au plus tard à l'étape de l'acceptabilité environnementale.

RÉPONSE RSTC :

Le complément demandé a été intégré au rapport de modélisation déposé le 26 mai 2020.

QC-2-6 Concernant la réponse à la **QC-85**, tel qu'indiqué à la page 32 de la directive ministérielle, il est demandé de présenter un historique et une classification des accidents reliés à l'exploitation des tramways. Une typologie des accidents et de leurs causes (par exemple sous forme de tableau) permettrait d'établir les concordances entre les risques, leur causalité et les mesures à mettre en place pour la gestion des urgences.

D'ailleurs, selon le rapport du Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés du ministère français du développement durable, auquel la Ville fait référence dans sa réponse à la **QC-85**, il y aurait au moins trois circonstances, en France, qui correspondent à trois risques récurrents en 2018 :

- des collisions avec des tiers causant le plus de victimes;
- des collisions estimées plus élevées là où la configuration est de type « giratoire », à « rond-point » et là où le tramway « tourne à »;
- des événements voyageurs – chute dans la rame.

Aussi peut-on s'attendre à ce que le rapport sur le réseau structurant proposé puisse apporter des mesures ciblées à l'endroit, notamment de ces trois domaines à risque et dont les analyses relèvent de la sécurité des transports. L'engagement de l'initiateur se manifeste à la **QC-110** par la réalisation de plans particuliers d'intervention (PPI), par l'élaboration de protocoles d'urgence de concert avec les PPI, par l'élaboration de protocoles d'urgence de concert avec les partenaires concernés (ex. : Réseau de transport de la Capitale (RTC), la Ville, le MTQ, etc.). Cette planification collaborative se base sur des analyses de risque, principales indicatrices pour déterminer la capacité de réponse des partenaires à impliquer pour la gestion des urgences et des sinistres. Veuillez prendre note que la planification doit couvrir autant la phase de construction et d'exploitation du tramway.

Veuillez-vous engager à déposer cet historique au plus tard le 26 mai 2020.

RÉPONSE RSTC :

Sur la base de ce qui est constaté sur des réseaux tramway actuellement en service¹ (réseaux de tramways modernes semblables au projet du tramway de Québec), voici les différents événements constatés en phase d'exploitation :

¹ Source : Rapport annuel 2018 sur le parc, le trafic et les événements d'exploitation des tramways - Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés (STRMTG)

Type d'évènement	Description	Proportion
Incendie	Dégagement de fumée au niveau de la rame Dégagement de fumée au niveau des freins	0,4%
Déraillement/bi voie	Déraillements ou bi voie de la rame constatés au niveau des zones d'appareils de voie Déguidage de la rame en ligne à la suite de présence d'objets dans la gorge du rail	0,6%
Événements voyageur	Chute à l'intérieur de la rame à la suite des différents types de freinage déclenchés par le conducteur Chute depuis la rame en station Chute depuis le quai Coincement dans la rame Entrainement par la rame	42,0%
Collision avec obstacle fixe	Collision de la rame avec un obstacle sur la plateforme ferroviaire (chariot, poubelle, équipements de chantier...)	1,6%
Collision avec un tiers	Collision de la rame avec les autres usagers de l'espace public : Deux roues motorisées Piétons Vélo Véhicules légers Camion	55,2%
Événements fin de voie	Dépassement des dispositifs de fin de voie	0,3%

Les événements les plus fréquents sont donc les événements voyageurs et les collisions avec les tiers du fait de la circulation en milieu urbain.

La Ville de Québec confirme son engagement à réaliser des Plans Particuliers d'Interventions (PPI) ainsi qu'un Plan de Mesures d'Urgence définissant notamment les rôles et les responsabilités des différentes parties prenantes. Ces plans reprendront notamment les actions à prendre suivant les événements redoutés présentés dans le tableau ci-dessus.

Par ailleurs, un Plan de Mesures d'Urgence sera exigé au Partenaire privé pour cadrer la gestion des urgences et des sinistres en phase de construction et d'essais.

QC-2-7 La réponse à la **QC-90** fait référence au plus récent inventaire des émissions de GES issues de la collectivité réalisé par la Ville de Québec en 2017. Toutefois, ce document ne semble pas disponible publiquement, ce qui ne nous permet pas d'en évaluer le contenu.

Veuillez-vous engager à déposer ce document au dossier au plus tard le 26 mai 2020. Par ailleurs, il est suggéré qu'un inventaire soit réalisé le plus près possible dans le temps avant la mise en service du réseau de transport structurant afin de servir de scénario de référence pour déterminer l'effet du projet.

RÉPONSE RSTC :

L'inventaire global des émissions de GES de l'agglomération de Québec réalisé pour l'année 2017 a été fourni antérieurement au MELCC en format excell. De plus, considérant que la mise en service du RSTC débutera en 2026, il serait possible de prévoir un inventaire global des émissions de GES de l'agglomération de Québec qui couvrirait l'année 2025. Toutefois, compte tenu du délai pour obtenir les données

nécessaires à la réalisation d'un tel inventaire, le travail ne saurait être complété vraisemblablement avant la fin de l'année 2026.

QC-2-8 Concernant la réponse à la **QC-91**, l'initiateur indique qu'il a pris connaissance de la recommandation et de la méthodologie proposée et qu'il entend réaliser une telle étude dans les meilleurs délais. Il est demandé à l'initiateur de préciser à quelle étape de la procédure d'évaluation environnementale il compte déposer cette étude.

Par ailleurs, selon les informations fournies dans le bilan des GES révisé, à l'annexe 8, l'initiateur semble confondre cette catégorie d'émissions (celles liées à la densification urbaine) avec celle des émissions liées à la densification urbaine/étalement urbain. Il s'agit plutôt de deux sources différentes. Les références pour les méthodologies de quantification recommandées pour ces deux sources ont déjà été fournies à l'initiateur de projet et il doit donc s'y référer.

RÉPONSE RSCT :

Concernant la QC-91, la Ville s'engage à produire l'étude demandée selon la méthodologie proposée d'ici la fin du processus d'évaluation environnementale qui doit se terminer à la fin de l'année 2020 ou au plus tard en janvier de l'année 2021.

QC-2-9 En lien avec les réponses aux **QC-92** et **QC-93**, l'initiateur a bien repris les catégories de sources identifiées dans la note d'information fournie le 17 janvier 2019 par le MELCC. Toutefois, l'initiateur a comptabilisé, sous la catégorie « systèmes de combustion fixes », des émissions indirectes en amont du projet liées à la production des matériaux utilisés (béton, granite, acier, etc.), pour un total de 115 471 t éq. CO₂. Ces émissions ne devraient pas être comptabilisées sous cette catégorie, mais sous une catégorie séparée. Les émissions de la catégorie « systèmes de combustion fixes » devraient toutefois être quantifiées. Celles-ci correspondent, notamment, à celles issues de génératrices de chantier, de chaudières ou de systèmes de chauffage à combustibles, à titre d'exemples.

De plus, pour la catégorie « émissions indirectes reliées à la consommation d'électricité », l'initiateur a indiqué qu'il en avait tenu compte dans le calcul des émissions liées aux véhicules électriques (vp, trambus, tramway). Toutefois, cette catégorie d'émissions ne fait pas référence aux émissions de ces véhicules, qui relèvent plutôt de la phase d'exploitation. La catégorie « émissions indirectes reliées à la consommation d'électricité » fait plutôt référence aux émissions liées à l'utilisation d'électricité pendant la phase de construction, par des moteurs électriques, pompes et autres machineries fonctionnant à l'électricité. À noter qu'en raison du portefeuille énergétique du Québec, composé en grande partie d'hydroélectricité, ces émissions sont généralement très faibles. Toutefois, l'initiateur doit tout de même effectuer une estimation de ces émissions afin de juger si celles-ci sont négligeables dans le cadre du projet.

Concernant la demande du 2^e paragraphe de la **QC-92**, soit pour chaque source considérée, de « fournir l'ensemble des calculs et hypothèses, dans un format clair et détaillé, ainsi que des résultats obtenus, ceci afin que l'on puisse effectuer la vérification de l'exactitude des calculs et du respect de la méthodologie », car cela n'a pas été réalisé par l'initiateur. Ainsi, il demeure toujours impossible de valider les calculs et la méthodologie puisque tous les éléments nécessaires n'ont pas été fournis.

Pour les émissions attribuables aux activités de déboisement, la réponse à la question **QC-96** nous apprend que seule une partie du déboisement prévu a été considérée dans le calcul effectué pour le bilan des GES. Afin de respecter le principe

d'exhaustivité de la norme ISO 14064, veuillez réaliser une estimation de l'ensemble des émissions liées à chaque source. Ainsi, dans le cas présent, puisque l'initiateur sait que d'autres secteurs devront être déboisés, il doit, au mieux de ses connaissances, en établir au minimum une estimation.

