

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

**Note technique - Estimation préliminaire
des émissions de gaz à effet de serre (GES)
du projet de rétablissement de l'enrochement
de protection au-dessus
du tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine**

Numéro de dossier MELCC : 3211-02-276

Numéro de projet MTQ : 154101174

MAI

2019



Québec 





Estimation préliminaire des émissions de gaz à effet de serre (GES) du projet de rétablissement de l'enrochement de protection au-dessus du tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine

Numéro de dossier MELCC : 3211-02-276
Numéro de projet MTQ : 154101174

Note technique

N° 3503-19-ENV11-01

Préparé par



2019-05-15

Jessica Desjardins, ing., DGE
Direction du soutien technique des grands projets

En collaboration avec : Ibrahima Diaby Gassama, ing.
Direction de la Planification et de la mobilité durable

Emmanuelle Viau, biologiste, M. Env.
Direction de la Planification et de la mobilité durable

Sylvie Tanguay, urbaniste, M. Env.
Direction du soutien technique des grands projets

Registre des émissions et révisions

No. de révision	Date	Description de l'émission ou de la modification
01	2019-05-13	Version finale

TABLE DES MATIÈRES

1.	Introduction	6
1.1.	Contexte et objectif de l'étude	6
1.2.	Contenu.....	6
2.	Méthodologie	6
3.	Périmètre d'émissions de GES	7
4.	Sources d'émissions de GES.....	7
5.	Description des variantes retenues	8
5.1.	Approvisionnement des matériaux.....	8
5.2.	Entreposage et manutention des matériaux (site portuaire).....	8
5.3.	Méthode de mise en place des matériaux	8
6.	Quantification des émissions de GES	9
6.1.	Transport des matériaux.....	9
6.2.	Systèmes de combustion mobiles	11
6.3.	Systèmes de combustion fixes	13
6.4.	Total des émissions de GES estimées pour le projet.....	14
7.	Atténuation des impacts.....	14
8.	Programme préliminaire de suivi des émissions de GES	14
9.	Compensation des impacts résiduels.....	15

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Facteurs d'émission du carburant (diesel)	10
Tableau 2 : Estimation des émissions de GES attribuables au transport des matériaux de la carrière	10
Tableau 3 : Estimation des émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles.....	12
Tableau 4 : Estimation des émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements fixes.....	13
Tableau 5 : Total des émissions de GES estimées du projet	14
Tableau 6 : Données à comptabiliser au programme de suivi des émissions de GES ...	15
Tableau 7 : Données et hypothèses posées pour le calcul des émissions de GES attribuables au transport des matériaux de la carrière au lieu du chargement des barges	19
Tableau 8 : Estimation du kilométrage effectué par camion pour le transport des matériaux de la carrière au lieu du chargement des barges.....	19
Tableau 9 : Données et hypothèses posées pour le calcul des émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles.....	21
Tableau 10 : Facteur BSFC par équipement mobile	24

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Données et hypothèses pour le transport des matériaux
Annexe 2 – Données et hypothèses pour les équipements mobiles

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte et objectif de l'étude

Ce rapport présente une estimation préliminaire des émissions de gaz à effet de serre (GES) engendrées par la réalisation du projet de rétablissement de l'enrochement de protection au-dessus du tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine (autoroute 25) entre Montréal et Longueuil, (nommé ci-après « projet ») par le ministère des Transports du Québec. Cette estimation a été réalisée sur la base des informations connues à ce jour et des hypothèses les plus plausibles quant à sa réalisation. Les méthodes de travail retenues par l'entrepreneur responsable de la réalisation des travaux pourraient toutefois différer.

1.2. Contenu

Le rapport est divisé en neuf principales sections, la première correspondant à l'introduction. Les sections 2 à 4 présentent respectivement la méthodologie, le périmètre d'émissions de GES et les sources d'émissions de GES considérées pour l'estimation des GES du projet. La section 5 discute des variables retenues aux fins de la présente estimation. La section 6 expose la quantification des émissions des GES du projet. Les mesures d'atténuation appliquées sont expliquées à la section 7. Pour conclure, le programme préliminaire de suivi des émissions de GES ainsi que le plan de compensation sont présentés aux sections 8 et 9.

2. MÉTHODOLOGIE

L'estimation des émissions de GES du projet a été réalisée conformément à la méthodologie de l'annexe A concernant le *Complément d'information pour la prise en compte des changements climatiques* reçu du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) (MELCC, 2019a). Comme certaines données ne sont pas connues à ce jour, tels que le choix des carrières pour l'approvisionnement en matériaux et des différents équipements utilisés ainsi que les séquences des travaux effectués par l'entrepreneur, des hypothèses ont été posées afin d'estimer préliminairement les émissions de GES émis par les travaux du projet.

