

7 DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE ET ÉVALUATION DES EFFETS DU PROJET

7.1 DESCRIPTION DE L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE – CLIMAT, QUALITÉ DE L'AIR, ENVIRONNEMENT SONORE ET LUMINEUX

La description des composantes du milieu physique (climat, qualité de l'air, environnement sonore et lumineux) a été réalisée selon les exigences décrites dans le document *Lignes directrices pour la rédaction d'une étude d'impact de l'agence canadienne*. Elle se déroule dans les limites spatiales retenues pour chacune des composantes (chapitre 6; figure 6.1).

7.1.1 Conditions climatiques et météorologiques

7.1.1.1 Méthodologie

Les conditions climatiques et météorologiques de la zone d'étude proviennent de la station climatologique d'Environnement Canada, située à l'Aéroport international Jean-Lesage de Québec (station Québec/Jean Lesage Intl A n° 7016294). Cette station se trouve à environ 15 km au sud-ouest du site du projet Beauport 2020. Ces données respectent les normes de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Elles couvrent une période de 30 ans, soit de 1981 à 2010, et incluent certaines données historiques extrêmes antérieures à cette période. Les données comprennent la température et l'humidité relative de l'air, les précipitations, la vitesse et la direction des vents, les épisodes de brouillard et les autres phénomènes météorologiques d'importance. Une analyse détaillée des données de vitesse et de direction des vents a aussi été réalisée à partir des données récupérées en 2015 à la station météorologique d'Environnement Canada de la pointe de Beauport (station 7010566). Ces données ont été classées selon la vitesse de vent moyenne et réparties en classes de direction par alternance de 22,5° (rose des vents). Ces résultats sont décrits plus en détail dans l'étude sur l'état de référence de Beauport 2020 produite par AirMet inc. (2016).

7.1.1.2 État de référence

Les normales climatiques pour la station de l'Aéroport international Jean-Lesage montrent que la température moyenne annuelle de Québec est de 4,2 °C avec un maximum moyen de 9,2 °C et un minimum moyen de -0,8 °C (tableau 7.1). Annuellement, la température de la région est inférieure à -20 °C durant 31,1 jours, alors qu'elle dépasse 20 °C pendant 94,1 jours. Il tombe en moyenne près de 1 189,7 mm de précipitations sous forme de pluie (889,3 mm) et de neige (303,4 cm). À cette station, le vent dominant arrive de l'ouest à une vitesse moyenne de 13,7 km/h.

Tableau 7.1 Statistiques climatiques annuelles pour la période 1981-2010

DONNÉES	QUÉBEC/JEAN LESAGE INTL A
Température moyenne annuelle	4,2 °C
Température maximale moyenne annuelle	9,2 °C
Température minimale moyenne annuelle	-0,8 °C
Nombre annuel de jours avec $T_{\min} < -20$ °C	31,1
Nombre annuel de jours avec $T_{\max} > 20$ °C	94,1
Précipitations annuelles totales	1 189,7 mm
Vitesse annuelle moyenne du vent	13,7 km/h
Direction dominante du vent	Ouest

Source : Environnement Canada, 2015, station météorologique de l'Aéroport international Jean-Lesage de Québec

Les données de température de la station 7016294 de l'aéroport ont aussi été comparées mensuellement à partir de la température quotidienne moyenne (tableau 7.2). Ces données mettent en évidence l'effet qu'a l'alternance des saisons sur la température. Cette dernière se situe sous le point de congélation de novembre à mars inclusivement (entre -0,7 °C et -12,8 °C). En avril, les températures moyennes passent au-dessus du point de congélation, ce qui correspond au printemps, et les températures moyennes les plus élevées sont habituellement atteintes au cœur de l'été, en juillet, avec 19,3 °C. Les valeurs extrêmes historiques de température incluant les valeurs obtenues, l'année et le jour d'obtention sont aussi présentées au tableau 7.2. Selon ces données, le plus haut maximum a été obtenu le 17 juillet 1953 avec 35,6 °C, alors que le plus bas minimum a été atteint le 2 février 1962 avec -36,1 °C, ce qui représente un écart de 71 °C.

Tableau 7.2 Températures mensuelles moyennes, maximales et minimales ainsi que valeurs extrêmes historiques

DONNÉES	JAN.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Moyenne quotidienne (°C)	-12,8	-10,6	-4,6	3,7	11,2	16,4	19,3	18,1	12,7	6,6	-0,7	-8,6
Maximum quotidien (°C)	-7,9	-5,6	0,2	8,3	17,0	22,3	25,0	23,6	17,9	11,1	2,9	-4,2
Minimum quotidien (°C)	-17,7	-15,6	-9,4	-1,0	5,4	10,5	13,5	12,5	7,5	2,0	-4,2	-12,8
Maximum extrême (°C)	10,0	11,7	17,8	29,9	33,0	33,9	35,6	34,4	33,9	28,3	20,0	13,9
Date (aaaa/jj)	1950 /04	1953 /21	1962 /30	1990 /27	1978 /29	1947 /23	1953 /17	1975 /01	1947 /15	1949 /11	1956 /01	1951 /07
Minimum extrême (°C)	-35,4	-36,1	-30,0	-18,9	-7,8	-0,6	3,9	2,2	-4,8	-10,0	-24,0	-32,3
Date (aaaa/jj)	1981 /04	1962 /02	1950 /03	1954 /04	1947 /08	1948 /06	1969 /07	1965 /31	1980 /29	1959 /21	1978 /27	1993 /28

Source : Environnement Canada, 2015, station météorologique de l'Aéroport international Jean-Lesage de Québec

Les moyennes mensuelles des précipitations (tableau 7.3) montrent des hauteurs de pluie comprises entre 121,4 mm en juillet et 15,2 mm en février. En outre, il ressort de ces données qu'en moyenne, chaque mois de l'année peut connaître une précipitation sous forme de pluie. Les chutes de neige débutent en octobre, bien que la hauteur soit faible (3,2 cm), et le maximum est généralement atteint en décembre (72,4 cm) et en janvier (71,9 cm). La couverture de neige au sol atteint son maximum en février avec 61 cm. La plus haute chute de pluie en une journée a été enregistrée le 14 septembre 1979 avec 81,2 mm, alors que la chute de neige maximale est celle du 15 décembre 2003 avec 52 cm.

La rose des vents, obtenue à partir des données de vent de la station météorologique de Beauport, a été superposée à une image aérienne présentant le secteur portuaire actuel (figure 7.1). Aux fins d'illustration, la rose des vents est positionnée au centre du secteur portuaire, et non à la position réelle de la station météorologique (qui est à 700 m au nord-est).

Tableau 7.3 Normales des précipitations à Québec (Aéroport international Jean-Lesage)

	JANVIER	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	
Pluie (mm)		22,7	15,2	30,2	67,5	115,9	111,4	121,4	104,2	115,5	94,6	69,1	31,7
Neige (cm)		71,9	63,6	46,4	13,2	0	0	0	0	0	3,2	32,7	72,4
Précipitations totales (mm)		86,6	74,5	76,1	83,5	115,9	111,4	121,4	104,2	115,5	98,3	102,5	99,9
Moyenne de la couverture de neige (cm)		45	61	59	15	0	0	0	0	0	0	3	21
Couverture de neige fin de mois (cm)		53	65	39	0	0	0	0	0	0	0	8	34
Extrême quotidien de pluie (mm)		34,2	53,4	56,9	55,4	54,2	78,0	59,9	55,4	81,2	56,9	45,5	45,7
Extrême quotidien de neige (cm)		33,0	37,4	43,9	33,0	7,1	0,3	0	0	0	17,3	32,0	52,0
Extrême quotidien de précipitations (mm)		53,4	53,4	63,5	55,4	54,2	78,0	50,9	55,4	81,2	56,9	45,7	49,6



Orthophoto, © 2014 DigitalGlobe Image courtesy of NASA Earthstar, Geographics SIO © 2016 Microsoft Corporation © Harris Corp., Earthstar Geographics LLC
 Fichier : CM_P0010666_7013_160922.ai

Figure 7.1 Rose des vents de la station de la tour météorologique d'Environnement Canada à Beauport (2015)

Selon cette figure, on remarque que les vents dominants suivent l'axe du fleuve Saint-Laurent. Ce phénomène est un effet de la vallée du Saint-Laurent, qui se présente comme un long corridor orienté SO-NE. C'est par cet axe que transitent les tempêtes. Ainsi, les vents s'orientent dans le sens de la vallée, procurant à Québec le vent dénommé « nordet ». Lorsque les tempêtes s'en éloignent, le vent est canalisé dans la direction inverse. Il se dégage des statistiques de vents correspondantes (tableau 7.4) que les vents proviennent de l'OSO et de l'ENE avec une fréquence respective de 23,7 % et de 14,3 %. La fréquence des vents calmes est faible avec 3,4 %. Les résultats montrent également que plus de 45 % du temps, le vent du Port de Québec arrive de l'arrondissement de Limoilou, et qu'environ 25 % du temps, les vents proviennent du Port de Québec et soufflent vers l'arrondissement de Limoilou (AirMet Inc., 2016).

En moyenne, les vents les plus forts sont les vents ENE avec 22,5 km/h et E avec 18,8 km/h. En 2015, le vent ENE a atteint une vitesse maximale de 78 km/h (tableau 7.4).

Tableau 7.4 Vitesse et moyenne de la vitesse (km/h) par classe de direction de vent (2015)

DIRECTION	VITESSE		DIRECTION	VITESSE	
	MOYENNE	MAXIMALE		MOYENNE	MAXIMALE
N	8,3	41	S	8,4	33
NNE	7,9	35	SSO	10,1	37
NE	15,6	70	SO	15,1	52
ENE	22,5	78	OSO	16,1	70
E	18,8	54	O	13,2	63
ESE	7,0	35	ONO	12,6	46
SE	6,3	28	NO	12,3	46
SSE	7,3	30	NNO	10,2	37

Les tableaux 7.5 et 7.6 présentent la synthèse des phénomènes météorologiques répertoriés sur une base annuelle ainsi que les données relatives à l'humidité de l'air, au point de rosée, à la visibilité ainsi que les valeurs extrêmes enregistrées au fil des ans.

Selon les mois, il y a entre 1,2 et 3,9 jours de brouillard, et c'est en novembre, en décembre et en mars qu'on en observe le plus (tableau 7.5). Annuellement, des conditions de brouillard sont observées 27 jours par année. Comme on peut s'y attendre, des conditions de poudrierie sont observées en période hivernale, principalement de décembre à février, pour un total annuel de 14,2 jours de poudrierie (tableau 7.5). À l'inverse, les conditions orageuses surviennent durant la période estivale, soit entre mai et septembre, avec un maximum de 6,1 jours d'orage en juillet. Annuellement, il peut y avoir jusqu'à 20 jours d'orage dans la région (tableau 7.5).

Tableau 7.5 Synthèse des phénomènes météorologiques répertoriés sur une base annuelle

DONNÉES (JOURS)	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNÉE	CODE
Brouillard (verglaçant ou non)	1,8	2,0	3,0	2,6	1,2	1,7	1,7	1,7	2,2	2,4	3,9	2,8	27,0	C
Poudrierie	4,5	3,0	2,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	3,3	14,2	C
Orages	0,0	0,1	0,2	0,7	1,8	4,1	6,1	4,4	2,0	0,4	0,1	0,1	20,0	C

C = Au moins 20 ans d'enregistrement.

Source : Environnement Canada 2015, station météorologique de l'Aéroport international Jean-Lesage de Québec

Tableau 7.6 Pression de vapeur moyenne, humidité relative, indice humidex et visibilité pour la période 1981-2010

DONNÉES	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNÉE	CODE
Pression de vapeur moyenne (kPa)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,9	1,3	1,7	1,6	1,2	0,8	0,5	0,3	0,8	A
Humidité relative moyenne – 0600HNL (%)	72,7	72,8	73,7	73,8	74,1	78,8	84,2	85,3	86,3	83,1	81,1	79	78,7	A
Humidité relative moyenne – 1500 HNL (%)	67,8	64,6	60,7	55,9	51,6	56	59,1	59,1	61,8	63,1	70,4	73,2	61,9	A
Indice humidex extrême (°C)	10,6	11,7	17,8	32,9	40,3	44,1	49,2	49,3	40,1	30,9	24,9	14,6		
Date (aaaa/jj)	1996/19	2000/27	1962/30	1990/27	2010/26	1959/29	2002/02	1975/01	1959/08	1979/22	1999/03	1982/04		
Jours avec humidex ≥ 30	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	5,9	12,2	10,0	2,2	0,0	0,0	0,0	31,4	A
Jours avec humidex ≥ 35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,7	3,7	2,3	0,5	0,0	0,0	0,0	8,3	A
Jours avec humidex ≥ 40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	A
Visibilité (heures avec)														
< 1 km	14,3	16,2	15	9,8	2,1	2,4	2,9	2,4	3,7	5,2	13,2	16,5	103,7	C
1 à 9 km	157,8	126,9	105	80,6	54,2	61,8	57,5	65,1	69,4	69,2	115,6	167,3	1 130,3	C
> 9 km	571,9	534,1	624	629,7	687,7	655,8	683,6	676,5	646,9	669,6	591,3	560,2	7 531,3	C

A = « Règle des 3/5 » de l'OMM (il ne doit pas manquer de données de la température ou des précipitations pendant plus de trois années consécutives ou de cinq en tout).

C = Au moins 20 ans d'enregistrement.

Source : Environnement Canada, 2015, station météorologique de l'Aéroport international Jean-Lesage de Québec

La visibilité, exprimée en kilomètres, est la distance à laquelle des objets de taille convenable peuvent être vus et identifiés. Les précipitations, le brouillard, la brume sèche et d'autres obstructions comme la poudrière peuvent réduire la visibilité atmosphérique. Dans la zone d'intérêt, la visibilité annuelle est généralement élevée, dépassant 9 km, durant 7 531,3 h, alors qu'elle est intermédiaire (entre 1 et 9 km) durant 1 130,3 h et faible (< 1 km) pendant seulement 103,7 h (tableau 7.6). En général, les conditions de visibilité réduite surviennent principalement pendant les mois d'hiver.

L'humidité relative moyenne varie entre 72,7 % (janvier) et 86,3 % (septembre), avec une moyenne annuelle de 78,7 % (tableau 7.6). L'été, le nombre de jours où l'indice humidex peut dépasser 30 est de 31,4 jours, alors que les conditions d'humidex extrêmes sont atteintes 8,3 jours (≥ 35) et 1,3 jours (≥ 40). Historiquement, les indices humidex les plus élevés enregistrés pour la zone étaient de 49,2 et de 49,3, atteints respectivement le 2 juillet 2002 et le 1^{er} août 1975.

7.1.2 Qualité de l'air

7.1.2.1 Méthodologie

La description de l'état de référence de l'air ambiant est basée sur des études sectorielles réalisées afin d'établir la qualité de l'air actuelle de manière à pouvoir quantifier l'effet du projet Beauport 2020 sur cette composante. Ces études ont été réalisées par les consultants AirMet Science (analyse des

données des stations de la qualité de l'air dans le secteur du projet) et RWDI AIR Inc. (modélisation de l'état de référence et des effets du projet selon les différents scénarios hypothétiques).

Pour pouvoir modéliser la qualité de l'air, il a été nécessaire de déterminer les contaminants ciblés, de sélectionner les normes et les critères ainsi que d'établir les concentrations minimales et les limites spatiales.

La modélisation atmosphérique a été effectuée à l'aide du système de modélisation de la dispersion atmosphérique AERMET/AERMOD. L'utilisation de ce modèle est en accord avec le *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique* (version avril 2005) du MDDELCC. 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 Beauport¹ (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), au site du projet, puisque la station Beauport s'y trouve.

La grille de récepteurs choisie a été conçue, telle que proposée dans le guide du MDDELCC. Cette grille de récepteurs couvre un domaine d'étude de 12 km par 12 km centré sur le site du projet de Beauport 2020. Un espacement de 5 m a été choisi pour les récepteurs placés à la limite de propriété. Cette grille est adaptée (Nested grid) en fonction de la distance par rapport au site. La figure 7.2 présente la grille des récepteurs utilisés pour les modélisations atmosphériques du projet de Beauport 2020.