Veuillez-vous engager à fournir les corrections et différentes données mentionnées ci-dessus en lien avec les **QC-92** et **QC-93** au plus tard le 26 mai 2020.

RÉPONSE RSTC :

Le bilan GES révisé est disponible à l'annexe 1 accompagné de l'ensemble des calculs et des hypothèses.

Le bilan GES révisé considère toutes les superficies boisées, soit le secteur Chaudière et le boisé de l'Université Laval pour un total de 9,2 ha. La question QC-96 faisait référence à la première version du bilan GES, laquelle ne considérait que le secteur Chaudière.

- QC-2-10** Relativement à la **QC-94**, l'initiateur, avec la collaboration du MTQ, a procédé à la modélisation de trois scénarios permettant de déterminer l'effet du projet sur les émissions des GES du projet aux heures de pointe du matin et du soir. Les scénarios présentés ne permettent toutefois d'évaluer les réductions d'émissions qu'à l'horizon 2026. Considérant que le reste du bilan des GES couvre la période 2026 à 2045, il serait pertinent que l'initiateur fournisse ces chiffres pour l'ensemble de la période, si le modèle MOVES (MOtor Véhicule Emission Simulator) utilisé et les données disponibles le permettent. De plus, les résultats fournis à ce stade-ci ne permettent pas de déterminer la quantité de GES absolue évitée par année grâce au projet. Veuillez-vous engager à compléter ce calcul en effectuant les hypothèses nécessaires et à fournir le résultat pour l'étape de l'acceptabilité environnementale du projet.

RÉPONSE RSTC :

La Ville, en collaboration avec le MTQ, s'engage à fournir les informations demandées pour l'étape de l'acceptabilité environnementale.

- QC-2-11** À la réponse de la **QC-108**, concernant la gestion des sinistres, aucun lien n'est établi entre la Ville et sa direction régionale de la sécurité civile du ministère de la Sécurité publique (MSP) lors des interventions. Or, la direction régionale est la porte d'entrée de toutes les municipalités.

Bien que la figure originale ait été correctement reproduite, veuillez-vous engager à corriger la référence (*Cadre de coordination de site au Québec*, pp. 14-15, figure 2) et inclure le rôle des directions régionales en sécurité civile du MSP au plus tard le 26 mai 2020.

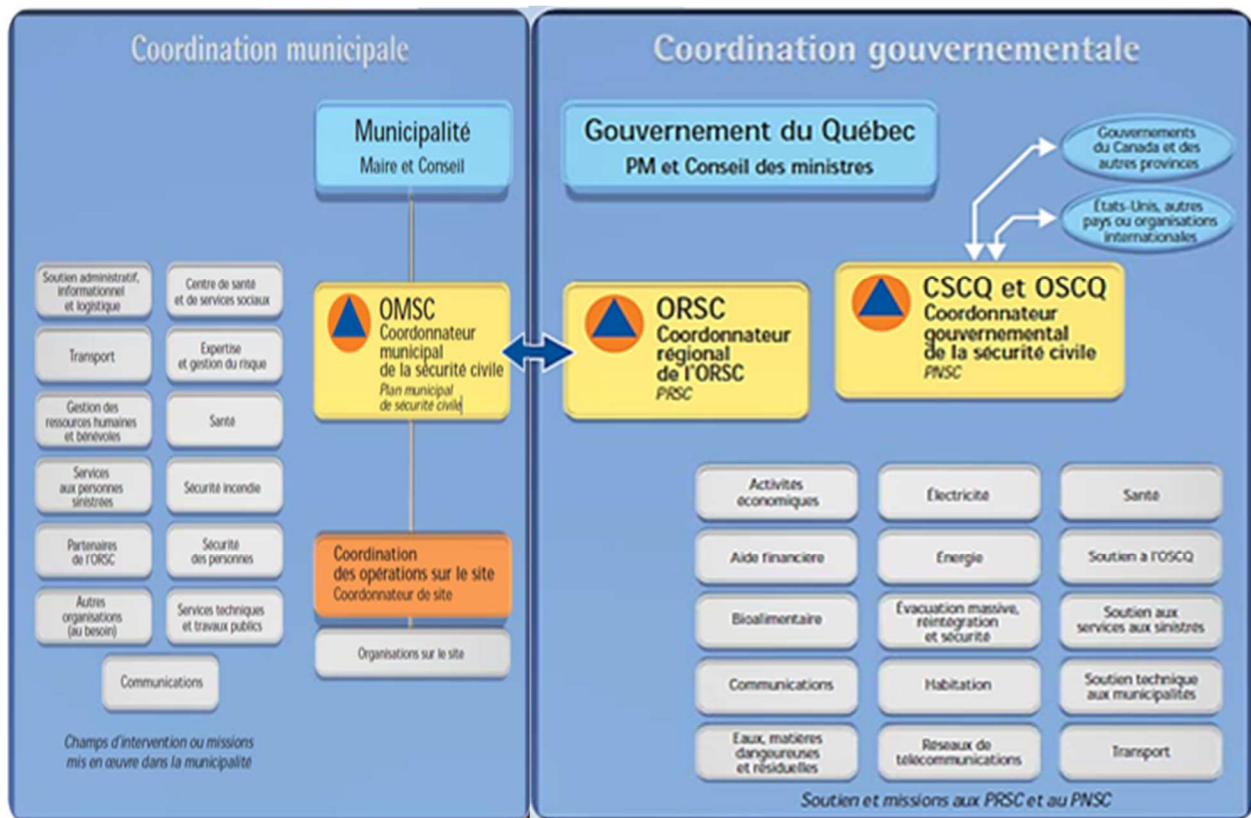
RÉPONSE RSTC :

La figure 10.4 de l'étude d'impact est remplacée par la suivante. Au niveau gouvernemental :

- Le comité de sécurité civile du Québec CSCQ, regroupe les dirigeants des ministères concernés et approuve la planification nationale;
- L'organisation de la sécurité civile du Québec (OSCQ), développe et met en œuvre le Plan national de sécurité civile (PNSC), coordonne la réponse gouvernementale en cas de sinistre et regroupe les coordonnateurs ministériels de la sécurité civile;

- L'organisation régionale de la sécurité civile (ORSC), développe le Plan régional de sécurité civile (PRSC) qui regroupe les directeurs des ministères et organismes régionaux et assiste les autorités municipales locales. La direction régionale est la porte d'entrée de toutes les municipalités. Le rôle de la Direction régionale de la sécurité civile et sécurité incendie du ministère de la Sécurité publique (MSP) est, par son mandat, de soutenir les municipalités, mais aussi de coordonner les ministères et organismes gouvernementaux, dont l'objectif cible une harmonisation des mesures d'intervention gouvernementale, au sein des ORSC. Chaque ministère demeure responsable de sa mission dans un modèle de concertation à l'intérieur des Organisations régionales de sécurité civile (ORSC).

Figure 10.4 Structure de gestion concertée et arrimage des organisations



Source : Cadre de coordination de site de sinistre au Québec, pp14-15, figure 2

QC-2-12 La réponse à la **QC-125** est satisfaisante, mais des éléments manquants dans certaines figures de l'étude nuisent à leur analyse et doivent être corrigés:

- Les données numériques de la figure 23 illustrant les niveaux de bruit L_{nuit} produits pour ce secteur doivent être reproduits sur la figure 24 de la page 161;
- Les données numériques de la figure 169 illustrant les niveaux de bruit L_{nuit} produits pour ce secteur doivent être reproduits sur la figure 171 de la page 310;
- Les données numériques de la figure 175 illustrant les niveaux de bruit L_{nuit} produits pour ce secteur doivent être reproduits sur la figure 176 de la page 315;

- À la figure 181 de la page 320, le récepteur T7-PM3 – une résidence pour étudiants;
 - Ne présente pas de données pour la nuit.
- Veuillez-vous engager à fournir ces corrections au plus tard le 26 mai 2020.

