



CONSULTING ENGINEERS
& SCIENTISTS

Tel: 519.823.1311

Fax: 519.823.1316

RWDI AIR Inc.
600 Southgate Drive
Guelph, Ontario, Canada
N1G 4P6



Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec Secteur Beauport Québec, QC

Étude de la Qualité de l'Air Particules et produits de combustion

RWDI #1401535
29 septembre 2016

SOU MIS À :

Administration Portuaire de Québec
150 rue Dalhousie
C.P.80, Succ. Haute-Ville
Québec, QC G1R 4M8

PRÉSENTÉ PAR :

David Cotsman, P.Eng.
Gestionnaire de Projet
david.cotsman@rwdi.com

Martin Gauthier, M.Sc., ACM
Spécialiste / Météorologue
martin.gauthier@rwdi.com

This document is intended for the sole use of the party to whom it is addressed and may contain information that is privileged and/or confidential. If you have received this in error, please notify us immediately.

® RWDI name and logo are registered trademarks in Canada and the United States of America



CONSULTING ENGINEERS
& SCIENTISTS

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec
Étude de la Qualité de l'air – Produits de la combustion et poussières
RWDI#1401535
29 septembre 2016

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte	1
1.2 Emplacement	1
1.3 Objectif	1
2. CRITÈRES ET VALEURS GUIDES APPLICABLES.....	2
3. CARACTÉRISATION DES ÉMISSIONS.....	3
3.1 Émissions des opérations futures	3
3.1.1 Moteurs des navires	4
3.1.2 Moteurs des véhicules routiers.....	5
3.1.3 Moteurs des locomotives.....	5
3.1.4 Moteurs des équipements de manutention des marchandises générales (conteneurisées ou non)	6
3.1.5 Manutention des produits en vrac solide acheminés au dépoussiéreur	6
3.1.6 Véhicules en mouvement sur les routes	6
3.2 Émissions lors des opérations de la construction	9
3.2.1 Moteurs des navires	9
3.2.2 Moteurs des camions	10
3.2.3 Autres équipements pour la construction	10
3.2.4 Émissions de particules des bulldozers	10
3.2.5 Émissions de particules générées par l'usine de béton	11
3.2.6 Véhicules en mouvement sur les routes	12
4. MÉTHODOLOGIE POUR LA MODÉLISATION.....	14
4.1 AERMET	14
4.2 AERMOD.....	14
4.2.1 Météorologie.....	14
4.2.2 Paramètres de dispersion	14
4.2.3 Récepteurs	14
4.2.4 L'effet des bâtiments	15
4.2.5 Déposition sèche et humide	15
4.2.6 Paramètres des sources	15
4.2.7 OLM.....	15
4.2.8 Scénarios modélisés	16
5. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	17
5.1 Résultats et discussion pour le scénario futur	17
5.2 Résultats et discussion pour le scénario de construction	18
6. CONCLUSION	21
7. BIBLIOGRAPHIE.....	22

Tables

Tableau 1:	Valeurs guides du MDDELCC pour l'évaluation de la qualité de l'air
Tableau 2:	Paramètres sélectionnés pour les calculs des émissions de particules sur les routes
Tableau 3:	Sommaire des émissions annuelles et taux d'émission pour le scénario futur
Tableau 4:	Facteurs d'émissions pour les opérations à l'usine de béton
Tableau 5:	Facteurs pour conversion des MPT en PM _{2.5} et PM ₁₀
Tableau 6:	Paramètres sélectionnés pour les calculs des émissions de particules sur les routes
Tableau 7:	Sommaire des émissions annuelles et taux d'émission pour le scénario de la construction
Tableau 8:	Dimension de la maille de calcul pour la grille des récepteurs
Tableau 9:	Concentrations modélisées par AERMOD pour le scénario futur
Tableau 10:	Concentrations modélisées par AERMOD pour le scénario de construction
Tableau 11:	Déposition modélisées par AERMOD pour le scénario de construction

Figures

Figure 1:	Plan de la zone portuaire de Beauport
Figure 2 :	Plan de la zone d'étude et emplacement des sources futures
Figure 3 :	Plan de la zone d'étude et emplacement des sources lors de la construction
Figure 4 :	Grille de récepteurs incluant les récepteurs sensibles
Figure 5 :	Concentrations maximales NO ₂ , Opération futur, 1 heure
Figure 6 :	Concentrations maximales NO ₂ , Opération futur, 24 heures
Figure 7 :	Concentrations maximales PM _{2.5} , Opération futur, 24 heures
Figure 8 :	Concentrations maximales PM _{2.5} , Opération futur, annuelle
Figure 9 :	Concentrations maximales MPT, Opération futur, 24 heures
Figure 10 :	Concentrations maximales NO ₂ , Construction, 1 heure
Figure 11 :	Concentrations maximales NO ₂ , Construction, 24 heure
Figure 12 :	Concentrations maximales PM _{2.5} , Construction, 24 heures
Figure 13 :	Concentrations maximales PM _{2.5} , Construction, annuelle
Figure 14 :	Concentrations maximales MPT, Construction, 24 heures
Figure 15 :	Déposition totale des particules, 30 jours

Annexes

Annexe A :	Méthodologie de la préparation des données météorologiques
Annexe B :	Planification des activités de construction à l'été 2018
Annexe C :	Les émissions provenant des moteurs de navires au Port
Annexe D:	Les émissions provenant des activités routières
Annexe E:	Les émissions provenant de locomotives
Annexe F:	Les émissions provenant de l'équipement pour la manutention de fret et construction

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

L'Administration portuaire de Québec (APQ) projette d'aménager un quai multifonctionnel en eau profonde, en prolongeant la ligne de quai actuelle de 610 mètres, dans le secteur de Beauport qui permettra d'accroître les opérations portuaires actuelles. Le secteur Beauport se situe dans la Ville de Québec, le long du Fleuve Saint-Laurent, à l'embouchure de la rivière Saint-Charles. Le territoire de l'APQ s'étend sur une superficie de 900 000 m².

1.2 Emplacement

Le site à l'étude se situe dans le secteur de Beauport du Port de Québec à l'ouest de l'autoroute Dufferin-Montmorency et de l'usine de Papiers White Birch «Division Stadacona». L'estuaire de la rivière Saint-Charles longe les installations au sud-est du terminal.

On retrouve également des quartiers résidentiels au pourtour du secteur portuaire de Beauport ainsi que le Parc récréatif de la Baie de Beauport. On retrouve au nord le quartier résidentiel de Beauport, et au nord-ouest le quartier résidentiel de Limoilou de la Ville de Québec ainsi que les résidents de Sainte-Pétronille au sud-est et les résidents de la ville de Lévis au sud.

La figure 1 illustre l'emplacement du Port de Québec et son pourtour.

1.3 Objectif

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des émissions associées à la combustion de combustibles fossiles et d'émissions de particules sur la qualité de l'air au pourtour du secteur de Beauport en fonction d'un scénario hypothétique prévoyant une division de l'arrière-quai en trois (3) zones, soit l'une dédiée au transbordement de vrac liquide occupant (62%), la seconde au vrac solide sous couvert (20%) et la dernière pour des marchandises (18%) générales (conteneurisées ou non). Les activités de manutention de containers émettront les contaminants suivants : CO, NO_x, SO₂ et PM_{2.5} provenant de la combustion de combustibles fossiles. Les activités de manutention de produits en vrac solide constitués de produits agricoles et biomasse émettront des particules (PM_{2.5}, PM₁₀ et MPT) qui seront acheminées vers un dépoussiéreur. La manutention du vrac solide se fera sous couvert et les émissions de particules seront toutes acheminées vers un dépoussiéreur. Les produits agricoles et biomasse ne contenant pas de métaux lourds, ces derniers n'ont pas été considérés dans cette étude.

Le niveau de référence des contaminants sélectionnés a été déterminé à l'aide de mesures prises pour les années 2013 à 2015 à la station Des Sables (Vieux-Limoilou) située à proximité de Beauport.

Dans le cadre de cette étude, les deux scénarios suivants ont été évalués :

- Un scénario des opérations futures incluant les émissions de CO, NO_x, SO₂ et PM_{2.5} provenant des cheminées des navires accostés au port, du transport sur les routes, des locomotives ainsi que des équipements de manutention du fret. Ce scénario inclut également les émissions de particules (PM₂₅) provenant des activités de chargement et déchargement de produits en vrac solide (produits agricoles et biomasse), toutes acheminées vers un dépoussiéreur.
- Un scénario des opérations de construction de l'agrandissement de Beauport incluant les émissions de CO, NO_x, SO₂ et PM_{2.5} provenant des remorqueurs, du dragage, des génératrices d'électricité, du camionnage et autres équipements de constructions (pelle mécanique, bulldozers, grues). Ce scénario inclut également les émissions de particules (PM₂₅, PM₁₀ et MPT) provenant des activités de construction. Ce scénario est basé sur les activités prévues à la première année de construction du quai multifonctionnel où les émissions seront maximales.

L'impact des émissions du scénario futur et de construction a été modélisé à l'aide du modèle AERMOD. Les concentrations modélisées ont été ajoutées aux concentrations de référence obtenues de la station Des Sables.

Les figures 2 et 3 illustrent respectivement la position des différentes sources pour le scénario futur et de construction dans le secteur de Beauport.

2. CRITÈRES ET VALEURS GUIDES APPLICABLES

La province de Québec réglemente la qualité de l'air par l'intermédiaire du Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changement Climatique (MDDELCC). Le MDDELCC a publié en 2015 le document "Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère" (MDDELCC, 2015). Les normes de ce document sont utilisées par le MDDELCC dans le cadre du Règlement sur l'Assainissement de l'Atmosphère (RAA) pour l'évaluation des impacts sur la qualité de l'air au Québec.

Les normes et critères du MDDELCC sont utilisées comme valeurs guides dans le cadre de cette étude, à l'exception des particules fines (PM_{2.5}) pour la période annuelle et les particules fines (PM₁₀) et retombées de poussières où il n'existe aucune norme au Québec. Conséquemment, la norme de la "Loi canadienne sur la protection de l'environnement" datant de 2013 a été choisi comme valeur guide pour les PM_{2.5} pour cette période. Les valeurs guides qui s'appliquent pour l'évaluation des six (6) contaminants sont présentées dans le tableau 1. Notons entre autres que la concentration initiale pour les PM_{2.5} sur une période annuelle est de 10 µg/m³ qui correspond à la valeur guide pour cette période.

Tableau 1: Valeurs guides sélectionnées pour l'évaluation de la qualité de l'air

Contaminants	CAS	Valeur Limite (µg/m³)	Concentration initiale ^[1] (µg/m³)	Période ^[2]	Type de seuil de référence ^[3]	Année de révision
Particules fines (PM _{2.5})	n/a	30	10 ^[4]	24 heures	norme	2013
		28	10 ^[4]	24 heures	objectif ^[5]	2011
		10	10 ^[4]	1 an	objectif ^[5]	2013
Particules fines (PM ₁₀)	n/a	n/a	21 ^[4]	24 heures	n/a	n/a
Particules totales (MPT)	n/a	120	46 ^[4]	24 heures	norme	2013
Carbone, monoxyde de	75-15-0	34 000	570 ^[6]	1 heure	norme	1979
		12 700	570 ^[6]	8 heures	norme	1979
Azote, dioxyde d'	10102-44-0	414	32 ^[6]	1 heure	norme	1979
		207	9 ^[4]	24 heures	norme	1979
		103	9 ^[4]	1 an	norme	1979
Soufre, dioxyde de	7446-09-5	1 050	33 ^[6]	4 minutes	norme	2013
		288	1 ^[4]	24 heures	norme	2013
		52	1 ^[4]	1 an	norme	2013
Retombées de poussières	n/a	1.7 ^[7]	0	1 mois	n/a	n/a

Notes :

- [1] La concentration initiale est la concentration préexistante d'un contaminant dans l'air ambiant.
- [2] Période sur laquelle s'appliquent les valeurs guides du MDDELCC.
- [3] Peut être soit une norme ou un critère. Le critère est défini comme étant le seuil de référence établi à la plus faible des concentrations sans effet nocif. La norme est définie comme étant le seuil déterminé à partir du niveau d'effet critique et après considération des facteurs environnementaux et socio-économiques (MDDELCC, 2002).
- [4] La valeur moyenne annuelle mesurée à la station Des Sables pour la période 2013-2015 a été utilisée comme concentration initiale.
- [5] Objectif en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (2011 et 2013).
- [6] La moyenne des valeurs calculées pour les 98th percentiles pour chaque année mesurée à la station Des Sables pour la période 2013-2015 a été utilisée comme concentration initiale.
- [7] La valeur choisie est la norme utilisée dans la province de Colombie Britannique. Les unités sont mg/(décimètre²-jour)

3. CARACTÉRISATION DES ÉMISSIONS

3.1 Émissions des opérations futures

Les activités ou équipements suivants sont ceux qui émettront des produits de la combustion lors des opérations futures :

- Navires en transit et remorqueurs;
- Navires à quai utilisant leurs moteurs auxiliaires;
- Véhicules routiers;
- Locomotives;
- Manutention des marchandises générales (conteneurisées ou non).

L'activité suivante émettra des particules diffuses lors des opérations futures :

- Manutention des produits en vrac solides; et
- Véhicules en mouvement sur les routes.

Puisque la manutention des produits en vrac solide se fera à l'aide d'un système pneumatique, toutes les particules émises seront acheminées vers un dépoussiéreur. Il est prévu que le dépoussiéreur capte la presque totalité des poussières émises et que les particules restantes non captées par le dépoussiéreur et émises dans l'atmosphère auront une grosseur inférieure ou égale à 2.5 microns.

Les paragraphes qui suivent décrivent la méthodologie utilisée pour estimer les émissions des produits de la combustion de combustibles fossiles et les émissions de particules associées aux opérations futures. La figure 2 montre l'emplacement des sources d'émissions atmosphériques pour le scénario futur.

3.1.1 Moteurs des navires

Pour le scénario futur, il est prévu que deux remorqueurs soient nécessaires pour transporter les navires au nouveau quai. Lors du remorquage, il est prévu que le moteur du navire principal ne fonctionne qu'à 10% de sa capacité maximale. Par la suite, le moteur auxiliaire du navire principal sera utilisé à 70% de sa capacité maximale afin de produire l'électricité nécessaire pour les opérations à quai. Les taux d'émissions provenant des moteurs auxiliaires et principaux des navires à Beauport pour le scénario des opérations futures ont été estimés en utilisant les données et hypothèses suivantes:

- une puissance (nette) maximale de 1250 kW pour tous les moteurs auxiliaires des navires accostés opérant à 25% de sa charge maximale;
- une puissance (nette) maximale de 5000 kW pour le moteur principal du navire en transit opérant à 10% de sa charge maximale;
- une puissance (nette) maximale de 462 kW pour les moteurs des deux remorqueurs opérant à 70% de leur charge maximale. Ces deux remorqueurs sont utilisés pour le remorquage du navire principal jusqu'au nouveau quai; et
- les facteurs d'émissions provenant du document publié par l'USEPA "Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data" (USEPA,2000).

Les taux annuels des émissions provenant des navires pour le scénario des opérations futures ont été estimés en utilisant les taux calculés pour les activités actuelles et un facteur proportionnel calculé sur la base du tonnage anticipé en 2020. Entre autres, le tonnage futur qui sera déplacé par les navires est estimé à 7.95 millions de tonnes par année tandis que le tonnage actuel (basée sur l'information fournie pour l'année 2010 considérée comme étant une année représentative des activités actuelles) est de 10.11 millions de tonnes par année.

Les détails pour les calculs des taux d'émissions et les émissions annuelles des moteurs auxiliaires de navires se trouvent à l'Annexe C.

3.1.2 Moteurs des véhicules routiers

Les taux d'émissions provenant des véhicules routiers pour le scénario des opérations futures incluent ceux associés aux véhicules portuaires voyageant sur le site (véhicules locaux) et les véhicules voyageant sur le site mais provenant de l'extérieur (véhicules extérieurs).

Les taux d'émissions provenant des véhicules locaux et extérieurs pour le scénario des opérations futures ont été estimés en utilisant les taux calculés pour les activités actuelles et un facteur proportionnel calculé sur la base du tonnage anticipé en 2020. Entre autres, le tonnage futur qui sera déplacé par les véhicules routiers est estimé à 1.075 millions de tonnes par année tandis que le tonnage actuel (basé sur l'information fournie pour l'année 2010 considérée comme étant une année représentative des activités actuelles) est de 1.385 millions de tonnes par année.

Les taux d'émissions provenant des véhicules locaux sont estimés en utilisant :

- les taux d'émissions par type de véhicules générés par le modèle MOVES2014a (pour une vitesse de 25 km/h et la marche au ralenti);
- la consommation annuelle de combustibles (basée sur l'information fournie pour l'année 2010 considérée comme étant une année représentative des activités actuelles);

Les taux d'émissions provenant des véhicules sur les routes externes sont estimés en utilisant :

- les taux d'émissions par type de véhicules générés par le modèle MOVES2014a (pour une vitesse de 25 km/h et la marche au ralenti);
- la distance moyenne annuelle parcourue;
- le nombre de véhicules (basée sur l'information fournie pour l'année 2010 considérée comme étant une année représentative des activités actuelles); et
- la durée de la marche au ralenti à chaque site d'opérateur (c.-à.-d. ClientA, ClientB et ClientC).

Les détails pour les calculs des taux d'émissions et les émissions annuelles de véhicules se trouvent à l'Annexe D.

3.1.3 Moteurs des locomotives

Les taux d'émissions provenant des locomotives pour le scénario des opérations futures incluent celles associés aux locomotives portuaires voyageant sur le site (locomotives rails locaux) et les locomotives voyageant sur le site mais provenant de l'extérieur (locomotives du CN/CP).

Les taux d'émissions provenant des locomotives locales et extérieures pour le scénario des opérations futures ont été estimés en utilisant les taux calculés pour les activités actuelles et un facteur proportionnel calculé sur la base du tonnage anticipé en 2020. Entre autres, le tonnage futur qui sera déplacé par rail est estimé à 1.275 millions de tonnes par année tandis que le tonnage actuel (basé sur l'information fournie pour l'année 2010 considérée comme étant une année représentative des activités actuelles) est de 1.937 millions de tonnes par année.

Les taux d'émissions provenant des locomotives voyageant sur les rails locaux et CN/CP sont estimés en utilisant :

- les facteurs d'émissions pour le CO, NO_x, SO₂ et PM_{2.5} provenant du document intitulé "Locomotive Emissions Monitoring Program" publié par l'Association des chemins de fer du Canada, Environnement et Changement climatique Canada et Transport Canada (ACFC, 2012); et
- la consommation de combustibles (diesel).

Les détails pour les calculs des taux d'émissions et les émissions annuelles de locomotives se trouvent à l'annexe E.

3.1.4 Moteurs des équipements de manutention des marchandises générales (conteneurisées ou non)

Les taux d'émissions associés aux équipements utilisés pour la manutention de marchandises générales (conteneurisées ou non) ou fret pour le scénario d'opérations futures ont été estimés en supposant :

- 2 équipements d'une puissance nominale équivalente à 300 HP;
- la puissance nominale de l'équipement;
- l'année du modèle de l'équipement;
- 4380 heures par année d'opération pour chaque équipement; et
- les taux d'émissions générés par les calculs NONROAD2008 pour chaque type d'équipement.

Les détails pour les calculs des taux d'émissions et les émissions annuelles pour la manutention du fret se trouvent à l'annexe F.