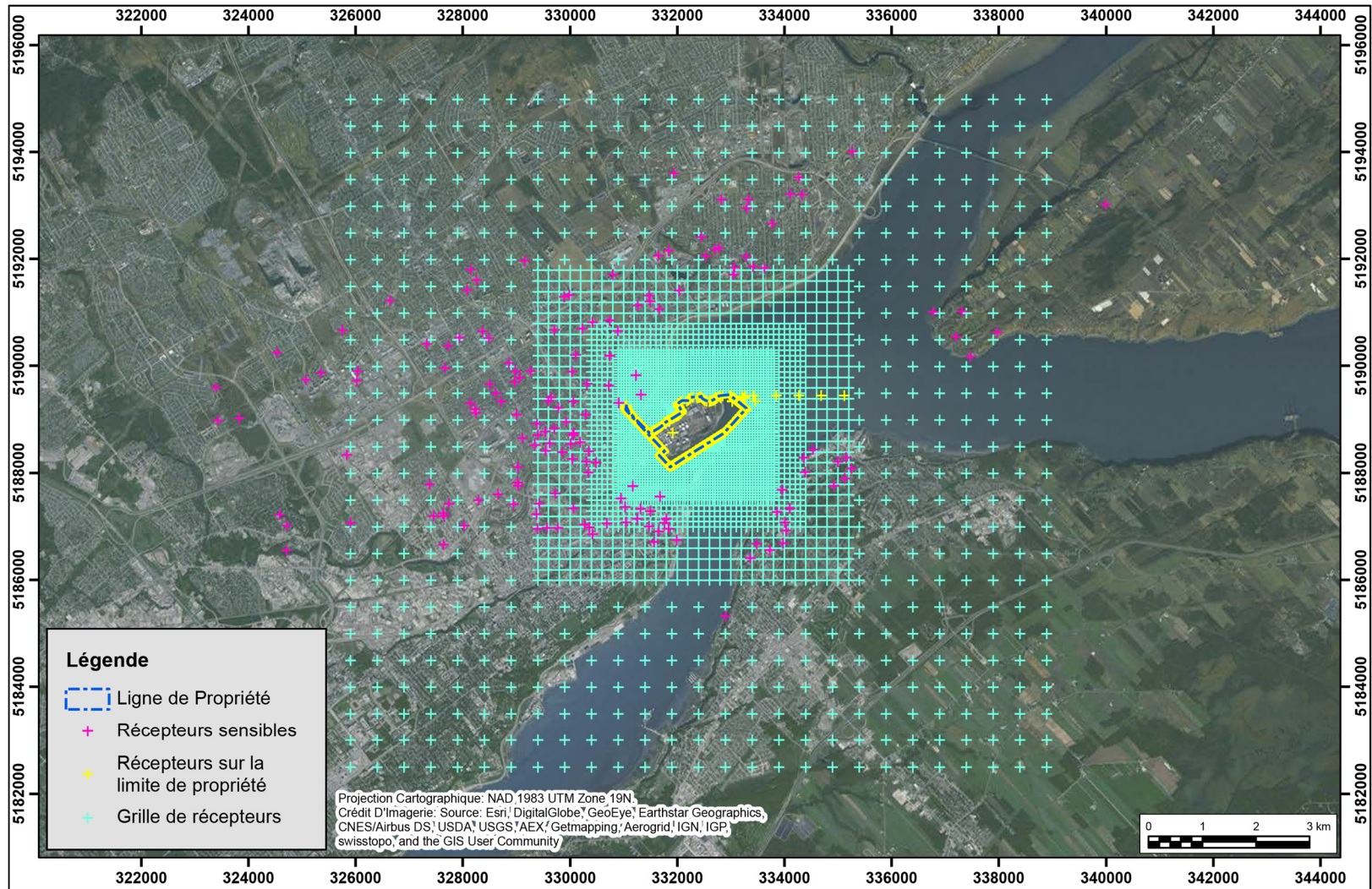
7.1.2.2 Contaminants ciblés

En fonction des divers scénarios élaborés dans le contexte du projet, autant dans le scénario de construction que celui d'exploitation, des contaminants ont été ciblés pour l'état de référence et pour vérifier les effets potentiels sur la qualité de l'air.

Pour le scénario de construction, les contaminants suivants ont été sélectionnés selon les scénarios élaborés : le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO₂), les particules fines (PM_{2.5}, PM₁₀ et PM₁₀ et PMT).

Pour le scénario d'exploitation, le site de Beauport 2020 est divisé en trois zones, soit une pour le transbordement de vrac liquide, une pour le vrac solide sous couvert, et une pour les marchandises générales (avec ou sans conteneurs). Les contaminants suivants ont été sélectionnés selon les scénarios élaborés : le CO, les NO_x, le SO₂ et les particules (PM_{2.5}, PM₁₀ et PMT). Pour les composés organiques volatils (COV) (secteur du vrac liquide), les contaminants suivants ont été sélectionnés : le benzène, l'éthylbenzène, l'hexane, le naphthalène, le styrène, le toluène et les xylènes. Enfin, la concentration en ozone (O₃) mesurée à la station Vieux-Limoilou (anciennement nommée Des Sables) a été utilisée pour le calcul des GES et pour les NO_x.

¹ La station de Beauport est une station météorologique du réseau d'Environnement Canada. Elle a été utilisée puisqu'elle est située directement à l'endroit du projet à l'étude, elle a été privilégiée par rapport à la station de l'aéroport Jean Lesage.



Fichier : CM_P0010666_7059_160930.ai

Figure 7.2 Grille des récepteurs

7.1.2.3 Normes et critères

Au niveau fédéral, le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) dicte les valeurs seuils pour la qualité de l'air et l'échantillonnage. Le CCME a publié en 2012 des standards pancanadiens², lesquels seront intégrés dans un système de gestion de la qualité de l'air (SGQA) qui contiendra de nouvelles normes canadiennes de la qualité de l'air ambiant (NCQAA; tableau 7.7). Les contaminants suivis dans l'air ambiant au niveau fédéral sont les particules fines (PM_{2.5}). Ce contaminant fait l'objet de deux valeurs NCQAA, soit une sur période de 24 h (28 µg/m³) et d'un 1 an (10 µg/m³).

Tableau 7.7 Normes d'air ambiant (RAA) et normes du CCME pour les paramètres retenus pour la qualité de l'air

PARAMÈTRES	CAS	PÉRIODE ¹	CONCENTRATION INITIALE ² (µg/m ³)	NORME/CRITÈRE RAA ³ (valeur guide) (µg/m ³)	VALEUR SEUIL CCME ³ (µg/m ³)
Particules en suspension totales (PMT)	s. o.	24 heures	46 ⁶	120	–
Particules en suspension moins de 2.5 microns (PM _{2.5})	s. o.	24 heures	10	30	28 ⁴
		1 an	10		10 ⁴
Particules de moins de 10 microns (PM ₁₀)	s. o.	s. o.	21	s. o.	s. o.
Dioxyde d'azote (NO ₂)	10102-44-0	1 heure	32 ⁵	414	–
		24 heures	9	207	–
		1 an	9	103	–
Monoxyde de carbone (CO)	75-15-0	1 heure	570 ⁵	34 000	–
		8 heures	570 ⁵	12 700	–
Dioxyde de soufre (SO ₂)	7446-09-5	4 minutes	33	1 050	–
		24 heures	1	288 ³	–
		1 an	1	52	–
Benzène	71-43-2	24 heures	3	10	–
Éthylbenzène	100-41-4	4 minutes	140	740	–
		1 an	3	200	–
Hexane	110-54-3	4 minutes	140	5300	–
		1 an	3	140	–
Naphtalène	91-20-3	4 minutes	5	200	–
		1 an	0	3	–
Styrène	100-42-5	1 heure	0	150	–
Toluène	108-88-3	4 minutes	260	600	–
Xylènes (o,m,p)	1330-20-7	4 minutes	150	350	–
		1 an	8	20	–
Retombées de poussières	s. o.	1 mois	0	1,7 ⁷	–

² CCME 2000. *Standard pancanadiens relative aux particules et à l'ozone*. www.ccme.ca . June 2000

PARAMÈTRES	CAS	PÉRIODE ¹	CONCENTRATION INITIALE ² (µg/m ³)	NORME/CRITÈRE RAA ³ (valeur guide) (µg/m ³)	VALEUR SEUIL CCME ³ (µg/m ³)
MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES					
Aluminium	7429-90-5	s. o.	0,18	–	–
Antimoine	7440-36-0	1 an	0,0014	0,17	–
Arsenic	7440-38-2	1 an	0,00269	0,003	–
Baryum	7440-39-3	1 an	0,0158	0,05	–
Béryllium	7440-41-7	1 an	0,0001	0,0004	–
Bismuth	7440-69-9	s. o.	0,0025	–	–
Cadmium	7440-43-9	1 an	0,00036	0,00036	–
Calcium	7440-70-2	s. o.	2,92614	–	–
Chrome (hexavalent)	7440-47-3	1 an	0,00315	0,004	–
Chrome (trivalent)	7440-47-3	1 an	–	0,1	–
MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES (suite)					
Cuivre	7440-50-8	24 heures	0,073	2,5	–
Cobalt	7440-48-4	1 an	0,0009	0,1-	–
Étain	7440-31-5	s. o.	0,00158	–	–
Fer	7439-89-6	s. o.	0,668	–	–
Manganèse	7439-96-5	1 an	0,0178	0,025	–
Nickel	7440-02-0	24 heures	0,009	0,014	–
Plomb	7439-92-1	1 an	0,0057	0,1	–
Selenium	7782-49-2	1 h	0,00036	2	–
Tellure	13494-80-9	s. o.	0,0025	–	–
Thallium	7440-28-0	1 an	0,0025	0,25	–
Vanadium	7440-62-2	1 an	0,00433	1	–
Zinc	7440-66-6	24 heures	0,136	2,5	–

1 Période sur laquelle s'appliquent les valeurs guides du MDDELCC.

2 La concentration initiale est la concentration préexistante d'un contaminant dans l'air ambiant

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).

3 Objectif en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (2011 et 2013).

4 La moyenne des valeurs calculées pour les 98^e percentiles pour chaque année mesurée à la station Des Sables pour la période 2013-2015 a été utilisée comme concentration initiale.

5 La valeur choisie est la norme utilisée dans la province de Colombie Britannique. Les unités sont mg/(décimètre²-jour)

6 En gras : Valeur moyenne annuelle à la station Vieux- Limoilou pour la période 2013-2015

La concentration initiale en chrome est considérée comme chrome hexavalent.

Au niveau provincial, la qualité de l'air est règlementée par le *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA) adopté en 2013 et amendé en 2015. Les normes et les critères sont définis dans l'annexe K du RAA pour les contaminants ciblés. Ces valeurs ont été regroupées les *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère* (MDDELCC, 2015). Ce règlement, valeur guide pour l'APQ, couvre l'ensemble des activités susceptibles d'émettre des contaminants dans l'environnement pour le projet de Beauport 2020. Les particules en suspension PMT sur 24 h (120 µg/m³), les PM2.5 sur 24 h (30 µg/m³),

le dioxyde d'azote (NO₂) sur 1 h, 24 h et 1 an (respectivement de 414, de 207 et de 103 µg/m³), le CO sur 1 et 8 h (respectivement de 34 000 et 12 700 µg/m³), le dioxyde de soufre (SO₂) sur 4 minutes, 24 h et 1 an (respectivement de 1 050, de 288 et de 52 µg/m³).

Sur la propriété de l'APQ, il y a présentement de l'entreposage de produits pétroliers. Le scénario d'exploitation prévoit aussi l'installation de nouveaux réservoirs pour du vrac liquide (ce qui inclut les hydrocarbures pétroliers). Dans les études sectorielles, les COV suivants ont été identifiés dans le scénario exploitation : le benzène, l'éthylbenzène, l'hexane, le naphthalène, le styrène, le toluène et les xylènes. Toutes les normes et les critères (valeur guide) ainsi que les valeurs de concentrations initiales des études sectorielles (tableau 7.7) proviennent de l'annexe K du RAA (et résumé dans le document « Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère »).

Aucune norme ou critère n'est défini dans les règlements municipaux de la Ville de Québec pour la qualité de l'air. Conséquemment, aucun règlement municipal n'a été considéré dans les études sectorielles sur la qualité de l'air pour ce projet.

Le MDDELCC ne recommande pas d'utiliser l'option de déposition des poussières du modèle AERMOD. Il n'existe aucune norme, critère ou valeur-guide pour les retombées de poussières, que ce soit en condition de déposition humide, sèche ou totale. Pour cette raison, les consultants de l'APQ ont utilisé une norme établie en Colombie-Britannique, soit 1,7 mg/décimètre²-jour, sur une période de un mois.

7.1.2.4 Concentrations initiales

Les études sectorielles ont considéré, tel que recommandé par le MDDELCC, les concentrations initiales des contaminants dans l'air ambiant. Une priorité a été donnée aux mesures de ces contaminants dans le secteur du projet. La valeur retenue est la valeur moyenne annuelle, mesurée à la station Des Sables (aujourd'hui la station du Vieux-Limoilou) entre 2013 et 2015 pour toutes les périodes (tableau 7.7, voir en gras les valeurs de la station du Vieux-Limoilou). Notons cependant que la station du Vieux-Limoilou est localisée dans la partie sud du quartier Limoilou, en bordure de la rivière Saint-Charles. Cette station peut être influencée par les émissions urbaines directes et indirectes. Lorsque la concentration initiale des contaminants ciblés n'a pas été échantillonnée à cette station, alors les concentrations initiales de l'annexe K du RAA ont été utilisées (tableau 7.7).

Pour sa part, l'APQ dispose d'un imposant réseau de surveillance de la qualité de l'air ambiant sur son territoire et dans la communauté. Ce réseau comprend huit stations de surveillance directement sur le territoire portuaire qui servent notamment de réseau d'alerte, soit cinq stations au pourtour du secteur Beauport et trois dans le secteur de l'Anse au Foulon. Les stations externes au territoire portuaire s'ajoutent au réseau existant du MDDELCC et sont localisées dans la communauté, plus précisément dans le quartier de Limoilou. Les données de la station de la 2^e Avenue (station de l'APQ) sont rendus disponibles à des fins de comparaison seulement, car cette station est la plus près de celle du Vieux-Limoilou (MDDELCC).

La figure 7.3 présente la position des trois stations considérées pour l'état de référence dans les études sectorielles, incluant la station retenue du Vieux Limoilou en vert (Des Sables).

La station du Vieux Limoilou se trouve dans la partie sud du quartier Limoilou en bordure de la rivière Saint-Charles (figure 7.3). Cette station peut être influencée par les émissions urbaines tout autour, le secteur industriel, les autoroutes, la papetière (500 m environ au nord-est) et le port; le secteur portuaire de l'Estuaire est à environ 1 km à l'est et celui de Beauport à 1,3 km et plus au nord-est.



Orthophoto, © 2014 DigitalGlobe Image courtesy of NASA Earthstar, Geographics SIO © 2016 Microsoft Corporation © Harris Corp., Earthstar Geographics LLC
Fichier : CM_P0010666_7061_160930.ai

Source : MDDELCC

Figure 7.3 Stations de surveillance de la qualité de l'air dans le territoire de la ville de Québec (source MDDELCC)

Compte tenu de son emplacement et des paramètres mesurés, la station Vieux-Limoilou (03006) est la station retenue pour évaluer la qualité de l'air à l'état de référence près de la zone portuaire. Comme cette station est opérationnelle depuis 1989 et que son emplacement permet de prendre en considération les opérations portuaires, elle s'avère un choix judicieux et très représentatif de la qualité de l'air dans le secteur du projet Beauport 2020.

La figure 7.4 positionne la station de la 2^e Avenue par rapport à celle du Vieux-Limoilou. Les mesures complètes de la station de la 2^e Avenue sont disponibles dans le rapport de l'état de référence, mais certaines données mesurées à cette station sont présentées à titre de comparaison. Celles retenues pour les études de modélisation atmosphérique comme concentration initiale sont présentées dans les sections qui suivent et dans le tableau 7.8 pour les PM_{2.5}.

Pour les PM_{2.5}, les concentrations moyennes annuelles à la station Vieux-Limoilou varient entre 9,56 µg/m³ et 10,42 µg/m³; la moyenne triennale des moyennes annuelles est de 10,02 µg/m³, soit une valeur très légèrement supérieure à la norme de 10 µg/m³ du CCME (valeur seuil).

Le tableau 7.8 présente les résultats du traitement des données de la station du Vieux-Limoilou pour les années 2013 à 2015 pour les PM_{2.5}.

Tableau 7.8 Traitement des données aux stations Vieux-Limoilou et 2^e Avenue 2013-2015 pour les PM_{2.5}

AN	MOYENNE (µg/m ³)	NOMBRE	P98
VIEUX-LIMOILOU			
2013	10,07	355	26,42
2014	9,56	356	22,44
2015 année	10,42	333	26,45
juin-déc	9,21	196	19,62
STATION 2^E AVENUE			
2015	6,97	188	18,5

En ce qui concerne les PM₁₀, les valeurs moyennes annuelles de 2013, 2014 et 2015 sont respectivement de 21,5 µg/m³, de 21,08 µg/m³ et de 19,03 µg/m³. Rappelons que les PM₁₀ n'ont pas de valeur guide (CCME et MDDELCC).

Pour les PMT les valeurs moyennes annuelles pour 2013, 2014 et 2015 sont respectivement de 46,57 µg/m³, de 48,4 µg/m³ et de 44,24 µg/m³, la valeur guide est de 120 µg/m³ sur 24 heures.

Pour le dioxyde d'azote (NO₂), les valeurs de moyennes annuelles sont comprises entre 8,7 µg/m³ et 9,1 µg/m³ alors que la valeur moyenne quotidienne pour cette station est de 34,9 µg/m³. La valeur guide pour le dioxyde d'azote est de 414 µg/m³ sur 1 heure et de 207 µg/m³ sur 24 heures.

Pour le CO, la concentration horaire maximale est de 2,53 µg/m³; aucune concentration n'est supérieure à la norme horaire du RAA. De même, la plus haute concentration sur une période de huit heures est de 2,07 µg/m³ et ainsi toutes ces valeurs sont inférieures à la norme de huit heures du RAA. Les valeurs guide sont de 34 000 et 12 700 µg/m³ sur 1 heure et 8 heures respectivement.



Orthophoto, © 2014 DigitalGlobe Image courtesy of NASA Earthstar, Geographics SIO © 2016 Microsoft Corporation © Harris Corp., Earthstar Geographics LLC
Fichier : CM_P0010666_7060_160930.ai

Figure 7.4 Localisation de la station Vieux-Limoilou (MDELCC) et de la station de la 2^e Avenue (APQ)

Pour le SO₂, le RAA spécifie trois normes, soit 1 050 µg/m³ sur une base de quatre minutes, 288 µg/m³ sur une base quotidienne et 52 µg/m³ sur une base annuelle; la valeur limite de 1 050 µg/m³ peut être excédée jusqu'à 0.5% du temps sur une base annuelle mais sans dépasser 1 310 µg/m³. Les concentrations annuelles varient entre 0,32 µg/m³ et 0,70 µg/m³, valeurs inférieures à la norme annuelle du RAA. Le plus haut maximum sur une période de quatre minutes est de 37 µg/m³, valeur également inférieure à la norme du RAA. Il en est de même pour la norme de 24 h puisque la concentration maximale de 24 heures est 4,28 µg/m³ (en 2014).