RÉPONSE RSTC :

La figure ci-dessous correspond à la figure 24 de la page 161 après les données numériques de la figure 23 illustrant les niveaux de bruit L_{nuit}

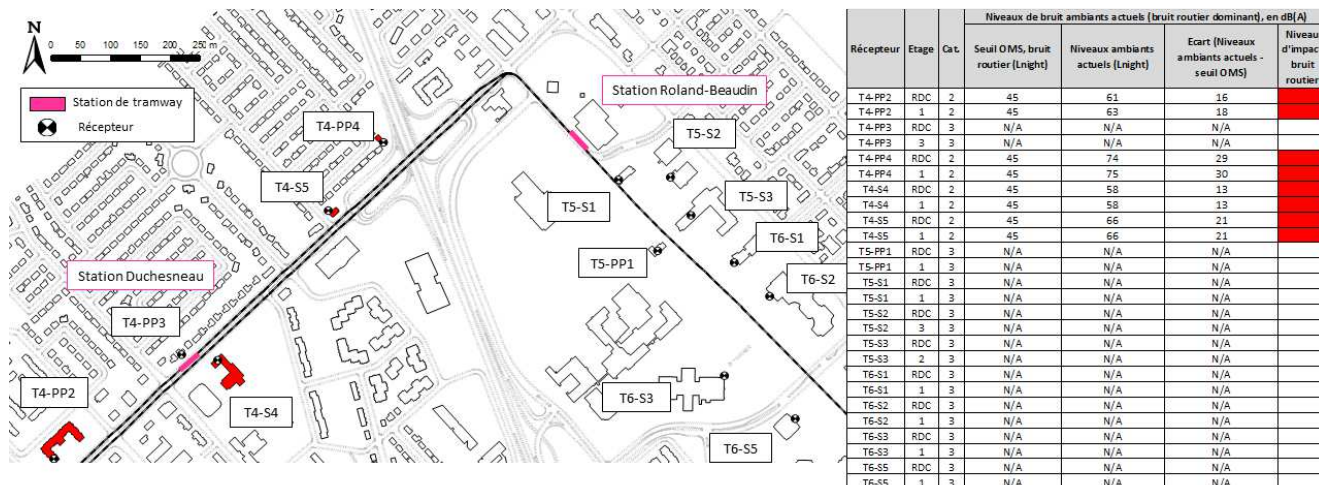


Figure 24 : Niveaux sonores et niveaux d'impact du bruits ambiants actuels (bruit routier dominants) par rapport aux recommandations de l'OMS – Secteur Beaudin– Niveau de bruit L_{Night} – Échelle 1/4000^e – 2/2

La figure ci-dessous correspond à la figure 171 de la page 310 après les données numériques de la figure 169 illustrant les niveaux de bruit L_{nuit}

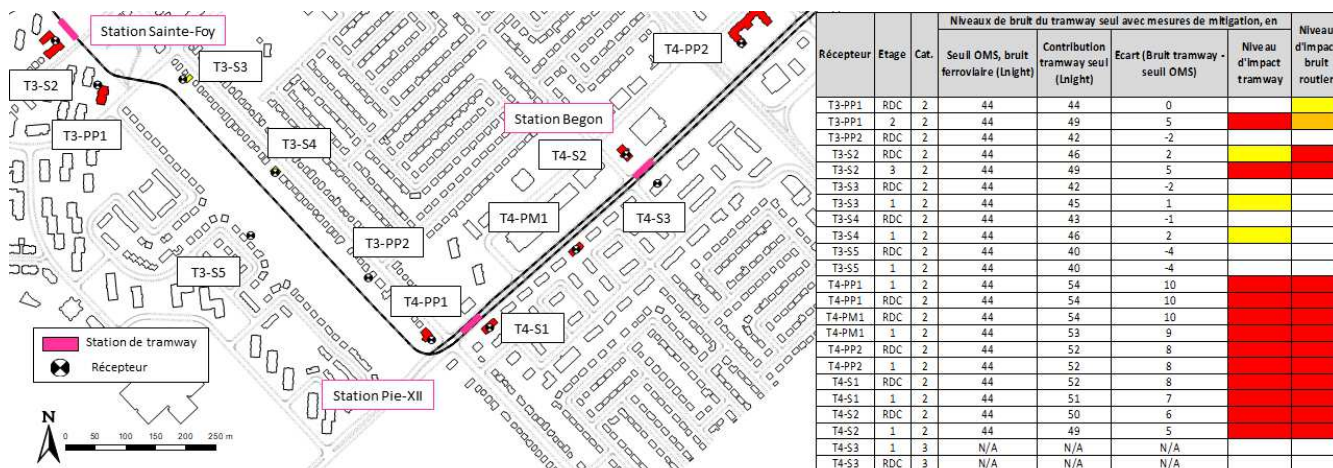


Figure 171 : Niveaux sonores et niveau d'impact correspondant au sens de l'OMS du bruit lié au tramway seul avec mesures de mitigation– Secteur Pie XII – Niveau de bruit L_{Night} – Échelle 1/4000^e -2/2

La figure ci-dessous correspond à la figure 176 de la page 315 après les données numériques de la figure 174 illustrant les niveaux de bruit L_{nuit}

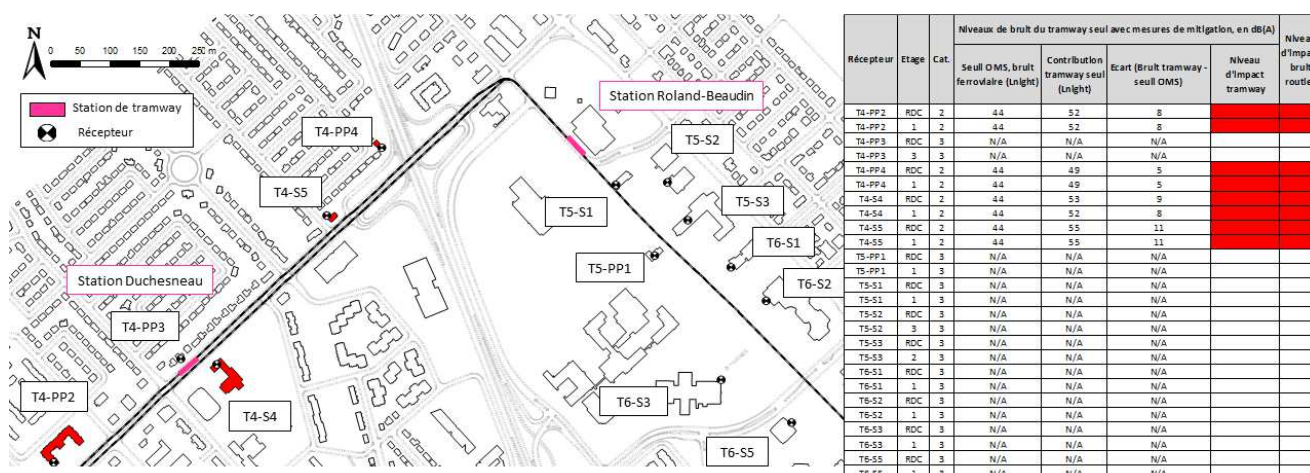


Figure 176 : Niveaux sonores et niveau d'impact correspondant au sens de l'OMS du bruit lié au tramway seul avec mesures de mitigation– Secteur Beaudin– Niveau de bruit L_{Night} – Échelle 1/4000^e – 2/2

Les figures ci-dessous correspondent respectivement à la figure 179 et à la figure 181 de des pages 318 et 320.

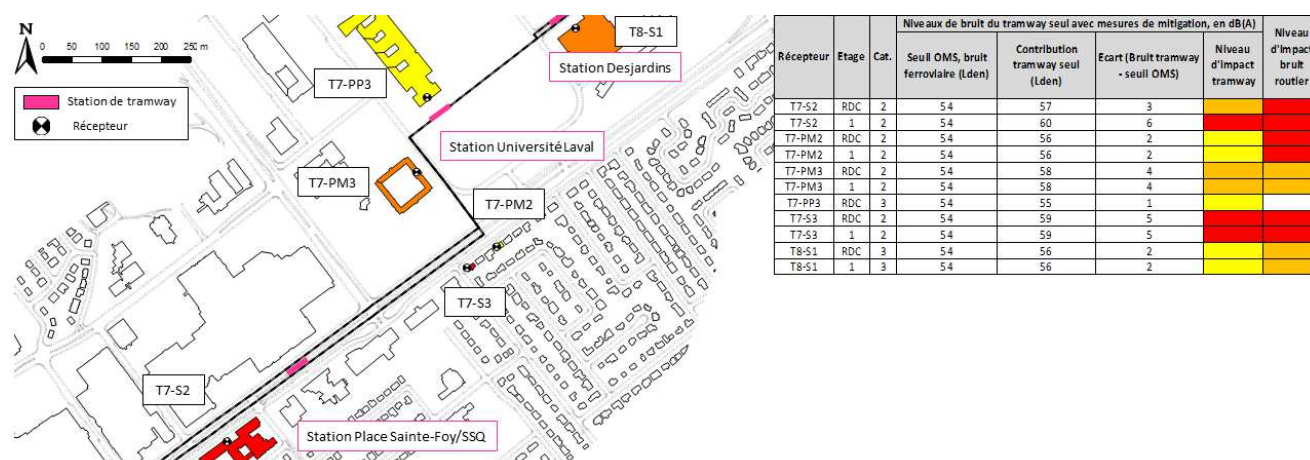


Figure 179 : Niveaux sonores et niveau d'impact correspondant au sens de l'OMS du bruit lié au tramway seul avec mesures de mitigation– Secteur Université Laval – Niveau de bruit L_{DEN} – Échelle 1/4000^e