Les bases des calculs des émissions de GES suivantes ont été utilisées :

- La quantité de matériaux d'enrochement estimée à l'étude d'avant-projet définitif préliminaire pour le projet (Les consultants S.M. inc., 2013);
- Les séquences des travaux présentées à l'étude d'avant-projet définitif préliminaire pour le projet (Les consultants S.M. inc., 2013);
- Les taux d'émissions et les équations de calculs d'émissions de GES de l'annexe A du *Complément d'information pour la prise en compte des changements climatiques* reçu du MELCC (MELCC, 2019a).

3. PÉRIMÈTRE D'ÉMISSIONS DE GES

Le périmètre d'émissions de GES fixé pour la présente estimation comprend les émissions de GES générées en phase de construction suivantes :

- Par le transport des matériaux d'enrochement;
- Par les équipements ou systèmes de combustion mobiles utilisés pour les travaux.

Cette estimation exclut donc les émissions associées aux activités en amont du transport des matériaux, telles que l'extraction des matières premières et leur transformation en matériaux de construction, les émissions liées au transport des travailleurs vers leur lieu de travail ainsi que les émissions indirectes de GES reliées à la consommation d'électricité. Ces dernières n'ont pas été considérées puisque les travaux ne nécessiteront pas de branchement au réseau d'électricité étant donné leur courte durée de six semaines. Des génératrices peuvent être utilisées pour fournir l'éclairage à la roulotte de chantier et au site de travail au-dessus du tunnel. Cette source d'émissions de GES, qui correspond à un système de combustion fixe, a été estimée, mais elle n'a pas été retenue puisqu'elle représente moins de 3 % des émissions totales de GES du projet. L'estimation des émissions de GES générées par les génératrices durant les travaux est détaillée à la section 6.3.

4. SOURCES D'ÉMISSIONS DE GES

Les sources d'émissions directes de GES en phase de construction ont été considérées dans l'estimation des GES pour le projet. Elles comprennent les émissions de GES générées par la consommation de diesel des équipements mobiles utilisés sur le site du projet et des camions utilisés pour le transport des matériaux.

Les principaux GES émis de ces sources et qui ont été considérés dans l'estimation sont :

- Le dioxyde de carbone (CO_2);
- Le méthane (CH_4);
- L'oxyde nitreux (N_2O).

5. DESCRIPTION DES VARIANTES RETENUES

Le projet qui fait l'objet de la présente estimation consiste au rétablissement de l'enrochement de protection sur le tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine. Les différentes variantes étudiées ont été présentées dans l'étude d'avant-projet définitif préliminaire (Les consultants S.M. inc., 2013), cette dernière étant présentée à l'annexe A de l'étude d'impact du projet (AECOM, 2014). Les sections suivantes présentent les différentes variantes retenues.

5.1. Approvisionnement des matériaux

Six carrières ont été identifiées comme sources potentielles d'approvisionnement en matériaux dans un rayon approximatif de 40 km du tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine. La ou les carrières qui seront choisies par l'entrepreneur pour l'approvisionnement des matériaux pour le projet n'est ou ne sont pas connues à ce jour. Afin de ne pas sous-estimer les émissions de GES du projet, la carrière la plus éloignée des six carrières identifiées, soit celle du Mont Saint-Hilaire, située à 41,6 km du port de Montréal, a été considérée dans la présente estimation des émissions de GES du projet.

5.2. Entreposage et manutention des matériaux (site portuaire)

Plusieurs sites pour l'entreposage et la manutention des matériaux ont été étudiés et le choix du site portuaire a été fait à partir d'une analyse multicritère. Les critères utilisés sont mentionnés à la section 2.2 de l'étude d'impact (AECOM, 2014) et comprennent les émissions de GES comme critère considéré. Le site du Port de Montréal (quai 48), situé à l'intersection de la rue Notre-Dame et du boulevard Pie-IX et comportant les installations et la surface d'entreposage suffisante pour l'ensemble des matériaux, a été considéré dans la présente estimation des émissions de GES du projet.

5.3. Méthode de mise en place des matériaux

La méthode de mise en place des matériaux considérée pour la présente estimation est celle présentée dans l'étude d'avant-projet définitif préliminaire (Les consultants S.M. inc., 2013).