Les métaux et métalloïdes sont aussi mesurés à la station du Vieux-Limoilou. Les concentrations initiales de ces éléments sont également présentées dans le tableau 7.7. Rappelons que ces concentrations n'ont pas été utilisées dans le cadre des modélisations réalisées dans les études sectorielles puisqu'aucun des scénarios modélisés ne prévoit l'émission de ces contaminants.

À titre d'information, l'APQ rend disponibles les données pour la station de son réseau sur la 2^e Avenue. Le tableau 7.9 présente les résultats pour le nickel, le cuivre et le zinc, entre juin et décembre 2015 (seules données disponibles pour cette station au moment de la rédaction de cette étude), avec celles de la station du Vieux-Limoilou.

Cuivre

La norme d'air ambiant du RAA est de 2.5 µg/m³ pour une période de 24 heures.

À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles 2013, 2014 et 2015 sont respectivement de 0,043 µg/m³, 0,066 µg/m³ et de 0.11 µg/m³. Par ailleurs, quatre valeurs (en 2013) sont inférieures à la limite de détection de 0,002 µg/m³. Aucune valeur quotidienne rapportée sur la période du 1^{er} janvier 2013 au 31 décembre 2015 n'est supérieure à la norme du RAA.

À la station de la 2^e Avenue, la moyenne pour la période de fonctionnement de la station est de 0,1915 µg/m³; pour la même période, la moyenne de Vieux-Limoilou est plus faible (0.1046 µg/m³). Aucune valeur quotidienne n'est supérieure à la norme de 2.5 µg/m³ du RAA.

Nickel

Depuis 2013, la norme du RAA pour le nickel est de 0,014 µg/m³ sur 24 heures. La version antérieure du RAA (2011) du MDDELCC prescrivait une valeur de 0,012 µg/m³ sur une base annuelle.

À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles de 2013 et 2015 sont respectivement de 0,0133 µg/m³ et de 0,0057 µg/m³. En 2013 et 2015, environ 41 % et 67 % respectivement des mesures sont inférieures à la limite de détection. Le MDDELCC ne rend pas disponibles au public les données de 2014. Les résultats à la station Vieux-Limoilou pour 2013 et 2015 montrent un total de 17 concentrations qui excèdent la norme du RAA, ce qui représente 9,5 % du nombre total de valeurs (14,3 % en 2013 et 7,7 % en 2015) ou 90,5 % des valeurs qui lui sont inférieures.

À la station de la 2^e avenue, la moyenne de la période (juin à décembre 2015) pour le nickel est de 0,0078 µg/m³; elle est supérieure à celle de Vieux-Limoilou (0,0025 µg/m³) sur la même période. À la station de la 2^e Avenue, 19 valeurs sont supérieures à la norme de 0,014 µg/m³ du RAA pour la période, ce qui représente 14,4% des valeurs ou 85,6% qui sont inférieures.

Tableau 7.9 Résultats pour le cuivre, le nickel et le zinc aux stations Vieux-Limoilou et 2^e Avenue

ANNÉE	NORME RAA	CUIVRE	NICKEL	ZINC
		2,5 µg/m ³	0,014 µg/m ³	2,5 µg/m ³
VIEUX-LIMOILOU				
2013	LD	0,002	0,003	0,06
	MOYENNE	0,04337	0,01327	0,23458
	NOMBRE	131	49	131
	N > norme	0	7	1
	%	0	14,29	0,76
	N < LD	4	20	29
	%	3,05	40,82	22,14
2014	MOYENNE	0,06552	ND	0,08852
	NOMBRE	48	ND	48
	N > norme	0	ND	0
	%	0	ND	0
	N < LD	0	ND	16
	%	0	ND	33,33
2015	MOYENNE an juin-déc	0,10976 0,10463	0,00574 0,00247	0,08437 0,08744
	NOMBRE	41	130	41
	N > norme	0	10	0
	%	0	7,69	0
	N < LD	0	87	15
	%	0	66,92	36,59
2^e AVENUE				
2015		CUIVRE	NICKEL	ZINC
	LD	0,0006	0,0016	0,014
	MOYENNE	0,1915	0,00779	0,03009
	NOMBRE	40	132	40
	N > norme	0	19	0
	%	0	14,4	0
	N < LD	1	58	1
%	2,5	43,9	2,5	

Zinc

La norme du RAA est de 2.5 µg/m³ pour une période de 24 heures.

À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles 2013, 2014 et 2015 sont respectivement de 0,2346 µg/m³, 0,0885 µg/m³ et de 0,0844 µg/m³. Le pourcentage de valeurs inférieures à la limite de détection varie entre 22 % et 37 %.

À la station de la 2^e Avenue, la moyenne est de 0,0301 µg/m³ pour la période disponible en 2015; elle est plus faible que celle de Vieux-Limoilou (0,0874 µg/m³) sur la même période.

7.1.2.5 Sélection de la zone de modélisation

La limite spatiale définie pour l'air ambiant est la zone du bassin atmosphérique (ZBA), telle que définie à la section 6.2.1; figure 6.1. Cette zone couvre une superficie de 12 km de rayon.

Il est toutefois à noter que les modélisations réalisées avec le modèle AERMOD ont été produites à l'aide d'une grille de 12 km par 12 km centrée sur le site du projet de Beauport 2020 (figure 7.2).

Les sources d'émissions atmosphériques anthropiques sont nombreuses au pourtour de la zone portuaire. En effet, historiquement, les quartiers et les industries se sont installés en périphérie, faisant du secteur un centre économique d'importance pour la Ville de Québec. De nos jours, parmi les sources d'origine industrielle, on trouve, du plus près au plus loin :

- ▶ l'usine Papiers White Birch, Division Stadacona, située à environ 1 km au sud-est de Beauport, présente depuis les années 1930;
- ▶ l'incinérateur de la Ville de Québec, situé à environ 1,5 km à l'est de Beauport, est en fonction depuis les années 1970;
- ▶ les usines Canada Bread, environ 3 km au nord de Beauport, et Canada Bread à Lévis, environ 2,5 km à l'est de Beauport.

Comme le rapporte l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP), ces usines émettent des COV, des NO_x, et des PM_{2.5}.

Devant les installations portuaires de Beauport, se trouve aussi le site de l'Estuaire où G3 (anciennement Bunge) opère des silos à grains. Ces installations émettent également des COV, des NO_x et des PM_{2.5} (INRP, 2014). Toujours selon ce registre (INRP, 2014), l'usine Rothmans Bensons & Hedges, située à environ 2,5 km au sud-ouest de Beauport, et la carrière exploitée par Ciment Québec, située à environ 3 km au nord du projet de Beauport 2020, sont également des sources de PM_{2.5} (figure 7.5).

En plus des sources d'origine industrielles, les sources d'origine non industrielles ne sont pas à négliger. En effet, la combustion pour le chauffage résidentiel et commercial contribue annuellement à l'apport de contaminants atmosphériques du secteur. De plus, l'autoroute Dufferin-Montmorency, construite en 1976, passe à l'ouest du site du projet Beauport 2020 (figure 7.5). Également, les sources mobiles, telles que les véhicules automobiles, les véhicules lourds et le transport ferroviaire, contribuent à l'apport de NO_x et du CO.

7.1.2.6 Composés organiques volatils

Paramètres de la modélisation

L'effet des émissions de composés organiques volatils (COV) sur la qualité de l'air au pourtour du secteur du projet Beauport 2020 a été évalué en fonction d'un scénario hypothétique prévoyant une division du terre-plein en trois zones : 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). Le futur terminal de vrac liquide, situé dans la zone d'agrandissement du Port de Québec, aura sept réservoirs à toit flottant contenant de l'essence, du biodiesel, du diesel et du *jet fuel*. Ces réservoirs émettront les contaminants suivants : benzène, éthylbenzène, hexane, naphthalène, styrène, toluène, xylène.



Orthophoto, © 2014 DigitalGlobe Image courtesy of NASA Earthstar, Geographics SIO © 2016 Microsoft Corporation © Harris Corp., Earthstar Geographics LLC
Fichier : CM_P0010666_7054_160930.ai

Figure 7.5 Sources industrielles à proximité de la zone de l'APQ

Puisqu'il n'existe aucune mesure de COV dans le domaine d'étude, le niveau de référence de ces contaminants sont les critères de l'annexe K (valeur guide). Conséquemment, il est nécessaire de modéliser un scénario avec les sources d'émission actuelles, et un scénario avec les sources futures. Ce dernier scénario inclut également les sources actuelles du terminal de vrac liquide de l'APQ. Donc, le scénario futur inclut les activités actuelles et celles du projet Beauport 2020.

Le kérosène (CAS 8808-20-6) est un contaminant possédant une valeur guide de qualité de l'air au Québec. Ce critère a été établi sur une base de nuisance causée par l'odeur du kérosène. Le Québec est la seule province canadienne ayant un critère de qualité de l'air pour ce contaminant. Ce dernier, présent dans le *jet fuel* entreposé à Beauport, n'a pas été évalué dans cette étude, puisqu'aucune plainte concernant l'odeur de kérosène n'a été enregistrée à Beauport. De plus, le kérosène entreposé dans le futur terminal de vrac liquide sera contenu dans des réservoirs à toit flottant émettant moins de vapeur de kérosène que les réservoirs à toit fixe existants.

Les émissions de COV associées aux réservoirs de stockage de produits liquides pétrochimiques ont été estimées en utilisant la méthodologie standard utilisée dans l'industrie: le modèle TANKS 4.09d (United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA], 2005). Le modèle TANKS a été développé pour calculer les émissions émises par différents types de réservoirs ayant différentes caractéristiques, telles que le niveau de liquide dans le réservoir, le produit entreposé, la dimension du réservoir, le débit net et les conditions météorologiques.

Pour cette étude, le modèle TANKS a été utilisé pour calculer les émissions des réservoirs. Le scénario actuel inclut les réservoirs suivants, qui contiennent du diesel et de l'essence :

- ▶ 23 réservoirs munis de toits fixes, 16 réservoirs munis de toits flottants internes;
- ▶ 3 réservoirs munis de toits fixes, 7 réservoirs munis de toits flottants internes (figure 7.6).

Le scénario futur inclut les réservoirs suivants, qui contiennent du diesel/biodiesel et de l'essence :

- ▶ 7 réservoirs dans le futur enclos (7 réservoirs munis de toit flottants internes).

Une cheminée ayant une unité de destruction de vapeurs (VDU, *Vapor Destruction Unit*) est utilisée pour le contrôle d'émissions émises lors du chargement des camions pour le scénario actuel

Le scénario futur comprend également une cheminée VDU pour le contrôle d'émissions émises lors du chargement des camions et des wagons dans l'enclos futur.

La figure 7.7 présente l'emplacement des sources du projet de Beauport 2020 pour les COV.

Il est supposé qu'en moyenne, la collection d'émissions par les VDUs a été de 100 % et leurs efficacités sont à 97 %.

Scénario en construction – état initial

Les COV n'ont pas été modélisés dans le scénario de construction puisqu'aucune émission de COV n'est prévue lors de cette phase.

Scénario en exploitation – état initial

Tel que présenté précédemment, il est nécessaire de modéliser un scénario avec les sources d'émission actuelles, et un scénario avec les sources futures. Ce dernier scénario inclut également les sources actuelles du terminal de vrac liquide de l'APQ. Donc, le scénario futur inclut les activités actuelles et les activités futures du projet Beauport 2020). Tous les résultats issus de la modélisation des COV sont comparés aux valeurs guide (tableau 7.7).

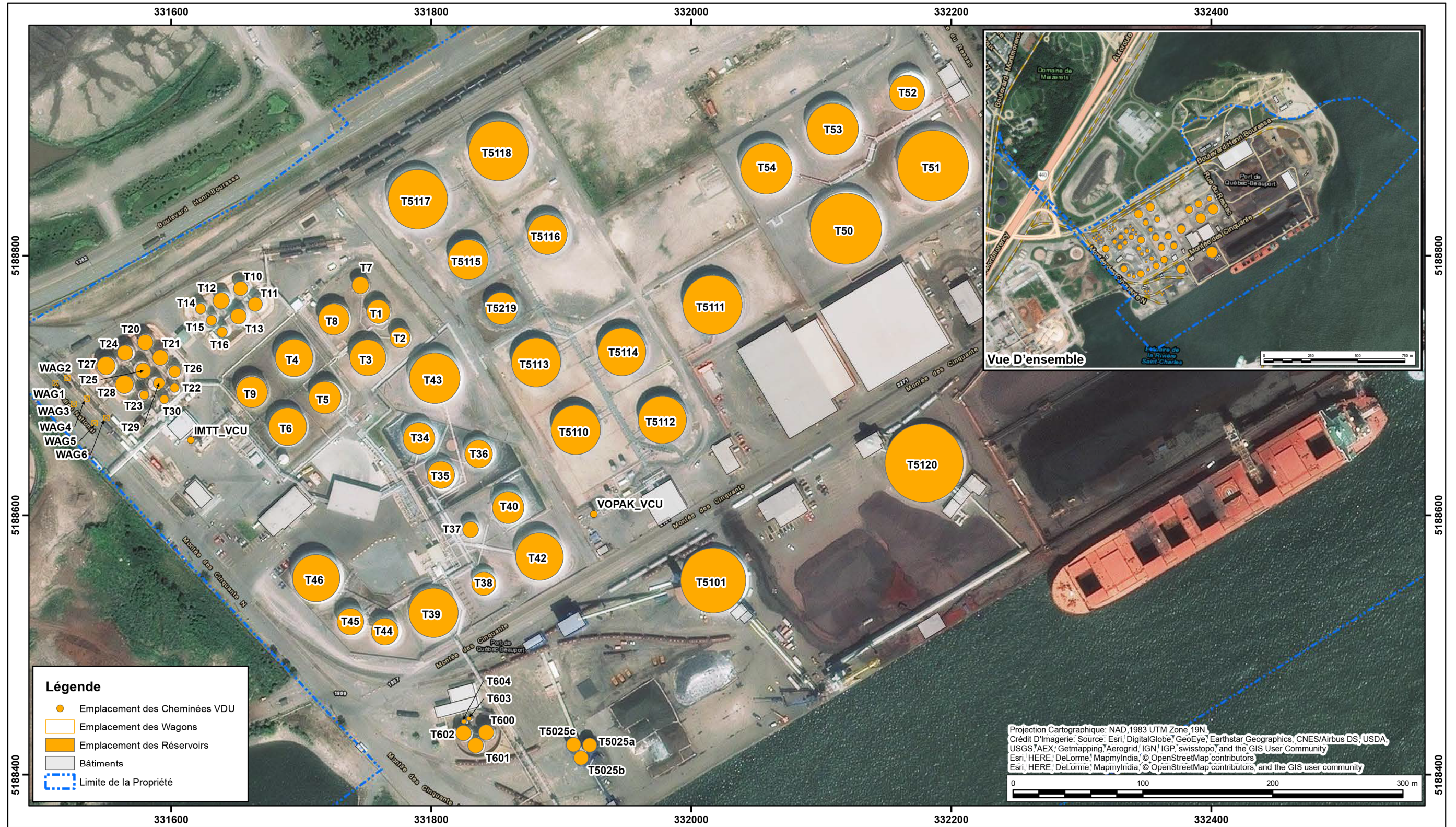
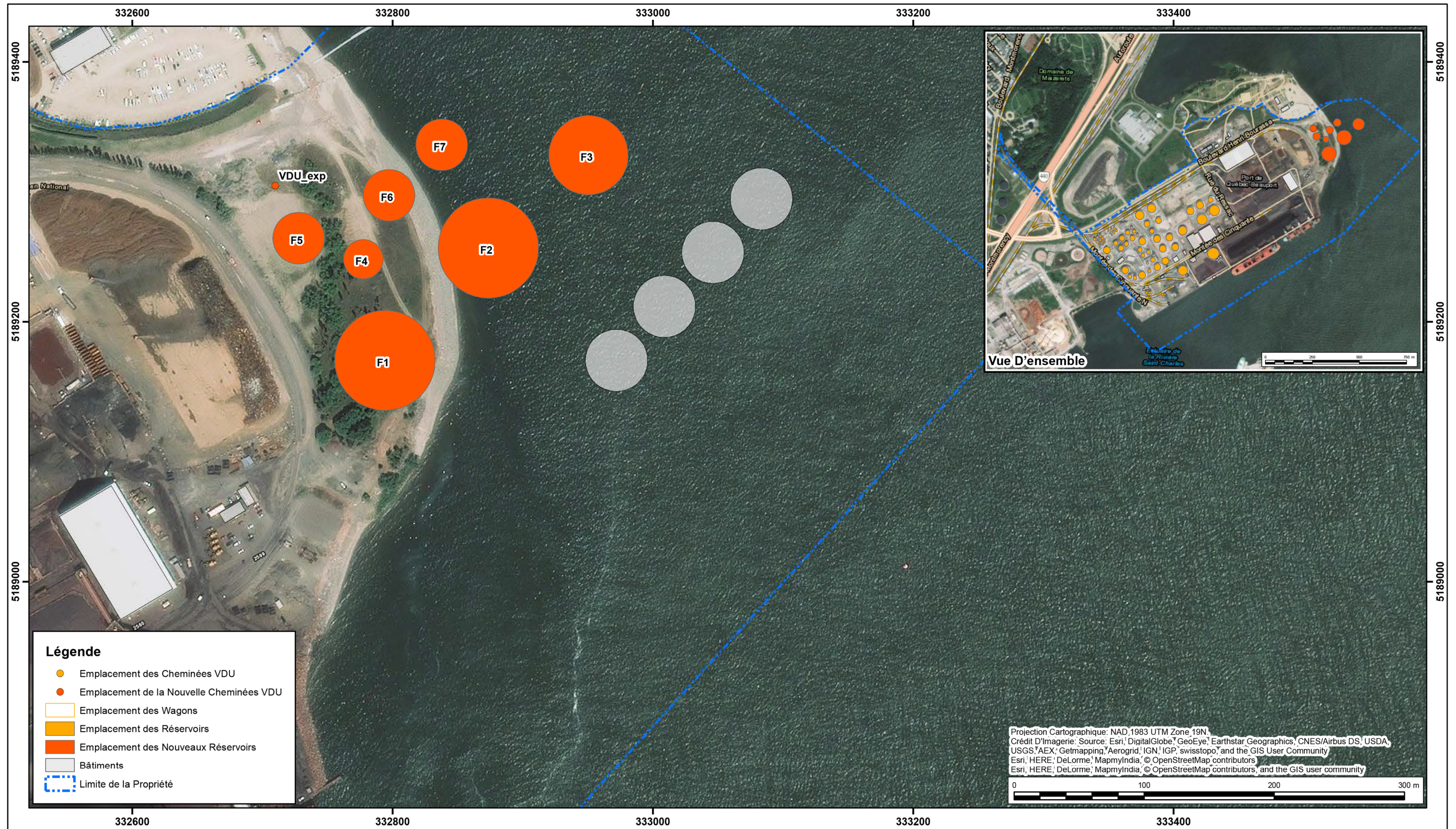


Figure 7.6 Emplacement des sources actuelles – COV



Fichier : CM_P0010666_7056_160930.ai

Figure 7.7 Source du projet Beauport 2020 – COV

Les combinaisons de sources définies pour le scénario actuel sont présentées dans le paragraphe ci-dessous. Ces combinaisons de sources ont été choisies dans le but de concevoir un scénario d'émissions maximales pour chacun des contaminants modélisés. Le scénario actuel comporte la combinaison des sources suivantes :

- ▶ les pertes passives de 38 réservoirs ;
- ▶ les pertes actives de 2 réservoirs, qui peuvent contenir de l'essence ou du diesel;
- ▶ le chargement de 3 camions en essence ou en diesel, dont les émissions sont acheminées aux deux cheminées VDU afin de réduire leurs émissions.