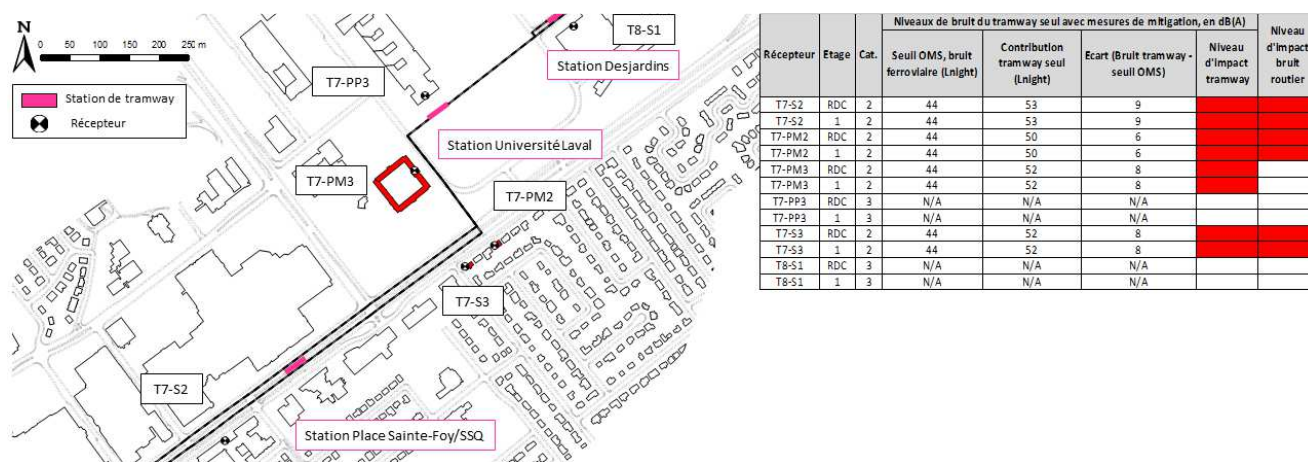


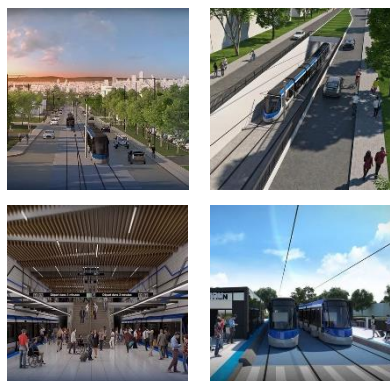
Figure 181 : Niveaux sonores et niveau d'impact correspondant au sens de l'OMS du bruit lié au tramway seul avec mesures de mitigation– Secteur Université Laval – Niveau de bruit L_{Night} – Échelle 1/4000^e

ANNEXE 1 - BILAN GES

Mémoire technique – RSTC de la Ville de Québec

2020-04-09

Référence : FR01T19A18-G-EDK0-MT-GE00-0004-C



RÉSEAU STRUCTURANT DE TRANSPORT EN COMMUN MANDAT 9.4 - BILAN GES DU TRAMWAY EN PHASE TRAVAUX ET EN PHASE EXPLOITATION



MÉMOIRE TECHNIQUE

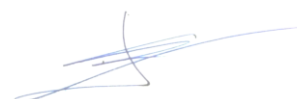
Mandat 9.4 - Bilan GES du tramway en phase travaux et en phase exploitation

IDENTIFICATION DU DOCUMENT	
N° du document SYSTRA Canada	FR01T19A18-G-EDK0-MT-GE00-0004-C
N° du document client	N/A

RÉV.	DATE	MODIFICATION	PRÉPARÉ PAR	RÉVISÉ PAR	APPROUVÉ PAR
A	2019-07-18	Version préliminaire	LA	ST	EL/RT
B	2019-08-27	Intégration des remarques	LA	ST	EL/RT
C	2020-04-09	Intégration des remarques du MTQ et du MELCC	LA	DR	EL/RT

Préparé par :

Louis Alligier
Chargé d'études



Signature

Révisé par :

Didier Rancourt
Spécialiste – Études environnementales



Signature

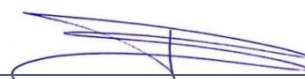
Approuvé par :

Éric Le Hir
Chargé de projet



Signature

Romain Taillandier, ing.
Responsable, transport urbain



Signature



TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	3
2.	MÉTHODOLOGIE	4
2.1	SYNTHÈSE DES POSTES D'ÉMISSION PRIS EN COMPTES	4
2.2	FACTEURS D'ÉMISSION UTILISÉS	7
2.3	CALCUL DES QUANTITÉS EXCAVÉES	9
2.4	CALCUL DES QUANTITÉS D'APPORTS DE MATÉRIAUX	12
3.	CALCUL DES ÉMISSIONS DE GES LIÉES AU PROJET	13
4.	CONCLUSION	16

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Synthèse des postes pris en compte pour le calcul des émissions de GES	4
Tableau 2 : Facteurs d'émission retenus pour le calcul	7
Tableau 3 : Consommation unitaires et facteurs d'émission par type de véhicule/engin	9
Tableau 4 : Hypothèses de calcul pour l'excavation des tunnels	10
Tableau 5 : Hypothèses de calcul pour l'excavation des stations	10
Tableau 6 : Déblais excavés (source : Ville de Québec, hypothèses SYSTRA)	11
Tableau 7 : Matériaux de construction utilisés pour la construction du tramway et distance d'acheminement (source : Ville de Québec)	12
Tableau 8 : Matériaux de construction utilisés pour la construction du tramway et distance d'acheminement (source : Ville de Québec)	13
Tableau 7 : Émissions de GES (TCO ₂ cumulées) regroupés par macro postes aux différents horizons d'évaluation (2026, 2041) et pour les années où le bilan GES devient positif hors incertitude sur la phase travaux, en fourchette basse et en fourchette haute	14

Liste des Figures

Figure 3-1 : Évolution des émissions de GES (TCO ₂ cumulées) par macro-poste en phases travaux (2022-2025) et exploitation (2026 – 2041) hors incertitude liée à la phase travaux	15
Figure 3-2 : Évolution des émissions de GES (TCO ₂ cumulées) en phase travaux et en phase exploitation de 2022 à 2041 hors incertitude liée à la phase travaux	15

GLOSSAIRE

CO ₂	Dioxyde de carbone
CCE	Centre d'entretien et d'exploitation
gCO ₂ e	Grammes Dioxyde de carbone équivalent
GES	Gaz à Effet de Serre
KT	Kilo Tonnes
KWh	Kilowatt-heure
RSTC	Réseau Structurant de Transport en Commun
RTC	Réseau de Transports de la Capitale
TCO ₂	Tonnes Dioxyde de carbone
TW	Tramway
VP	Véhicules de promenade

1. INTRODUCTION

Cette note porte sur le calcul des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) liées aux phases travaux et exploitation du projet de création d'une ligne de tramway dans la Ville de Québec. Ce calcul est réalisé à partir des données disponibles concernant les détails du projet (tracé, quantité de matériaux utilisés, techniques d'excavations) et les prévisions de trafic. Ces données sont complétées par des hypothèses portant sur l'organisation de la logistique du chantier (distance des sites de stockage matériaux et des sites fournisseurs).

La méthode décrite dans l'annexe à la directive du MELCC et portant sur les émissions de GES est appliquée : les différents postes listés sont considérés et les calculs d'émission de CO₂ sont réalisés à partir des formules proposées lorsque les données nécessaires à leur mise en œuvre sont disponibles, et à partir de sources et de méthodes fiables lorsque ces données ne sont pas disponibles.

Le principe retenu est donc de cibler les émissions liées à la fabrication et au transport des principaux matériaux de construction (béton pour tunnel, la plate-forme et trottoir, bordures de granite, graves, enrobés, acier, cuivre), aux engins utilisés sur le chantier (excavation, remblais, pavage et fondation, déboisement), au changement d'affectation des terres lié au déboisement, à l'utilisation d'explosif et au transfert modal (trafic supplémentaire réalisé en tramway et diminution correspondante du trafic réalisé en bus et en véhicule particulier¹).

Sur la base des données disponibles et des hypothèses émises et hors incertitudes liées à l'estimation des quantités de matériaux et de déblais et des facteurs d'émission² :

- La **phase travaux** du projet génère une **dépense cumulée** de l'ordre **153 KT de CO₂** : les émissions de GES attribuables à la production des matériaux de construction représente le premier poste d'émission (80%), avec une contribution prédominante du béton et de l'acier (respectivement 53% et 30% des émissions du poste production matériaux). Il apparaît à ce stade nécessaire d'intégrer, quand elles seront disponibles avec l'avancée des études, des données actualisées sur les quantités de matériaux notamment pour l'acier qui a un impact fort sur les émissions de GES. Le transport des matériaux de construction et des matériaux excavés (10,3%) ainsi que le déboisement (8%) représentent les deux autres postes significatifs.
- La **phase exploitation** génère à **horizon 2041** un **gain cumulé** de l'ordre de **272 KT de CO₂**, le point neutre en prenant en compte les émissions de la phase travaux hors incertitude étant atteint en 2033. Le report des usagers des véhicules particuliers et dans une bien moindre mesure, des usagers du bus urbain vers le mode tramway compense très largement les émissions liées à la nouvelle circulation des tramways.