6. QUANTIFICATION DES ÉMISSIONS DE GES

6.1. Transport des matériaux

L'équation 1 a été utilisée pour quantifier les émissions des GES attribuables au transport des matériaux nécessaires à la réalisation du projet.

Équation 1 Émissions de GES attribuables au transport des matériaux (MELCC, 2019a)

$$EM_{transport} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{Quantité de carburant } i \text{ consommé} \times \text{Facteurs d'émission}_i$$

$EM_{transport}$: Émissions de GES en tonnes équivalent CO₂

Quantité de carburant i consommé : Quantité de carburant (diesel) consommé en litre

- *Facteurs d'émission_i* : Facteurs d'émission du carburant (diesel) en gCO₂/L, gCH₄/L, gN₂O/L et gCO₂e/L indiqués au tableau 1.

Les hypothèses et données de base utilisées pour le calcul des émissions de GES attribuables au transport des matériaux sont exposées ci-dessous.

- Les volumes de matériaux devant être transportés sont de 1304 m³ de pierres de calibre 1000-1200 mm et 3042 m³ de pierres de calibre 300-600 mm (AECOM, 2018);
- Le type de véhicule transportant les matériaux est un camion de douze roues de 9 m³ de capacité (AECOM, 2014);
- Le type de carburant consommé est le diesel;
- Les matériaux sont fournis à partir de la carrière du Mont Saint-Hilaire, à 41,6 km du lieu d'entreposage du Port de Montréal (AECOM, 2014);
- La distance entre le lieu d'entreposage et le lieu de chargement des barges est fixée par hypothèse à 50 mètres (AECOM, 2018);
- Le lieu de chargement des barges est localisé au quai 48 du Port de Montréal (AECOM, 2018);
- La consommation moyenne de carburant d'un camion de douze roues est de 0,65 L/km;
- Les facteurs d'émission du carburant (diesel) en gCO₂/L, gCH₄/L, gN₂O/L et gCO₂e/L sont présentés au tableau 1.

L'ensemble des données utilisées et des hypothèses posées est fourni à l'annexe 1 du présent document.

PROJET DE RÉTABLISSEMENT DE L'ENROCHEMENT DE PROTECTION
AU-DESSUS DU TUNNEL LOUIS-HIPPOLYTE-LA FONTAINE

Les facteurs d'émission du carburant (diesel) présentés au tableau 1 sont tirés du tableau de l'annexe A du *Complément d'information pour la prise en compte des changements climatiques* reçu du MELCC (MELCC, 2019a).

Tableau 1 : Facteurs d'émission du carburant (diesel) (MELCC, 2019a)

Facteurs d'émission du carburant, en équivalent CO ₂				
Carburant	gCO ₂ /L	gCH ₄ /L	gN ₂ O/L	gCO ₂ e/L
Diesel	2681	0,11	0,151	2729

Le tableau 2 présente le résultat de l'estimation des émissions de GES, attribuables au transport des matériaux de la carrière jusqu'au lieu de chargement des barges, calculé à partir des facteurs d'émission en équivalent CO₂ et présenté au tableau 1.

Tableau 2 : Estimation des émissions de GES attribuables au transport des matériaux de la carrière

Véhicule	Distance totale	Taux consommation	Consommation	Émissions CO ₂	Émissions CH ₄	Émissions N ₂ O	Émissions de GES
	km	L/km	L	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes éq. CO ₂
Camions 12 roues, 9 m ³ de capacité	40233,9	0,65	26152	70,1	0,0029	0,0039	71,4

6.2. Systèmes de combustion mobiles

L'équation 2 a été utilisée pour quantifier les émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles du projet.

Équation 2 Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles, en tonnes équivalent CO₂ (MELCC, 2019a)

$$EM_{équipements\ mobiles} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{Quantité de carburant } i \text{ consommé} \times \text{Facteurs d'émission}_i$$

$EM_{équipements\ mobiles}$: Émissions de GES en tonnes équivalent CO₂

Quantité de carburant i consommé : Quantité de carburant (diesel) consommé en litre

Facteurs d'émission_i : Facteurs d'émission du carburant (diesel) en gCO₂/L, gCH₄/L, gN₂O/L et gCO₂e/L indiqués au tableau 1.

La quantité de diesel consommé par chaque équipement mobile a été déterminée à partir du facteur Brake-Specific Fuel Consumption (BSFC) du document publié par l'United States Environmental Protection Agency (USEPA) (USEPA, 2002), comme proposé à l'annexe A du *Complément d'information pour la prise en compte des changements climatiques* reçu du MELCC (MELCC, 2019a).