3.1.5 Manutention des produits en vrac solide acheminés au dépoussiéreur

Le scénario futur comporte la manutention de 2 050 000 tonnes produits agricoles et 500 000 tonnes de biomasse par année. Il est prévu que toute la manutention de ces matériaux en vrac se fasse dans un environnement sans émissions significatives de particules puisque celles-ci seront sous couvert et capturées par un dépoussiéreur. Un taux maximal d'émissions a été développé pour le dépoussiéreur en utilisant une valeur de 5 mg de particules par m³ d'air et un débit de 8,5 m³/s (ou 18 000 cfm). Toutes les émissions issues du dépoussiéreur ont été considérées comme étant des PM_{2.5}. Il est supposé que le déchargement d'un navire peut se prolonger sur une période de plus de 24 heures.

3.1.6 Véhicules en mouvement sur les routes

Les émissions de particules sur les routes associées aux mouvements des futurs véhicules sur les routes pavées à Beauport ont été estimées à l'aide des facteurs d'émission AP42 13.2.1 publiés par la US-EPA.

Le facteur d'émission pour les émissions de particules sur les routes pavées est décrit comme suit:

$$FE (g/VKT) = k (sL)^{0.91} (W)^{1.02};$$

Où "FE" est le facteur d'émissions en grammes par véhicules et distance parcourue en km ;

"k" représente le facteur aérodynamique des particules de MPT, PM₁₀ et PM_{2.5} ;

"sL" représente la teneur moyenne en silt sur les routes (g/m²).

"W" représente le poids moyen des véhicules voyageant sur les routes (tonnes US).

Les taux d'émissions provenant des véhicules locaux et extérieurs pour le scénario des opérations futures ont été estimés en utilisant les taux calculés pour les activités actuelles et un facteur proportionnel calculé sur la base du tonnage anticipé en 2020. Entre autres, le tonnage futur qui sera déplacé par les véhicules routiers est estimé à 1.075 millions de tonnes par année tandis que le tonnage actuel (basé sur l'information fournie pour l'année 2010 considérée comme étant une année représentative des activités actuelles) est de 1.385 millions de tonnes par année

Le tableau 2 montre les paramètres sélectionnés pour les calculs des émissions de particules sur les routes.

Tableau 2: Paramètres sélectionnés pour les calculs des émissions de particules sur les routes

Véhicule Type	Poids (tonnes E.U.)	Distance parcourue annuellement (km)	Taux d'émission (kg/hre) ^[1]		
			PMT (20 microns)	PM ₁₀ (10 microns)	PM _{2.5} (2.5 micron)
Léger	1.8	249331	0.17	0.03	0.01
Moyen	14.6	175452	1.00	0.19	0.05
Lourd	23.3	104976	0.96	0.18	0.04

Notes:

[1] Les taux d'émissions sont calculés en utilisant une teneur moyenne en silt de 1 g/m². La distance parcourue annuellement est basée sur un facteur proportionnel calculé sur la base du tonnage anticipé en 2020.

Les émissions annuelles et taux d'émissions pour les produits de combustion générées à Beauport pour le scénario futur sont montrées au Tableau 3.

Tableau 3: Sommaire des émissions annuelles et taux d'émission pour le scénario futur

Scénario	Activité	Site	NO _x	CO	MPT	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	NO _x	CO	MPT	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂
			tonnes/an	tonnes/an	tonnes/an	tonnes/an	tonnes/an	tonnes/an	g/s	g/s	g/s	g/s	g/s	g/s
Futur	Navires	futur	45.15	13.75	1.20	1.20	1.20	2.448	1.43	0.44	0.04	0.04	0.04	0.0776
	Poussières sur les routes	futur	0.00	0.00	8.87	1.70	0.41	0.000	0.00	0.00	0.28	0.05	0.01	0.0000
	Véhicule routiers	futur	2.21	2.59	0.15	0.15	0.15	0.005	0.07	0.08	0.00	0.00	0.00	0.0001
	Rail	futur	6.52	3.43	0.39	0.39	0.39	0.026	0.21	0.11	0.01	0.01	0.01	0.0008
	Manutention de fret	futur	0.33	0.16	0.02	0.02	0.02	0.004	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.0001
	Dépoussiéreur	futur	0.00	0.00	1.01	1.01	1.01	0.000	0.00	0.00	0.17	0.17	0.17	0.0000
Total des émissions pour le scénario (tonnes/année)			54.21	19.94	11.64	4.47	2.17	2.483	1.72	0.63	0.34	0.11	0.07	0.0787

D'après le tableau 3, on note que de façon générale, les navires sont les équipements qui génèrent le plus d'émissions de NO_x et CO pour le scénario futur. Le dépoussiéreur et les navires sont les activités qui génèrent le plus de PM_{2.5} pour le scénario futur.

3.2 Émissions lors des opérations de la construction

La construction de l'agrandissement à Beauport est prévue de s'échelonner sur 2 années consécutives. Il est prévu qu'elle débute à l'été 2018 et se termine à la fin de l'année 2019. L'été 2018 a été retenu comme étant la saison où les émissions atmosphériques lors de la construction seront maximales. Le tableau de l'Annexe B un sommaire détaillé des diverses activités de construction ainsi que les équipements prévus à l'été 2018.

Les activités ou équipements suivants sont ceux qui émettront des produits de la combustion lors de la construction :

- Remorqueurs;
- Drague
- Génératrices;
- Camionnage; et
- Équipements de constructions (pelles, grues, bulldozers);

Les activités ou équipements suivants sont ceux qui émettront des particules diffuses lors de la construction :

- Remblayage et terrassement avec bulldozers
- Usine de béton;
- Camionnage
- Manutention des matériaux de construction (sable, gravier, etc.).

Les paragraphes qui suivent décrivent la méthodologie utilisée pour estimer les émissions des produits de la combustion de combustibles fossiles et les émissions de particules associées aux opérations de la construction. La figure 3 montre l'emplacement des sources d'émissions atmosphériques pour le scénario de construction.

3.2.1 Moteurs des navires

Les taux d'émissions provenant des moteurs des remorqueurs et dragues pour le scénario de la construction ont été estimés en utilisant les données et hypothèses suivantes:

- une puissance (nette) maximale de 462 kW (620 HP) pour le moteur du remorqueur opérant à 70% de sa charge maximale;
- les facteurs d'émissions provenant du document publié par l'USEPA "Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data"(USEPA, 2000); et
- le nombre total de navires prévu à l'été 2018 tel que montré à l'annexe B.
- Un temps d'opération de 12 heures par jour;

Les détails pour les calculs des taux d'émissions et les émissions annuelles des moteurs de navires lors de la construction se trouvent à l'Annexe C.

3.2.2 Moteurs des camions

Les taux d'émissions provenant des camions pour le scénario de la construction sont estimés en utilisant :

- les taux d'émissions par type de véhicules générés par le modèle MOVES2014a (pour une vitesse de 25 km/h et la marche au ralenti);
- Une distance moyenne parcourue de 1.6 km (1 mile) pour chaque camion (3.2 km aller-retour);
- le nombre de camions prévu à l'été 2018 tel que montré à l'annexe B; et
- un temps d'opération de 12 heures par jour.

Les détails pour les calculs des taux d'émissions et les émissions annuelles des camions lors de la construction se trouvent à l'Annexe D.

3.2.3 Autres équipements pour la construction

Les taux d'émissions associés aux équipements utilisés pour la construction ont été estimés en utilisant :

- le nombre d'équipements prévu à l'été 2018 tel que montré à l'annexe B;
- la puissance nominale de l'équipement c'est-à-dire 310 HP pour la grue et le bulldozer, 127 HP pour la pelle mécanique, 893 HP pour la génératrice et 2000 HP pour la drague;
- un temps d'opération de 12 heures par jour pour tous les équipements à l'exception de la drague où le temps d'opération est de 24 heures par jour; et
- les facteurs d'émissions générés par les calculs NONROAD2008 pour chaque type d'équipement.

Les détails pour les calculs des taux d'émissions et les émissions annuelles pour la construction se trouvent à l'annexe F.

3.2.4 Émissions de particules des bulldozers

Les facteurs d'émission pour MPT, PM10 et PM2.5 des bulldozers ont été obtenus à partir de la section 11.9 Western Surface Coal Mining de l'AP-42 (US EPA, 1998). Les émissions ont été calculées comme suit:

$$E_{MPT} = \frac{2.6(s)^{1.2}}{M^{1.3}} \text{ kg/hre} \cdot \text{unité}$$

$$E_{PM10} = 0.75 \times \frac{0.45(s)^{1.5}}{M^{1.4}} \text{ kg/hre} \cdot \text{unité}$$

$$E_{PM2.5} = 0.105 \times E_{TSP} = \frac{0.273(s)^{1.2}}{M^{1.3}} \text{ kg/hre} \cdot \text{unité}$$

où:

s = le contenu en silt du matériel (%)

M = la teneur en humidité du matériel (%)

Les données pour le contenu moyen en silt et la teneur en humidité ne sont pas disponibles puisque la construction n'a pas encore débuté. Des valeurs de 3.5% pour le silt et 7.9% pour l'humidité ont été utilisées. Ces valeurs sont basées sur le document USEPA AP-42 Section 13.2.4 *Aggregate Handling and Storage Piles*.

3.2.5 Émissions de particules générées par l'usine de béton

Les facteurs d'émission pour les MPT et PM₁₀ pour les opérations de l'usine de béton ont été obtenus à partir du document AP-42 section 11.12 Concrete Batching (US EPA, 2006b). Les facteurs d'émission utilisés pour estimer les émissions de particules pour les opérations à l'usine de béton sont présentés dans le tableau 4. Les facteurs d'émission pour les PM₁₀ et les PM_{2.5} n'étant pas fournis; par conséquent des facteurs aérodynamiques pour la taille des particules tels que décrit dans le document AP-42 section 13.2.4 *Aggregate Handling and Storage Piles* (US 2006a EPA) ont été utilisés pour convertir les émissions de MPT en émissions de PM₁₀ et PM_{2.5}. Ces facteurs sont reproduits dans le tableau 5.

Il est prévu qu'un dépoussiéreur sera installé à l'usine à béton afin de contrôler les émissions de particules par filtration. Un facteur de contrôle de 99% a été appliqué pour les procédés utilisant le dépoussiéreur (AWMA 2000).

La production de béton est prévue pour 4 mois de mai à août. La coulée de béton prévue pour chaque caisson durera approximativement 76 heures.

Tableau 4: Facteurs d'émissions pour les opérations à l'usine de béton

	MPT	PM ₁₀	PM _{2.5}	Unité
Manutention du gravier	0.0035	0.0017	0.00026	kg/tonne _{gravier}
Chargement du ciment dans un silo par convoyeur pneumatique avec contrôle	0.0005	0.00017	0.000026	kg/tonne _{ciment}
Trémie pour chargement	0.0026	0.0013	0.00020	kg/tonne _{gravier et sable}
Chargement dans le mélangeur avec contrôle	0.0092	0.0028	0.00042	kg/tonne _{ciment}

Notes:

Source: Section 11.12 AP-42 (US EPA 2006b)

Tableau 5: Facteurs pour conversion des MPT en PM_{2.5} and PM₁₀

	Facteurs aérodynamiques		
Taille des particules	Moins que 2.5 microns	Moins que 10 microns	Moins que 30 microns
Facteur par rapport aux retombées de particules	0.053	0.35	0.74
Facteur par rapport au MPT	0.072	0.47	1.0

Notes:

Source: US EPA, 2006

3.2.6 Véhicules en mouvement sur les routes

Les émissions de particules associées aux mouvements des véhicules de construction sur les routes pavées à Beauport ont été estimées à l'aide des facteurs d'émission AP42 13.2.2 publiés par la US-EPA.

Le facteur d'émission pour les émissions de particules sur les routes pavées est décrit comme suit:

$$FE (g/VKT) = k (sL)^{0.91} (W)^{1.02} ;$$

Où "FE" est le facteur d'émissions en grammes par véhicules et distance parcourue en km ;

"k" représente le facteur aérodynamique des particules de MPT, PM₁₀ et PM_{2.5} ;

"sL" représente la teneur moyenne en silt sur les routes (g/m²).

"W" représente le poids moyen des véhicules voyageant sur les routes (tonnes US).

Le tableau 6 montre les paramètres sélectionnés pour les calculs des émissions de particules sur les routes.

Tableau 6: Paramètres sélectionnés pour les calculs des émissions de **particules** s sur les routes

Véhicule Type	Poids (tonnes US)	Distance parcourue aller simple (km)	Taux d'émission (kg/hre) ^[1]		
			PMT (20 microns)	PM ₁₀ (10 microns)	PM _{2.5} (2.5 micron)
Lourd	27.2	1,56	9,40	1,80	0,43

Notes:

[1] Les taux d'émission sont calculés en utilisant une teneur moyenne en silt de 1 g/m²

Les émissions annuelles et les taux d'émissions horaire pour les produits de combustion et de particules générées à Beauport pour le scénario de construction sont montrés au Tableau 7.

Tableau 7: Sommaire des émissions annuelles et taux d'émission pour le scénario de la construction

Scénarios	Activité	Site	NO _x	CO	MPT	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	NO _x	CO	MPT	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂
			tonnes/an	tonnes/an	tonnes/an	tonnes/an	tonnes/an	tonnes/an	g/s	g/s	g/s	g/s	g/s	g/s
Construction	Remorqueur ou l'équivalent	construction	16.18	1.82	0.40	0.40	0.40	0.814	2.87	0.32	0.07	0.07	0.07	0.1445
	Poussières diffuses	construction	0.00	0.00	5.73	0.88	0.60	0.000	0.00	0.00	2.01	0.64	0.17	0.0000
	Poussières sur les routes	construction	0.00	0.00	14.33	2.75	0.67	0.000	0.00	0.00	2.61	0.50	0.12	0.0000
	Dragage	construction	6.45	0.31	0.11	0.11	0.11	0.009	0.80	0.04	0.01	0.01	0.01	0.0011
	Camionnage	construction	2.42	0.76	0.17	0.17	0.17	0.003	0.11	0.03	0.01	0.01	0.01	0.0001
	Équipement diesel	construction	2.31	0.45	0.06	0.06	0.06	0.015	0.53	0.08	0.01	0.01	0.01	0.0028
Total des émissions pour le scénario (tonnes/année)			27.36	3.33	20.80	4.38	2.01	0.840	4.32	0.48	4.73	1.25	0.39	0.1486

D'après le tableau 7, on note que les remorqueurs, le dragage et le soulèvement de particules sur les routes sont les activités qui génèrent le plus d'émissions atmosphériques pour le scénario de construction.

4. MÉTHODOLOGIE POUR LA MODÉLISATION

La modélisation atmosphérique a été effectuée à l'aide du système de modélisation de la dispersion atmosphérique AERMET/AERMOD (USEPA, 2004). L'utilisation de ce modèle est en accord avec le "Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique" (version avril 2005) du MDDELCC.

4.1 AERMET

Le modèle de dispersion AERMOD requiert des données météorologiques afin de calculer le transport et la dispersion des émissions de contaminants dans le domaine d'étude. Les données météorologiques de la station Beauport (vitesse et direction du vent, température, pression) et de l'aéroport Jean Lesage (couvert, opacité et hauteur du plafond nuageux) ont été utilisées par AERMET comme données de surface pour calculer les paramètres de dispersion requis par AERMOD. Les données aérologiques de la station Caribou dans le Maine, située à environ 250 km à l'est de Québec, ont été utilisées par AERMET pour déterminer le profil thermique.

Les caractéristiques de surface (rugosité, albédo et rapport de Bowen) ont été calculées sur une base mensuelle selon les directives du MDDELCC (2014). Les caractéristiques de surface qui correspondent aux diverses utilisations du sol sont discutées à l'annexe A et représentées à la figure A1 et A2. Les paramètres calculés pour chaque secteur sont montrés dans les tableaux A1 à A7.

4.2 AERMOD

AERMOD est un modèle de dispersion gaussien qui permet de simuler les effets des conditions météorologiques sur le transport et la transformation de polluants atmosphériques. Ce modèle tient compte de l'effet des bâtiments et de la topographie sur la dispersion atmosphérique. Le modèle AERMOD est l'un des modèles recommandés dans le guide de la modélisation du MDDELCC.

4.2.1 Météorologie

AERMOD utilise des données météorologiques développées par le programme AERMET (décrite dans la section précédente) pour prévoir les concentrations maximales prévues des contaminants émis par les activités de Beauport.

4.2.2 Paramètres de dispersion

Les paramètres de dispersion utilisés pour la modélisation AERMOD sont ceux choisis par défaut dans le modèle. Puisque le site de Beauport se situe dans la Ville de Québec, l'option urbaine a été sélectionnée dans le modèle.

4.2.3 Récepteurs

La grille de récepteurs choisie a été conçue telle que proposée dans le guide de la modélisation du MDDELCC. Cette grille de récepteurs couvre un domaine d'étude de 12 km par 12 km centré sur le site de Beauport. Le tableau 8 mentionne les détails de la conception de la grille. Un espacement de 5 mètres a été choisi pour les récepteurs placés sur la limite de propriété.

Tableau 8: Dimension de la maille de calcul pour la grille des récepteurs

Maille	Distance de Beauport				
No de la grille	0 km – 0.75 km	0.75 km – 1.0 km	1.0 km – 1.5 km	1.5 km – 2.5 km	> 2.5 km
1	20 m				
2		50 m			
3			100 m		
4				200 m	
5					500 m

Cette grille de récepteurs contient également 165 récepteurs sensibles représentant des écoles, églises, garderies, hôpitaux, parcs et rampes de mise à l'eau. La figure 4 montre la grille de récepteurs incluant les récepteurs sensibles.

4.2.4 L'effet des bâtiments

L'effet des bâtiments sur la dispersion atmosphérique a été modélisé pour les sources ponctuelles.

4.2.5 Dépôt sèche et humide

Dans le cadre de cette étude, toutes les concentrations ont été modélisées sans la réduction associée à la déposition du contaminant modélisé. La déposition des particules sèche et humide a été modélisée séparément pour le scénario de construction seulement. Dans le cas du scénario futur, la déposition des particules a été considérée comme étant négligeable puisque les émissions de MPT pour une période de 1 mois pour ce scénario sont beaucoup moindres comparativement au scénario de construction.

4.2.6 Paramètres des sources

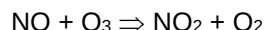
Les émissions associées aux navires à quai et au dépoussiéreur ont été représentés dans le modèle AERMOD par deux sources ponctuelles. Les émissions associées aux véhicules sur les routes et les navires en transit ont été représentés dans le modèle AERMOD par une série de sources volumiques adjacentes. Les émissions associées aux locomotives, à la manutention du fret et des conteneurs et à la construction ont été représentés dans le modèle AERMOD par des sources surfaciques.

Les figures 2 et 3 montrent la position des différentes sources pour le scénario futur et construction dans le secteur de Beauport.

4.2.7 OLM

Les émissions de NO_x sont composées de NO et de NO₂. Ordinairement, les émissions d'oxydes d'azote sont constituées principalement de NO qui par réaction dans l'atmosphère se transforme de NO en NO₂. Au Québec, la norme de qualité de l'air ambiant est basée sur le NO₂ et non pas sur les NO_x ou le NO. Les modèles de dispersion tels que AERMOD possèdent un algorithme qui permet de prédire les concentrations de NO_x.

La réaction entre le NO et l'ozone troposphérique (O₃) est l'un des moyens les plus importants de convertir le NO en NO₂. Cette réaction se définit comme suit:



Pour cette étude, les concentrations de NO₂ ont été estimées en utilisant la méthode OLM (Ozone Limiting Method).

Les niveaux ambiants d'ozone utilisés pour cette conversion ont été calculés à partir des données horaires de concentrations d'ozone mesurées à la station Des Sables pour la période de 2008 à 2012.

4.2.8 Scénarios modélisés

Le scénario futur ci-dessous a été élaboré représentant une situation où les émissions atmosphériques sont maximales. Il comporte la combinaison des sources suivantes :

- Un navire en transit accompagné de 2 remorqueurs;
- Un navire à quai utilisant un moteur auxiliaire;
- Des véhicules routiers;
- Des locomotives;
- La manutention des marchandises générales (conteneurisées ou non) à l'aide de deux chariots élévateurs;
- Le déchargement ou chargement de produits en vrac solides dont les émissions de particules sont acheminées au dépoussiéreur.