En plus des sources actuelles, le scénario futur inclut les combinaisons des sources décrites à la section précédente ainsi que les sources prévues, qui seront en place lors de la phase d'exploitation du projet Beauport 2020.

Le scénario futur comporte la combinaison des sources suivantes :

- ▶ les pertes passives de 45 réservoirs et 7 futurs réservoirs;
- ▶ les pertes actives de 4 réservoirs, qui peuvent contenir de l'essence ou du diesel;
- ▶ le chargement de 5 camions en essence ou diesel où les émissions sont acheminées aux trois cheminées VDU afin de réduire leurs émissions;
- ▶ le remplissage de 2 wagons d'essence ou de diesel dans le futur enclos où les émissions sont acheminées à la cheminée VDU du futur enclos afin de réduire leurs émissions.

Le tableau 7.10 montre les concentrations maximales prévues par le modèle AERMOD pour le scénario actuel. Pour les émissions de COV, tous les contaminants se situent sous la valeur guide définie par le MDDELCC. Les xylènes sont les contaminants présentant les concentrations les plus élevés, atteignant 97 % de la valeur guide (norme ou critère établi pour ce contaminant).

Tableau 7.10 Concentrations en COV modélisées avec AERMOD pour le scénario actuel

POLLUANTS	CAS	VALEUR GUIDE ¹ (µg/m ³)	PÉRIODE	CONCENTRATIONS INITIALES (µg/m ³)	CONCENTRATIONS MAXIMALES (µg/m ³)	CONCENTRATIONS MODÉLISÉES (µg/m ³)	% DE LA VALEUR (µg/m ³)
Benzène	71-43-2	10	24 heures	3	2	5	50 %
Éthylbenzène	100-41-4	740	4 minutes	140	12	152	21 %
n-Hexane	110-54-3	5 300	4 minutes	140	37	177	3 %
Naphtalène	91-20-3	200	4 minutes	5	1	6	3 %
		3	1 an	0	0,01	0,01	0 %
Styrène, monomère	100-42-5	150	1 heure	0	0,04	0,04	0 %
Toluène	108-88-3	600	4 minutes	260	75	335	56 %
Xylènes (o, m et p)	1330-20-7	350	4 minutes	150	188	338	97 %
		20	1 an	8	1	9	46 %

1 Voir le Tableau 7.7

2 Comparaison entre la concentration maximale et la valeur guide

7.1.2.7 Particules en suspension

Paramètres de modélisation

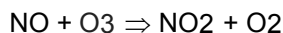
Les deux scénarios suivant ont été évalués lors de la modélisation atmosphérique pour les particules en suspension et pour les gaz de combustion :

- ▶ Un scénario des opérations de construction du projet de Beauport 2020 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 (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.
- ▶ 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 (PM_{2.5}) provenant des activités de chargement et déchargement de produits en vrac solide, et toutes acheminés vers un dépoussiéreur.

Les figures 7.8 et 7.9 présentent l'emplacement des sources futures pour le scénario de construction et pour le scénario d'exploitation.

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 sèches et humides 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 PMT pour une période de 1 mois pour ce scénario sont beaucoup moins comparativement au scénario de construction.

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 valeur guide 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 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 Vieux-Limoilou pour la période de 2008 à 2012.

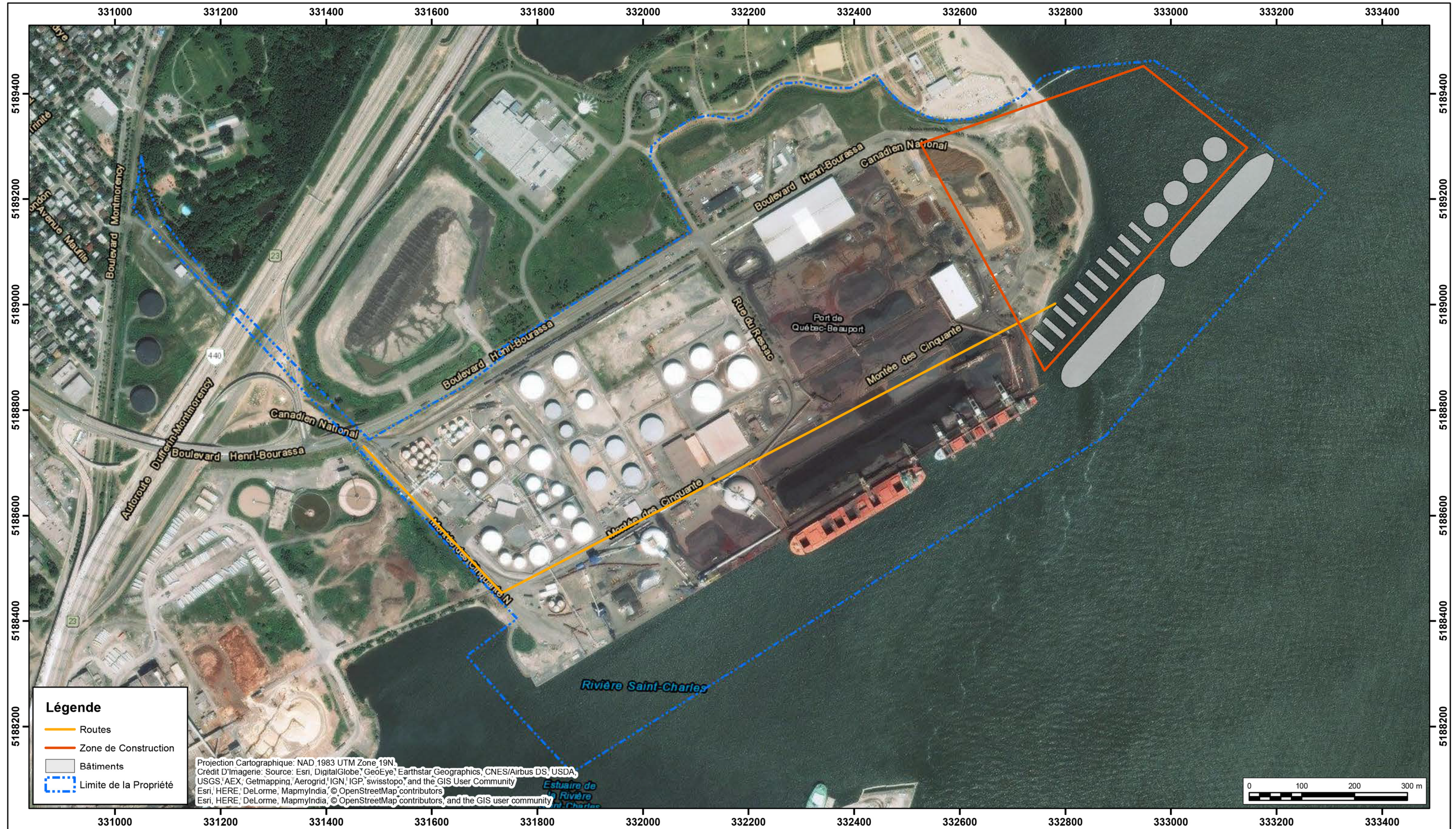


Figure 7.8 Emplacement des sources futures – Scénario construction

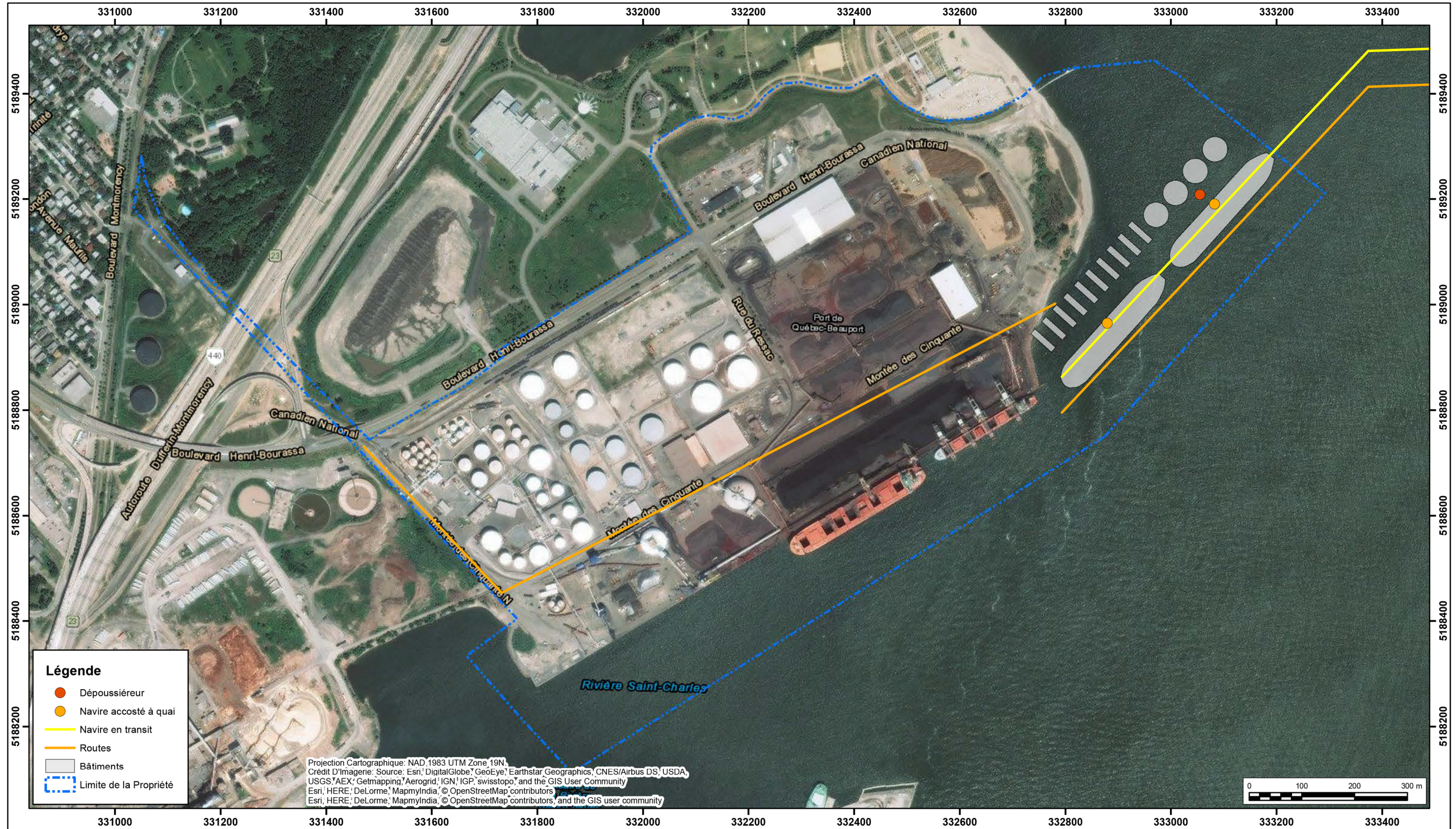


Figure 7.9 Emplacement des sources futures – Scénario exploitation

Un scénario de construction a été élaboré selon l'échéance et les équipements prévus. 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 d'émission.

Le scénario d'exploitation ci-dessous a été élaboré de manière à représenter une situation où les émissions atmosphériques sont maximales. Il comporte la combinaison des sources suivantes :

- ▶ Un navire en transit accompagné de deux 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 activité est de 24 h, 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.

Scénario en construction

Identification des sources d'émission de particules en suspension et de produits de combustion – Scénario de construction

La construction de l'agrandissement à Beauport est prévue de s'échelonner sur deux 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.

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

- ▶ Bulldozer;
- ▶ Usine de béton;
- ▶ Véhicules (camionnage);
- ▶ Manutention des matériaux de construction (sable, gravier, etc.).

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

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

❖ Bulldozer

Les facteurs d'émission pour MPT, PM₁₀ et PM_{2.5} des bulldozers ont été obtenus à partir de la section 11.9 *Western Surface Coal Mining* de l'AP-42 (US EPA, 1998).

Les données pour le contenu moyen en silt et la teneur en humidité sont nécessaires pour appliquer les calculs de cette référence. Celles-ci 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 la section 13.2.4 *Aggregate Handling and Storage Piles* de l'AP-42 (US EPA, 1998).

❖ Usine à béton

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

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 durant quatre mois, de mai à août. La coulée de béton prévue pour chaque caisson durera approximativement 76 heures.

❖ Véhicules

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 AP-42 13.2.2 publiés par la US EPA.

❖ Manutention matériaux de construction

Les taux d'émissions pour les équipements de manutention lors de la construction ont été évalués avec le logiciel « NONROAD2008 ».

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 AP-42 13.2.2 publiés par la US EPA.

❖ Remorqueurs et dragues

Les taux d'émissions provenant des moteurs des remorqueurs et dragues pour le scénario de construction ont été estimés en utilisant les données et les 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 *Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data* (US EPA, 2000);
- ▶ le nombre total de navires prévu à l'été 2018;
- ▶ un temps d'opération de 12 h/j.

❖ Camions

Les taux d'émissions provenant des camions pour le scénario de 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;
- ▶ un temps d'opération de 12 h/j.

❖ Autres équipements

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;
- ▶ 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 h/j pour tous les équipements à l'exception de la drague où le temps d'opération est de 24 h/j;
- ▶ les facteurs d'émissions générés par les calculs « NONROAD2008 » pour chaque type d'équipement.

L'évaluation des taux d'émissions de toutes ces sources sont détaillées dans les études sectorielles de l'air ambiant.

Scénario en exploitation

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

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

Puisque la manutention des produits en vrac solide à couvert sous un système d'aspiration en pression négative (système pneumatique), toutes les particules émises lors cette opération seront limitées à des PM_{2.5}.

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).

❖ Équipements de manutention

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 h.

❖ Véhicules en mouvement

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 AP-42 13.2.1 publiés par la US EPA.

❖ Navires en transit et au quai

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 1 250 kW pour tous les moteurs auxiliaires des navires accostés opérant à 25 % de sa charge maximale;
- ▶ une puissance (nette) maximale de 5 000 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;
- ▶ les facteurs d'émissions provenant du document *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, alors que le tonnage actuel (basé sur l'information fournie pour l'année 2010, qui est considérée comme étant une année représentative des activités actuelles) est de 10,11 millions de tonnes par année.

❖ 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 (basée 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.

❖ Locomotives

Les taux d'émissions provenant des locomotives pour le scénario des opérations futures incluent celles associées aux locomotives portuaires voyageant sur le site (locomotives circulant sur les 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 (basée 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 des locomotives du CN/CP sont estimés en utilisant :

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

❖ Équipements de manutention

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 :

- ▶ deux équipements d'une puissance nominale équivalente à 300 HP;
- ▶ la puissance nominale de l'équipement;
- ▶ l'année du modèle de l'équipement;
- ▶ 4 380 h par année d'opération pour chaque équipement;
- ▶ les taux d'émissions générés par les calculs NONROAD2008 pour chaque type d'équipement.

L'évaluation des taux d'émissions de toutes ces sources sont détaillées dans les études sectorielles de l'air ambiant.

7.1.2.8 Gaz à effet de serre

Paramètres de modélisation

Une description de la méthodologie employée pour calculer les émissions de GES ainsi que les hypothèses utilisées pour chaque type de sources sont incluses aux sections suivantes.

Moteurs des navires

Les émissions annuelles de GES provenant des moteurs de navires à Beauport pour le scénario des opérations actuelles ont été estimées en utilisant les données et hypothèses suivantes:

- ▶ une puissance (nette) maximale de 1 250 kW pour tous les moteurs auxiliaires des navires accostés opérant à 25 % de sa charge maximale;
- ▶ une puissance (nette) maximale de 5 000 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 pour s'approcher au s'éloigner du quai;
- ▶ un temps de 2 h (1 h pour l'arrivée et 1 h pour le départ) pour chaque navire en transit au port;
- ▶ les facteurs d'émissions provenant du document *Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data* (USEPA, 2000).

Les émissions annuelles de GES provenant des moteurs de navires à Beauport pour le scénario des opérations futures ont été estimées en utilisant les hypothèses du scénario des opérations 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 (basé sur l'information fournie pour l'année 2010, qui est considérée comme étant une année représentative des activités actuelles) est de 10,11 millions de tonnes par année.