Le détail des calculs des facteurs BSFC est présenté à l'annexe 2.

Les hypothèses et données de base utilisées pour quantifier les émissions de GES générées par les équipements mobiles lors de la réalisation des travaux sont exposés ci-dessous.

- Les volumes de matériaux devant être mis en place sont de 1304 m³ de pierres de calibre 1000-1200 mm et 3042 m³ de pierres de calibre 300-600 mm;
- Le type d'équipement mobile, en considération de sa puissance en hp et de son facteur de puissance;
- Les durées d'opération pour chaque type d'équipement mobile;
- Le facteur BSFC pour chaque type d'équipement en g/hp-h (USEPA, 2002);
- Les facteurs d'émission du carburant (diesel) en gCO₂/L, gCH₄/L, gN₂O/L et gCO₂e/L, indiqués au tableau 1.

L'ensemble des données utilisées, les hypothèses posées ainsi que le détail des durées d'opération et de la consommation de diesel des équipements mobiles sont fournis à l'annexe 2.

Le tableau 3 présente les estimations des émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles.

Tableau 3 : Estimation des émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles

Équipement	Durée d'opération	Puissance	Facteur de puissance ¹	Facteur BSFC	Densité diesel ²	Consommation diesel	Émissions CO ₂	Émissions CH ₄	Émissions N ₂ O	Émissions de GES
	h	hp	-	g/hp-h	g/L	L	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes éq. CO ₂
Grue pour le chargement des camions et barges avec benne à roches de 2,5 m ³	116	211	0,43	196	876	2355	6,3	0,00026	0,00036	6,4
Grue à câble avec benne à roches de 2,5 m ³	290	1006	0,43	196	876	28068	75,3	0,00309	0,00424	76,6
Remorqueur des barges	31	1000	0,59	168	876	3508	9,4	0,00039	0,00053	9,6
Drague	3	1000	0,59	168	876	339	0,9	0,00004	0,00005	0,9
Bateau d'appoint	286	660	0,59	168	876	21358	57,3	0,00235	0,00323	58,3
Bateau sondeur	148	1000	0,59	168	876	16746	44,9	0,00184	0,00253	45,7
Total							194,1	0,00797	0,01094	197,5

1- Table 9 et 10 de USEPA, 2010

2- Knovel Critical Tables (2nd Edition) Basic Physical Properties of Chemical Compounds

6.3. Systèmes de combustion fixes

Dans la section 4.1.5.1.1 de l'étude d'impact (AECOM, 2014, p. 74), on mentionne que des installations de chantier serviront de quartier général et devraient comporter, au moins, une roulotte avec des installations sanitaires. La roulotte de chantier nécessitera une génératrice pour son éclairage. Pour ce faire, une estimation des GES émis par cette génératrice fonctionnant 12 heures par jour durant les six semaines de travaux a été réalisée. Une génératrice pourrait être également requise pour l'éclairage du site de travail au-dessus du tunnel puisque les travaux se dérouleront 24 h sur 24 h. Ainsi, une estimation des GES émis par cette génératrice fonctionnant 12 heures par jour durant les deux semaines des travaux au-dessus du tunnel a été faite. Le tableau 5 présente les résultats de ces estimations. Les émissions de GES pour l'utilisation de systèmes de combustion fixes sont estimées à 5 tonnes équivalent CO₂, ce qui représente environ 2 % des émissions totales de GES du projet. Cette source d'émission est donc jugée non pertinente puisqu'elle représente moins de 3 % des émissions totales de GES du projet (MELCC, 2019a). C'est pour cette raison qu'elle a été exclue du périmètre de l'estimation des émissions de GES totales du projet.

Tableau 4 : Estimation des émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements fixes

Combustion fixe	Temps utilisation	Taux consommation ^{1,2}	Consommation	Émissions CO ₂	Émissions CH ₄	Émissions N ₂ O	Émissions GES
	h	L/h	L	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes éq. CO ₂
Générateur d'éclairage d'une roulotte de chantier	504	3,4	1713,6	3,9	0,0046267	0,0000857	4,1
Générateur d'éclairage sur le site de travail au-dessus du tunnel	168	2,3	386,4	0,9	0,0010433	0,0000193	0,9
Total							5,0

1- <https://powerequipment.honda.ca/generatrices/demarrage-electrique-6500>

2- www.constructionequipment.com

6.4. Total des émissions de GES estimées pour le projet

Le tableau 4 présente le total des émissions de GES en tonnes équivalent CO₂ estimées pour la réalisation du projet. Les émissions de GES attribuables au projet sont de l'ordre de 269 tonnes équivalent CO₂. La source d'émissions de GES la plus importante est l'utilisation des équipements mobiles, avec 200 tonnes équivalent CO₂. Des mesures pourront être prises en cours de travaux pour réduire ou limiter les émissions de GES attribuables à cette source (section 7).