Cette activité ne se fera pas en continu tout au long de l'année. Il est prévu qu'un maximum de 69 navires par année transporteront du vrac solide. En faisant l'hypothèse que la durée maximale de cette opération est de 24 heures, un facteur d'ajustement de 0.19 (i.e. 69/365) pour les émissions de particules du dépoussiéreur a été utilisé pour modéliser les concentrations maximales annuelles.

Un scénario de construction a été élaboré selon l'échéance et les équipements prévues tels que décrit à l'annexe B. Il comporte la combinaison des sources suivantes :

- Remorqueurs;
- Dragues
- Génératrices;
- Camionnage;
- Bulldozers;
- Autres équipements de constructions (pelles, grues);
- Usine de béton;
- Manutention des matériaux de construction (sable, gravier, etc.).

Les émissions de ces sources ont été ajustées sur une base mensuelle selon leurs fréquences prévues telles que proposées à l'annexe B.

5. RÉSULTATS ET DISCUSSION

5.1 Résultats et discussion pour le scénario futur

Le tableau 9 montre les concentrations maximales prévues par le modèle AERMOD pour le scénario futur. À l'exception des PM_{2.5}, tous les contaminants sont sous la valeur guide définie par le MDDELCC. Les PM_{2.5} sont supérieures à la valeur limite de 10 µg/m³ pour la période annuelle et excèdent la valeur guide de 14%. On doit noter cependant que la concentration initiale choisie pour les PM_{2.5} sur une période annuelle est de 10 µg/m³ qui correspond à la valeur guide pour cette période.

Tableau 9: Concentrations modélisées par AERMOD pour le scénario futur

Contaminants	CAS	Valeur Limite (µg/m ³)	Concentration initiale [1] (µg/m ³)	Période [2]	Type de seuil de référence [3]	Année de révision	Concentration modélisée (µg/m ³)	Concentration Totale (µg/m ³)	% de la Valeur Limite
Particules fines (PM _{2.5})	n/a	30	10	24 heures	norme	2011	16.3	26	88%
		28	10	24 heures	objectif [4]	2015	16.3	26	94%
		10	10	1 an	objectif [4]	2013	1.4	11	114%
Particules fines (PM ₁₀)	n/a	n/a	21	24 heures	n/a	n/a	16	37	n/a
Particules totales (MPT)	n/a	120	46	24 heures	norme	2011	16	62	52%
Carbone, monoxyde de	75-15-0	34000	570	1 heure	norme	1979	129	699	2%
		12700	570	8 heures	norme	1979	71	641	5%
Azote, dioxyde d'	10102-44-0	414	32	1 heure	norme	1979	319	351	85%
		207	9	24 heures	norme	1979	111	120	58%
		103	9	1 an	norme	1979	17	26	25%
Soufre, dioxyde de	7446-09-5	1050	33	4 minutes	norme	2011	36	69	7%
		288	1	24 heures	norme	2011	7	8	3%
		52	1	1 an	norme	2011	1	2	5%

[1] : La concentration initiale est la concentration préexistante d'un contaminant dans l'air ambiant.

[2] Période sur laquelle s'appliquent les valeurs guides du MDDELCC

[3] Peut être soit une norme ou un critère. Le critère est défini comme étant le seuil de référence établi à la plus faible des concentrations sans effet nocif. La norme est définie comme étant le seuil déterminé à partir du niveau d'effet critique et après considération des facteurs environnementaux et socio-économiques (MDDELCC, 2002).

D'après le tableau 9, on note que la contribution maximale prévue pour le projet pour les $PM_{2.5}$ sera de $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Telle qu'illustrée à la figure 8, cette concentration maximale annuelle se produit à la limite de la propriété.

Les figures 5 à 9 montrent les concentrations maximales pour tous les contaminants dont les concentrations sont supérieures à ou près de la moitié de la valeur guide suggérée. Il faut noter cependant que dans le cas des $PM_{2.5}$ et MPT, la concentration initiale représente plus de 30% du critère choisi. Ces figures incluent les concentrations initiales mentionnées dans le tableau 1.

La figure 5 montre les concentrations maximales de NO_2 pour une période d'une heure. Cette figure montre que les concentrations sont supérieures à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans une zone à l'est de la limite de propriété sur le passage des navires en transit.

La figure 6 montre les concentrations maximales de NO_2 sur une période de 24 heures. Cette figure montre que les concentrations sont supérieures à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans une zone au-dessus du fleuve.

La figure 7 montre les concentrations maximales de $PM_{2.5}$ sur une période de 24 heures. Cette figure montre que les concentrations sont supérieures à $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans une zone près de la limite de propriété.

La figure 8 montre les concentrations maximales annuelles de $PM_{2.5}$. Cette figure montre que les concentrations sont supérieures à $10.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ou 1% de plus que la valeur guide choisie de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dans une zone inhabitée près de la limite de propriété et au-dessus du fleuve.

La figure 9 montre les concentrations maximales de MPT sur une période de 24 heures. Cette figure montre que les concentrations sont supérieures à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans une zone inhabitée près de la limite de propriété.

5.2 Résultats et discussion pour le scénario de construction

Le tableau 10 montre les concentrations maximales prévues par le modèle AERMOD pour le scénario de construction. À l'exception des $PM_{2.5}$, tous les autres contaminants sont sous la valeur guide définie par le MDDELCC. Les $PM_{2.5}$ excèdent la valeur guide pour la période annuelle de 10%. On doit noter cependant que la concentration initiale choisie pour les $PM_{2.5}$ sur une période annuelle est de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qui correspond à la valeur guide pour cette période.

Tableau 10: Concentrations modélisées par AERMOD pour le scénario de construction

Contaminants	CAS	Valeur Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentration initiale [1] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Période [2]	Type de seuil de référence [3]	Année de révision	Concentration modélisée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentration Totale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Valeur Limite
Particules fines ($\text{PM}_{2.5}$)	n/a	30	10	24 heures	norme	2011	5.6	16	52%
		28	10	24 heures	objectif [4]	2015	5.6	16	56%
		10	10	1 an	objectif [4]	2013	1.0	11	110%
Particules fines (PM_{10})	n/a	n/a	21	24 heures	n/a	n/a	15	36	n/a
Particules totales (MPT)	n/a	120	46	24 heures	norme	2011	61	107	89%
Carbone, monoxyde de	75-15-0	34000	570	1 heure	norme	1979	57	627	2%
		12700	570	8 heures	norme	1979	18	588	5%
Azote, dioxyde d'	10102-44-0	414	32	1 heure	norme	1979	294	326	79%
		207	9	24 heures	norme	1979	60	69	33%
		103	9	1 an	norme	1979	8	17	17%
Soufre, dioxyde de	7446-09-5	1050	33	4 minutes	norme	2011	36	69	7%
		288	1	24 heures	norme	2011	3	4	1%
		52	1	1 an	norme	2011	0.3	1	2%

[1] : La concentration initiale est la concentration préexistante d'un contaminant dans l'air ambiant.

[2] Période sur laquelle s'appliquent les valeurs guides du MDDELCC

[3] Peut être soit une norme ou un critère. Le critère est défini comme étant le seuil de référence établi à la plus faible des concentrations sans effet nocif. La norme est définie comme étant le seuil déterminé à partir du niveau d'effet critique et après considération des facteurs environnementaux et socio-économiques (MDDELCC, 2002).

D'après le tableau 10, on note que la contribution maximale prévue pour le projet pour les $\text{PM}_{2.5}$ sera de $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Telle qu'illustrée à la figure 13, cette concentration maximale annuelle se produit à la limite de la propriété.

Le tableau 11 montre la déposition maximale prévue de particules par le modèle AERMOD pour une période d'un mois pour le scénario de construction. On note que la valeur maximale de déposition est inférieure au critère choisi de $1.7 \text{ mg}/(\text{dm}^2\text{-jour})$.

Tableau 11: Déposition modélisées par AERMOD pour le scénario de construction

Contaminants	CAS	Valeur Limite (mg/dm ² -jour)	Valeur initiale (mg/dm ² -jour)	Période	Type de seuil de référence	Année de révision	Déposition modélisée (mg/dm ² -jour)	Déposition totale (mg/dm ² -jour)	% de la Valeur Limite
déposition totale	n/a	1.7	0	1 mois	n/a	n/a	1.12	1.12	66%
déposition sèche	n/a	1.7	0	1 mois	n/a	n/a	1.10	1.10	65%
déposition humide	n/a	1.7	0	1 mois	n/a	n/a	0.02	0.02	1%

Les figures 10 à 14 montrent les concentrations maximales pour tous les contaminants dont les concentrations sont supérieures à ou près de la moitié de la valeur guide suggérée. Il faut noter cependant que dans le cas des PM_{2.5} et MPT, la concentration initiale représente plus de 30% du critère choisi. Ces figures incluent les concentrations initiales mentionnées dans le tableau 1.

La figure 10 montre les concentrations maximales de NO₂ pour une période d'une heure. Cette figure montre que les concentrations sont supérieures à la valeur de 100 µg/m³ dans une zone à l'est de la limite de propriété.

La figure 11 montre les concentrations maximales de NO₂ sur une période de 24 heures. Cette figure montre que les concentrations sont supérieures à la valeur de 40 µg/m³ dans une zone très près de la limite de propriété.

La figure 12 montre les concentrations maximales de PM_{2.5} sur une période de 24 heures. Cette figure montre que les concentrations sont supérieures à la valeur de 12 µg/m³ dans une zone très près de la limite de propriété.

La figure 13 montre les concentrations maximales annuelles de PM_{2.5}. Cette figure montre que les concentrations sont supérieures à la valeur de 10.1 µg/m³ (ou 1% de plus que la valeur guide choisie de 10 µg/m³) dans une zone inhabitée près de la limite de propriété. On remarque que les concentrations les plus élevées se produisent du côté est de la limite de propriété à proximité de la zone de construction.

La figure 14 montre les concentrations maximales de MPT sur une période de 24 heures. On remarque que la concentration maximale de 107 µg/m³ se produit du côté est de la limite de propriété.

La figure 15 montre la déposition maximale totale (sèche et humide) de MPT sur une période de 30 jours. On remarque que la valeur maximale de 1.12 mg/dm²-jour se produit du côté ouest de la limite de propriété.

6. CONCLUSION

L'impact des émissions associées à la combustion de combustibles fossiles et d'émissions de particules sur la qualité de l'air au pourtour du secteur de Beauport a été modélisé à l'aide du modèle AERMOD. Les concentrations modélisées ont été ajoutées aux concentrations de référence obtenues de la station Des Sables.

Un scénario des opérations futures a été élaboré incluant les émissions de CO, NO_x, SO₂ et PM_{2.5} provenant des cheminées des navires accostés au port, du transport sur les routes, des locomotives ainsi que des équipements de manutention du fret.

Un scénario des opérations de construction de l'agrandissement de Beauport a été élaboré. Il inclut les émissions de CO, NO_x, SO₂ et PM_{2.5} provenant des remorqueurs, du dragage, des génératrices d'électricité, du camionnage et autres équipements de constructions (pelle mécanique, bulldozers, grues). Ce scénario inclut également les émissions de particules (PM_{2.5}, PM₁₀ et MPT) provenant des activités de construction. Ce scénario est basé sur les activités prévues à la première année de construction du quai multifonctionnel où les émissions seront maximales.

Pour les scénarios des opérations futures et de construction, tous les contaminants modélisés sont inférieurs à la valeur guide sélectionnée à l'exception des PM_{2.5} pour la période annuelle où les concentrations modélisées sont supérieures au critère choisi de 10 µg/m³. Notons entre autres que la concentration initiale pour les PM_{2.5} sur une période annuelle est de 10 µg/m³, ce qui correspond à la valeur guide pour cette période. Conséquemment, toute émission de PM_{2.5} dans les environs de Beauport engendre des concentrations supérieures à la valeur guide.

Il est possible que la concentration initiale sélectionnée pour représenter les concentrations annuelle de PM_{2.5} dans l'air ambiant à Beauport soit surestimée. Entre autres, la station Primevères en milieu résidentiel de banlieue et la station sur la 2^{ième} avenue en milieu urbain montrent toutes les deux des concentrations annuelles inférieures au critère choisi de 10 µg/m³ (respectivement 8 µg/m³ et 7 µg/m³). Par exemple, si la station Primevères en milieu résidentiel de banlieue avait été choisie comme station pour établir la valeur guide, la concentration initiale eut été de 8 µg/m³ et aucun dépassement de la valeur guide pour les PM_{2.5} pour la période annuelle n'aurait été modélisé.

Notons que les concentrations maximales annuelles excédant 0.1 µg/m³ ou 1% de plus que la concentration initiale choisie de 10 µg/m³ se trouvent à être dans une zone inhabitée en majeure partie au-dessus du fleuve St-Laurent et ce pour les deux scénarios modélisés.

On conclut que les émissions de particules et des produits de la combustion pour les scénarios des opérations futures et de construction du futur quai n'auront qu'un effet minime sur la qualité de l'air au pourtour du secteur de Beauport.

7. BIBLIOGRAPHIE

Conseil Canadien des Ministre de l'Environnement (CCME), Objectifs nationaux afférents à la qualité de l'air ambiant au Canada, processus et état, 1999

Conseil Canadien des Ministre de l'Environnement (CCME), Protocole de surveillance de la qualité de l'air ambiant relatif au PM_{2.5} et à l'ozone, Standards pancanadiens relatif aux particules et à l'ozone, 2011.

Environnement Canada, "Normes Climatiques (1981-2010)" de l'aéroport international de Jean Lesage, site web Environnement Canada

Environnement Canada, '*Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*' le 25 mai 2013, <http://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=56D4043B-1&news=A4B2C28A-2DFB-4BF4-8777-ADF29B4360BD>

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), Guide de la Modélisation de la Dispersion Atmosphérique, avril 2005

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 'Modélisation de la dispersion atmosphérique – Instruction pour le calcul des caractéristiques de surface', 2014

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), "Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère, version 4", 2015

Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA), article 10, Valeurs limites et autre normes applicables à l'émission de particules provenant de certaines installations ou activités ou de certains procédés industriels, 2013.

Association des chemins de fer du Canada, Environnement et Changement climatique Canada et Transport Canada, "Programme de surveillance des émissions des locomotives 2010", page 6, modifié février 2012

United States Environmental Protection Act, 2015, MOVES 2014a User's Guide, EPA-420/B-15-095, Novembre 2015.

United States Environmental Protection Act (USEPA). "Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data", Office of Transportation and Air Quality, EPA420-R-00-002, février 2000.

United States Environmental Protection Act (USEPA), Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Section 11.9: Western Surface Coal Mining. 14 pp.



CONSULTING ENGINEERS
& SCIENTISTS

United States Environmental Protection Act (USEPA), 2009. Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling – Compression-Ignition, en ligne :
<https://www3.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm#docs>

United States Environmental Protection Act, 2004c. User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model AERMOD, EPA-454/B-03-001, September 2004.

United States Environmental Protection Act (USEPA). 2006a. AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Section 13.2.4: Aggregate Handling and Storage Piles. 6 pp.

United States Environmental Protection Act (USEPA), 2006b. AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Section 11.12: Concrete Batching. 14 pp.

United States Environmental Protection Act (USEPA), 2011. AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Section 13.2.1: Paved Roads. 15 pp.