Les émissions annuelles de GES provenant des moteurs de remorqueurs à Beauport pour le scénario des opérations de construction ont été estimées en utilisant les données et hypothèses suivantes:

- ▶ une charge de moteur estimée à 70 %;
- ▶ les mêmes facteurs d'émissions utilisés pour le développement d'émissions pour les scénarios d'opérations actuelles et futures;
- ▶ une estimation de 12 h/j d'opération pour le remorqueur durant la phase de construction.

Chaudières et génératrice d'électricité

Les émissions annuelles provenant des chaudières pour le scénario des opérations actuelles ont été estimées en utilisant les données et hypothèses suivantes:

- ▶ la puissance totale des deux chaudières;
- ▶ la consommation annuelle de combustibles (basée sur l'information fournie à l'INRP pour l'année 2014);
- ▶ l'opération annuelle des chaudières;
- ▶ les facteurs d'émissions provenant de l'AP-42, chapitre 1.3 *Fuel Oil Combustion* du document publié par la US EPA.

Les émissions annuelles provenant de la génératrice d'électricité à Beauport ont été estimées en utilisant les données et hypothèses suivantes:

- ▶ la puissance de la génératrice d'électricité;
- ▶ la consommation annuelle de combustibles;
- ▶ l'opération annuelle de la génératrice d'électricité;
- ▶ les facteurs d'émissions provenant de l'AP-42, chapitre 3.4 *Large Stationary Diesel And All Stationary Dual-fuel Engines* du document publié par la US EPA.

Aucune utilisation de chaudière ou de génératrices n'est prévue pour les opérations futures; leur utilisation n'est prévue que pour la phase de construction.

Véhicules routiers

Les émissions annuelles provenant des véhicules routiers pour le scénario des opérations actuelles incluent celles 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 émissions annuelles provenant des véhicules locaux sont estimées 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 émissions annuelles provenant des véhicules sur les routes externes sont estimées 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);
- ▶ la durée de la marche au ralenti à chaque site d'opérateur.

Les émissions annuelles de GES provenant des véhicules locaux et extérieurs pour le scénario des opérations futures ont été estimées en utilisant 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 (basée 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 émissions annuelles de GES ont été estimées en utilisant les données détaillées dans l'étude sectorielle sur le calcul des GES (voir les références).

Locomotives

La caractérisation des émissions provenant de locomotives inclue les locomotives voyageant sur les rails locaux et internes au site du Port de Québec ainsi que les locomotives voyageant sur les rails CN/CP.

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

Les émissions annuelles provenant des locomotives voyageant sur les rails locaux sont estimées en utilisant :

- ▶ les facteurs d'émissions pour le CO₂, N₂O et CH₄ provenant du document *Locomotive Emissions Monitoring Program* publié par l'Association des chemins de fer du Canada, L'Environnement et Changement climatique Canada et le Transport Canada; et
- ▶ la consommation de combustibles (diesel).

Les émissions annuelles provenant des locomotives voyageant sur les rails CN/CP sont estimées en utilisant :

- ▶ les facteurs d'émissions provenant du document Programme de surveillance des émissions des locomotives publié par l'Associations des chemins de fer du Canada;
- ▶ la puissance du moteur de la locomotive;
- ▶ le temps moyen d'opération passé par chaque locomotive sur le site.

Les émissions annuelles de GES provenant des locomotives locales et extérieures pour le scénario des opérations futures ont été estimées en utilisant un facteur proportionnel calculé sur la base du tonnage anticipé en 2020. Le tonnage futur qui sera déplacé par rail est estimé à 1,275 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 1,937 millions de tonnes par année.

Il n'est pas été prévu de transporter du matériel de construction par rail lors de la phase de construction.

Équipement pour la manutention de fret et pour la construction

Les émissions annuelles associées aux équipements utilisés pour la manutention de fret pour le scénario d'opérations actuelles ont été estimées en utilisant :

- ▶ le nombre d'équipements utilisé par chaque opérateur;
- ▶ la puissance nominale de l'équipement;
- ▶ l'année du modèle de l'équipement;
- ▶ temps moyen d'opération annuelle de chaque équipement; et
- ▶ les taux d'émissions générés par les calculs NONROAD2008 pour chaque type d'équipement.

Les émissions annuelles associées aux équipements utilisés pour la manutention de fret pour le scénario d'opérations futures ont été estimées en supposant deux équipements d'une puissance nominale équivalente à 300 HP et opérant chacun 4 380 heures par année.

Les émissions annuelles associées aux équipements utilisés lors du scénario de construction ont été estimées en supposant :

- ▶ quatre bulldozers opérant 7176 heures par année;
- ▶ trois grues d'une puissance nominale équivalente à 310 HP et opérant 4776 heures par année;
- ▶ trois pompes d'une puissance nominale équivalente à 470 HP et opérant 4176 heures par année;
- ▶ trois pelles mécaniques d'une puissance nominale équivalente à 127 HP et opérant 5760 heures par année;
- ▶ une génératrice d'une puissance nominale équivalente à 893 HP et opérant 1020 heures par année;
- ▶ une drague d'une puissance nominale équivalente à 2000 HP et opérant 2232 heures par année.

Les émissions annuelles de GES ont été estimées en utilisant les données détaillées dans l'étude sectorielle sur le calcul des GES (voir les références).

Scénarios en construction et en exploitation

Les sources d'émissions de GES identifiées et associées au projet de Beauport 2020 sont les suivantes:

- ▶ les moteurs des navires;
- ▶ les chaudières et génératrices d'électricité;
- ▶ les véhicules routiers voyageant sur les routes internes du site;
- ▶ les locomotives voyageant sur les réseaux ferroviaires internes; et
- ▶ l'équipement utilisé pour la manutention de fret et les équipements de construction.

L'évaluation des taux d'émissions de toutes ces sources sont détaillées dans les études sectorielles de l'air ambiant.

Les émissions des GES générées à Beauport et associées aux activités portuaires sont montrées dans le tableau 7.11. Ce tableau liste les émissions de GES individuels (CO₂, CH₄ et N₂O) ainsi que les CO₂ équivalents (CO_{2e}) qui représente une quantité équivalente de CO₂ ayant le même potentiel de réchauffement planétaire que les GES combinés.

Les émissions totales de GES générées à Beauport pour les sources actuelles sont estimées à 7 966 tonnes de CO₂.

Tableau 7.11 Sommaire des émissions de GES pour les activités actuels de l'APQ

SCÉNARIO	ACTIVITÉ	CO _{2e} (t/an)
Actuel	Navires	4 127
	Chaudières & génératrices	401
	Véhicules routiers	421
	Rail	571
	Manutention de fret	2 446
	Total	7 966

7.1.3 Environnement sonore

7.1.3.1 Méthodologie

Au total, cinq secteurs ont été retenus pour l'analyse, dont quatre sont sous la juridiction de la Ville de Québec (secteurs du Vieux-Québec, de Limoilou, de Maizerets et de Beauport), et un sous la juridiction de la Ville de Lévis (secteur de Lévis). Ces secteurs ont été sélectionnés puisqu'on y trouve des éléments sensibles au bruit en raison de l'utilisation du territoire qui est permis par le zonage municipal. Pour la Ville de Québec, le territoire peut être occupé par des habitations isolées ou jumelées et également par des parcs récréatifs, soit des zones I à III selon la note d'instructions NI 98-01 (ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [MDDEP], 2006). Dans la Ville de Lévis, les usages permis incluent des habitations unifamiliales, bifamiliales ou trifamiliales isolées, soit des zones I à II selon la NI 98-01.

Pour chacun des secteurs, l'évaluation du climat sonore de l'état de référence a été réalisée à partir de relevés sonores effectués sur le terrain entre le 19 et le 26 juin 2014 par la compagnie RWDI et colligés dans le rapport d'étude produit dans le cadre de ce suivi (RWDI, 2016). Cinq stations de mesure ont été positionnées à l'intérieur de chacun des secteurs sensibles autour de la zone des travaux. La localisation de ces points récepteurs est illustrée à la figure 7.10.

Pour chaque station, différents indicateurs ont été mesurés ou calculés pour établir les conditions de bruit de l'état de référence.

Critères fédéraux :

- ▶ L'indice de proportion de la population fortement gênée (%HA) évalué sur 24 h;
- ▶ Le niveau sonore diurne-nuit (L_{dn}) évalué sur 24 h.

Indicateurs relatifs aux valeurs guides provinciale et municipale :

- ▶ Le niveau sonore de jour (L_d) mesuré entre 7 h et 22 h;
- ▶ Le niveau sonore de nuit (L_n) mesuré entre 22 h et 7 h;
- ▶ Le niveau sonore continu équivalent ($L_{Aeq,1h}$) mesuré tout au long de la journée.

Mis à part le critère fédéral %HA, exprimé en valeur %, les résultats des niveaux sonores sont indiqués en décibels selon la pondération A (dBA), c'est-à-dire que les niveaux de bruits en dB ont été corrigés par un filtre de fréquence qui imite la perception de l'oreille humaine. On peut simplifier en disant que le dB est le bruit total de l'environnement (toutes fréquences comprises), alors que le dBA est la portion du bruit total qui est perçue par les humains (fréquences spécifiques).

7.1.3.2 État de référence

Les résultats obtenus ont été présentés en fonction des critères fédéraux, comme le recommande Santé Canada dans le document intitulé Health Canada Noise Impact Assessment Guidance for Environmental Assessments, produit le 4 février 2010. Ainsi, le critère %HA a été calculé selon la courbe de Schultz définie à l'annexe D de la norme ISO 1996-1 (2003), ainsi que le niveau L_{dn} ambiant actuel (tableau 7.12). Il se dégage des résultats que la valeur de l'indice de bruit ambiant (L_{dn}) varie entre 57 et 60 dBA tandis que le critère %HA varie de 5,2 % à 7,7 %.



Figure 7.10 Secteurs sensibles de la zone d'étude adjacente au Port de Québec

Tableau 7.12 Bruit ambiant à l'état de référence

SECTEUR SENSIBLE (point récepteur)	L _D 7 H-22 H (dBA) ¹	L _N 22 H-7 H (dBA) ¹	L _{DN} 24 H (dBA) ¹	%HA
Lévis	52	50	57	5,2 %
Limoilou	53	50	57	5,3 %
Maizerets	58	52	60	7,7 %
Beauport	57	51	59	6,8 %
Vieux-Québec	55	50	58	5,7 %

¹ Niveau sonore arrondi à 1 dBA, réf. 2x10⁻⁵ Pa.

Les bruits courants au sein des secteurs à l'intérieur de la zone d'étude comprennent les bruits provenant du secteur portuaire existant, l'exploitation de l'usine de Papier White Birch, le trafic ferroviaire du CN, le trafic routier sur l'autoroute Dufferin-Montmorency ainsi que les bruits des résidents eux-mêmes ou du voisinage.

Les résultats obtenus sont également présentés en fonction des valeurs guides provinciales, soit le niveau L_{Aeq,1h} minimal pour chacun des secteurs le jour et la nuit (tableau 7.13). Ces valeurs sont nécessaires afin de déterminer les niveaux sonores maximaux autorisés par la note d'instructions 98-01 (NI 98-01). Si le bruit minimal est au-dessus des niveaux sonores maximaux autorisés par la NI 98-01, le niveau minimal devient la norme, et donc la valeur guide pour le niveau provincial. Pour tous les secteurs, on remarque que la valeur du L_{Aeq,1h} minimal est plus élevée le jour que la nuit. Le jour, la valeur varie entre 45 et 54 dBA, avec la valeur la plus élevée enregistrée dans le secteur de Beauport. La nuit, c'est dans le secteur du Vieux-Québec que les niveaux de bruit sont les plus élevés, bien qu'ils demeurent sous les valeurs de jour de chacun des cinq secteurs (tableau 7.13).

Tableau 7.13 Résultats des mesures de bruit ambiant minimal L_{Aeq,1h}

SECTEUR RÉSIDENTIEL	NIVEAU SONORE MINIMAL MESURÉ (L _{Aeq,1h} minimal) en dBA ¹	
	Jour (7 h-19 h)	Nuit (19 h-7 h)
Lévis	45	40
Limoilou	47	43
Maizerets	45	42
Beauport	54	41
Vieux-Québec	47	44

¹ Niveau sonore arrondi à 1 dBA, réf. 2x10⁻⁵ Pa.

À la lumière des résultats, les critères sonores adaptés à la réglementation fédérale et les valeurs guides adaptées aux réglementations provinciale et municipale ont pu être établis pour les différentes phases du projet et pour chacun des secteurs (tableau 7.14). À l'échelle fédérale, les critères sont identiques pour les cinq secteurs, alors que les valeurs guides diffèrent aux niveaux provincial et municipal.

Tableau 7.14 Synthèse des critères sonores retenus pour l'analyse des scénarios de bruit

PHASE DU PROJET	SECTEUR À L'ÉTUDE	CRITÈRES FÉDÉRAUX	VALEUR GUIDE PROVINCIALE	VALEUR GUIDE MUNICIPALE
Construction	Lévis	Écart des indices %HA inférieur à +6,5 ou 75 dBA (L_{dn}) maximal	$L_{AR,12h} \leq 55$ dBA (extérieur), si possible, entre 7 h et 19 h; $L_{AR,1h} \leq 45$ dBA (extérieur), sauf urgence, entre 19 h et 7 h; $L_{AR,3h} \leq 55$ dBA (extérieur), justifiable, entre 19 h et 22 h.	Aucune
	Limoilou			Niveau de bruit normalisé : ≤ 60 dBA (extérieur), 7 h à 19 h; ≤ 50 dBA (extérieur), 19 h à 7 h;
	Maizerets			
	Beauport			
	Vieux-Québec			
Exploitation	Lévis	Écart des indices %HA inférieur à +6,5 ou 75 dBA (L_{dn}) maximal	$L_{AR,1h} \leq 50$ dBA (extérieur), 7 h à 19 h; $L_{AR,1h} \leq 45$ dBA (extérieur), 19 h à 7 h; $L_{AR,1h} \leq 54$ dBA (extérieur), 7 h à 19 h; $L_{AR,1h} \leq 45$ dBA (extérieur), 19 h à 7 h; $L_{AR,1h} \leq 50$ dBA (extérieur), 7 h à 19 h; $L_{AR,1h} \leq 45$ dBA (extérieur), 19 h à 7 h;	Aucune
	Limoilou			Niveau de bruit normalisé : ≤ 60 dBA (extérieur), 7 h à 19 h; ≤ 50 dBA (extérieur), 19 h à 7 h;
	Maizerets			
	Beauport			
	Vieux-Québec			

7.1.4 Environnement lumineux nocturne

7.1.4.1 Méthodologie

Les résultats obtenus à partir des mesures d'intensité lumineuse de la zone d'étude sont présentés dans Ombrages (2015). Pour réaliser cette étude, le mandataire a caractérisé la lumière actuelle du port et quantifié la perception depuis les sites sélectionnés.

Pour établir les conditions lumineuses nocturnes actuelles, un relevé de jour le 10 septembre 2015 a permis de décrire l'éclairage existant, notamment la quantité, l'emplacement, la hauteur de montage ainsi que le type de projecteur utilisé sur le site. Des mesures d'éclairement ou *illuminance* (lux) ont aussi été effectuées de nuit le 16 septembre 2015 afin de valider et de paramétrer le modèle de simulation photométrique.

Pour évaluer la perception de la lumière par l'œil humain, des mesures depuis quatre points de vue ont eu lieu le 16 septembre 2015 (mesures de luminance en candela/m^2) et le 24 septembre 2015 (photographies de grande qualité avec des lentilles de 30 à 50 mm afin de donner une perception similaire à celle de l'œil humain). Les sites d'observation, déterminés par l'APQ (figure 7.11), étaient situés sur :

- ▶ la rue Thomas-Bertrand (site 1/Lévis);
- ▶ la Grève Joliette (site 2/Lévis);
- ▶ le boulevard des Chutes (site 3/Beauport);
- ▶ la rue Horatio-Walker à la pointe de l'île (site 4/Île d'Orléans).

Ces mesures ont été prises en saison estivale. L'effet visuel en conditions hivernales a été estimé à partir des connaissances théoriques sur l'effet connu de l'hiver, notamment la neige, sur les niveaux lumineux.

Aucun critère fédéral se rapportant à l'environnement lumineux applicable pour le Port de Québec n'a été trouvé. Toutefois, les références suivantes ont permis d'établir les valeurs guides pour l'analyse :

- ▶ Illuminating Engineering Society of North America (IES);
- ▶ Commission internationale de l'éclairage (CIE);
- ▶ International Dark-Sky Association (IDA).

Ces documents proposent des valeurs guides pour différents types et lieux de mesures :

- ▶ Les guides nord-américains (IDA/IES MLO 2011) proposent des critères basés sur l'éclairement, ou *illuminance*, par le site étudié (en lux), alors que le guide européen CIE 150:2003 propose de mesurer aussi l'intensité lumineuse du site (en candela).
- ▶ Le guide CIE 150:2003 définit le maximum de lumière indésirable « autorisée » à des points d'observation extérieurs au site étudié, alors que la référence nord-américaine (IDA/IES MLO 2011) établit ses maximums permis aux frontières d'une « boîte » refermant le site.