Tableau 5 : Total des émissions de GES estimées du projet

Source d'émissions de GES	Émissions CO ₂	Émissions CH ₄	Émissions N ₂ O	Émissions GES
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes éq. CO ₂
Transports des matériaux	70,1	0,0029	0,0039	71,4
Équipements mobiles	194,1	0,00797	0,01094	197,5
Total	264,2	0,01087	0,01484	268,9

7. ATTÉNUATION DES IMPACTS

Les variantes sélectionnées pour l'estimation des GES attribuables au projet permettent de minimiser les émissions de GES attribuables au transport des matériaux par le choix des carrières dans un rayon de 40 km et le choix du lieu d'entreposage et de manutention à proximité du site des travaux (section 5). De plus, la méthode de mise en place a été optimisée afin de réduire le plus possible les manipulations sur le fleuve Saint-Laurent et les émissions de GES attribuables aux équipements de construction. Une sensibilisation sera également faite auprès de l'entrepreneur et de son équipe pour minimiser au maximum le temps de marche au ralenti des équipements mobiles. Les moteurs des équipements devront être éteints lorsqu'ils ne sont pas utilisés. De plus, les équipements devront être maintenus en bon état. L'inspection et l'entretien régulier des équipements devront donc être faits en cours de travaux.

8. PROGRAMME PRÉLIMINAIRE DE SUIVI DES ÉMISSIONS DE GES

Le Ministère propose un programme préliminaire de surveillance et de suivi des émissions de GES afin de comptabiliser, pendant les travaux, les émissions de GES et valider l'efficacité des mesures de réduction ainsi que la présente estimation préliminaire des émissions de GES du projet.

Le programme préliminaire de suivi des émissions de GES comprend la comptabilisation des émissions réelles de GES pendant la réalisation du projet, le tout basé principalement sur la consommation de carburant pour chacune des phases de travaux (transport des matériaux par camion et par barge ainsi que l'utilisation des équipements

mobiles pour la manutention des matériaux au site d'entreposage et sur la site de travail au-dessus du tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine). D'autres données pourront également être recueillies, comme le kilométrage et les heures d'utilisation des équipements. Le tableau 6 présente les données qui seront recueillies pendant les travaux et la fréquence visée pour la cueillette.

Tableau 6 : Données à comptabiliser au programme de suivi des émissions de GES (inspiré de MELCC, 2019b)

Catégorie	Types de données	Unité	Source des données	Fréquence visée
Transport des matériaux par camion	• Consommation de carburant de chacun des véhicules	Litre	Factures	Journalier/hebdomadaire
	• Kilométrage de chacun des véhicules	Kilomètre	Odomètre	Journalier/hebdomadaire
Transport de la drague et des matériaux sur barges remorquées par bateau	• Consommation de carburant de la drague et du bateau	Litre	Facture	Journalier/hebdomadaire
	• Kilométrage de chacun de la drague et du bateau	Kilomètre	Odomètre	Journalier/hebdomadaire
Équipements mobiles pour la manutention des matériaux et sur le site de travail au-dessus du tunnel	• Consommation de carburant de chacun des équipements mobiles	Litre	Factures	Journalier/hebdomadaire
	• Durée d'utilisation des équipements mobiles	Heure	Registre des opérations	Journalier/hebdomadaire

9. COMPENSATION DES IMPACTS RÉSIDUELS

Le Ministère souhaite que les émissions de GES reliées aux travaux du projet de rétablissement de l'enrochement de protection au-dessus du tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine soient comptabilisées et fassent l'objet d'une compensation volontaire afin d'obtenir un bilan carboneutre du projet de réfection majeure dudit tunnel et des travaux liés. L'entrepreneur sélectionné pour la conception, la construction et le financement du projet de réfection majeure du tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine et des travaux liés compensera les émissions de GES générées par l'ensemble des travaux, dont ceux nécessaires pour le rétablissement de l'enrochement de protection au-dessus du tunnel.