¹ Données d'entrées basées sur les résultats du modèle d'achalandage du RTC de juin 2019.

² Tant l'estimation des facteurs d'émissions permettant le calcul des émissions de GES que les quantités de matériaux de construction ou de déblais à évacuer ne peuvent être garantis comme exacts. Une fourchette basse (-30% des émissions de GES en phase travaux) et une fourchette haute (+30% des émissions de GES en phase travaux) ont été définies pour pallier cette incertitude et les résultats intégrant ces deux fourchettes sont présentés à la suite de ce rapport.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 SYNTHÈSE DES POSTES D'ÉMISSION PRIS EN COMPTES

Le tableau ci-après présente les différents postes abordés pour le calcul des émissions de GES dans le cadre de la portée de l'étude définie précédemment en accord avec la typologie présentée dans l'annexe à la directive du MELCC.

Tableau 1 : Synthèse des postes pris en compte pour le calcul des émissions de GES

N° Annexe MELCC / identifiant de poste	Postes	Prise en compte
MATCO	Emissions de GES attribuables à la production de matériaux de construction	Oui
	Béton, granite, graves, enrobé, acier, cuivre	
B-1	Emissions de GES attribuables aux systèmes de combustion fixes	Non
	Non pris en compte en raison de l'absence de données d'entrée Les émissions de GES attribuables aux systèmes de combustion fixes (groupe électrogènes/générateurs ...) sont complexes à évaluer, les données sur les consommations de ces équipements étant tributaires de l'organisation du consortium sur le chantier. Il n'existe par ailleurs pas de ratio par rapport au linéaire de voie permettant de simuler de manière robuste les consommations de ce type d'équipement. Pour ces raisons et à ce stade de la connaissance du projet, elles ne sont pas évaluées.	
B-2	Emissions de GES attribuables aux systèmes de combustion mobiles	Oui
	Opérations d'excavation (pelleteuse, pelleteuse-chargeuse) Opérations de terrassement (pelleteuse, compacteur, rouleau vibrant, niveleuse) et de pavage (finisseur) Opérations de fondation (pompe à béton) Opérations de déboisement (abatteuse, ébrancheuse, débardeur, porteur)	
B-3	Emissions de GES attribuables à l'utilisation d'énergie électrique	Non
	Non pris en compte en raison de l'absence de données d'entrée Les émissions de GES attribuables à l'utilisation d'énergie électrique en phase travaux sur les chantiers du projet (alimentation des bases vie, éclairage temporaire, phase d'essais ...) sont également complexes à évaluer, les données sur les consommations de ces équipements étant tributaires de l'organisation du consortium sur le chantier. Il n'existe par ailleurs pas de ratio par rapport au linéaire de voie permettant de simuler de manière robuste les consommations de ce type d'équipement. Pour ces raisons, à ce stade de la connaissance et également parce qu'elles sont a priori limitées et a fortiori, parce que leur impact sur les émissions de GES est supposé faible compte tenu du mode de production de l'électricité au Québec, elles ne sont pas évaluées.	
B-4	Emissions de GES attribuables au transport des matériaux de construction, d'excavation et de remblais	Oui
	Béton, granite, graves, enrobé, acier, cuivre, explosifs, déblais inertes, déblais pollués, remblais	

B-5	Emissions de GES attribuables aux activités de déboisement	Oui
	Changement d'affectation des terres valorisant la suppression de puits de carbone	
B-6	Emissions de GES liées à l'utilisation d'explosifs	Oui
	émissions de GES découlant principalement de la détonation et liée à la masse de combustible fossile et à son contenu en carbone	
B-7	Emissions indirectes évitées attribuables au transfert modal	Oui
	Gains d'émission liés au report des usagers du mode VP vers le mode TC	
B-8	Emissions liées aux impact des projets routiers sur le flux de déplacement entre zones d'origine et zones de destination ainsi que sur la congestion routière	Non
	Intégration de l'effet de la densification urbaine / évitement de l'étalement urbain à partir de la méthode définie par le TCRP.	

- Le poste MATCO correspond aux **émissions de GES attribuables à la production de matériaux de construction** : ce poste a été créé pour valoriser les émissions de GES liées à la production des matériaux tels le cuivre, l'acier ou le béton. La méthode de calcul consiste à multiplier les quantités de matériaux par les facteurs d'émission correspondants.
- Le poste B1 correspond aux **émissions de GES attribuables aux systèmes de combustion fixes** : ce poste, qui correspond par exemple aux installations de type générateur, n'a pas été pris en compte faute de données d'entrée disponibles à ce stade des études.
- Le poste B2 correspond aux **émissions de GES attribuables aux systèmes de combustion mobiles** : ce poste a été utilisé pour valoriser les émissions de GES liées à l'activité des engins nécessaires au déroulement des travaux. Quatre principales catégories d'opérations ont été considérées car pouvant faire l'objet d'hypothèses :
 - Les **opérations d'excavation** mettant en œuvre des pelleteuses et des pelleteuses-chargeuses, qu'il s'agisse des opérations de marinage à la suite de l'excavation à l'explosif ou de l'excavation de la plate-forme et de la voirie;
 - Les **opérations de terrassement** (pelleteuse, compacteur, rouleau vibrant, niveleuse) et de pavage (finisseur);
 - Les **opérations liées à la mise en œuvre de béton** nécessitant l'utilisation de la pompe à béton (le transport en camion toupie est chiffré dans la rubrique B4);
 - Les **opérations liées au déboisement** nécessitant la mise en œuvre d'abatteuses, d'ébrancheuse, de débardeur et de porteur.

La méthode de calcul consiste à quantifier les consommations de carburant de chacun de ces engins et à les multiplier par les facteurs d'émission correspondant présentés dans l'annexe dans l'annexe à la directive du MELCC.

- Le poste B3 correspond aux **émissions de GES attribuables à l'utilisation d'énergie électrique** : ce poste n'a pas été pris en compte faute de données d'entrée disponibles à ce stade des études.
- Le poste B4 correspond aux **émissions de GES attribuables au transport des matériaux de construction, d'excavation et de remblais** : ce poste a été utilisé pour valoriser l'ensemble des émissions liées au transport des matériaux d'excavation, de construction et de remblais conformément aux instructions de l'annexe à la directive du MELCC. La méthode de calcul consiste à quantifier les consommations de carburant liées aux kilomètres parcourus pour le transport de ces matériaux et à les multiplier par les facteurs d'émission correspondant présentés dans l'annexe à la directive du MELCC.
- Le poste B5 correspond aux **émissions de GES attribuables aux activités de déboisement** : la méthode de calcul préconisée dans l'annexe à la directive du MELCC a été appliquée. Elle est reproduite ci-après.

$$\text{Émissions de GES (tonnes}_{CO_2}) = N_H \times t_{MSh} \times (1 + T_x) \times CC \times \frac{44}{12}$$

Où :

N_H = Nombre d'hectares déboisés;

t_{MSh} = Tonnes de matières sèches par hectare;

T_x = Taux de biomasse souterraine par rapport à la biomasse aérienne;

CC = Contenu en carbone du bois, en tonnes de carbone par tonne de matières sèches;

$44/12$ = Ratio masse moléculaire de CO_2 par rapport à la masse moléculaire de C.

- Le poste B6 correspond aux **émissions de GES liées à l'utilisation d'explosifs**. La méthode préconisée dans l'annexe à la directive du MELCC et reproduite ci-après n'a pas été appliquée en l'absence d'informations disponibles : le facteur d'émission utilisé – 0.17 t CO_2 eq/t explosif - est communément utilisé par les constructeurs d'explosif et provient de la documentation du constructeur Dyno Nobel pour la référence Titan 5000 Blend. Il est appliqué sur la base d'une hypothèse de facteur de chargement de 1.2 kg d'explosif par m³ d'excavation.

$$E_{CO_2_Exp} = \sum_{n=1}^{n=12} 3,664 \times (FFexp_n \times CC_n) \times 0,001$$

Où :

$E_{CO_2_Exp}$ = Émissions annuelles de CO_2 dues à la consommation de combustibles fossiles utilisés dans les explosifs en tonnes par année;

$FFexp_n$ = Masse de combustible fossile contenue dans les explosifs utilisés dans le mois n , exprimée en kilogramme de combustible;

CC_n = Contenu en carbone moyen du combustible fossile utilisé dans l'explosif au mois n , exprimé en kilogramme de carbone par kilogramme de combustible fossile;

n = Mois;

3,664 = Ratio de poids moléculaire du CO_2 par rapport au carbone;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

- Le poste B7 correspond aux **émissions indirectes évitées attribuables au transfert modal**. La méthode appliquée repose sur la mise en œuvre de prévisions de trafic et le calcul du delta de véhicules*kilomètres générés entre la situation de référence et la situation de projet aux horizons 2026 (mise en service) et 2041 pour 4 modes distincts : automobile, bus (Rtc et St Lévis), trambus et tramway.