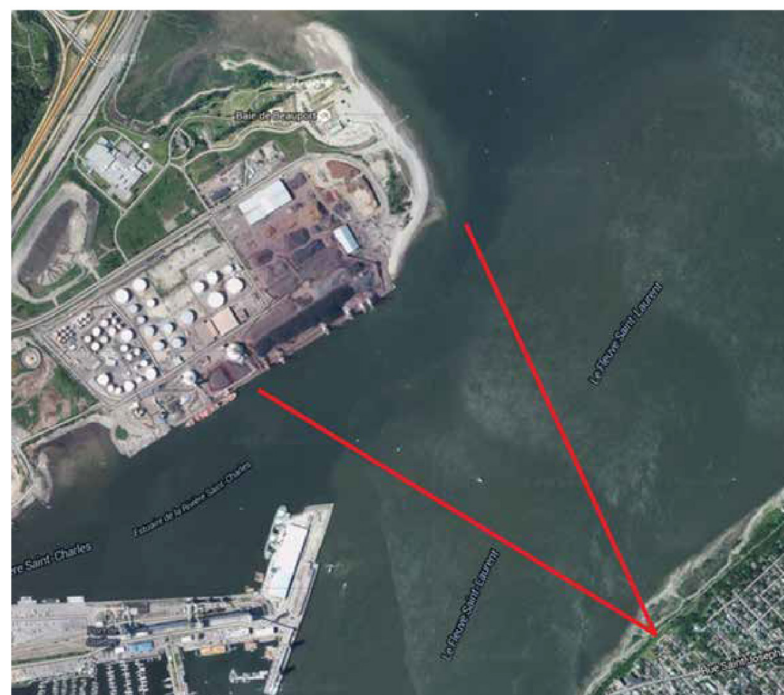
Les points d'observation sélectionnés étant éloignés du site portuaire, les valeurs en *illuminance* mesurées selon le guide européen sont moins pertinentes pour définir l'effet du site portuaire. Les valeurs guides utilisées seront donc :

- ▶ l'intensité lumineuse maximale depuis les points d'observation : 10 000 cd (avant couvre-feu) et 1 000 cd (après couvre-feu);
- ▶ l'*illuminance* maximale sur les différentes faces de la boîte : 8 lux.

Selon Ombrages (2015), les principaux appareils d'éclairage se trouvant sur les quais 52 et 53 et à proximité sont les suivants :

- ▶ les projecteurs aux halogénures métalliques (MH) de 1 000 W pour l'éclairage à partir des tours et de certaines grues (figure 7.12);
- ▶ les projecteurs au sodium haute pression de 1 000 W pour l'éclairage de tâche (sur les grues) (non simulé dans le calcul photométrique);
- ▶ les projecteurs muraux aux halogénures métalliques de 70 W pour l'éclairage de la voie de circulation et de la passerelle du convoyeur en façade du fleuve;
- ▶ les projecteurs avec abat-jour (visière) pour les passerelles des autres convoyeurs (figure 7.12), ainsi la proportion venant du port devient plus faible.
- ▶ Ces appareils contribuent à l'environnement lumineux de la ZC, mais aussi de la ZÉÉ. Les simulations en photométrie réalisées (Ombrages, 2015) ont permis de quantifier et de comparer ces effets par rapport aux valeurs guides nord-américaines et européennes. Les résultats des simulations sont présentés dans le tableau 7.15. La figure 7.13 illustre ces valeurs par rapport aux valeurs guides. Selon Ombrages (2015), les résultats en *illuminance* (lux) ne sont pas significatifs en raison de l'éloignement des sites par rapport au Port de Québec. Il faut plutôt comparer l'intensité lumineuse et, dans ce cas, les résultats affichent un dépassement des valeurs guides (10 000 cd) aux sites 1 et 2 de Lévis ainsi qu'au boulevard des Chutes à Beauport. La pointe de l'île d'Orléans n'est pas touchée quantitativement par la lumière du port, bien qu'on puisse visuellement observer les installations.

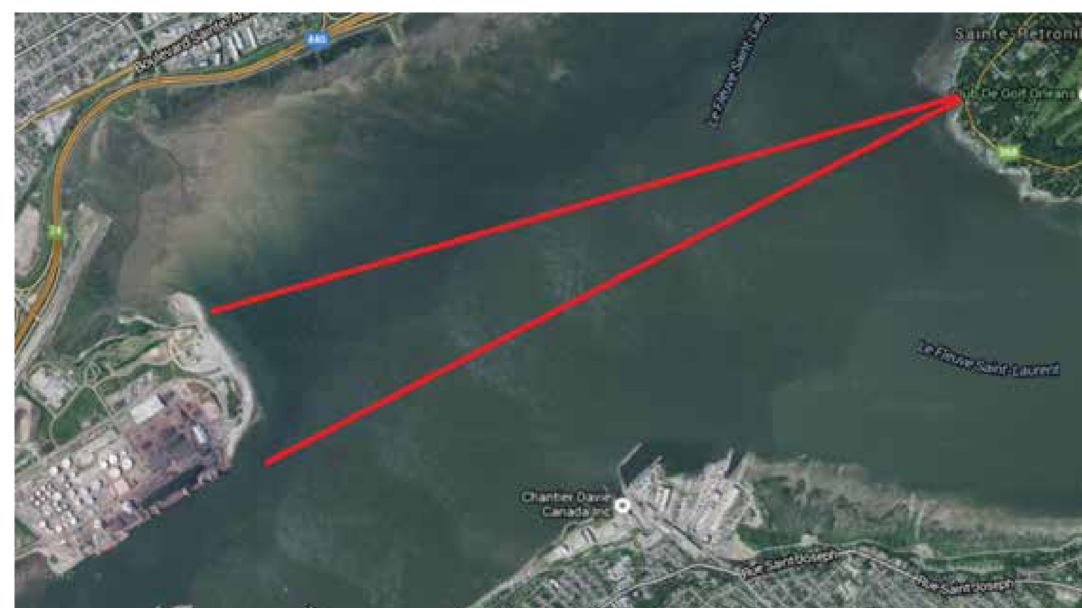
Sites d'observation



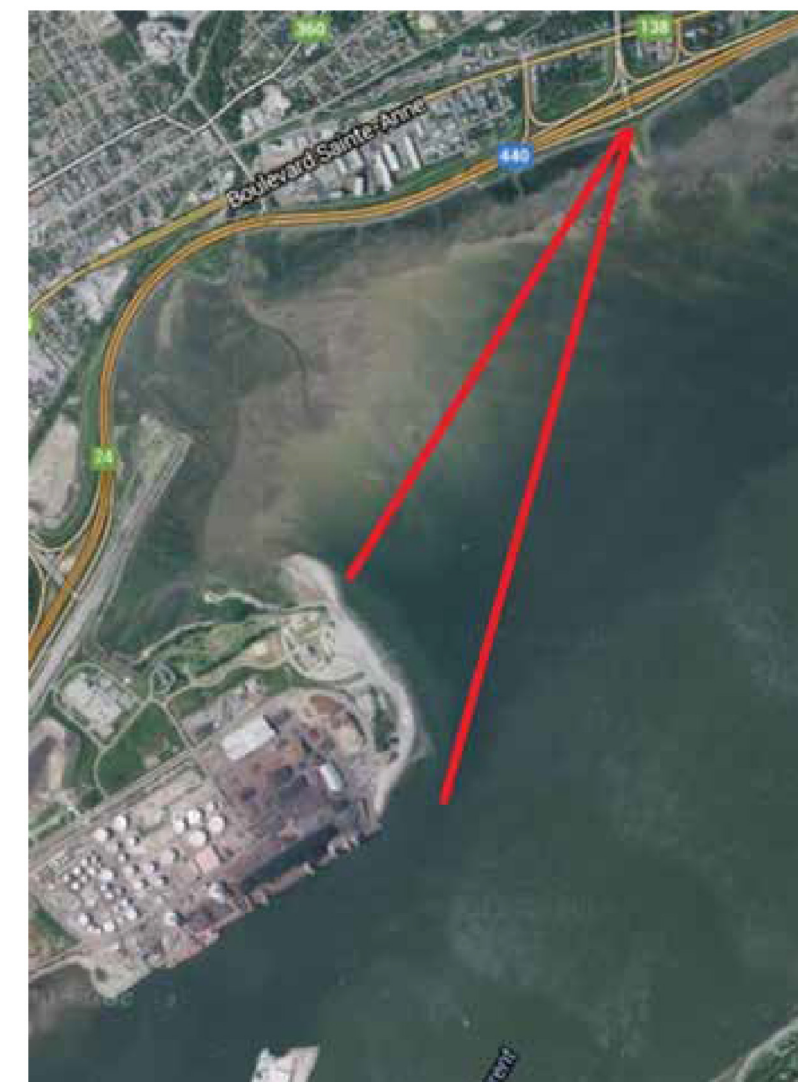
Site 1 / Lévis - Rue Thomas-Bertrand



Site 2 / Lévis – Grève Joliette



Site 4 / Île d'Orléans – Pointe de l'Île (rue Horatio Walker)



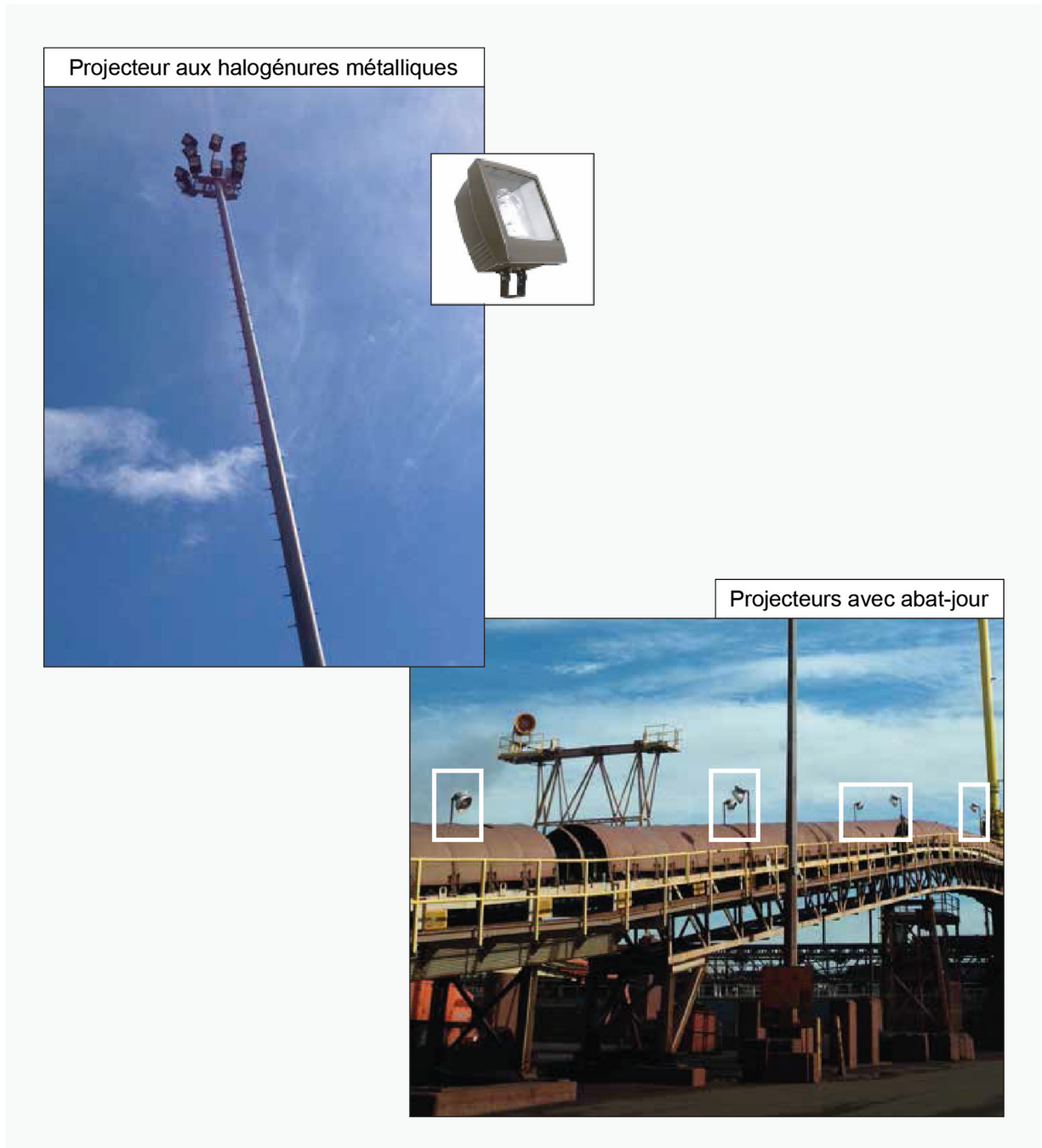
Site 3 / Beauport – Boulevard des Chutes

Source : OMBRAGES | 16 novembre 2015 | 112344.001

Source : Ombrages, 2015.

Figure 7.11 Sites d'observation pour établir les niveaux actuels de luminosité nocturne – État de référence

Fichier : CM_P0010666_7014_160919.ai



Fichier : CM_P0010666_7015_160920.ai

Figure 7.12 Différents types de projecteurs présents sur le site

Tableau 7.15 Résultats des simulations photométriques aux sites d'observation

SITE DE LA SIMULATION	RÉSULTATS DE LA SIMULATION	
	INTENSITÉ LUMINEUSE (Candela)	ILLUMINANCE (Lux)
Site 1/Lévis – Rue Thomas-Bertrand	19 854	0,2
Site 2/Lévis – Grève Joliette		
Site 3/Beauport – Boulevard des Chutes	21 911	0,1
Site 4/Île d'Orléans – Pointe de l'île (rue Horatio Walker)	0	0

Source : Ombrages, 2015

La simulation de l'environnement lumineux au moyen de l'approche par « boîte », donc propre à la ZC (figure 7.13), montre que l'*illuminance* provenant des installations actuelles du Port de Québec dépasse la valeur guide de 8 lux sur la portion sud et sud-ouest des installations (en rouge sur la figure). Les résultats révèlent aussi un dépassement sur le dessus de la boîte, donc une illumination vers le ciel, qui contribue à la pollution lumineuse nocturne. Les portions nord-ouest, nord et nord-est ne dépassent pas la valeur guide.

Les conclusions établies à partir des résultats de l'étude sont les suivantes :

- ▶ Bien que les appareils d'éclairage soient opérés en fonction des secteurs et des activités du port, plusieurs ne sont actuellement pas utilisés de manière optimale : 1) leur hauteur et leur orientation pourraient être modifiées afin de diminuer leur effet visuel; 2) leur capacité n'est pas adaptée aux saisons. Ainsi, l'éclat perçu en saison hivernale est moins intense, car le contraste avec l'environnement plus clair en raison de la réflexion sur la neige est moins intense.
- ▶ Lorsque l'intensité lumineuse est comparée aux niveaux recommandés par la valeur guide de référence CIE 150:2003, l'intensité lumineuse des luminaires (éclat) dépasse les valeurs guides, sauf pour le site de l'île d'Orléans. Ainsi, il y a une gêne attribuable aux luminaires, dont la source est directement visible des points de mesure.
- ▶ Selon la valeur guide prévue par l'approche IDA/IES MLO 2011, estimant l'effet de l'*illuminance* aux alentours immédiats de la source, la lumière émise par les luminaires du port n'est pas contenue à l'intérieur du site et pollue, dans une certaine mesure, l'environnement immédiat du site. Les deux valeurs d'*illuminance* les plus élevées se situent le long des quais 52 et 53 et au-dessus de l'axe horizontal (pollution vers le ciel ou halo lumineux). Cependant, en hiver, la neige aurait comme effet d'augmenter les niveaux globaux d'*illuminance* (provenant de multiples sources), ainsi la proportion venant du port diminue.

7.2 DESCRIPTION DE L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE – GÉOMORPHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES FLUVIALES

7.2.1 Relief et drainage

7.2.1.1 Méthodologie

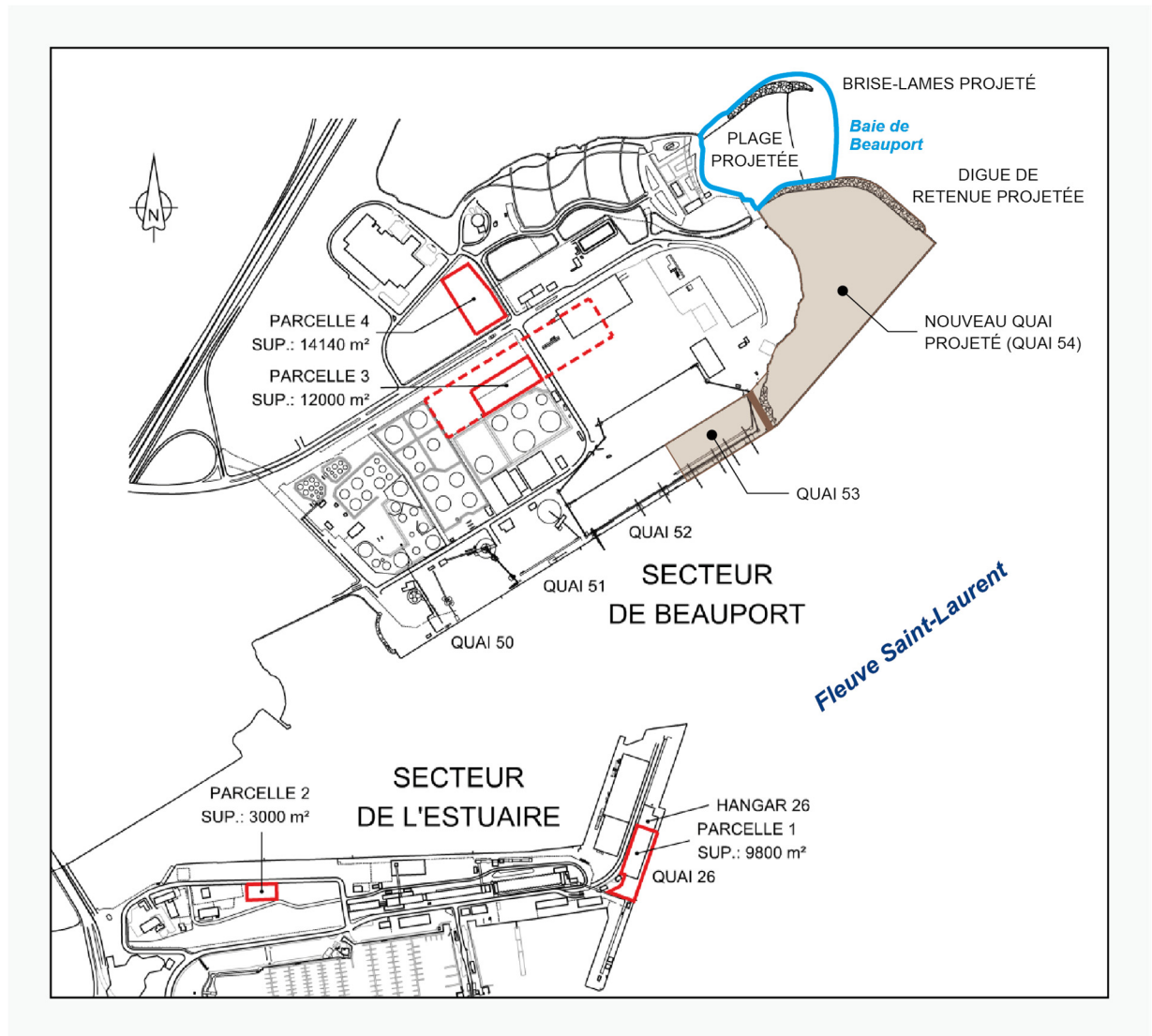
L'évaluation se limite à l'appréciation générale quant au relief ainsi qu'aux principes généraux de gestion des eaux pluviales sur les sites en lien avec le projet d'aménagement du quai multifonctionnel situés sur les terrains du Port de Québec. Aucun dimensionnement ou choix quant aux technologies ou systèmes n'a été réalisé puisque ces infrastructures sont existantes.