Les projets de compensation ne sont pas déterminés à ce jour. Le Ministère souhaite que la plantation d'arbres réalisée sur le site du projet de réfection majeure du tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine, qui comprend des portions des autoroutes 20 et 25 de part

PROJET DE RÉTABLISSEMENT DE L'ENROCHEMENT DE PROTECTION
AU-DESSUS DU TUNNEL LOUIS-HIPPOLYTE-LA FONTAINE

et d'autre du tunnel, soit prise en compte pour la compensation pour les émissions de GES liées à la construction de ce projet.

Si les émissions de GES du projet ne peuvent être entièrement compensées par la plantation sur le site, l'entrepreneur devra compenser par d'autres projets de compensation. Le Ministère exige que l'entrepreneur privilégie des projets de compensation réalisés au Québec et à l'intérieur du Western Climate Initiative (WCI). Ainsi, les projets de compensation sélectionnés devront avoir fait l'objet d'une vérification et d'une certification conformément à une norme reconnue confirmant qu'elles sont réelles, additionnelles, permanentes et vérifiables ou acquérir des crédits de compensation conformes à une norme reconnue. La compensation devra être faite sur une période variant de 1 à 3 ans suite à la réalisation des travaux générant les émissions de GES. Toutefois, à la fin du projet, l'entrepreneur devra démontrer que l'ensemble des émissions de GES liées au projet de réfection majeure du tunnel ont été compensées.

RÉFÉRENCES

- AECOM. (2014). *Projet de rétablissement de l'enrochement de protection au-dessus du pont-tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine*. Étude d'impact sur l'environnement. Rapport préparé pour le ministère des Transports du Québec. 114 pages et annexes.
- AECOM. (2018). *Projet de rétablissement de l'enrochement de protection au-dessus du pont-tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine*. Addenda 1 à l'étude d'impact : Réponses aux questions et commentaires. Rapport préparé pour le ministère des Transports du Québec. 47 pages.
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). 2019a. annexe A. Complément d'information pour la prise en compte des changements climatiques. 4 pages.
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). 2019b. Annexe B. Complément d'information pour la prise en compte des changements climatiques. 1 page.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2002). Exhaust and Crankcase Emission Factors for Non road Engine Modeling-Compression-Ignition. Repéré à <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P10005BI.PDF?Dockey=P10005BI.PDF>
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2010). Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling. Repéré à <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P10081RV.PDF?Dockey=P10081RV.PDF>

**ANNEXE 1 – DONNÉES ET HYPOTHÈSES POUR LE
TRANSPORT DES MATERIAUX**

Tableau 7 : Données et hypothèses posées pour le calcul des émissions de GES attribuables au transport des matériaux de la carrière au lieu du chargement des barge

Paramètres	Unité	Valeur	Référence
Camion 12 roues	m ³	9	AECOM, 2014
Distance entre la carrière et le site d'entreposage, aller-retour	km	83,2	AECOM, 2014
Distance entre le site d'entreposage (si ce n'est pas au quai 48) et le quai de chargement des barge, aller-retour	km	0,1	<i>Hypothèse</i>
Volume de pierres de calibre 1000-1200 mm	m ³	1304	AECOM, 2018
Volume de pierres de calibre 300-600 mm	m ³	3042	AECOM, 2018
Nombre de camions requis pour le chargement des matériaux	Qté	483	<i>Calculé</i>
Distance totale parcourue par le camion pour les transports des matériaux	km	40233,9	<i>Calculé</i>
Équipement – taux de consommation			
Camion 12 roues fonctionnant au diesel	L/km	0,65	Estimation Turcot (Tecsult-BPR, 2010)

Tableau 8 : Estimation du kilométrage effectué par camion pour le transport des matériaux de la carrière au lieu du chargement des barge

Activité	Distance – aller-retour	Fréquence	Distance Totale
	km		km
Transport par camion 12 roues des pierres de calibre 1000-1200 mm de la carrière jusqu'au site d'entreposage	83,2	145	12064,0
Transport par camion 12 roues des pierres de calibre 300-600 mm de la carrière jusqu'au site d'entreposage	83,2	338	28121,6
Transport par camion 12 roues des pierres de calibre 1000-1200 mm du site d'entreposage au lieu du chargement des barge	0,1	145	14,5
Transport par camion 12 roues des pierres de calibre 300-600 mm du site d'entreposage au lieu du chargement des barge	0,1	338	33,8
Total			40233,9

**ANNEXE 2 – DONNÉES ET HYPOTHÈSES POUR LES
ÉQUIPEMENTS MOBILES**

Tableau 9 : Données et hypothèses posées pour le calcul des émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles

Paramètres	Unité	Valeur	Référence
Volume de pierres de calibre 1000-1200 mm	m ³	1304	AECOM, 2018
Volume de pierres de calibre 300-600 mm	m ³	3042	AECOM, 2018
Capacité des bennes à roches	m ³	2,5	AECOM, 2014
Capacité des barges	m ³	150	AECOM, 2014
Nombre d'emplacements de la station de travail au-dessus du tunnel	Qté	14	<i>Hypothèse, calculée à partir de la longueur totale du site et de la largeur de la station de travail prévue (AECOM, 2014)</i>
Densité du diesel	g/L	876	<i>Knovel Critical Tables (2nd Edition)</i> <i>Basic Physical Properties of Chemical Compounds</i>
DURÉES D'OPÉRATION DES ÉQUIPEMENTS MOBILES			
Vitesse de chargement/déchargement des camions et des barges en pierres à l'aide de la benne à roches de 2,5 m ³ de capacité	h/m ³	0,0067	<i>Donnée fournie par I. D. Gassama</i>
Durée de chargement/déchargement des camions pour le volume total de pierres (1304+3042 m ³)	h	29	<i>Calculé</i>
Fréquence de chargement/déchargements des camions		4	<i>Hypothèse</i>
Durée totale d'opération de la grue à chargement munie d'une benne à roches de 2,5 m³ de capacité	h	116	<i>Calculé</i>
Vitesse de mise en place des pierres, descente au fond et remontée de la benne à roches de 2,5 m ³ de capacité d'une grue à câble	h/m ³	0,0333	<i>Donnée fournie par I. D. Gassama</i>
Durée totale d'opération de la grue à câble pour la mise en place des pierres (1304+3042 m³)	h	290	<i>Calculé et majoration de 100 % pour pallier aux différents imprévus associés au passage des navires dans la Voie maritime</i>
Durée de transport du remorqueur de barge entre le quai et l'emplacement de la station de	h	1	<i>Hypothèse tirée de AECOM, 2014</i>

PROJET DE RÉTABLISSEMENT DE L'ENROCHEMENT DE PROTECTION
AU-DESSUS DU TUNNEL LOUIS-HIPPOLYTE-LA FONTAINE

Paramètres	Unité	Valeur	Référence
travail le plus près au-dessus du tunnel (aller-retour)			
Fréquence aller-retour effectué par le remorqueur entre le quai et l'emplacement de la station de travail le plus près au-dessus du tunnel pour le transport des pierres	qté	29	Calculé
Durée de transport du remorqueur aux différents emplacements de la station de travail au-dessus du tunnel	h	2	<i>Hypothèse posée à partir de l'hypothèse de 14 emplacements de la station de travail au-dessus du tunnel, aller-retour</i>
Durée totale d'opération du remorqueur des barges	h	31	Calculé
Durée de transport de la drague entre le quai et l'emplacement de la station de travail le plus près au-dessus du tunnel (aller-retour)	h	1	<i>Hypothèse tirée de AECOM, 2014</i>
Fréquence aller-retour effectué par la drague entre le quai et l'emplacement de la station de travail le plus près au-dessus du tunnel	qté	1	<i>Hypothèse</i>
Durée de transport de la drague aux différents emplacements de la station de travail au-dessus du tunnel	h	2	<i>Hypothèse posée à partir de l'hypothèse de 14 emplacements de la station de travail au-dessus du tunnel, aller-retour</i>
Durée totale d'opération de la drague	h	3	Calculé
Durée de transport du bateau d'appoint entre le quai et l'emplacement de la station de travail le plus près au-dessus du tunnel (aller-retour)	h	1	<i>Hypothèse tirée de AECOM, 2014</i>
Fréquence aller-retour effectué par le bateau d'appoint entre le quai et l'emplacement de la station de travail le plus près au-dessus du tunnel	qté	126	<i>Hypothèse 3 fois (3 quarts de travail) par jour pendant 6 semaines</i>
Durée de transport du bateau d'appoint aux différents emplacements de la station de travail au-dessus du tunnel	h	132	<i>Hypothèse posée à partir de l'hypothèse de 14 emplacements de la station de travail au-dessus du tunnel, aller-retour</i>
Durée d'opération du bateau d'appoint pour la disposition/l'enlèvement des ancrés	h	28	<i>Hypothèse posée à partir de l'hypothèse de 14 emplacements de la station de travail au-dessus du tunnel, aller-retour</i>
Durée totale d'opération du bateau d'appoint	h	286	Calculé
Durée de transport du bateau sondeur entre le quai et	h	1	<i>Hypothèse tirée de AECOM, 2014</i>