FIGURES



Plan de la zone portuaire de Beauport

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

True North



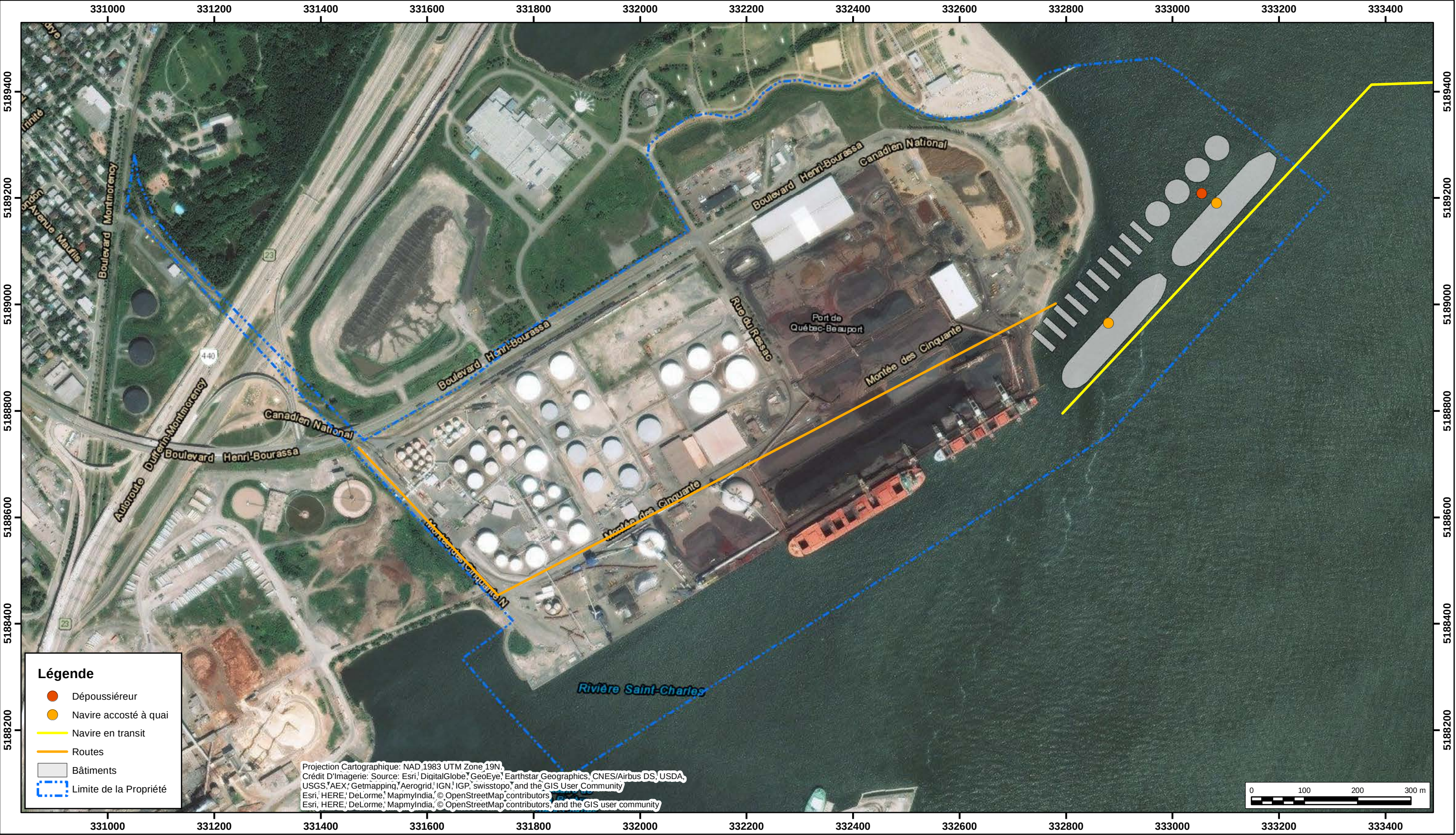
Drawn by: DJH Fig: 1

Approx. Scale: Unknown

Date Revised: Jan. 26, 2016

Project #1401535

RWDI



Plan de la zone d'étude et emplacement des sources futures

Opération future

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Nord Géographique



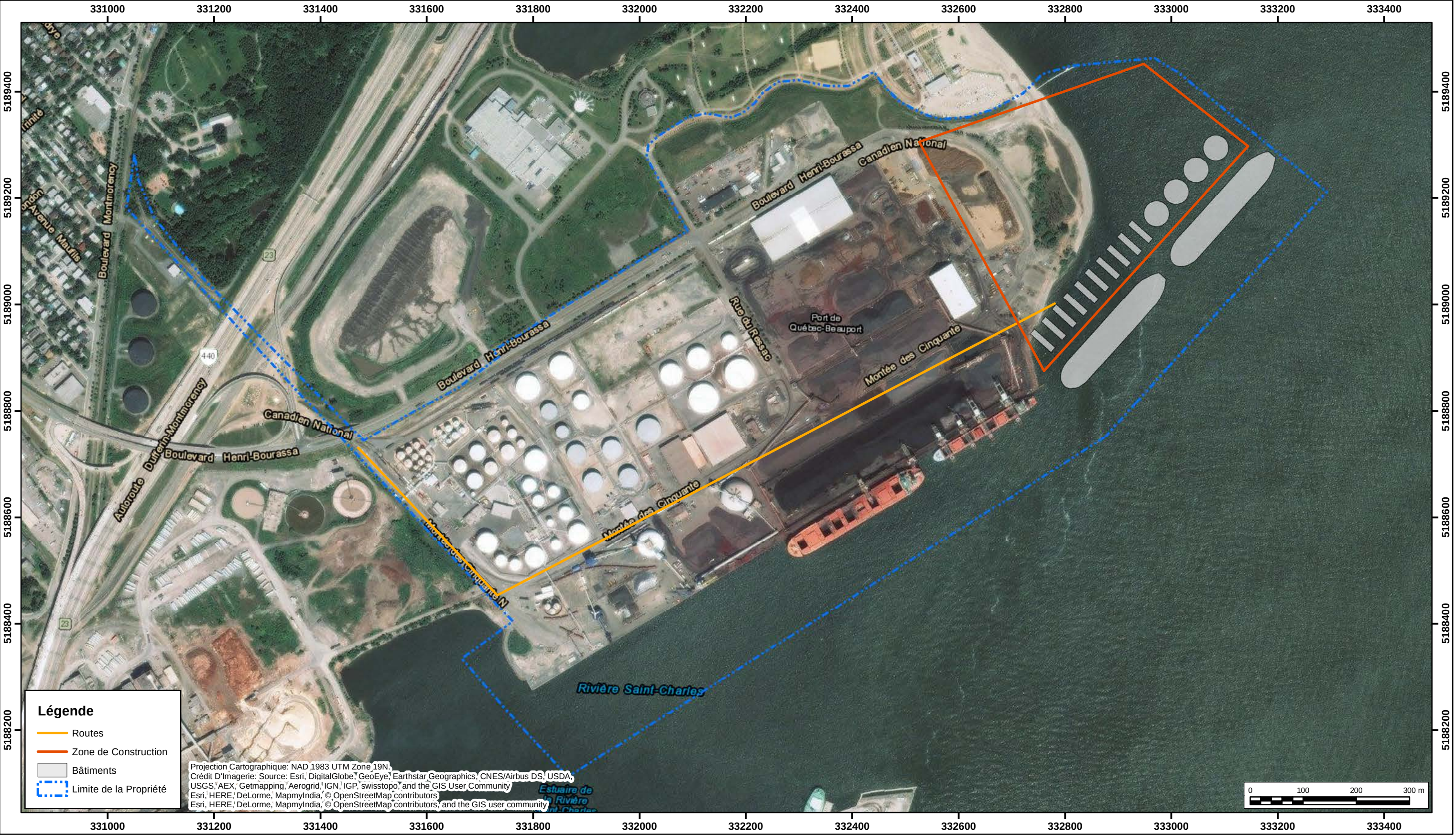
Dessiné Par: DJH Figure: 2

Échelle Approx.: 1:6,797

Date de Révision: Sep. 1, 2016

Projet #1401535





Plan de la zone d'étude et emplacement des sources lors de la construction

Construction

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Nord Géographique



Dessiné Par: DJH

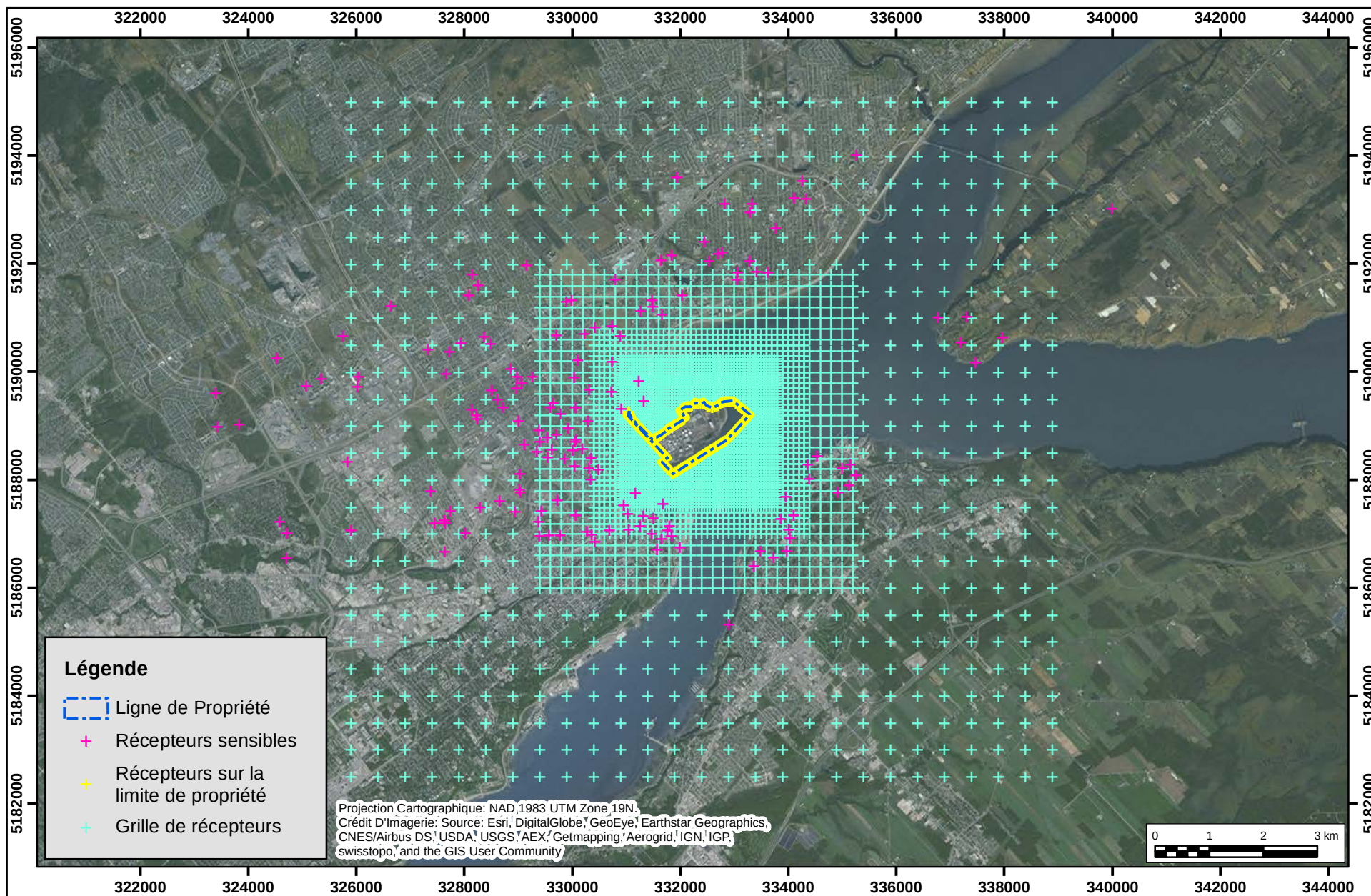
Figure: 3

Échelle Approx.: 1:6,797

Date de Révision: Sep. 1, 2016

Projet #1401535





Grille de récepteurs incluant les récepteurs sensibles

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord

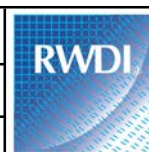


Dessiné Par: DJH

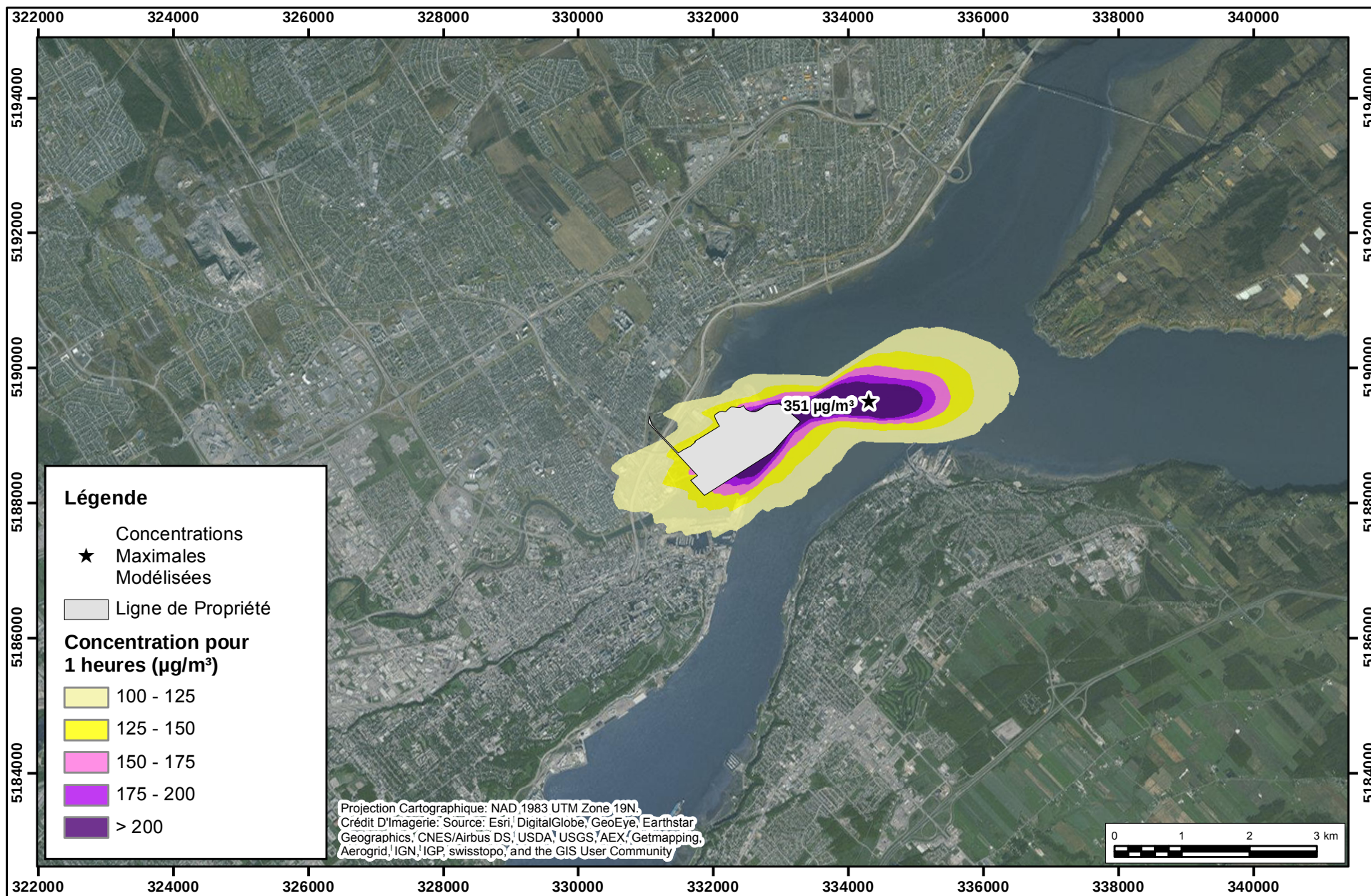
Figure: 3

Échelle Approx.: 1:100,000

Date de Révision: Aug. 5, 2016



Projet #1401535



Concentrations maximales NO_2

Opération future

Valeur guide: $414 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 Concentration initiale: $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord



Dessiné Par: CAM

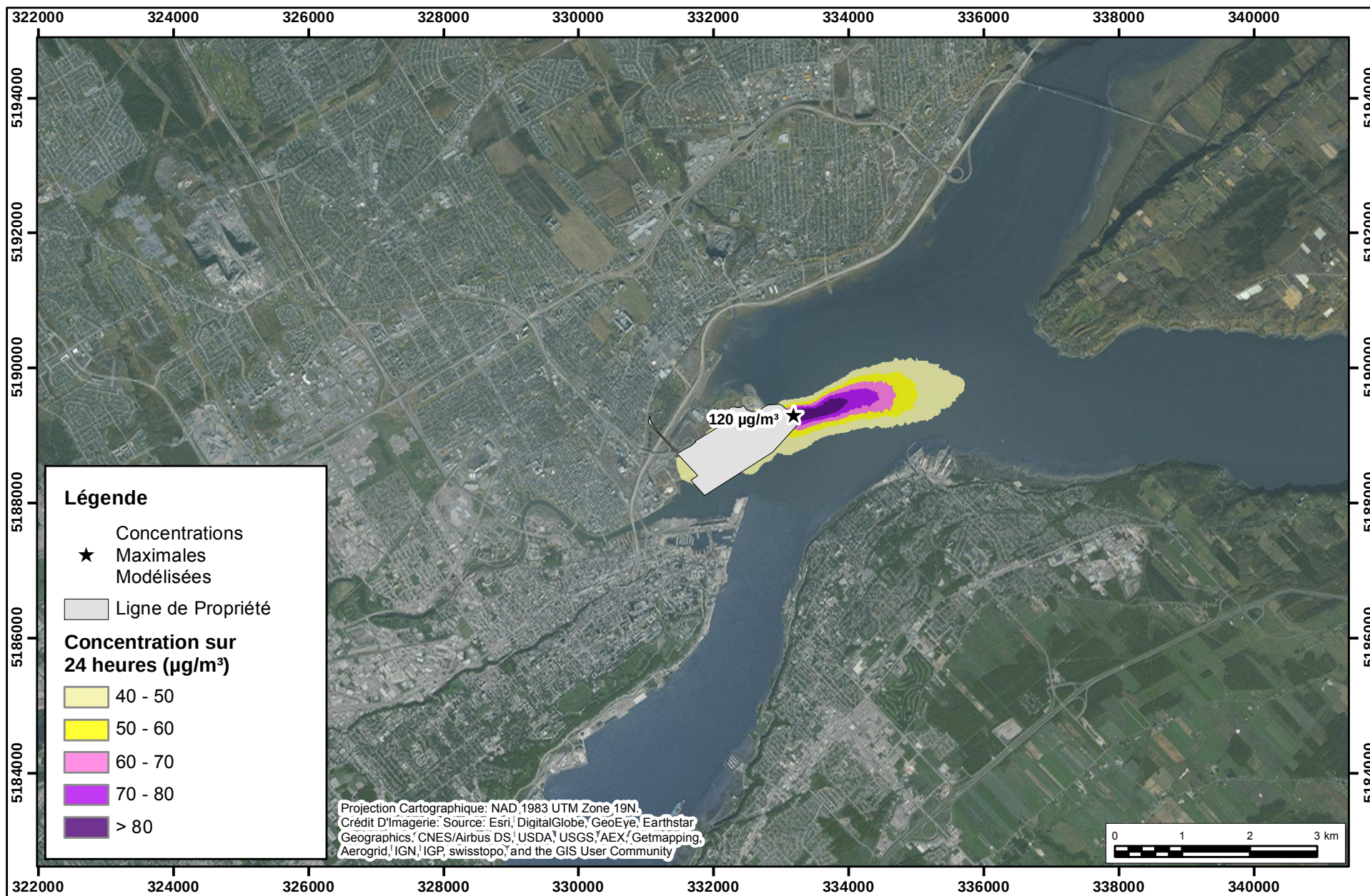
Figure: 5

Échelle Approx.: 1:80,000

Date de Révision: Sep. 9, 2016

Projet #1401535





Concentrations maximales NO₂

Opération future

Valeur guide: 207 µg/m³
 Concentration initiale: 9.0 µg/m³

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord



Dessiné Par: CAM

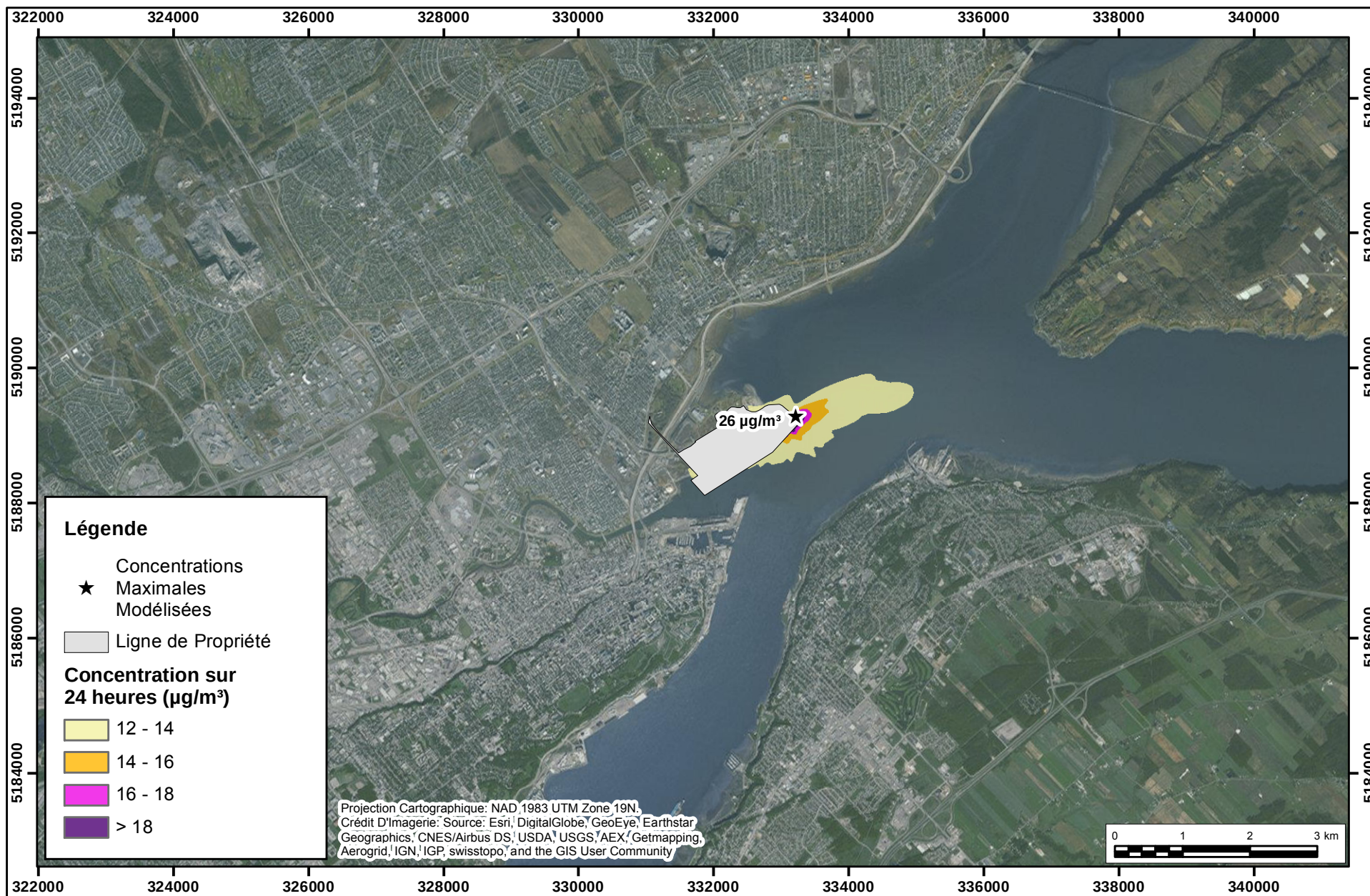
Figure: 6

Échelle Approx.: 1:80,000

Date de Révision: Sep. 9, 2016

Projet #1401535





Concentrations maximales PM_{2.5}

Opération future

Valeur guide: 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 Concentration initiale: 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord



Dessiné Par: CAM

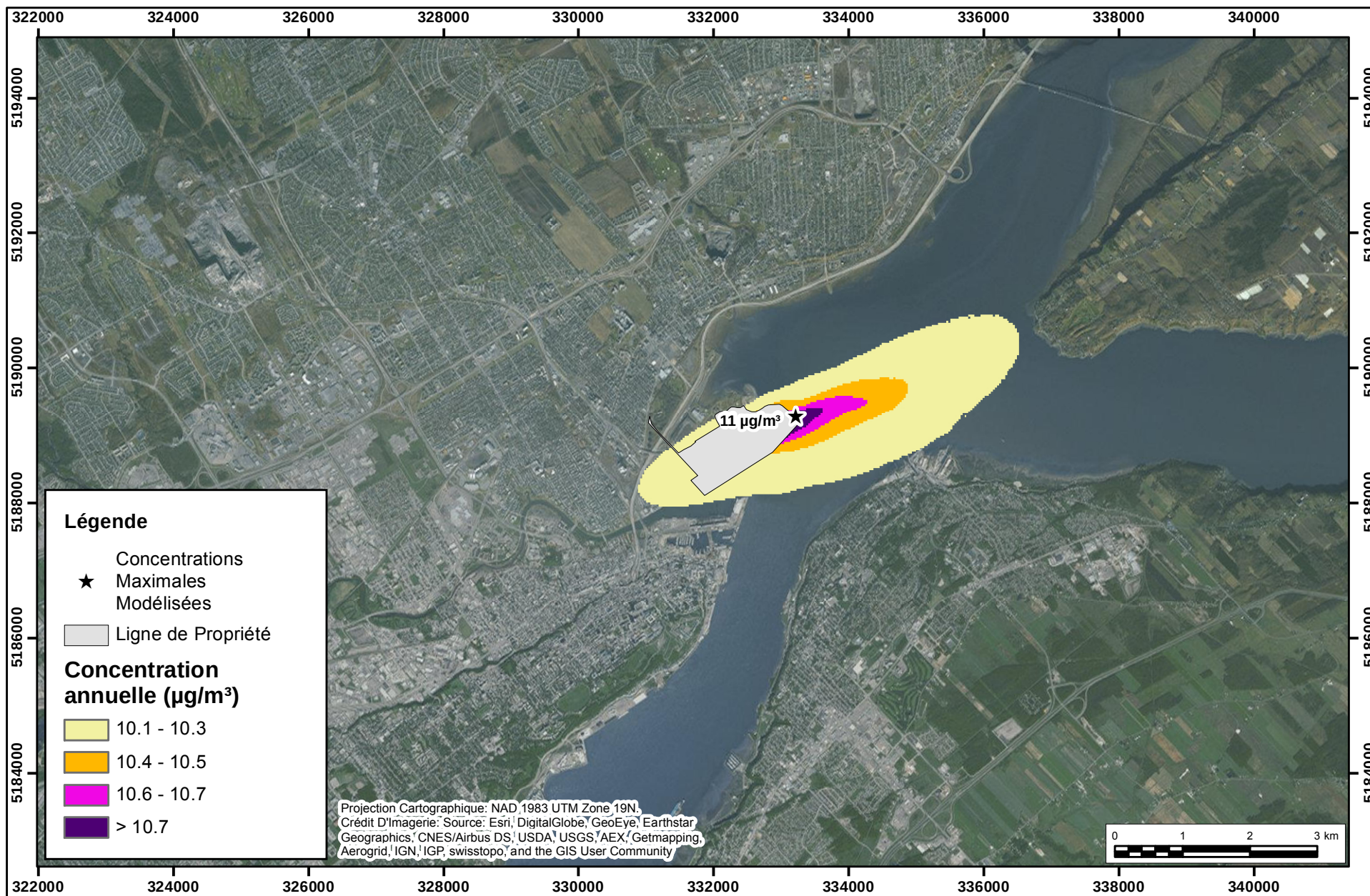
Figure: 7

Échelle Approx.: 1:80,000

Date de Révision: Sep. 9, 2016

Projet #1401535





Concentrations maximales PM_{2.5}

Opération future

Valeur guide: 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 Concentration initiale: 10.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord



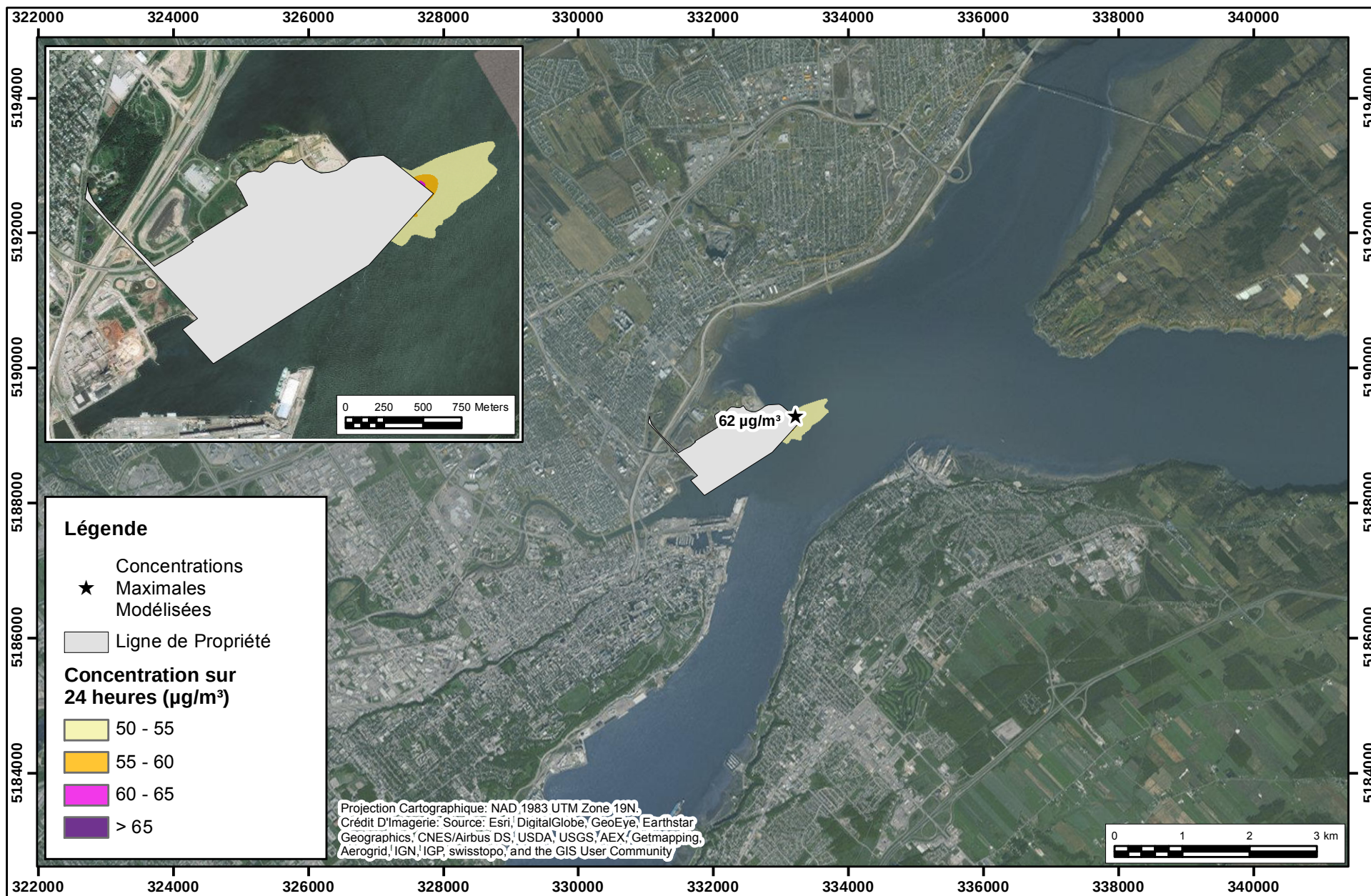
Dessiné Par: CAM Figure: 8

Échelle Approx.: 1:80,000

Date de Révision: Sep. 9, 2016

Projet #1401535





Concentrations maximales MPT

Opération future

Valeur guide: 120 µg/m³
Concentration initiale: 46 µg/m³

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord



Dessiné Par: CAM

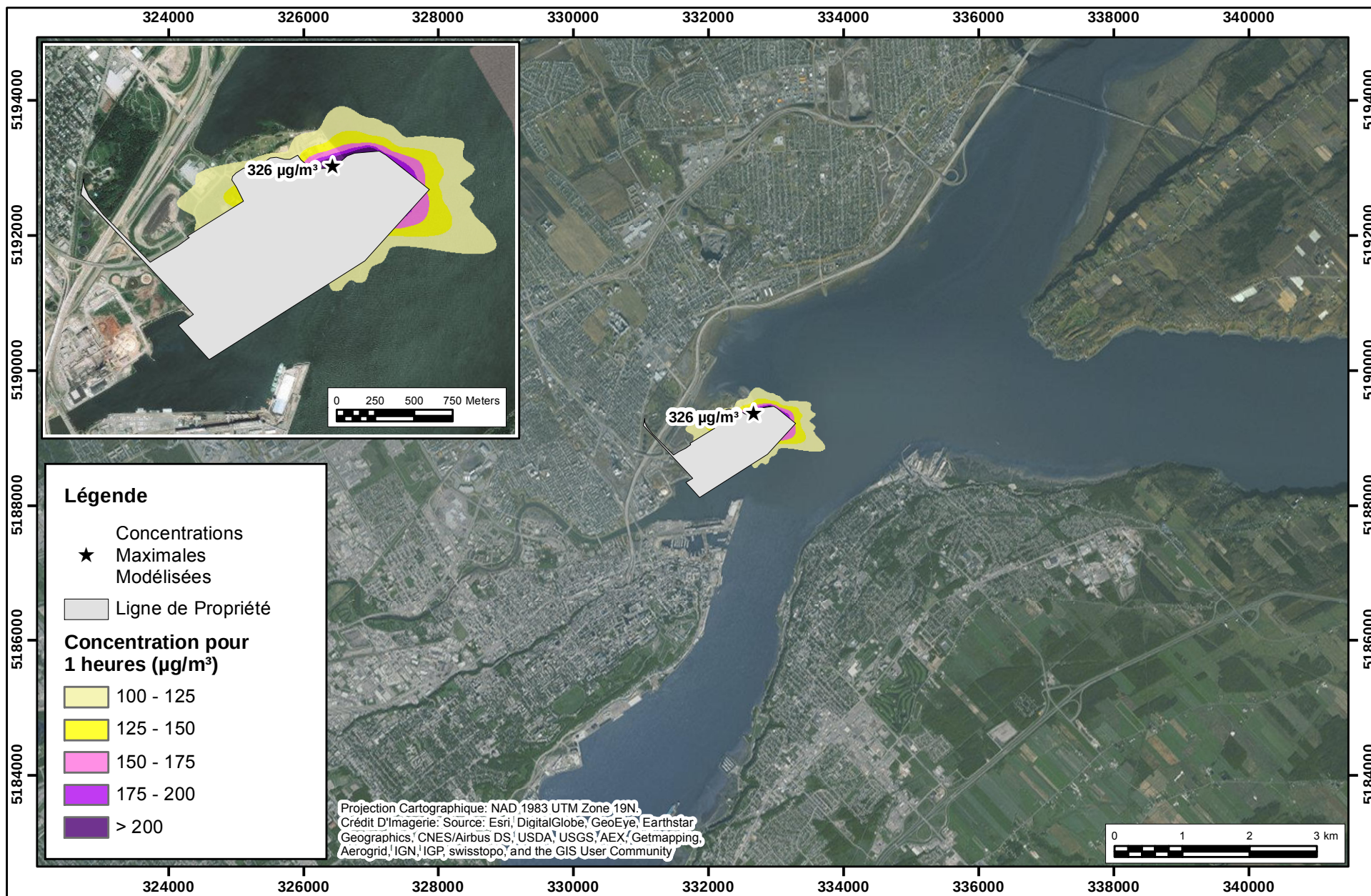
Figure: 9

Échelle Approx.: 1:80,000

Date de Révision: Sep. 9, 2016

Projet #1401535





Concentrations maximales NO_2

Construction

Valeur guide: $414 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 Concentration initiale: $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord



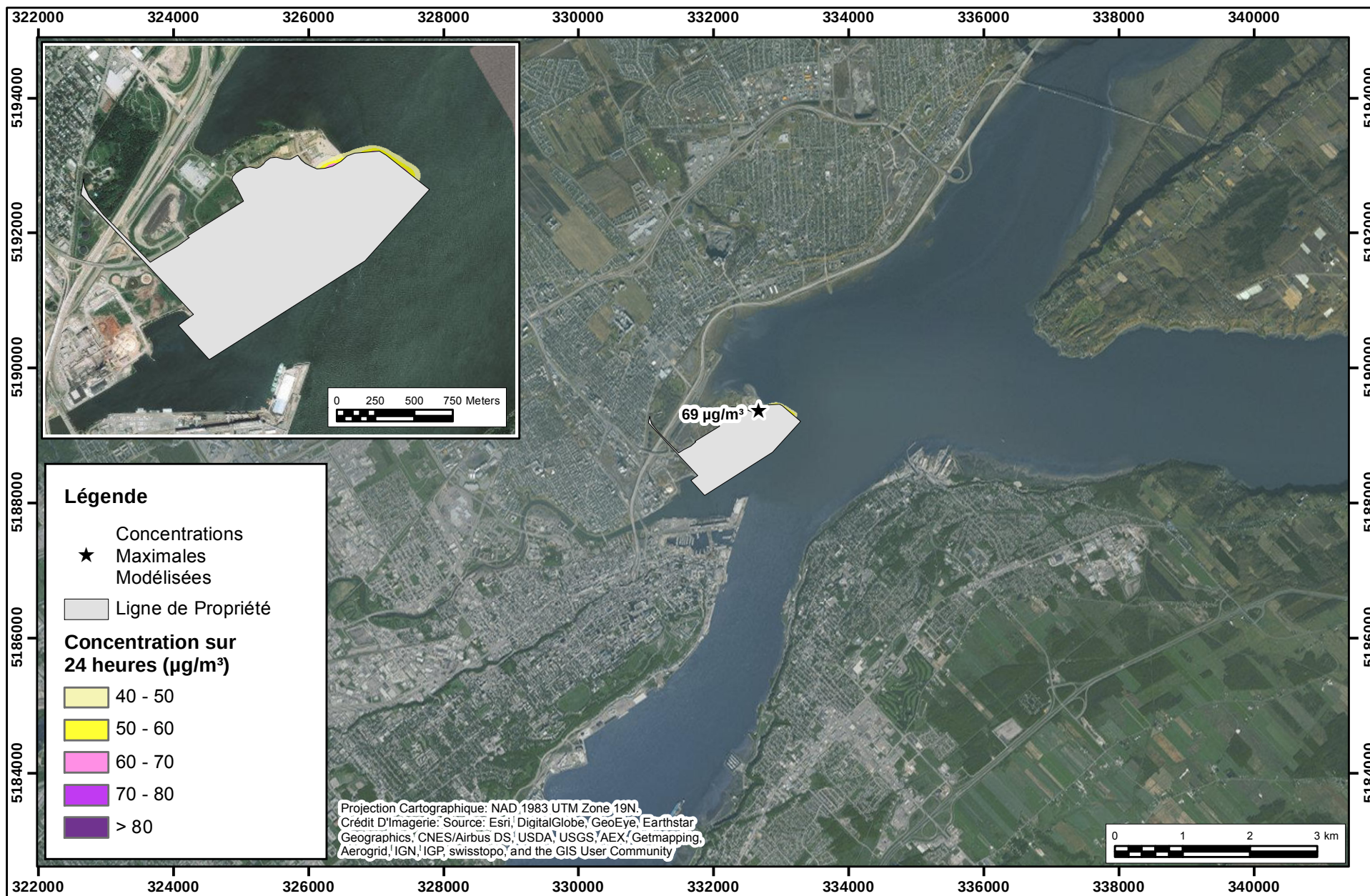
Dessiné Par: CAM Figure: 10

Échelle Approx.: 1:80,000

Date de Révision: Sep. 9, 2016

Projet #1401535





Concentrations maximales NO_2

Construction

Valeur guide: 207 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 Concentration initiale: 9.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord



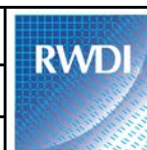
Dessiné Par: CAM

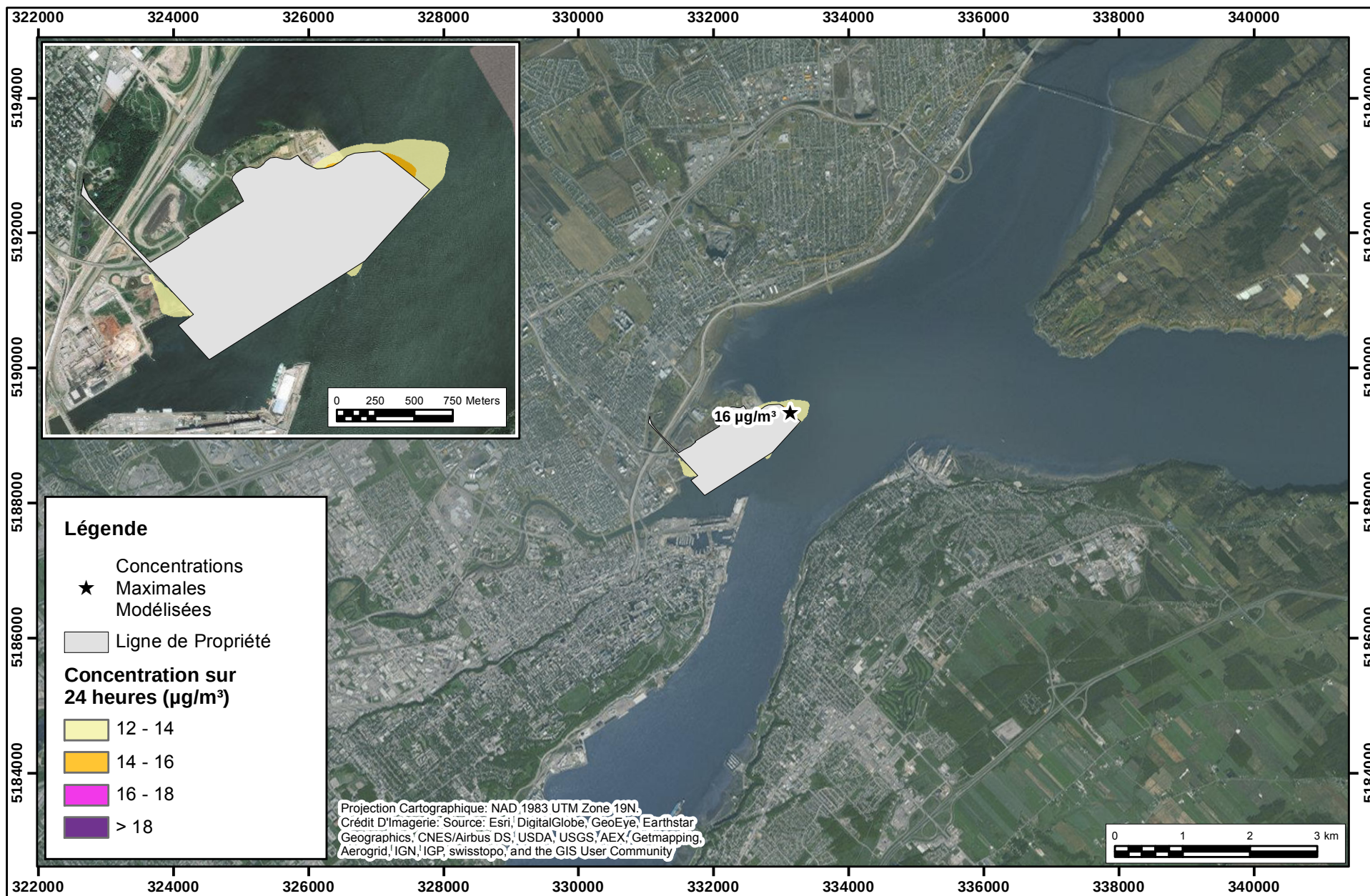
Figure: 11

Échelle Approx.: 1:80,000

Date de Révision: Sep. 9, 2016

Projet #1401535





Concentrations maximales PM_{2.5}

Construction

Valeur guide: 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 Concentration initiale: 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord

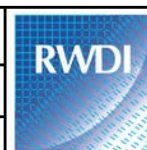


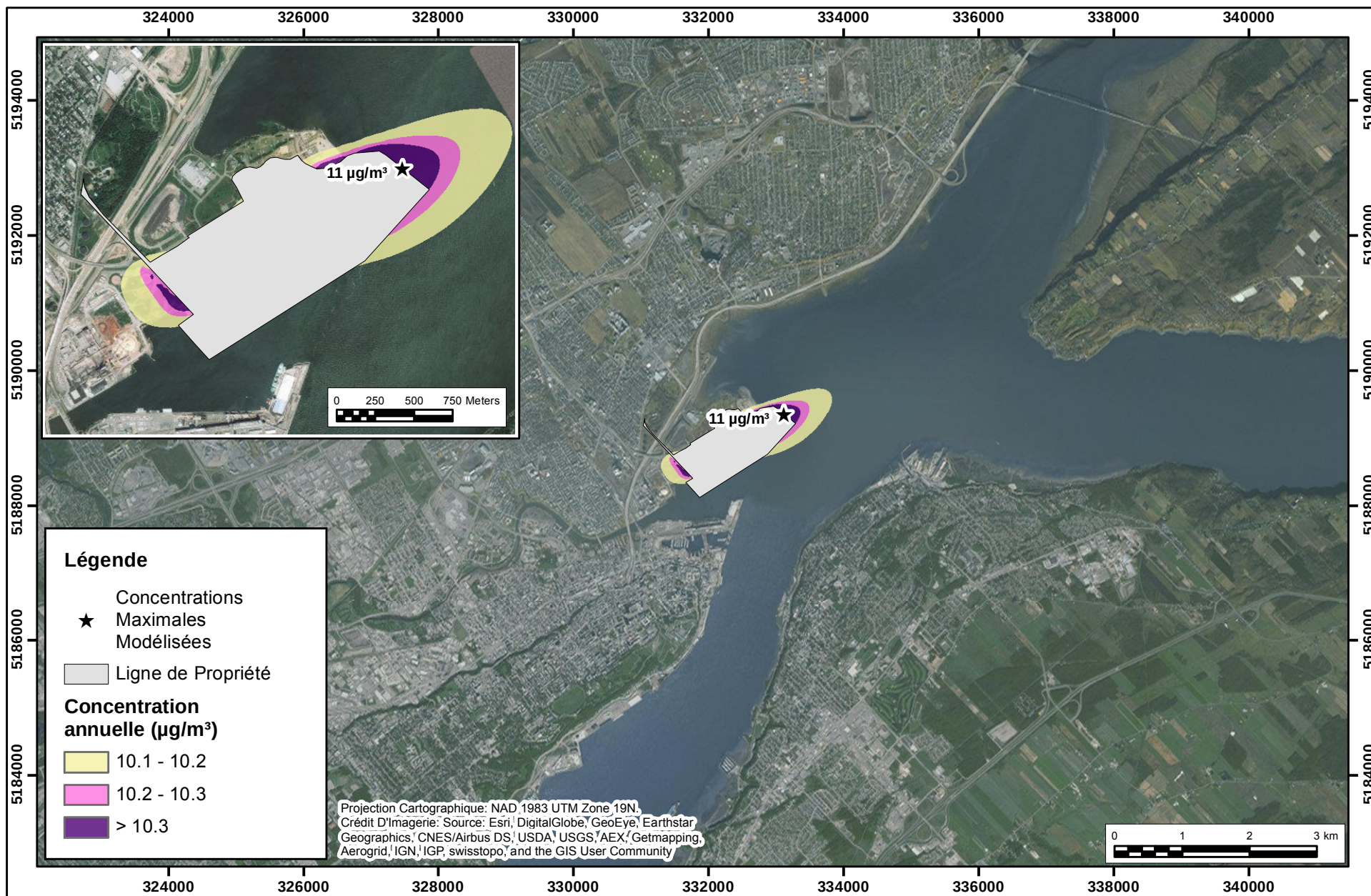
Dessiné Par: CAM Figure: 12

Échelle Approx.: 1:80,000

Date de Révision: Sep. 9, 2016

Projet #1401535





Concentrations maximales $\text{PM}_{2.5}$

Construction

Valeur guide: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 Concentration initiale: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord

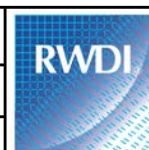


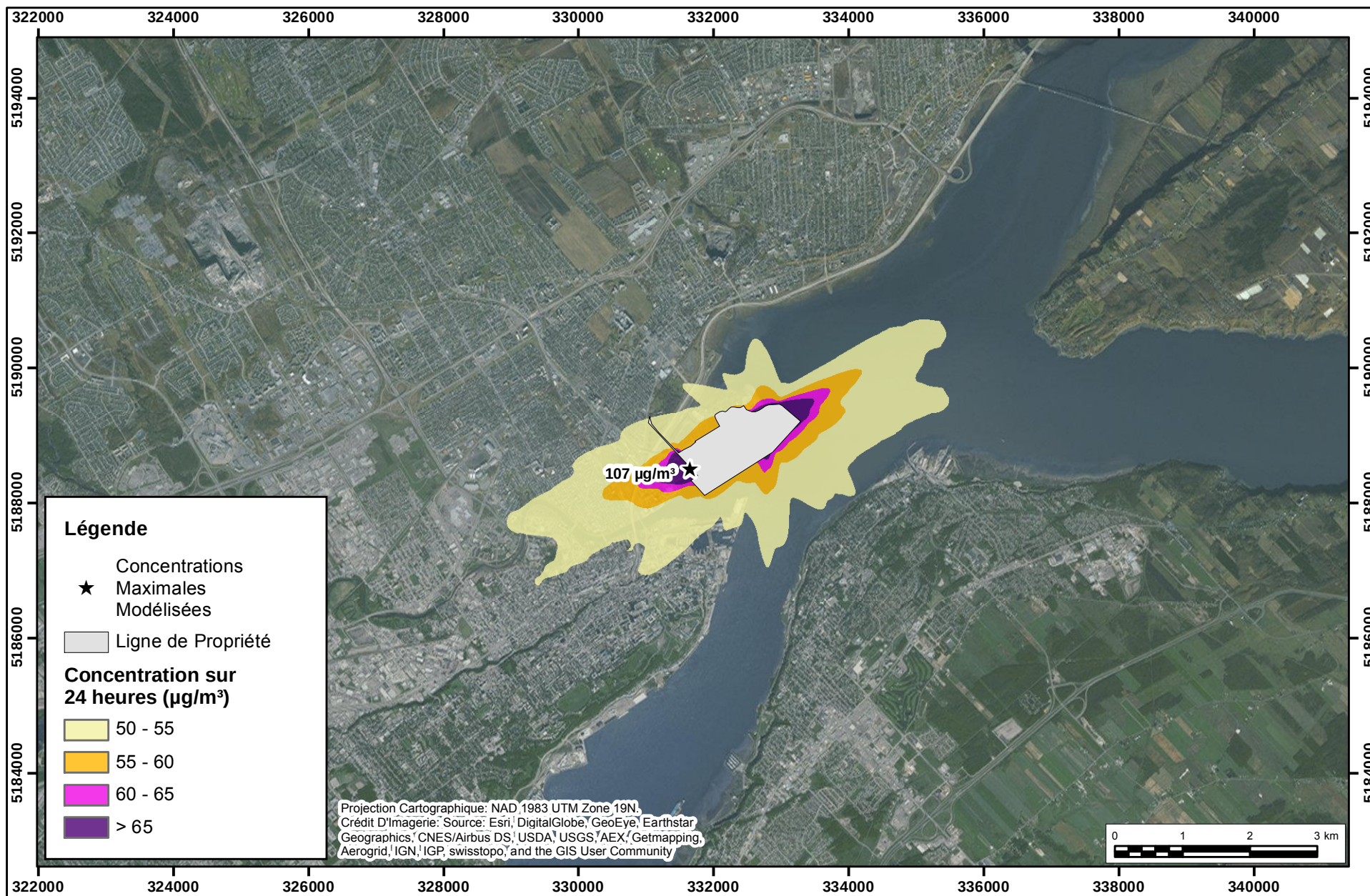
Dessiné Par: CAM Figure: 13

Échelle Approx.: 1:80,000

Date de Révision: Sep. 9, 2016

Projet #1401535





Concentrations maximales MPT

Construction

Valeur guide: $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 Concentration initiale: $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord



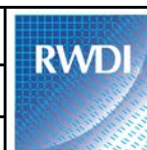
Dessiné Par: CAM

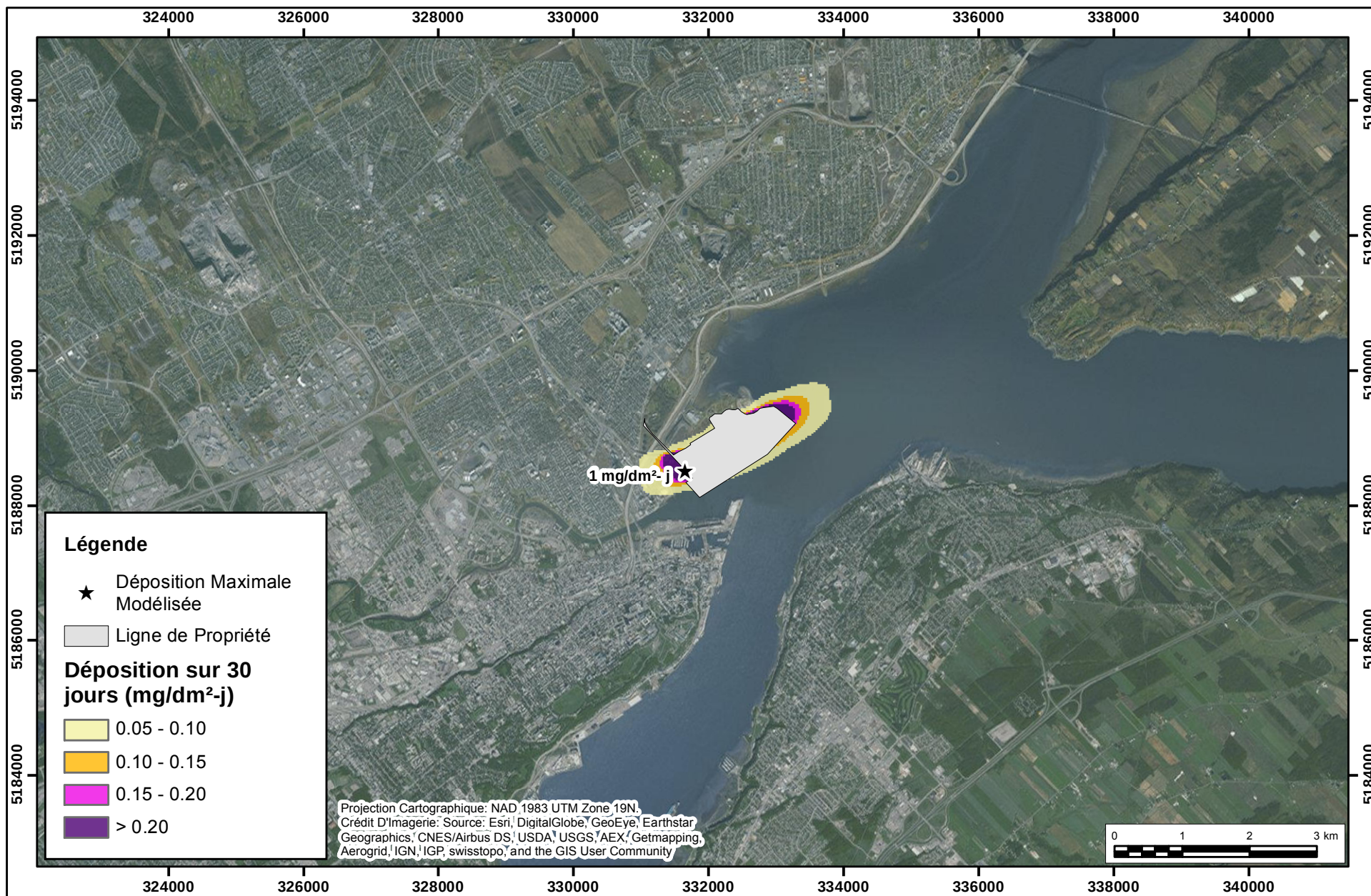
Figure: 14

Échelle Approx.: 1:80,000

Date de Révision: Sep. 9, 2016

Projet #1401535





Déposition totale des particules

Construction

Valeur guide: $1.7 \text{ mg}/\text{dm}^2\text{-j}$
 Valeur initiale: $0 \text{ mg}/\text{dm}^2\text{-j}$

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec

Vrai Nord



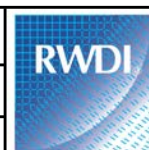
Projet #1401535

Dessiné Par: CAM

Figure: 15

Échelle Approx.: 1:80,000

Date de Révision: Sep. 9, 2016



ANNEXE A

INTRODUCTION

Le modèle de dispersion AERMOD requiert des données météorologiques afin de calculer le transport et la dispersion des émissions de contaminants dans le domaine d'étude. Ces données ont été préparées à l'aide du programme AERMET selon la directive publiée par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC 2014). Cette annexe énonce les détails techniques relatifs à l'élaboration des données météorologiques utilisées par AERMOD pour la modélisation de la dispersion atmosphérique.

DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES DE SURFACE

Les données météorologiques (2008 à 2012) de la station Beauport (vitesse et direction du vent, température, pression) et de l'aéroport Jean Lesage (couvert, opacité et hauteur du plafond nuageux) ont été utilisées par AERMET comme données de surface pour calculer les paramètres de dispersion requis par AERMOD. La station Beauport opérée par Environnement Canada est située sur le site de Beauport. La station météorologique de l'aéroport Jean Lesage se situe à environ 15 km au sud-ouest du site de Beauport.

Des données de précipitation liquide et solide ont été ajoutées aux données de surface pour permettre la modélisation de la déposition sèche et humide des particules. Ces données de précipitations proviennent de la station Beauport.

DONNÉES AÉROLOGIQUES

Les données aérologiques de la station Caribou dans le Maine, située à environ 250 km à l'est de Québec, ont été utilisées par AERMET pour déterminer le profil thermique.

TOPOGRAPHIE

La figure A1 montre la topographie autour de Beauport pour un domaine de 10 km par 10 km centré sur la station météorologique de Beauport. On remarque entre autre une dénivellation importante au nord et au sud de la zone portuaire de Beauport qui a pour effet de canaliser les vents dans la vallée du St-Laurent. Ce phénomène est représenté à la figure A2 par la rose des vents de la station Beauport pour la période 2008 à 2012 où l'on remarque deux directions dominante du vent (OSO-ENE).

UTILISATION DU SOL

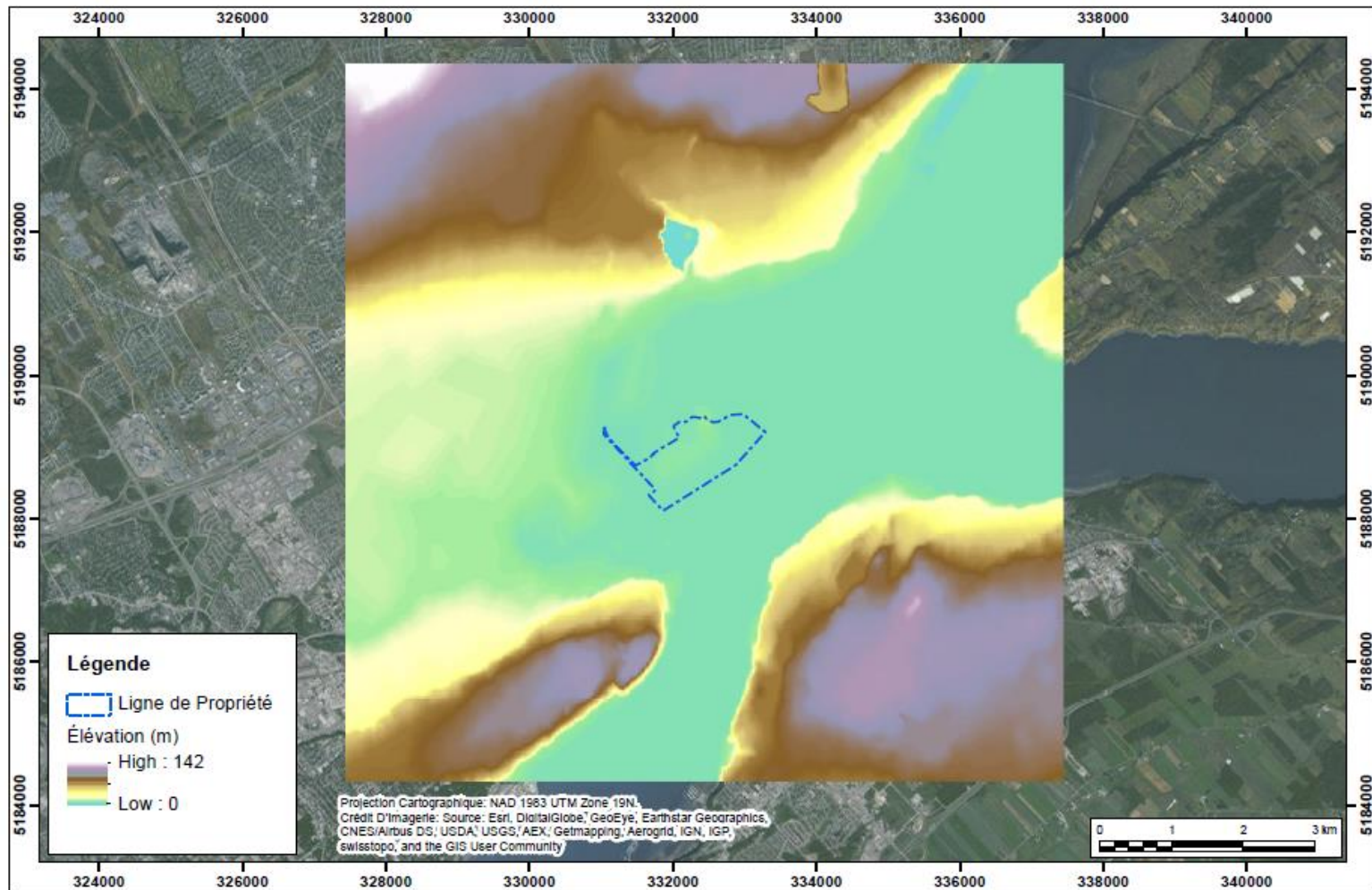
La figure A3 montre l'utilisation du sol autour de Beauport pour un domaine de 10 km par 10 km centré sur la station météorologique de Beauport. On remarque que la majeure partie du domaine d'étude est de type 'résidentiel ou commercial'.