La méthodologie appliquée pour obtenir des véhicules*km est la suivante :

- Pour la pointe du matin :
 - Pour les véhicules particuliers : pour chaque paire origine-destination, multiplication de la demande auto-conducteur du scénario par la distance de cette paire OD.
 - Pour le réseau de transport collectif :
 - Calcul d'un nombre de voyage pour chaque ligne en divisant l'amplitude de service de la période par l'intervalle de la ligne : cette amplitude est de 90 minutes pour les lignes express et de 180 minutes pour les autres lignes.
 - Multiplication du nombre de voyage par la longueur du tracé pour connaître le nombre de kilomètres parcourus.
- Pour les périodes de pointe du soir et la période hors-pointe :
 - Pour les véhicules particuliers : utilisation du ratio période x/pointe du matin en se basant sur le nombre de déplacements mode auto-conducteur dans l'enquête origine-destination 2017.
 - Pour le réseau de transport collectif :
 - Utilisation d'un ratio période x/pointe du matin du nombre de voyage par type de service (express, métrobus, bus) en se basant sur l'horaire Hastus de l'automne 2017.
 - Le tramway et trambus utilise les ratios des métrobus pour la période hors-pointe, mais offre le même service en période de pointe du soir qu'en période de pointe du matin.

La méthodologie appliquée pour calculer des émissions de GES consiste à multiplier les données exprimées en véhicules*kilomètres par les facteurs d'émission correspondant à chaque mode.

2.2 FACTEURS D'ÉMISSION UTILISÉS

Le tableau ci-après présente les facteurs d'émission utilisés pour calculer les tonnes de GES en phase travaux et exploitation. Ces facteurs d'émission sont issus de l'annexe à la directive du MELCC et leur source est précisée.

Tableau 2 : Facteurs d'émission retenus pour le calcul

	Facteur d'émission	Unité	Source
Carburant diesel : camions, autobus, engins de déboisement	2 729	gCO ₂ eq/litre	Rapport d'inventaire national (RIN) 1990-2016. Partie II. Tableau A6-12 – Emission Factors for Energy Mobile Combustion Sources.
Carburant essence : VP	2 317	gCO ₂ eq/litre	Rapport d'inventaire national (RIN) 1990-2016. Partie II. Tableau A6-12 – Emission Factors for Energy Mobile Combustion Sources.
Consommation électrique : Tramway, bus électrique	1,7	gCO ₂ eq/KWh	Rapport d'inventaire national (RIN) 1990-2016. Partie II. Tableau A13-6 s.
Déboisement : suppression puit de carbone	1 365	tCO ₂ eq/ha	http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf .

	Facteur d'émission	Unité	Source
Excavation à l'explosif	0,17	tCO ₂ eq/t explosif	https://www.dynonobel.com/apac/~/_media/Files/Dyno/ResourceHub/Technical%20Information/Asia%20Pacific/BulkExplosives/TITAN%205000%20Matrix.pdf
Béton	320	kgCO ₂ eq/m ³	Béton prêt à l'emploi 30 MPA, Donnée extraite de la base de données ecoinvent v3.1, créée par le CIRAIG (BD-ICV Québec) à partir de données de l'ABQ. source : https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/Protocole-ISO.pdf , Annexe 4, p33
Granite	0,01	kgCO ₂ eq/kg	Ademe base carbone 2014
Graves	0,01	kgCO ₂ eq/kg	Ademe base carbone 2014
Enrobés	0.05	kgCO ₂ eq/kg	Ademe base carbone 2014
Acier	1 268	kgCO ₂ eq/t	Acier pour treillis et armature : https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/Protocole-ISO.pdf , Annexe 4, p33
Cuivre	1 445	kgCO ₂ eq/t	https://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?autres_metaux.htm

Les hypothèses suivantes ont été émises au sujet des véhicules pour la phase exploitation :

- La motorisation des tramway est par nature 100% électrique;
- Les trams bus.km créés le sont avec des véhicules 100 % électriques. Le projet évalué prévoit en phase exploitation la circulation de tramways et de tram bus. Par conséquent les émissions des tram bus sont calculés sur la période d'évaluation et aux différents horizons définis;
- Les bus.km économisés le sont avec une structure de parc qui évolue entre 2026 et 2041 :
 - En 2026, les bus diesel/hybrides représentent 77 % du parc et les bus électriques 23 %;
 - En 2041, les bus électriques représentent 99 % du parc.
- Les vp.km économisés le sont avec une structure de parc également évolutive :
 - En 2026, les véhicules électriques représentent près de 9 % du parc;
 - En 2041, cette part est portée à 43% du parc.

Les engins, véhicules et autres unités de transport ont fait l'objet d'une recherche de productivité et de consommation afin de pouvoir déterminer les émissions de GES par unité d'œuvre et procéder *in fine* au calcul des émissions. Le tableau ci-après synthétise pour chaque véhicule/engin ces informations. Le tableur de calcul accompagnant cette note de synthèse détaille l'ensemble des hypothèses prises dans l'onglet « PARAMETRES & HYPOTHESES ».

Tableau 3 : Consommation unitaires et facteurs d'émission par type de véhicule/engin

Véhicule / engin	Consommation	Unité	Productivité	Unité
Porteur 4 essieux	30,8	l/100 km	20,4	t
tracteur 3 essieux + semi-remorque 3 essieux	30,8	l/100 km	31,7	t
VP	9,0	l/100 km		
VP électrique	0,17	kWh/km		
Bus	65	l/100 km		
Bus hybride	56	l/100 km		
Bus électrique	1,8	kWh/km		
Tramway	19,2	kWh/km		
Pelleteuse	13	l/h	75	m3/h
Pelleteuse-chargeuse	8	l/h	75	m3/h
Niveleuse	20	l/h	1 250	m2/h
Compacteur	12,6	l/h	5 325	m2/h
Rouleau vibrant	3,3	l/h	20 900	m2/h
Finisseur	9,6	l/h	2 295	m2/h
Abatteuse	237,7	l/ha		
Ébrancheuse	255,9	l/ha		
Débardeur	292,5	l/ha		
Porteur	383,9	l/ha		
Toupie	94	l/100 km	18	t
Pompe à béton	33,4	l/h	140	m3/h

2.3 CALCUL DES QUANTITÉS EXCAVÉES

Les déblais liés à l'excavation des puits de stations, des stations et du tunnel colline Parlementaire ont d'abord fait l'objet d'un calcul afin de déterminer ensuite le nombre de kilomètres parcourus pour leur transport vers un centre de stockage tampon avant leur réutilisation en remblais pour les déblais inertes (hypothèse fixée à 80% des quantité de déblais), et vers un centre de traitement pour les déblais pollués (hypothèse fixée à 20% des quantités de déblais).

Les tableaux ci-après détaillent, en précisant leur source, les hypothèses émises pour :

- Le calcul du volume de déblais pour le tunnel colline Parlementaire;
- Le calcul du volume de déblais pour les cinq stations ainsi que leurs puits d'accès.

L'excavation du tunnel et des stations est basé sur l'utilisation d'explosifs. Le volume estimé pour les puits de station repose sur l'hypothèse d'une surface au sol de 200 m² pour les escaliers et d'une surface de 75 m² au sol pour 2 puits d'ascenseur et 1 puit d'aération. Le volume estimé pour les stations repose sur l'hypothèse de 2 quais d'une largeur de 2 mètres sur 50 mètres de long et de 3 mètres de hauteur.