PROJET DE RÉTABLISSEMENT DE L'ENROCHEMENT DE PROTECTION
AU-DESSUS DU TUNNEL LOUIS-HIPPOLYTE-LA FONTAINE

Paramètres	Unité	Valeur	Référence
l'emplacement de la station de travail le plus près au-dessus du tunnel (aller-retour)			
Fréquence aller-retour entre le quai et l'emplacement de la station de travail le plus près au-dessus du tunnel effectué par le bateau sondeur	qté	1	<i>Hypothèse</i>
Durée de transport du bateau sondeur aux différents emplacements de la station de travail au-dessus du tunnel	h	2	<i>Hypothèse posée à partir de l'hypothèse de 14 emplacements de la station de travail au-dessus du tunnel, aller-retour</i>
Durée d'opération pour le sondage de l'enrochement	h	145	<i>Hypothèse posée à partir de la durée d'opération de la mise en place des pierres</i>
Durée totale d'opération du bateau sondeur	h	148	<i>Calculé</i>
Puissance des équipements mobiles			
Grue pour le chargement des camions et barges avec une benne à roches de 2,5 m ³	hp	211	<i>Hypothèse</i> https://www.liebherr.com/fr/deu/produits/technique-de-transbordement/technique-de-transbordement.html
Grue à câble avec une benne à roches de 2,5 m ³	hp	1006	<i>Hypothèse</i> https://www.liebherr.com/fr/int/produits/technique-de-transbordement/pelles-a-cable-hydraulique/details/hs8200.html AECOM, 2014
Drague	hp	1000	<i>Hypothèse</i> http://www.marinedragage.com et https://www.groupocean.com/ AECOM, 2014
Remorqueur des barges	hp	1000	<i>Hypothèse</i> https://mckeil.com/fr/notre-flotte
Bateau d'appoint	hp	660	<i>Hypothèse</i> https://mckeil.com/fr/notre-flotte <i>Hypothèse</i>
Bateau sondeur	hp	1000	<i>Hypothèse</i> https://mckeil.com/fr/notre-flotte
Facteur de puissance des équipements mobiles			
Grue pour le chargement des camions et barges avec une benne à roches de 2,5 m ³	%	59	<i>Tables 9 et 10 de USEPA, 2010</i>
Grue à câble avec une benne à roche de 2,5 m ³	%	59	<i>Tables 9 et 10 de USEPA, 2010</i>

PROJET DE RÉTABLISSEMENT DE L'ENROCHEMENT DE PROTECTION
AU-DESSUS DU TUNNEL LOUIS-HIPPOLYTE-LA FONTAINE

Paramètres	Unité	Valeur	Référence
Drague	%	43	Tables 9 et 10 de USEPA, 2010
Remorqueur des barges	%	43	Tables 9 et 10 de USEPA, 2010
Bateau d'appoint	%	43	Tables 9 et 10 de USEPA, 2010
Bateau sondeur	%	43	Tables 9 et 10 de USEPA, 2010

L'équation 3 a été utilisée pour déterminer la quantité de diesel consommée par équipement mobile (USEPA, 2002).

Équation 3 Facteur BSFC en g/hp-h (tiré de USEPA, 2002)

$$FE_{BSFC} = EF_{ss} * TAF * 453,6$$

FE_{BSFC} : Facteur BSFC en g/hp-h

$EF_{ss} *$: Facteur d'émission en état d'équilibre en lb/hp-h (Table C1, USEPA, 2002)

TAF: Facteur d'ajustement transitoire (Table A3, USEPA, 2002)

453,6 : Facteur de conversion de lb en g

Tableau 10 : Facteur BSFC par équipement mobile (USEPA, 2002)

Équipement mobile	Efss (Table C-1)	TAF (Table A3)	Facteur BSFC lb/hp-h	Conversion lb en g g/lb	Facteur BSFC g/hp-h
	lb/hp-h				
Grue pour le chargement des camions et barge avec une benne à roches de 2,5 m ³	0,367	1,18	0,433	453,6	196
Grue à câble avec benne à roches de 2,5 m ³	0,367	1,18	0,433	453,6	196
Drague	0,367	1,01	0,371	453,6	168
Remorqueur des barge	0,367	1,01	0,371	453,6	168
Bateau d'appoint	0,367	1,01	0,371	453,6	168
Bateau sondeur	0,367	1,01	0,371	453,6	168