Figure 7.13 Simulation de l'intensité lumineuse projetée par les installations actuelles du Port de Québec

7.2.1.2 État de référence

La ZC se divise en sept sections d'intérêt en ce qui a trait aux conditions de drainage et de relief (figure 7.14).



Fichier : CM_P0010666_7008_160915.ai

Figure 7.14 Secteurs d'intérêt relatifs au relief et au drainage de la ZC

Parcelle 1 – Terminal quai 26

Le terminal du quai 26 est un espace plat et asphalté. Cette parcelle sera utilisée pour l'entreposage des matériaux granulaires (sable, gravier), de l'acier d'armature et de la poudre de ciment nécessaires à la fabrication du béton et pour l'installation d'une usine temporaire de fabrication de béton qui sera attirée à la construction des caissons. La superficie nécessaire sera de 9 800 m².

Parcelle 2 – Secteur de l'estuaire

La parcelle 2 est un espace plat et asphalté. Les eaux de pluie sont captées par le réseau pluvial existant. Cette aire d'une superficie de 3 000 m² sera utilisée pour l'entreposage de certains équipements et matériaux.

Parcelle 3 – Terrain Henri-Bourassa secteur sud

La parcelle 3 est un espace plat partiellement en friche. Le secteur ne possède actuellement aucun équipement de drainage. Une partie des eaux de pluie s'infiltrer dans le sol, alors que le reste se déverse dans le réseau pluvial de la rue du Ressac. Cette aire, d'une superficie minimale de 12 000 m², servira de stationnement pour les travailleurs ainsi qu'à l'installation des roulottes de chantier et à l'entreposage temporaire des matériaux nécessaires à la construction du nouveau quai.

Parcelle 4 – Terrain Henri-Bourassa secteur nord

La parcelle 4 est un terrain plat en friche situé sur le boulevard Henri-Bourassa, derrière les installations de la baie de Beauport, et d'une superficie d'environ 45 000 m². De cette superficie totale, environ 14 140 m² seront utilisés pour l'entreposage temporaire et l'assèchement des sédiments contaminés. Le secteur est drainé par un fossé au pourtour du terrain. Le fossé est raccordé au réseau pluvial de la Ville de Québec situé à proximité. Cette parcelle sera aménagée de façon à recueillir toutes les eaux d'assèchement des sédiments et, le cas échéant, à les traiter.

Terminal quai 53

Le terminal du quai 53 est composé d'une surface plane asphaltée avec réseau pluvial souterrain. Les eaux de pluie sont captées par le réseau et acheminées vers deux bassins de décantation. Ces bassins fonctionnent en parallèle, et la qualité de l'effluent est suivie afin de surveiller la charge de matières en suspension (MES) qui est rejetée au fleuve par l'émissaire prévu à cet effet.

Terminal quai 54

La zone d'intervention est située sur la partie sud-est de la péninsule. Elle est limitée au sud par les quais 50 à 53 et au nord par une plage sablonneuse surmontée d'un talus. La plage a été créée à même le matériel de dragage, constitué principalement de sable silteux. Du côté sud de la péninsule, le talus montre des signes d'érosion, et des travaux d'enrochement ont été effectués récemment pour stabiliser la berge. Sur le reste du pourtour de la péninsule, les berges sont surmontées de végétation et sont en apparence plus stables. La topographie du site est plane, l'altitude varie de quelques mètres entre le niveau de l'eau et le haut des talus. La majorité des eaux de pluie du site s'infiltrer dans le sol, étant donné la perméabilité des sols en place. L'écoulement résiduel de surface, en cas d'averses importantes, se fait naturellement, vers le fleuve.

Baie de Beauport

Le relief de ce secteur est relativement plat et est constitué d'un chemin d'accès et de stationnements en gravier de même que des aménagements gazonnés et de la plage de Beauport. Les eaux de ruissellement des toits, des rues, des accès, des stationnements et de toutes les aires non recouvertes de végétation sont dirigées vers un fossé existant à la partie médiane du site. Le fossé est protégé par une végétation abondante qui permet de diminuer les rejets de MES dans l'eau. Étant donné la nature sableuse des sols sur l'ensemble de la péninsule, les eaux de ruissellement s'infiltrer rapidement dans le sol. Cette zone rejette normalement peu de MES vers le fleuve.

La ZÉE couvre un polygone de plus de 65 km² dont la topographie particulière est constituée de cinq secteurs distincts :

Colline de Québec (Haute-Ville)

Le secteur de la colline de Québec est formé d'un promontoire escarpé appelé le cap Diamant. D'une élévation d'environ 100 m, la colline est bordée au nord par la plaine de Limoilou et au sud par le fleuve Saint-Laurent. Du côté du fleuve, on trouve une étroite bande de terre où sont installés des bâtiments commerciaux et résidentiels ainsi que des voies d'accès.

Pointe de Lévis

La pointe de Lévis, au sud de Québec, est constituée d'une colline d'une élévation d'environ 110 m dont les pentes sont beaucoup plus faibles que celles de la colline de Québec.

Pointe de l'île

La pointe de l'île constitue la limite ouest de l'île d'Orléans. Cette pointe est constituée d'un léger coteau dont l'élévation moyenne est d'environ 30 m. Ce coteau mène vers les plateaux de l'île d'une trentaine de kilomètres de longueur.

Coteau de Beauport

Juste au nord de la pointe de l'île se trouve le coteau de Beauport. Ce secteur lie la plaine de Limoilou et le fleuve Saint-Laurent au plateau de Charlesbourg ainsi qu'au Bouclier laurentien. Le coteau atteint une élévation d'environ 100 m aux limites de la ZÉE.

Plaine de Limoilou (Basse-Ville)

Finalement, le secteur appelé « plaine de Limoilou » se trouve entre le coteau de Beauport et la colline de Québec. Traversé par la rivière Saint-Charles dans la zone concernée, il forme une plaine qui va de la zone de construction des nouvelles infrastructures portuaires jusqu'à l'embouchure de la rivière du Cap-Rouge. L'élévation moyenne de cette plaine est de tout au plus 10 m.

7.2.2 Réseau hydrographique et régime hydrologique

7.2.2.1 Méthodologie

Les résultats de niveau d'eau et de débits présentés dans cette section proviennent de différentes sources gouvernementales, dont le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques (MDDELCC), le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), le Ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO) et le Service hydrographique du Canada (SHC). Les données disponibles ont été regroupées pour la section du fleuve Saint-Laurent de la ZÉE ainsi que les trois tributaires identifiés pour la zone soit : la rivière Saint-Charles, la rivière Beauport et le ruisseau du Moulin. Des consultants externes ont aussi étudié plus précisément certaines composantes, notamment la marée (CIMA+, 2007).

7.2.2.2 État de référence

La ZÉE se situe dans le tronçon aval de la zone de l'estuaire fluvial, plus précisément à l'extrémité est du bassin versant de la portion fluviale du Saint-Laurent. L'estuaire fluvial est une vaste zone qui s'étend sur près de 160 km débutant au niveau du lac Saint-Pierre et se terminant immédiatement à l'est de l'île d'Orléans (MDDELCC, 2014). L'estuaire fluvial est la dernière portion du fleuve Saint-Laurent à subir

l'influence des marées qui sont, à cette hauteur, d'eau douce, de type semi-diurne et de très fortes amplitudes, avec des effets retardés par rapport aux marées du golfe du Saint-Laurent. À cet effet, l'onde de pleine mer met environ 4 heures pour atteindre le Port de Québec. En raison du sens d'écoulement naturel du fleuve, la durée de la marée montante est inférieure à celle de la marée descendante d'environ 30 à 60 min.

Le tableau 7.16 présente un résumé des marées et des niveaux d'eau à la hauteur du Port de Québec. Selon ces données, recueillies à la station 3250 Québec/Lauzon du MPO, le marnage atteint une amplitude de 4,4 m au cours des marées moyennes et peut atteindre jusqu'à 5,9 m au cours des grandes marées. Le niveau moyen atteint par la surface de l'eau au cours d'un cycle de marée (pleine mer supérieure, marée moyenne : PMSMM) est de 4,9 m, alors que le plus haut niveau de marée enregistré a atteint 7,1 m. Toutes ces hauteurs sont indiquées par rapport au zéro des cartes, qui est 1,96 m au-dessous du niveau moyen des mers.

Tableau 7.16 Niveaux marégraphiques à la hauteur du Port de Québec (station 3250 Québec/Lauzon)

CARACTÉRISTIQUES			ÉLÉVATION PAR RAPPORT AU ZÉRO DES CARTES (m)
Marnage	Marée moyenne		+4,4
	Grande marée		+5,9
Hauteur	Pleine mer supérieure	Marée moyenne (PMSMM)	+4,9
		Grande marée (PMSGM)	+6,1
	Basse mer inférieure	Marée moyenne (BMIMM)	+0,5
		Grande marée (BMIGM)	+0,2
Extrêmes enregistrés	Extrême de pleine mer (plus haut niveau enregistré)		+7,1
	Extrême de basse mer (plus bas niveau enregistré)		-1,3
Niveau d'eau moyen			+2,6

Source : MPO : www.marees.gc.ca/fra/station?sid=3250

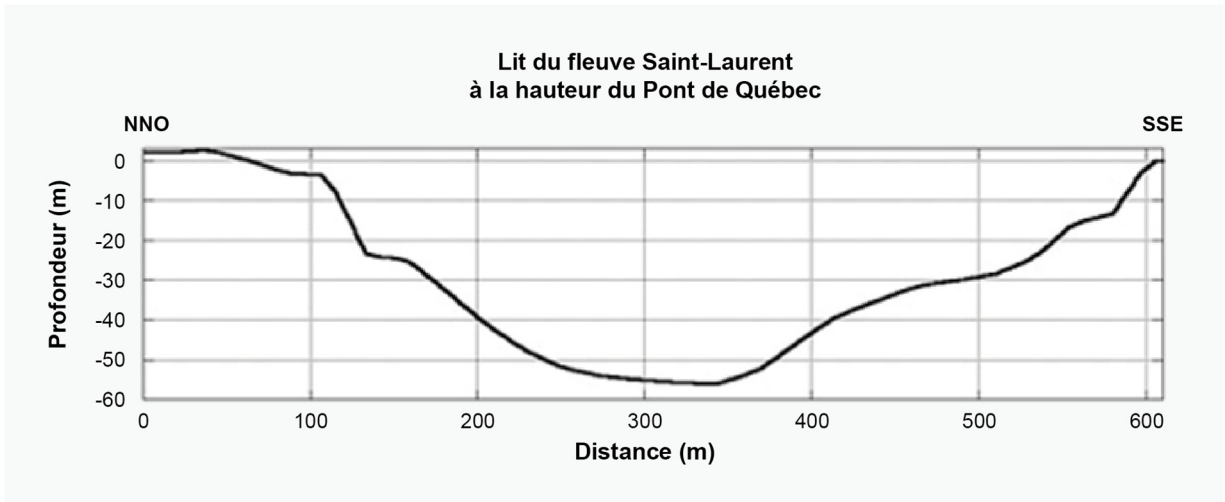
L'analyse des données des marées par CIMA+ (2007), exprimée par rapport au zéro des cartes, montre qu'un niveau d'eau de 5,70 m n'est dépassé qu'un jour par année, alors que le niveau de 6,21 m n'est dépassé qu'une heure annuellement. À l'opposé, les niveaux bas de -0,04 m et de -0,42 m sont respectivement atteints 1 j/an et 1 h/an.

Dans les limites de la ZÉÉ, le réseau hydrographique comprend trois tributaires sur la rive nord, soit la rivière Saint-Charles, le ruisseau du Moulin et la rivière Beauport. En aval de Québec, le fleuve Saint-Laurent s'écoule de part et d'autre de l'île d'Orléans par le chenal des Grands Voiliers (au sud) et le chenal de l'île d'Orléans (au nord). Le chenal des Grands Voiliers est plus profond et reçoit la majorité du débit du fleuve Saint-Laurent. C'est aussi dans ce dernier que passe le chenal de navigation de la voie maritime du Saint-Laurent.

Fleuve Saint-Laurent

Coupe transversale

Dans le secteur de la Ville de Québec, la largeur du fleuve passe de moins de 800 m, à la hauteur du pont de Québec, à 4,6 km en amont de l'île d'Orléans. L'endroit le plus profond du secteur, où le fleuve atteint près de 60 m de profond, est situé sous le pont (TCRQ, 2015). La figure 7.15 présente une coupe transversale du fleuve à la hauteur du pont de Québec. Plus en aval, à la hauteur du centre de l'île d'Orléans, le profil de la coupe transversale montre la présence de deux chenaux plus larges et moins profonds (figure 7.16).

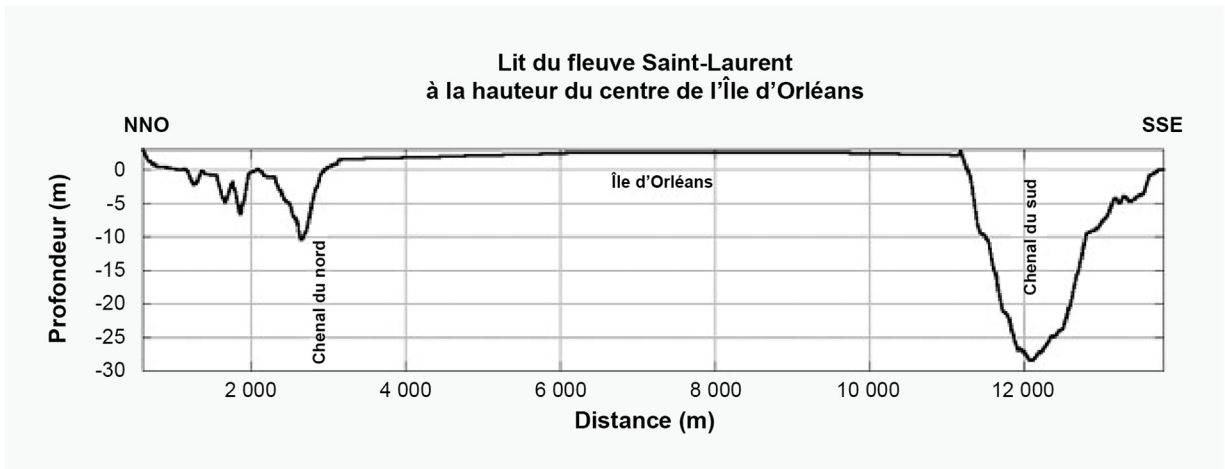


Source : Données du Service hydrographique du Canada, Licence d'utilisateur direct 2011-1013-1260D.

Fichier : CM_P0010666_7016_160920.ai

Source des données : Données du Service hydrographique du Canada, licence d'utilisateur direct 2011-1013-1260D.

Figure 7.15 Coupe transversale du fleuve Saint-Laurent aux environs du pont de Québec



Source : Données du Service hydrographique du Canada, Licence d'utilisateur direct 2011-1013-1260D.