Les données d'utilisation du sol proviennent de 'Land Cover, circa 2000-Vector (LCC 2000-V)', gouvernement du Canada, Ressources Naturelles du Canada.



CONSULTING ENGINEERS
& SCIENTISTS

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec
Annexe A
RWDI#1401535



Topographie de la zone portuaire de Beauport

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec - Québec, QC



Dessiné Par: DJH	Figure: A1
Échelle Approx.: 1:75,000	
Date de Révision: Aug. 22, 2018	





CONSULTING ENGINEERS
& SCIENTISTS

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec
Annexe A
RWDI#1401535

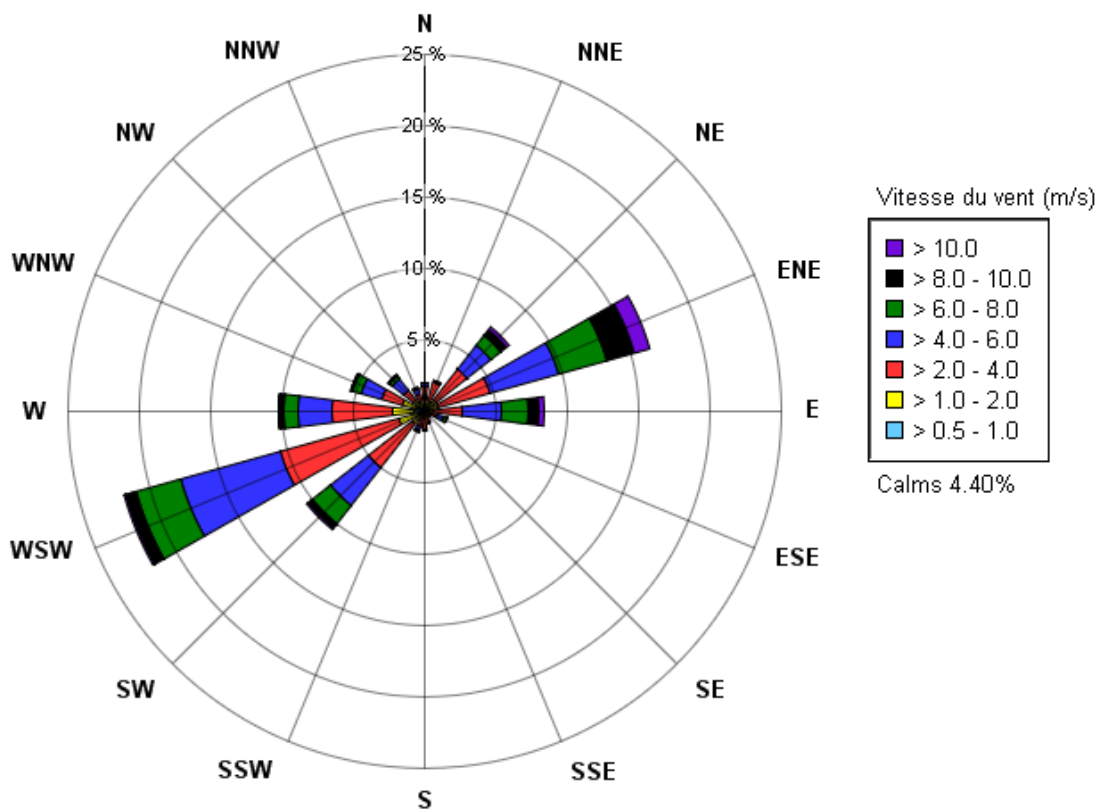
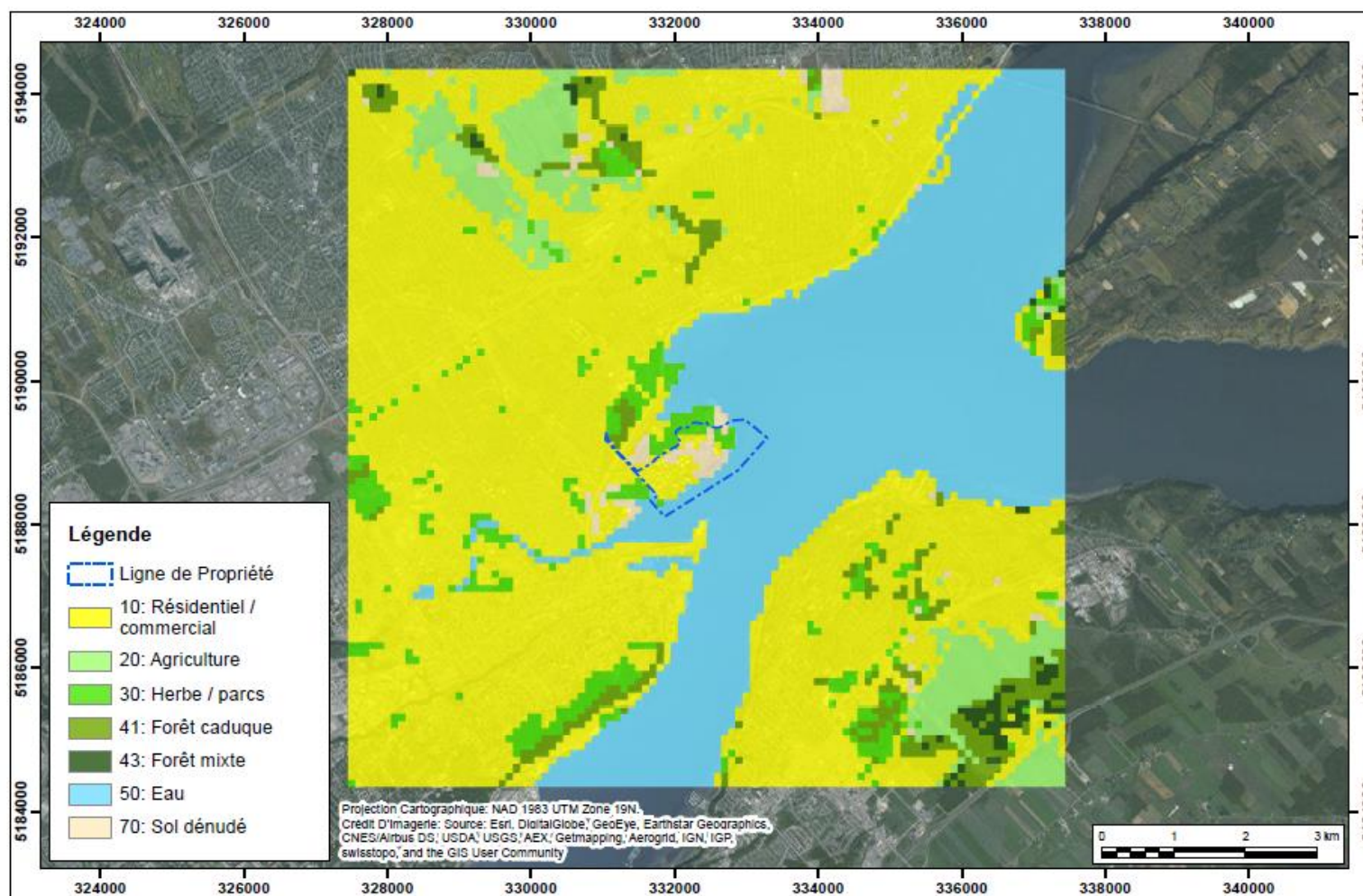


Figure A2 : Rose des vents à la station Beauport (2008-2012)



CONSULTING ENGINEERS
& SCIENTISTS

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec
Annexe A
RWDI#1401535



Utilisation du sol dans la zone portuaire de Beauport

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec - Québec, QC



Dessiné Par: DJH Figure: A3

Échelle Approx.: 1:75,000

Date de Révision: Aug. 24, 2016

Projet #1401535





CONSULTING ENGINEERS
& SCIENTISTS

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec
Annexe A
RWDI#1401535

CARACTÉRISTIQUES DE SURFACE

Les caractéristiques de surface (rugosité, albédo et rapport de Bowen) ont été calculées sur une base mensuelle selon les directives du MDDELCC (2014). Les caractéristiques de surface qui correspondent aux diverses utilisations du sol sont représentées à la figure A4. Ces caractéristiques ont été sélectionnées pour sept secteurs centrés sur la station Beauport.

Tel que décrit dans le document MDDELCC (2014), les caractéristiques doivent être établies pour la région entourant la station météorologique. Les valeurs sont déterminées comme suit :

- La rugosité est établie sur des secteurs d'au moins 30°. Ces secteurs sont définis de façon à regrouper le plus possible des conditions d'utilisation de sol semblables et le nombre total de secteurs doit demeurer inférieur à 12 (généralement ≤ 6). La rugosité saisonnière (ou mensuelle) moyenne de chaque secteur est calculée à l'aide d'une moyenne géométrique pondérée par l'inverse de la distance;
- L'albédo est calculé sur l'ensemble de la région de 10 km par 10 km comme une moyenne arithmétique, sans pondération par la distance;
- Le rapport de Bowen est calculé sur l'ensemble de la région de 10 km par 10 km comme une moyenne géométrique, sans pondération par la distance.

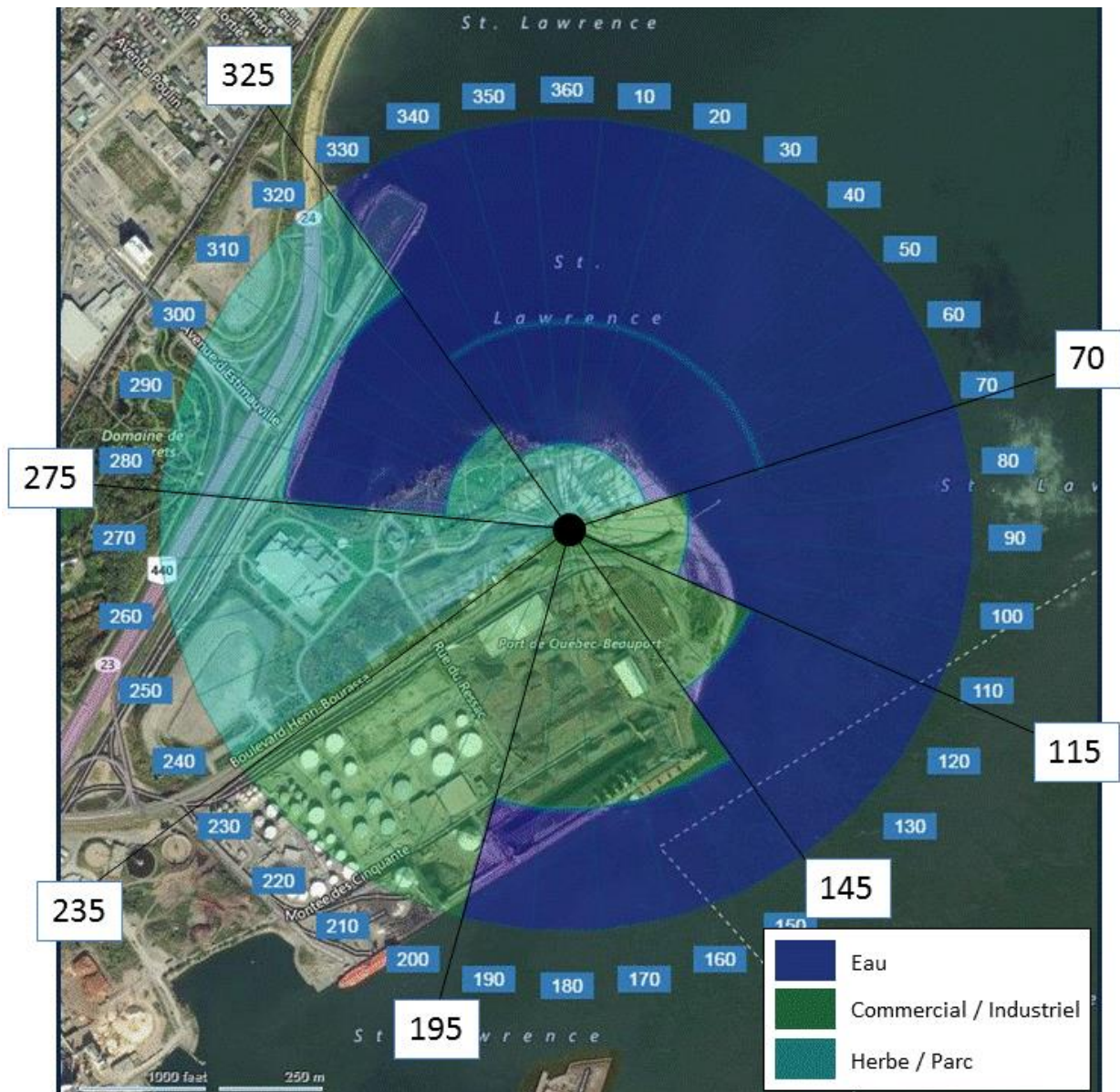


Figure A4 : Secteurs utilisés pour la sélection des caractéristiques de surface dans AERMET



CONSULTING ENGINEERS
& SCIENTISTS

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec
Annexe A
RWDI#1401535

Les paramètres calculés selon la directive du MDDELCC (2014) pour chaque secteur sont montrés dans les tableaux A1 à A7

Tableau A1 : Caractéristiques de surface pour le secteur 1 (325 degrés à 70 degrés).

Mois	Albédo	Rapport de Bowen	Rugosité (m)
janvier	0.54	0.50	0.004
février	0.54	0.50	0.004
mars	0.54	0.50	0.004
avril	0.14	0.42	0.012
mai	0.14	0.42	0.012
juin	0.15	0.43	0.018
juillet	0.15	0.43	0.018
août	0.15	0.43	0.018
septembre	0.15	0.43	0.018
octobre	0.16	0.53	0.004
novembre	0.16	0.53	0.004
décembre	0.54	0.50	0.004

Tableau A2 : Caractéristiques de surface pour le secteur 2 (70 degrés à 115 degrés).

Mois	Albédo	Rapport de Bowen	Rugosité (m)
janvier	0.54	0.50	0.047
février	0.54	0.50	0.047
mars	0.54	0.50	0.047
avril	0.14	0.42	0.034
mai	0.14	0.42	0.034
juin	0.15	0.43	0.034
juillet	0.15	0.43	0.034
août	0.15	0.43	0.034
septembre	0.15	0.43	0.034
octobre	0.16	0.53	0.034
novembre	0.16	0.53	0.034
décembre	0.54	0.50	0.047



CONSULTING ENGINEERS
& SCIENTISTS

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec
Annexe A
RWDI#1401535

Tableau A3 : Caractéristiques de surface pour le secteur 3 (115 degrés à 145 degrés).

Mois	Albédo	Rapport de Bowen	Rugosité (m)
janvier	0.54	0.50	0.030
février	0.54	0.50	0.030
mars	0.54	0.50	0.030
avril	0.14	0.42	0.020
mai	0.14	0.42	0.020
juin	0.15	0.43	0.020
juillet	0.15	0.43	0.020
août	0.15	0.43	0.020
septembre	0.15	0.43	0.020
octobre	0.16	0.53	0.020
novembre	0.16	0.53	0.020
décembre	0.54	0.50	0.030

Tableau A4 : Caractéristiques de surface pour le secteur 4 (145 degrés à 195 degrés).

Mois	Albédo	Rapport de Bowen	Rugosité (m)
janvier	0.54	0.50	0.333
février	0.54	0.50	0.333
mars	0.54	0.50	0.333
avril	0.14	0.42	0.301
mai	0.14	0.42	0.301
juin	0.15	0.43	0.301
juillet	0.15	0.43	0.301
août	0.15	0.43	0.301
septembre	0.15	0.43	0.301
octobre	0.16	0.53	0.301
novembre	0.16	0.53	0.301
décembre	0.54	0.50	0.333



CONSULTING ENGINEERS
& SCIENTISTS

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec
Annexe A
RWDI#1401535

Tableau A5 : Caractéristiques de surface pour le secteur 5 (195 degrés à 235 degrés).

Mois	Albédo	Rapport de Bowen	Rugosité (m)
janvier	0.54	0.50	0.800
février	0.54	0.50	0.800
mars	0.54	0.50	0.800
avril	0.14	0.42	0.800
mai	0.14	0.42	0.800
juin	0.15	0.43	0.800
juillet	0.15	0.43	0.800
août	0.15	0.43	0.800
septembre	0.15	0.43	0.800
octobre	0.16	0.53	0.800
novembre	0.16	0.53	0.800
décembre	0.54	0.50	0.800

Tableau A6 : Caractéristiques de surface pour le secteur 6 (235 degrés à 275 degrés).

Mois	Albédo	Rapport de Bowen	Rugosité (m)
janvier	0.54	0.50	0.005
février	0.54	0.50	0.005
mars	0.54	0.50	0.005
avril	0.14	0.42	0.050
mai	0.14	0.42	0.050
juin	0.15	0.43	0.100
juillet	0.15	0.43	0.100
août	0.15	0.43	0.100
septembre	0.15	0.43	0.100
octobre	0.16	0.53	0.010
novembre	0.16	0.53	0.010
décembre	0.54	0.50	0.005



CONSULTING ENGINEERS
& SCIENTISTS

Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au Port de Québec
Annexe A
RWDI#1401535

Tableau A7 : Caractéristiques de surface pour le secteur 7 (275 degrés à 325 degrés).