Tableau 4 : Hypothèses de calcul pour l'excavation des tunnels

	Tunnel	Unité	Source
Localisation	Colline parlementaire		
Diamètre du front de taille	10,5	m	Source : hypothèse SYSTRA pour un tunnel métro voie double monotube avec deux passages cheminement piétons, diamètre extérieur
Surface du front de taille	86,6	m ²	
Longueur du tunnel	2 700	m	Source : Ville de Québec (mars 2019) - Réseau structurant de transport en commun de Québec, Dossier d'affaires, version 6, p.48
Volume excavé (en place)	233 793	m ³	
Coefficient de foisonnement	1,6		Source : hypothèse SYSTRA sur base Ligne Rouge, Lot 2 (2014)
Volume à évacuer (foisonné)	369 394	m ³	
Masse volumique dynamitée	1,7	t/m ³	Source : hypothèse SYSTRA
Tonnage à évacuer	627 969	t	

Tableau 5 : Hypothèses de calcul pour l'excavation des stations

Stations	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Localisation	Avenue Cartier	Grand-Théâtre	Centre des congrès	Place d'Youville
Profondeur (m)	15	20	25	30
Surface du puits de station (m ²)	275	275	275	275
Volume excavé (en place) (m ³)	4 725	5 500	6 875	8 250
Volume station (en place) (m ³)	600	600	600	600
Coefficient de foisonnement	1,6	1,6	1,6	1,6
Volume à évacuer (foisonné) (m ³)	7 650	8 800	11 000	13 200
Masse volumique dynamitée	1.7	1.7	1.7	1.7
Tonnage à évacuer	12 852	14 960	18 700	22 440

Le tableau ci-après détaille les estimations de quantité de déblais pris en compte dans le calcul des émissions liées au transport vers des plateformes de stockage pour les déblais inertes et vers des lieux de disposition pour les déblais pollués.

Tableau 6 : Déblais excavés (source : Ville de Québec, hypothèses SYSTRA)

Type de site	Localisation	Volume à excaver en place (m3)	Volume à évacuer foisonné (m3)	Tonnage à évacuer (t)
Tunnel	Colline parlementaire	233 793	369 394	627 969
Station	Avenue Cartier	4 725	7 560	12 852
Station	Grand-Théâtre	5 500	8 800	14 960
Station	Centre des congrès	6 875	11 000	18 700
Station	Place d'Youville	8 250	13 200	22 440
Plate-forme	Ensemble du tracé	470 925	612 203	857 084
Chaussée	Ensemble du tracé	593 805	771 947	1 080 725
Trottoir	Ensemble du tracé	114 321	148 617	208 064
Lieu cyclable hors rue	Ensemble du tracé	23 564	30 633	42 886
Approche perpendiculaire	Ensemble du tracé	143 100	186 030	260 442

Concernant les exutoires des déblais liés à l’excavation des tunnels et des stations, l’hypothèse suivante a été faite en l’absence de données permettant d’avoir une estimation a priori des distances à parcourir :

- Les déblais inertes sont acheminés vers une plate-forme de stockage avant leur réutilisation sur site située à 10 km : chaque camion parcourt en moyenne 20 km pour faire un aller-retour entre le site du chantier et la plate-forme. Le volume de déblais inerte est estimé par hypothèse à 80% du volume global de déblais excavés.
- Les déblais pollués sont acheminés vers un centre de traitement dont la distance a été fixée par hypothèse à 250 km du chantier. Le volume de déblais pollués est estimé par hypothèse à 20% du volume global de déblais excavés.

Ces hypothèses spécifiques pourront être ajustées le cas échéant dès lors que des informations plus précises seront disponibles.

2.4 CALCUL DES QUANTITÉS D’APPORTS DE MATÉRIAUX

Le tableau ci-après détaille les estimations de quantités de matériaux de construction prises en compte dans le calcul des émissions liées au transport en approvisionnement ainsi qu’une hypothèse préliminaire des distances de parcours entre le chantier et les sites de production/distribution.

Tableau 7 : Matériaux de construction utilisés pour la construction du tramway et distance d’acheminement
(source : Ville de Québec)

Matériaux de construction	Quantité	Unité	Distance Aller	Distance Retour	Unité
Béton	495 000	t	25	25	km
Granite	14 000	t	100	100	km
Graves	552 500	t	25	25	km
Enrobés	175 000	t	25	25	km
Acier	32 081	t	100	100	km
Cuivre	68	t	100	100	km
Explosif	311	t	25	25	km

Le tableau suivant présente les quantités d’apport en remblais nécessaires au chantier. L’hypothèse formulée repose sur l’utilisation des déblais inertes produits lors de l’excavation des différentes parties du chantier (tunnel, puits de station, plate-forme, voirie, remblais spécifique au pont Mendel).

Tableau 8 : quantités de remblais utilisés pour la construction du tramway selon l'usage
(source : Ville de Québec)

Type d'usage	Quantité à acheminer (t)	Volume à acheminer (m3)
Plate-forme	671 382	479 559
Chaussée	1 080 725	771 947
Trottoir	208 064	148 617
Lieu cyclable hors rue	42 886	42 886
Approche perpendiculaire	260 442	186 030
Pont Mendel	210 000	150 000

3. CALCUL DES ÉMISSIONS DE GES LIÉES AU PROJET

Le tableau ci-après présente, par principaux regroupements de postes, les émissions de GES pour les horizons d'évaluation – 2026 (mise en service) et 2041 – ainsi que pour 2030, 2033 et 2036 où les gains liés aux trafics compensent les pertes liées à la phase travaux (point neutre) en fourchette basse, hors incertitude et en fourchette haute.

Deux fourchettes ont été définies pour pallier l'incertitude liée au calcul des émissions de GES en phase travaux compte tenu des nombreuses hypothèses nécessaires à ce stade du projet. Sur la base des données d'entrées actuellement disponibles :

- La fourchette basse s'établit à -30 % des émissions de GES en phase travaux : le point neutre est atteint en **2030**, soit **5 ans** après la mise en service ;
- La fourchette haute s'établit à + 30 % des émissions de GES en phase travaux : le point neutre est atteint au terme de la période d'évaluation en **2036**, soit **11 ans** après la mise en service.
- Hors incertitude, le point neutre est atteint en **2033**, soit **8 ans** après la mise en service.

Tableau 9 : Émissions de GES (TCO₂ cumulées) regroupés par macro postes aux différents horizons d'évaluation (2026, 2041) et pour les années où le bilan GES devient positif hors incertitude sur la phase travaux, en fourchette basse et en fourchette haute

N° Annexe MELCC	Horizons	2026	2030	2033	2036	2041
	Postes	TCO ₂ cumulées	TCO ₂ cumulées	TCO ₂ cumulées	TCO ₂ cumulées	TCO ₂ cumulées
	Travaux	-153 929	-153 929	-153 929	-153 929	-153 929
MATCO	<i>Émissions de GES attribuables à la production de matériaux de construction</i>	-123 759	-123 759	-123 759	-123 759	-123 759
B-2	<i>Émissions de GES attribuables aux systèmes de combustion mobile</i>	-1 713	-1 713	-1 713	-1 713	-1 713
B-4	<i>Émissions de GES attribuables au transport des matériaux de construction, d'excavation et de remblais</i>	-15 797	-15 797	-15 797	-15 797	-15 797
B-5	<i>Émissions de GES attribuables aux activités de déboisement</i>	-12 607	-12 607	-12 607	-12 607	-12 607
B-6	<i>Émissions de GES liées à l'utilisation d'explosifs</i>	-53	-53	-53	-53	-53
	Exploitation	23 363	111 681	167 272	21 620	272 031
B-7	<i>VP</i>	13 876	68 056	106 803	143 452	198 889
B-7	<i>Bus</i>	9 585	44 113	61 250	70 243	74 706
B-7	<i>Tramway</i>	-95	-474,5	-759,2	-1 043,9	-1 518,5
B-7	<i>Tram bus</i>	-2,8	-14,1	-22,5	-31	-45,1
	Solde hors incertitude	-130 566	-42 248	13 343	58 691	118 102
	Fourchette basse travaux (-30%)	-84 387	3 931	59 521	104 869	164 281
	Fourchette haute travaux (+30%)	-176 745	-88 426	-32 836	12 512	71 924

Les graphiques ci-après présentent les chroniques d'émission cumulées de GES en phase travaux et en phase exploitation de manière détaillée et agrégée ainsi que le solde d'émission (delta phase travaux / phase exploitation).

En phase travaux :

- Les matériaux de construction (Émissions de GES attribuables aux systèmes de combustion fixes) représentent à ce stade le premier poste d'émission de CO₂, 80% des émissions en phase travaux, le béton totalisant 53% des émissions liées aux matériaux de construction et l'acier 33%. Cette prédominance du béton met en avant l'intérêt d'utiliser des ciments à basse empreinte carbone pour optimiser le bilan GES du tramway.
- Les activités de transport des matériaux de construction, d'excavation et de totalisent près de 10,3% des émissions de la phase travaux;

- Le déboisement représente à ce stade le troisième poste d'émission de CO₂ avec 8% des émissions de la phase travaux ;
- Les émissions liées aux systèmes de combustion mobiles sont en proportion peu significatives, représentant 1% des émissions de la phase travaux.

En phase exploitation :

- Si les émissions de GES liées à la montée en puissance des services tramway et tram-bus augmentent sur la période 2026 - 2041, la diminution des KM parcourus en Bus et VP, liée au report vers le tramway d'une partie des usagers permet de dégager un bilan positif au terme de la première année de mise en service en considérant uniquement les émissions de GES liées à l'exploitation.

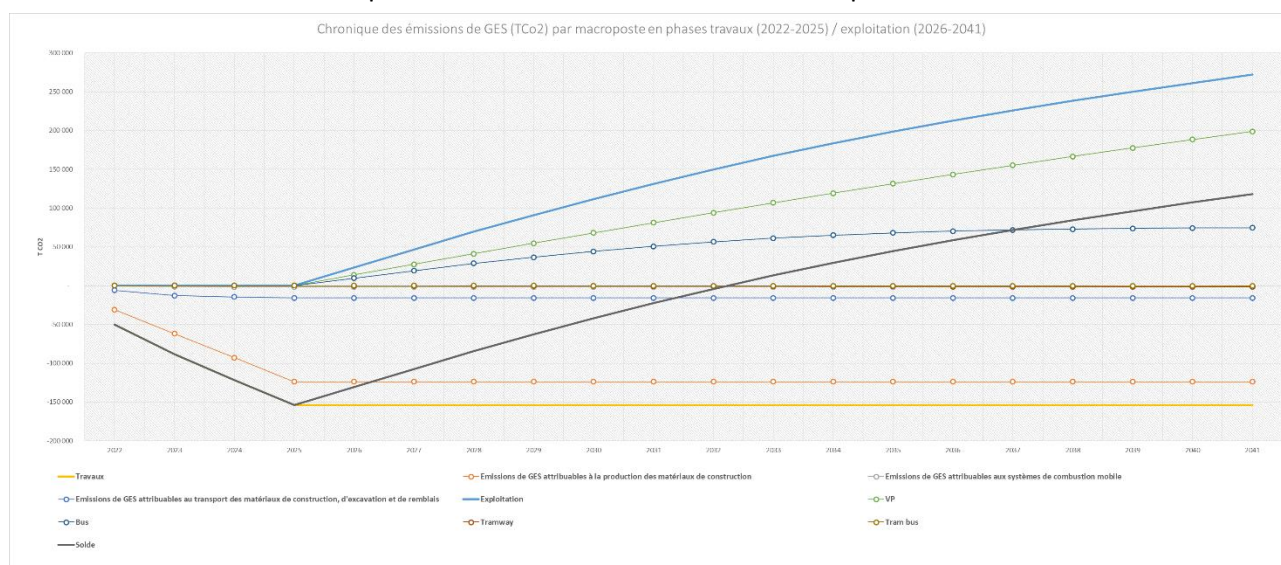


Figure 3-1 : Évolution des émissions de GES (TCO₂ cumulées) par macro-poste en phases travaux (2022-2025) et exploitation (2026 – 2041) hors incertitude liée à la phase travaux

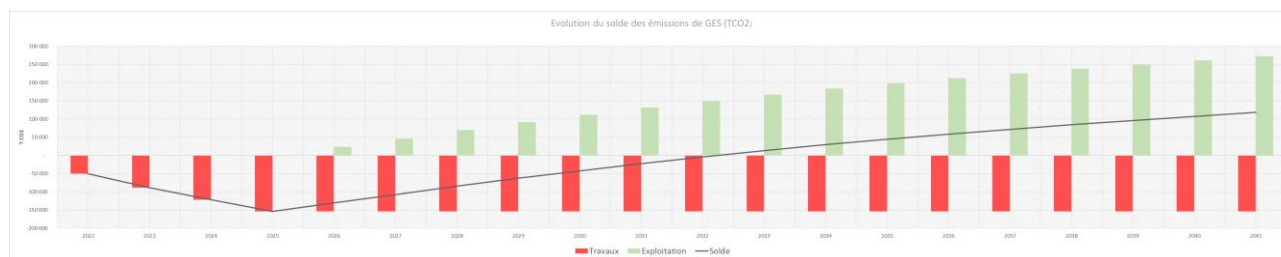


Figure 3-2 : Évolution des émissions de GES (TCO₂ cumulées) en phase travaux et en phase exploitation de 2022 à 2041 hors incertitude liée à la phase travaux

4. CONCLUSION

Sur la base des postes d'émission de GES pris en compte, des hypothèses formulées sur la réalisation des travaux et des hypothèses de trafic :

- Le projet de tramway apparaît positif en GES ;
- Il faut attendre 8 ans en « scénario médian » hors incertitudes pour que les gains d'émission en phase exploitation liés à la diminution de la circulation des Bus et des VP (km parcourus) compensent les émissions en phase travaux, alors mêmes que les émissions de GES générées par les bus et les VP diminuent tendanciuellement en raison de la diffusion progressive de la motorisation électrique;
- En retenant une hypothèse conservatrice et la fourchette haute de l'évaluation des émissions de GES (majoration de 30% des émissions pour tenir compte de l'incertitude des méthodes utilisées), il faut attendre 11 ans pour que le bilan devienne positif.

Il sera nécessaire de remettre à jour ces résultats dès lors que des données plus affirmées seront disponibles afin d'identifier l'impact sur les émissions de GES, notamment en ce qui concerne les quantités de matériaux de construction au premier rang desquels l'acier et le béton.

[illegible][illegible]

Quantité de débris marins (nombre/litre de l'eau, hydrogène H₂O₂)

Chemical compound	Reaction	Index	Source
Carbonic acid (aq.)	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$	g3326g3326	Handbook of Chemistry and Physics, 57th Edition, CRC Press, 1977
Carbonic anhydrase - IP	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	g3327g3327	Handbook of Chemistry and Physics, 57th Edition, CRC Press, 1977
Concentration: deceleration; Transient, fast deceleration	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	g3328g3328	Handbook of Chemistry and Physics, 57th Edition, CRC Press, 1977
Dilution: concentration; equilibrium; fast deceleration	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	g3329g3329	Handbook of Chemistry and Physics, 57th Edition, CRC Press, 1977
Dissociation: equilibrium	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	g3330g3330	Handbook of Chemistry and Physics, 57th Edition, CRC Press, 1977
Effusion	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	g3331g3331	Handbook of Chemistry and Physics, 57th Edition, CRC Press, 1977
Evaporation	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	g3332g3332	Handbook of Chemistry and Physics, 57th Edition, CRC Press, 1977
Freeze	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	g3333g3333	Handbook of Chemistry and Physics, 57th Edition, CRC Press, 1977
Heats	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	g3334g3334	Handbook of Chemistry and Physics, 57th Edition, CRC Press, 1977
Heat	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	g3335g3335	Handbook of Chemistry and Physics, 57th Edition, CRC Press, 1977
Curve	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	g3336g3336	Handbook of Chemistry and Physics, 57th Edition, CRC Press, 1977

[illegible]

Tipul de sursă	Cantitatea de substanță (g)	Volumul de adsorbent (mL)
Plastic foam	273.567	270.530
Charcoal	3.080.725	779.847
Sorbent	208.066	348.637

Quantités de matériel (source: ville de Québec, Ingénierie URBAN)

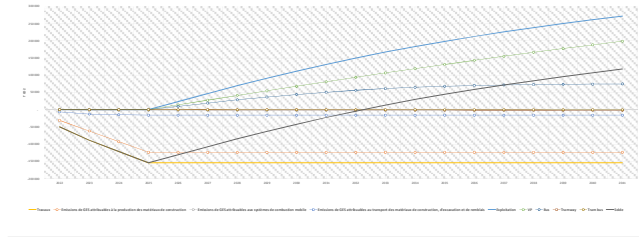
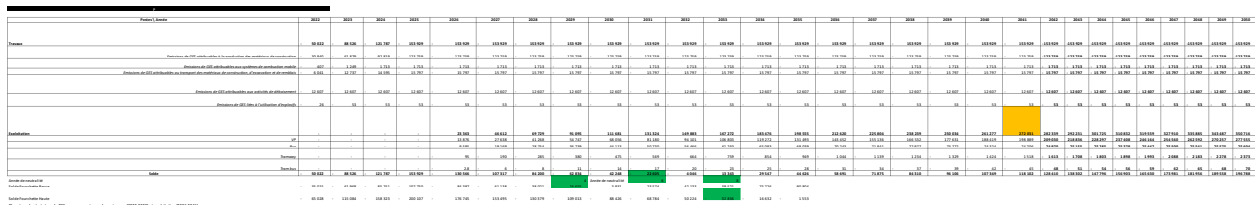
Surface (sq)	Localisation
9,2	Section Charvillat, Instrumental level, T6b-63b, T6b-63b, T6b-63b, T6b-63b

Superficie distribuida (porcentaje de Quilómetros)

[illegible]

Forbes d'inclusion de GES considérés

N°	Description	2014						2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190	2191	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223	2224
----	-------------	------	--	--	--	--	--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

[illegible]

Evolution du solde des émissions de GES (TCO2)