Mois	Albédo	Rapport de Bowen	Rugosité (m)
janvier	0.54	0.50	0.004
février	0.54	0.50	0.004
mars	0.54	0.50	0.004
avril	0.14	0.42	0.019
mai	0.14	0.42	0.019
juin	0.15	0.43	0.032
juillet	0.15	0.43	0.032
août	0.15	0.43	0.032
septembre	0.15	0.43	0.032
octobre	0.16	0.53	0.006
novembre	0.16	0.53	0.006
décembre	0.54	0.50	0.004

RÉFÉRENCE

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 'Modélisation de la dispersion atmosphérique – Instruction pour le calcul des caractéristiques de surface', 2014

ANNEXE B

Planification de la construction lors de la première saison

[illegible]

Planification de la construction lors de la première saison

[illegible]

Annexe B Planification de la construction lors de la première saison

Activité de construction	RWDI_ID	days/yr	août							septembre						
• Fabrication des caissons de béton 2018 (4 mai au 31 août)	1	120	C	D	P	G	R	PL	GD	C	D	P	G	R	PL	GD
• Fondation et nivellement 2018 (4 mai au 31 août)	2	120	11		1	1	1									
• Mise en place des caissons de béton 2018 (21 mai au 31 août)	3	103	16			1	1									
• Remplissage des caissons 2018 (21 mai au 26 octobre)	4	159					2									
• Dalles supérieures des caissons 2018 (13 août au 21 décembre)	5	131	77							77						
• Remblai granulaire derrière les caissons 2018 (18 juin au 16 novembre)	7	152	1			1				1			1			
• Chemin de construction en pierre sur les caissons (2 juin au 16 novembre)	8	168						2		110					2	
• Dalle de protection contre affouillement 2018 (12 novembre au 21 décembre)	9	30	60	2						60	2					
• Mur de couronnement des caissons 2018 (31 juillet au 21 décembre)	10	144								0			0			
• Remblai derrière le mur de couronnement 2018 (13 août au 21 décembre)	11	131	23		1					23		1				
• Construction de la digue de retenue pour le quai 54 (16 avril au 31 août)	13	138		2				1			2				1	
• Dragage zone des caissons de béton (tranchée) (23 avril au 24 août)	16	93	85					1								
Somme des équipements similaires par jour					1		1		1							
Somme des équipements similaires par heure (sur une base de 24 hr par jour)			383	4	3	3	5	4	1	271	4	1	1	0	3	0
Somme des équipements similaires par heure (sur une base de 12 hr par jour)			15.9583	0.16667	0.125	0.125	0.20833	0.16667	0.04167	11.2917	0.16667	0.04167	0.04167	0	0.125	0
Légende:																
C : camions (voyages de)		Heures par mois	142332	1200	1032	972	1776	1344	288	97560	1440	360	360		1080	
D: dozers		Équipement par mois	11861	100	86	81	148	112	24	8130	120	30	30		90	
P: pompes ou autres équipements similaires																
G: grue ou l'équivalent																
R: remorqueur ou navire auto-déchargeur ou l'équivalent + drague																
PL: pelle mécanique de moyen ou grand format																
GD: génératrice diésel																

Planification de la construction lors de la première saison

Légende:	
C : camions (voyages de)	Heures par mois
D: dozers	Équipement par mois
P: pompes ou autres équipements similaires	
G: grue ou l'équivalent	
R: remorqueur ou navire auto-déchargeur ou l'équivalent + drague	
PL: pelle mécanique de moyen ou grand format	
GD: génératrice diesel	

Annexe B

Planification de la construction lors de la première saison

Activité de construction	RWDI_ID	days/yr	décembre						
			C	D	P	G	R	PL	GD
• Fabrication des caissons de béton 2018 (4 mai au 31 août)	1	120							
• Fondation et nivellement 2018 (4 mai au 31 août)	2	120							
• Mise en place des caissons de béton 2018 (21 mai au 31 août)	3	103							
• Remplissage des caissons 2018 (21 mai au 26 octobre)	4	159							
• Dalles supérieures des caissons 2018 (13 août au 21 décembre)	5	131	1			1			
• Remblai granulaire derrière les caissons 2018 (18 juin au 16 novembre)	7	152							
• Chemin de construction en pierre sur les caissons (2 juin au 16 novembre)	8	168							
• Dalle de protection contre affouillement 2018 (12 novembre au 21 décembre)	9	30	5			1			
• Mur de couronnement des caissons 2018 (31 juillet au 21 décembre)	10	144	23		1				
• Remblai derrière le mur de couronnement 2018 (13 août au 21 décembre)	11	131		2				1	
• Construction de la digue de retenue pour le quai 54 (16 avril au 31 août)	13	138							
• Dragage zone des caissons de béton (tranchée) (23 avril au 24 août)	16	93							
Somme des équipements similaires par jour			29	2	1	2	0	1	0
Somme des équipements similaires par heure (sur une base de 24 hr par jour)			1.20833	0.08333	0.04167	0.08333	0	0.04167	0
Somme des équipements similaires par heure (sur une base de 12 hr par jour)			2.41667	0.16667	0.08333	0.16667	0	0.08333	0
Légende:									
C : camions (voyages de)			Heures par mois						
D: dozers			Équipement par mois						
P: pompes ou autres équipements similaires									
G: grue ou l'équivalent									
R: remorqueur ou navire auto-déchargeur ou l'équivalent + drague									
PL: pelle mécanique de moyen ou grand format									
GD: génératrice diésel									
			7308	504	252	504		252	
			609	42	21	42		21	

ANNEXE C

Annexe C: Les émissions provenant des moteurs des navires

Tableau C1: Calculs des taux d'émissions

Puissance Nette	Nombre d'unités	Charge du moteur	Taux d'émission											
			NOX	CO	PM2.5	CO2	Consommation de combustible	Teneur en soufre	SO2	NOX	CO	PM	CO2	SO2
kW		%	g/kW-hr	g/kW-hr	g/kW-hr	g/kW-hr	g/kW-hr	%	g/kW-hr	g/hr	g/hr	g/hr	g/hr	g/hr
1250	1	25	11.5	3.4	0.3	825.0	262.2	0.1	0.6	3579	1047	94	257813	194
5000	1	10	14.4	8.4	0.4	1089.6	346.9	0.1	0.8	7209	4189	221	544800	412
462	2	70	10.7	1.2	0.3	711.6	225.9	0.1	0.5	6897	774	172	460263	347
462	3	70	10.7	1.2	0.3	711.6	225.9	0.1	0.5	10346	1161	257	690394	520

- Notes:
1. Les facteurs d'émissions sont estimés en utilisant l'équation provenant du document publié par l'USEPA "Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data", Office of Transportation and Air Quality, EPA420-R-00-002, February 2000.
2. La puissance (nette) du moteur auxiliaire est estimée être 1250 kW, tel qu'est suggéré dans la référence trouvée dans la Note #1.

Tableau C2: Émissions annuelles de moteurs de navires

Scénarios	Site	Mouvement de matériel	Opération Annuelle	Nombre de navires	NOX	CO	PM2.5	CO2	SO2
		tonnes/année	hrs/année	/année	tonnes/année	tonnes/année	tonnes/année	tonnes/année	tonnes/année
Initial- Moteurs auxiliaires	ClientB	10110753	859	40	3.1	0.90	0.08	222	0.17
Initial- Moteurs auxiliaires	ClientC		8295	249	29.7	8.7	0.78	2139	1.6
Initial- Moteurs auxiliaires	ClientA		3647	122	13.1	3.8	0.34	940	0.7
Initial- Navires en transit	ClientB		80	na	1.1	0.4	0.0	80	0.1
Initial- Navires en transit	ClientC		498	na	7.0	2.5	0.2	501	0.4
Initial- Navires en transit	ClientA		244	na	3.4	1.2	0.1	245	0.2
Total Actuel	Actuel	10110753	na	na	57.4	17.5	1.5	4127	3.1
Futur - Navires en transit	Futur	7950000	10066	na	9.1	3.2	0.3	650	0.5
Futur - Moteurs auxiliaires	Futur			na	36.0	10.5	1.0	2595	2.0
Construction - Remorqueurs	Construction	N/A	4692	na	16.2	1.8	0.40	1080	0.8

ANNEXE D

Annexe D: Les émissions provenant des activités routières

Tableau D1: Calculs des taux d'émissions

Type de véhicules	MOVES Type de Source	Vitesse (km/hr)	NOX	CO	PM2.5	SO2	CO2e	Consommation d'Énergie
Voiture de voyageurs	PassengerCar	0	2.41	36.11	0.07	0.06	3266	45394
Camion commercial léger	LightCommercialTruck	0	4.77	44.26	0.24	0.09	4509	62578
Camion commercial moyen	SingleUnitLongHaulTruck	0	73.20	40.75	5.73	0.09	7625	103652
Camion commercial lourd	CombinationLongHaulTruck	0	89.90	26.78	7.04	0.07	7861	106121
Voiture de voyageurs	PassengerCar	25	0.96	6.55	0.03	0.01	512	7115
Camion commercial léger	LightCommercialTruck	25	1.50	9.28	0.04	0.01	702	9740
Camion commercial moyen	SingleUnitLongHaulTruck	25	12.42	14.97	0.86	0.02	1521	20675
Camion commercial lourd	CombinationLongHaulTruck	25	19.80	6.30	1.38	0.02	2604	35158

- Notes:
- 1. Taux d'émissions sont générés par le modèle MOVES2014a.
 - 2. Les émissions provenant de la marche au ralenti sont en grammes par heure tandis que toutes autres émissions sont en grammes par mile.
 - 3. La consommation d'énergie provenant de la marche au ralenti est en kJ par heure tandis que celle pour un véhicule en mouvement en kJ par mile.

Section 1: Émissions annuelles de véhicules routiers (véhicules externes)

Tableau D2: Calculs de distance et de marche au ralenti

Scénarios	Site	Mouvement de matériel	Distance à sens unique	Type de véhicules	Compte à la porte	Marche au ralenti	Distance total	Marche au ralenti total	Temps en mouvement
		tonnes/année	mile			min	miles/année	hrs/année	hrs/année
Initial	ClientB	1384978	0.66	Medium Truck	4000	6.00	5389	400	338
	ClientC		0.94	Heavy Truck	27947	9.00	52438	4192	3356
	ClientA		0.25	Heavy Truck	10072	5.00	4992	839	319
Futur	Futur	1075000	1.00	Heavy Truck	32615	6.67	65229	3624	4175
Construction		N/A	1.00	Heavy Truck	48760	6.67	97520	5418	6241

Table D3: Annual Emissions

Site	Type de véhicules	Vitesse	NOX	CO	PM2.5	CO2e	SO2
		(km/hr)	tonnes/année	tonnes/année	tonnes/année	tonnes/année	tonnes/année
ClientB	Camion commercial moyen	0	0.03	0.02	0.002	3.05	0.00003
ClientC	Camion commercial lourd	0	0.38	0.11	0.030	33.0	0.00028
ClientA	Camion commercial lourd	0	0.08	0.02	0.006	6.60	0.00006
Futur	Camion commercial lourd	0	0.33	0.10	0.03	28.49	0.00025
Construction	Camion commercial lourd	0	0.49	0.15	0.04	42.59	0.00037
ClientB	Camion commercial moyen	25	0.07	0.08	0.005	8.05	0.00009
ClientC	Camion commercial lourd	25	1.04	0.33	0.07	137	0.00118
ClientA	Camion commercial lourd	25	0.10	0.03	0.007	13.00	0.00011
Futur	Camion commercial lourd	25	1.29	0.41	0.09	169.8	0.00146
Construction	Camion commercial lourd	25	1.93	0.61	0.13	253.9	0.00219

Section 2: Émissions annuelles de véhicule routiers (route interne sur le site)

Tableau D4: Propriétés des combustibles

Type de combustible	Densité (g/L)	Contenu énergétique (kJ/g)
Gasoline	750.1	42.358
Diesel	836.6	43.717

Tableau D5: Calculs de distance

Site	Type de véhicules	Type de combustible	Consommation de combustible	Consommation de combustible	Consommation d'énergie	Distance Total @ 25 km/hr
			L	g	kJ	miles/yr
ClientB	Camion commercial léger	Gasoline	2500	1875165	79428244	8155
ClientC	Voiture de voyageurs	Gasoline	44701	33528703	1420208781	199601
ClientA	Camion commercial léger	Gasoline	25440	19081973	808274206	82982
ClientA	Camion commercial moyen	Diesel	20091	16808844	734832221	35541

Tableau D6: Émissions annuelles

Site	Type de véhicules	Vitesse	NOX	CO	PM2.5	CO2e	SO2
		(km/hr)	tonnes/année	tonnes/année	tonnes/année	tonnes/année	tonnes/année
ClientB	Camion commercial léger	25	0.01	0.08	0.00	5.7	0.0001
ClientC	Voiture de voyageurs	25	0.19	1.31	0.01	102	0.0020
ClientA	Camion commercial léger	25	0.12	0.77	0.004	58	0.0011
ClientA	Camion commercial moyen	25	0.44	0.53	0.03	54	0.0006
Futur	Toute catégorie	25	0.60	2.08	0.03	170.91	0.003

ANNEXE E

Annexe E: Les émissions provenant des moteurs des locomotives

Tableau E1: Calculs des taux d'émissions

NOX	CO	PM2.5	SO2	Consommation de combustible	Consommation de combustible	NOX	CO	PM2.5	SO2
g/bhp-hr	g/bhp-hr	g/bhp-hr	kg/L	bhp-hr/Us gal	bhp-hr/L	kg/L	kg/L	kg/L	kg/L
9.5	5.0	0.6	0.00021	20.8	5.5	0.05	0.03	0.003	0.00021

Tableau E2: Émissions annuelles

Scénarios	Site	Mouvement de matériel	Consommation de diesel	NOX	CO	PM2.5	SO2
		tonnes/année	L/année	tonnes/année	tonnes/année	tonnes/année	tonnes/année
Initial	ClientB	1937000	0	0	0	0	0
	ClientC		29782	1.55	0.82	0.09	0.01
	ClientA		159882	8.35	4.39	0.50	0.03
	Existing Total	927519					
Futur	-	1275000	124843	6.5	3.43	0.39	0.03

ANNEXE F

Annexe F1: Les émissions provenant de l'équipement pour la manutention de fret et les équipements de construction

Tableau F1: Informations sur l'équipement

Scénarios	Site	Description de l'équipement	Nombre d'équipements	Puissance nominale	Année Modèle	Activité
				hp		hrs/année/unité
Futur	Futur	Hyster Forklift	2	300	2018	4380
Construction	Construction	dozers	4	310	2018	1794
Construction	Construction	pompes ou autres équipements similaires	3	470	2018	1392
Construction	Construction	grue ou l'équivalent	3	310	2018	1592
Construction	Construction	pelle mécanique de moyen ou grand format	4	127	2018	1440
Construction	Construction	génératrice diesel	1	893	2018	1020
Construction	Construction	dragage	1	2000	2018	2232

Tableau F2: Émissions annuelles

Site	NO _x	CO	PM _{2.5}	SO ₂
	(tonnes/année)	(tonnes/année)	(tonnes/année)	(tonnes/année)
ClientB	0.398	0.189	0.024	0.0005
ClientC	16.105	8.062	1.279	0.017
ClientA	1.311	0.903	0.147	0.003
Futur	0.333	0.164	0.020	0.004
Construction	0.371	0.171	0.019	0.005
Construction	0.316	0.105	0.013	0.004
Construction	0.237	0.074	0.008	0.003

Annexe F2: Taux d'émissions de NON-ROAD pour les équipements de la construction
EMISSION RATES FOR NON-ROAD DIESEL EQUIPMENT

SCENARIO: Port of Quebec - Base Case
Model Year: 2020

Taux d'émission maximale horaire

Equipment	Nombre d'équipement	NO _x (kg/hr)	CO (kg/hr)	SO ₂ (kg/hr)	TOG (kg/hr)	TSP	PM ₁₀ (kg/hr)	PM _{2.5} (kg/hr)	Diesel PM
dozers	4	0.207	0.096	0.003	0.107	0.011	0.011	0.010	0.011
pompes ou autres équipements similaires	3	0.227	0.075	0.003	0.117	0.010	0.010	0.009	0.010
grue ou l'équivalent	3	0.149	0.046	0.002	0.076	0.005	0.005	0.005	0.005
pelle mécanique de moyen ou grand format	4	0.085	0.040	0.001	0.044	0.004	0.004	0.004	0.004
génératrice diesel	1	1.241	0.040	0.002	0.073	0.015	0.015	0.015	0.015
dragage	1	2.889	0.138	0.004	0.172	0.051	0.051	0.049	0.051
Port of Quebec - Base Case	TOTAL	1.908	0.298	0.010	0.417	0.045	0.045	0.044	0.045

Equipment	Nombre d'équipement	NO _x (g/s)	CO (g/s)	SO ₂ (g/s)	TOG (g/s)	TSP	PM ₁₀ (g/s)	PM _{2.5} (g/s)	Diesel PM
dozers	4	0.057	0.027	0.001	0.030	0.003	0.003	0.003	0.003
pompes ou autres équipements similaires	3	0.063	0.021	0.001	0.032	0.003	0.003	0.003	0.003
grue ou l'équivalent	3	0.041	0.013	0.001	0.021	0.001	0.001	0.001	0.001
pelle mécanique de moyen ou grand format	4	0.024	0.011	0.000	0.012	0.001	0.001	0.001	0.001
génératrice diesel	1	0.345	0.011	0.001	0.020	0.004	0.004	0.004	0.004
dragage	1	0.803	0.038	0.001	0.048	0.014	0.014	0.014	0.014
Port of Quebec - Base Case	TOTAL	0.530	0.083	0.003	0.116	0.01	0.01	0.01	0.013

Taux d'émission horaire moyen

Equipment	Ajustement Temporel Horaire Facteur 1	NO _x (kg/hr)	CO (kg/hr)	SO ₂ (kg/hr)	TOG (kg/hr)	TSP	PM ₁₀ (kg/hr)	PM _{2.5} (kg/hr)	Diesel PM
dozers	20.5%	0.042	0.020	0.001	0.022	0.002	0.002	0.002	0.002
pompes ou autres équipements similaires	15.9%	0.036	0.012	0.000	0.019	0.002	0.002	0.002	0.002
grue ou l'équivalent	18.2%	0.027	0.008	0.000	0.014	0.001	0.001	0.001	0.001
pelle mécanique de moyen ou grand format	16.4%	0.014	0.007	0.000	0.007	0.001	0.001	0.001	0.001
génératrice diesel	11.6%	0.144	0.005	0.000	0.009	0.002	0.002	0.002	0.002
dragage	25.5%	0.736	0.035	0.001	0.044	0.013	0.013	0.012	0.013
Port of Quebec - Base Case	TOTAL	0.264	0.051	0.002	0.070	0.007	0.007	0.007	0.007

Émissions Calculées Annuelles

Equipment	Opération Annuelle Heure	NO _x (tonnes/année)	CO (tonnes/année)	SO ₂ (tonnes/année)	TOG (tonnes/année)	TSP	PM ₁₀ (tonnes/année)	PM _{2.5} (tonnes/année)	Diesel PM
dozers	1794	0.371	0.171	0.005	0.192	0.019	0.019	0.019	0.019
pompes ou autres équipements similaires	1392	0.316	0.105	0.004	0.163	0.014	0.014	0.013	0.014
grue ou l'équivalent	1592	0.237	0.074	0.003	0.121	0.008	0.008	0.008	0.008
pelle mécanique de moyen ou grand format	1440	0.122	0.058	0.001	0.063	0.006	0.006	0.006	0.006
génératrice diesel	1020	1.266	0.041	0.002	0.075	0.016	0.016	0.015	0.016
dragage	2232	6.449	0.308	0.009	0.384	0.113	0.113	0.109	0.113
Port of Quebec - Base Case	TOTAL	2.312	0.449	0.015	0.613	0.06	0.06	0.06	0.063

Annexe F3: Taux d'émissions de NON-ROAD pour les équipements futures

EMISSION RATES FOR NON-ROAD DIESEL EQUIPMENT

SCENARIO:	Port of Quebec - futur
Model Year:	2020

Taux d'émission maximale horaire

Equipment_future	Nombre d'équipement Future	NO _x (kg/hr)	CO (kg/hr)	SO ₂ (kg/hr)	TOG (kg/hr)	TSP	PM ₁₀ (kg/hr)	PM _{2.5} (kg/hr)	Diesel PM
Hyster Forklift	2	0.076	0.038	0.001	0.044	0.005	0.005	0.005	0.005
Port of Quebec - futur	TOTAL	0.076	0.038	0.001	0.044	0.005	0.005	0.005	0.005

Equipment_future	Nombre d'équipement Future	NO _x (g/s)	CO (g/s)	SO ₂ (g/s)	TOG (g/s)	TSP	PM ₁₀ (g/s)	PM _{2.5} (g/s)	Diesel PM
Hyster Forklift	2	0.021	0.010	0.000	0.012	0.001	0.001	0.001	0.001
Port of Quebec - futur	TOTAL	0.021	0.010	0.000	0.012	0.00	0.00	0.00	0.001

Taux d'émission horaire moyen

Equipment_future	Ajustement Temporel Horaire Facteur 1	NO _x (kg/hr)	CO (kg/hr)	SO ₂ (kg/hr)	TOG (kg/hr)	TSP	PM ₁₀ (kg/hr)	PM _{2.5} (kg/hr)	Diesel PM
Hyster Forklift	50.0%	0.038	0.019	0.001	0.022	0.002	0.002	0.002	0.002
Port of Quebec - futur	TOTAL	0.038	0.019	0.001	0.022	0.002	0.002	0.002	0.002

Émissions Calculées Annuelles

Equipment_future	Opération Annuelle Heure	NO _x (tonnes/année)	CO (tonnes/année)	SO ₂ (tonnes/année)	TOG (tonnes/année)	TSP	PM ₁₀ (tonnes/année)	PM _{2.5} (tonnes/année)	Diesel PM
Hyster Forklift	4380	0.333	0.164	0.004	0.191	0.020	0.020	0.020	0.020
Port of Quebec - futur	TOTAL	0.333	0.164	0.004	0.191	0.02	0.02	0.02	0.020