Fichier : CM_P0010666_7017_160920.ai

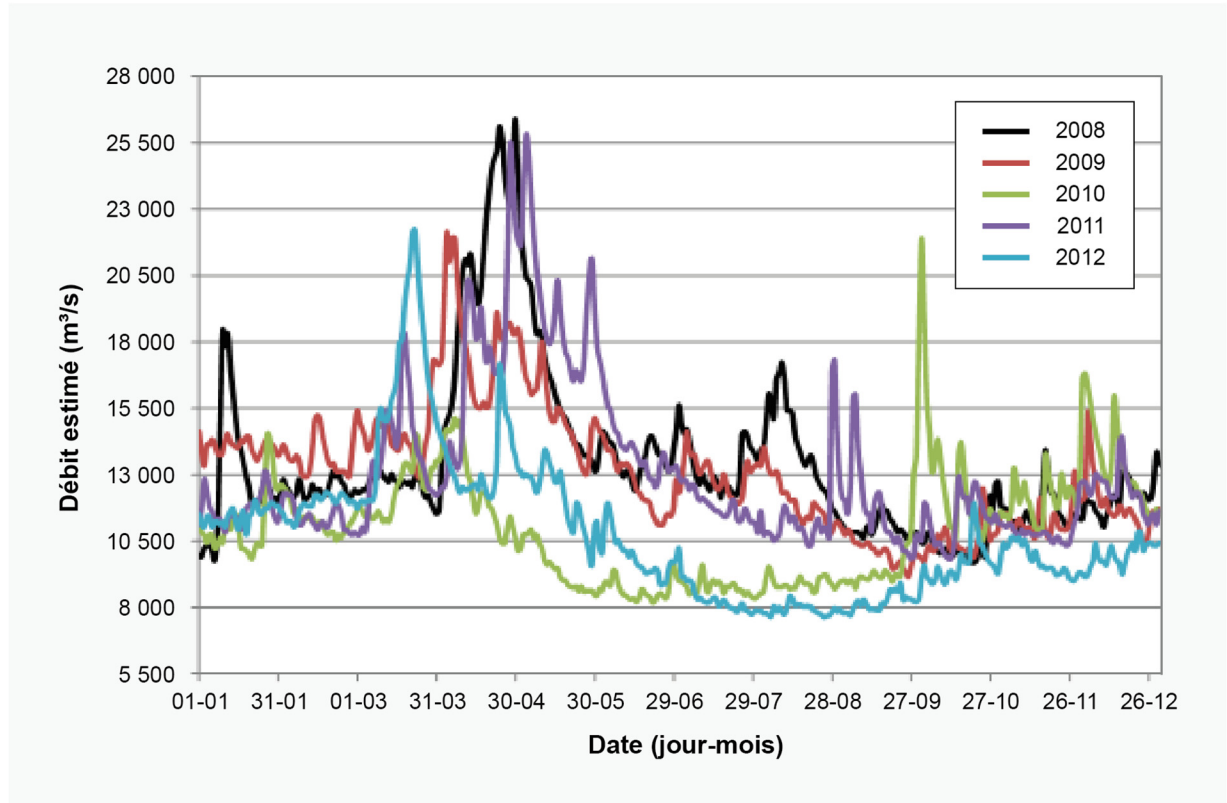
Source des données : Données du Service hydrographique du Canada, licence d'utilisateur direct 2011-1013-1260D.

Figure 7.16 Coupe transversale du fleuve Saint-Laurent à la hauteur du centre de l'île d'Orléans

Débits moyens journaliers

Les stations hydrométriques opérées par Environnement et Changement climatique Canada sur le fleuve Saint-Laurent et diffusant des valeurs de débit sont situées en amont du lac Saint-Pierre. À la hauteur de Québec, le débit journalier n'est pas disponible puisqu'il s'agit d'une zone fortement influencée par la marée et le renversement de courant (G. Morin, ECC, comm. pers., 2016). Toutefois, des valeurs de débits moyens journaliers ont pu être estimées à partir de la sommation des apports des tributaires situés en amont du site du projet. La figure 7.17 présente le résultat de cette sommation au moyen d'hydrogrammes pour les années 2008 à 2012 à la hauteur de Québec. Ces résultats montrent que, d'une année à l'autre, le débit journalier peut varier de plus du double pour une même période. On

observe également que la période de pointe de la crue printanière varie selon les années, mais est généralement atteinte entre les mois de mars et de mai. Par ailleurs, les résultats montrent certaines augmentations rapides du débit en réponse à d'abondantes précipitations, comme observé, par exemple, pour la fin de septembre et le début d'octobre 2010.



Source : ECC, 2016c

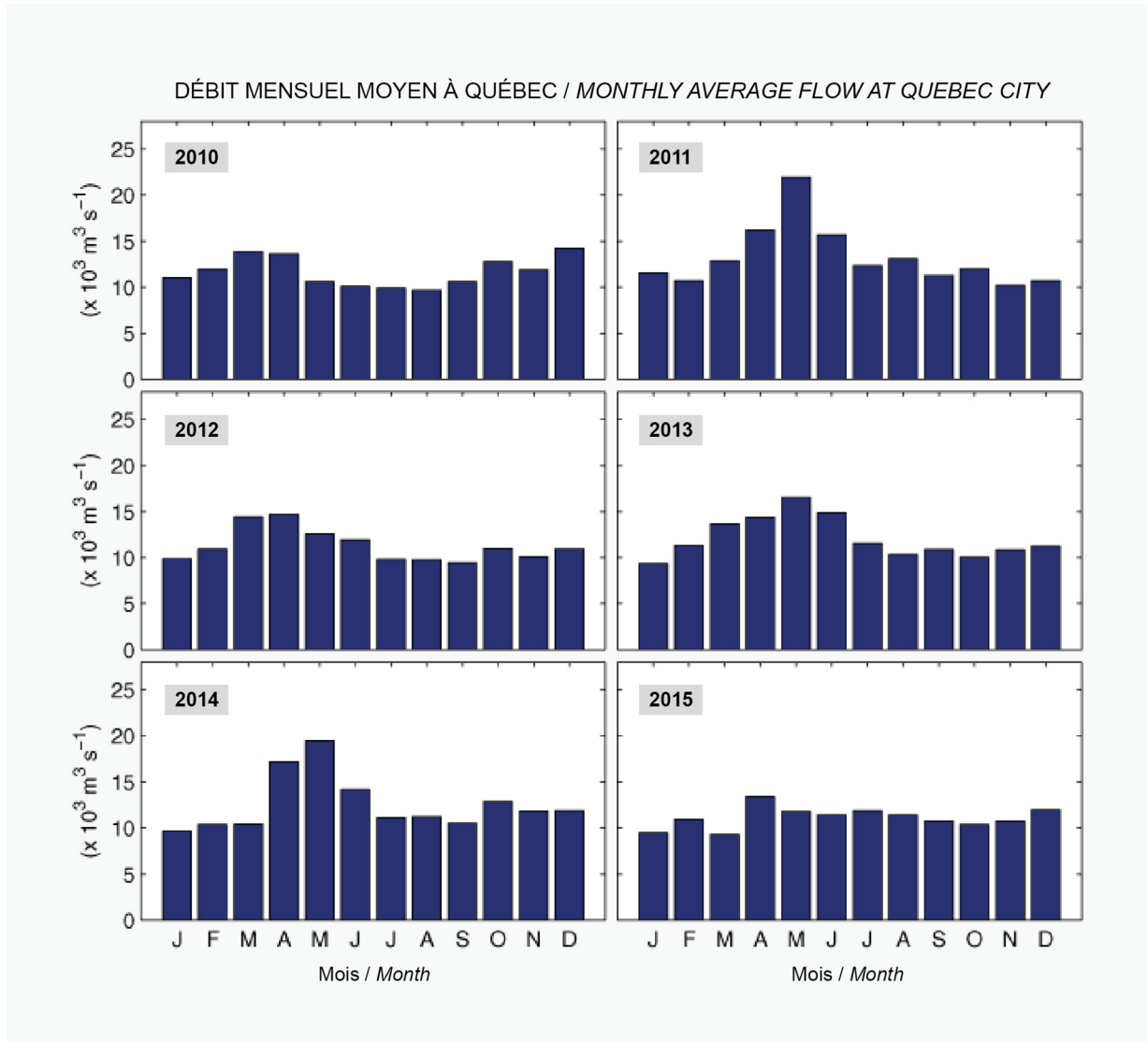
Fichier : CM_P0010666_7018_160921.ai

Source : ECC, 2016.

Figure 7.17 Patron annuel du débit estimé du fleuve Saint-Laurent à Québec de 2008 à 2012

Débits moyens mensuels et annuels

La figure 7.18 présente les débits mensuels moyens du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Québec pour la période 2010 à 2015. La valeur la plus élevée pour cette période, soit 21 925 m³/s, correspond au mois de mai 2011, et la valeur la plus basse, 9 315 m³/s, a été observée en mars 2015 (OGSL, 2016). Ces valeurs correspondent au débit moyen attendu en période de crue printanière (21 000 m³/s) et en période d'étiage (9 000 m³/s) (CMQ, 2010).



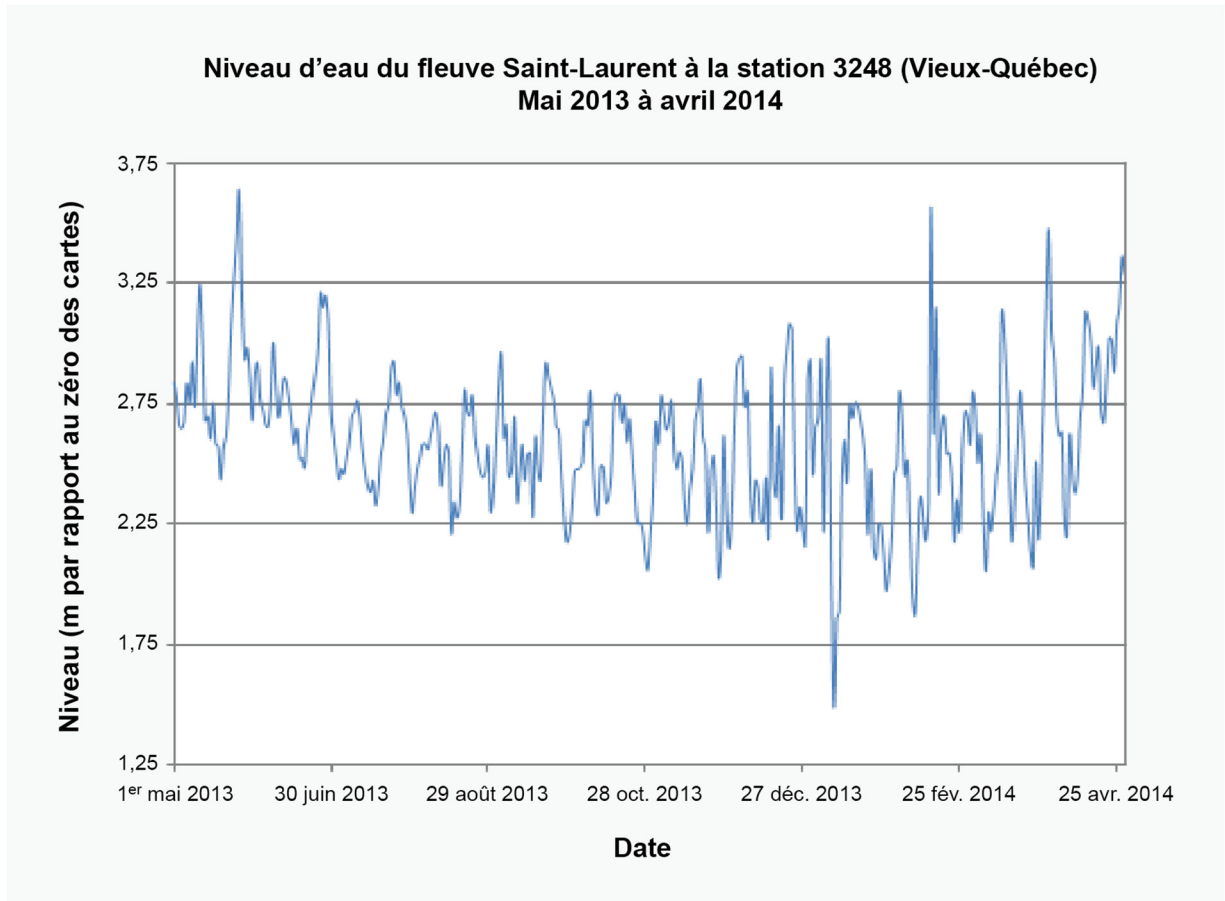
Fichier : CM_P0010666_7019_160920.ai

Source : OGSL, 2016. Source des données : Division Modélisation et Océanographie opérationnelle, Service hydrographique du Canada – Région du Québec, Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Canada.

Figure 7.18 Débits mensuels moyens du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de la Ville de Québec

Niveaux d'eau et influence de la marée

Comme mentionné précédemment, les niveaux d'eau de la section du fleuve Saint-Laurent située dans la ZÉE sont modifiés par la forte amplitude des marées avec un marnage de 4,4 m (MPO, 2015). Cependant, lorsque l'on exclut cet effet, on remarque que le niveau d'eau est aussi modifié par les cycles saisonniers : il est plus élevé durant la période de crue printanière et baisse graduellement pour atteindre son minimum, ou niveau d'étiage, au cours de l'hiver (TCRQ, 2015). Le niveau moyen journalier, calculé par rapport au zéro des cartes, est disponible pour la station 3248 du MPO (Port de Québec – Vieux-Québec; coordonnées UTM : 46,811111° N/71,201944° O) entre le 1^{er} mai 2013 et le 29 avril 2014. Ces données récentes qui couvrent une année entière montrent que le niveau d'eau maximal a atteint 3,63 m le 26 mai 2013, tandis que le niveau minimal a été atteint le 8 janvier 2014 avec 1,49 m (figure 7.19).



Source : MPO, 2015b

Fichier : CM_P0010666_7020_160920.ai

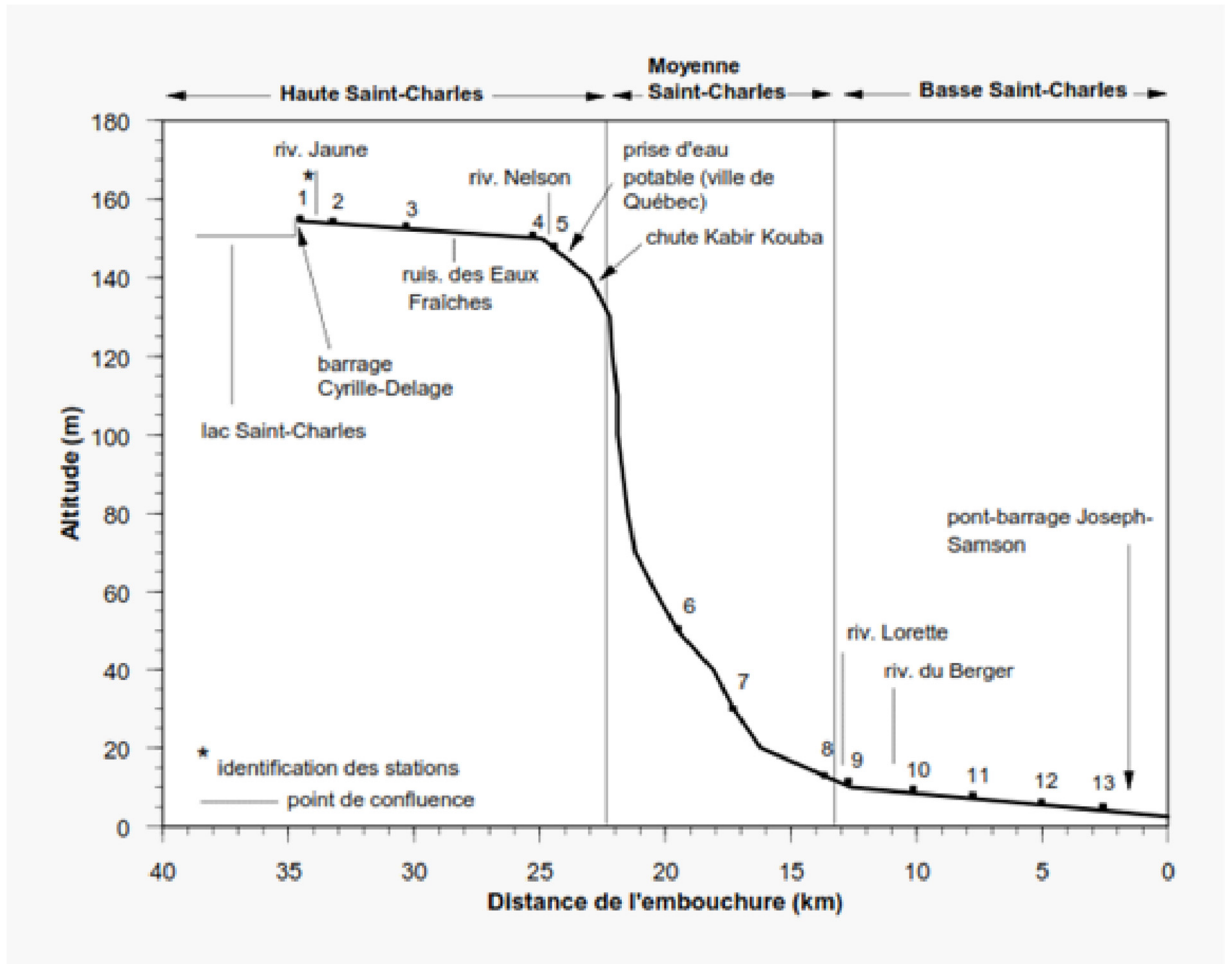
Source : MPO, 2015.

Figure 7.19 Niveau d'eau du fleuve Saint-Laurent à la station 3248 (mai 2013 à avril 2014)

Rivière Saint-Charles

La figure 7.20 présente le profil d'élévation longitudinal de la rivière Saint-Charles, localisé à l'embouchure du grand bassin versant de la rivière Saint-Charles. Dans l'ensemble, la rivière présente une faible pente, à l'exception du tronçon moyen situé dans le secteur de Loretteville et du parc Chauveau, appelé canyon de la rivière Saint-Charles. Pour cette section, de très fortes pentes sont observées (Brodeur et coll., 2009). La zone correspondant au projet se limite aux premiers kilomètres du secteur de la basse Saint-Charles pour laquelle l'élévation est faible avec environ 5 m. Par le passé, cette section était caractérisée par la présence de berges artificialisées à la suite du bétonnage des rives (Brodeur et coll., 2009). Depuis, des travaux de naturalisation des berges comprenant notamment la démolition de 8 km de rives bétonnées dans le secteur de la basse Saint-Charles ont été réalisés (Richard, 2010).

L'embouchure de la rivière Saint-Charles se déverse dans la ZC du projet par les ouvrages de canalisation du barrage Joseph-Samson. Ce barrage construit en 1969 a pour but d'empêcher les marées de pénétrer dans la rivière et de mieux contrôler le niveau d'eau. Historiquement, en l'absence du barrage, les marées modifiaient le niveau de la rivière Saint-Charles jusqu'au pont Marie-de-l'Incarnation situé à une distance de 4 km (Brodeur et coll., 2009).



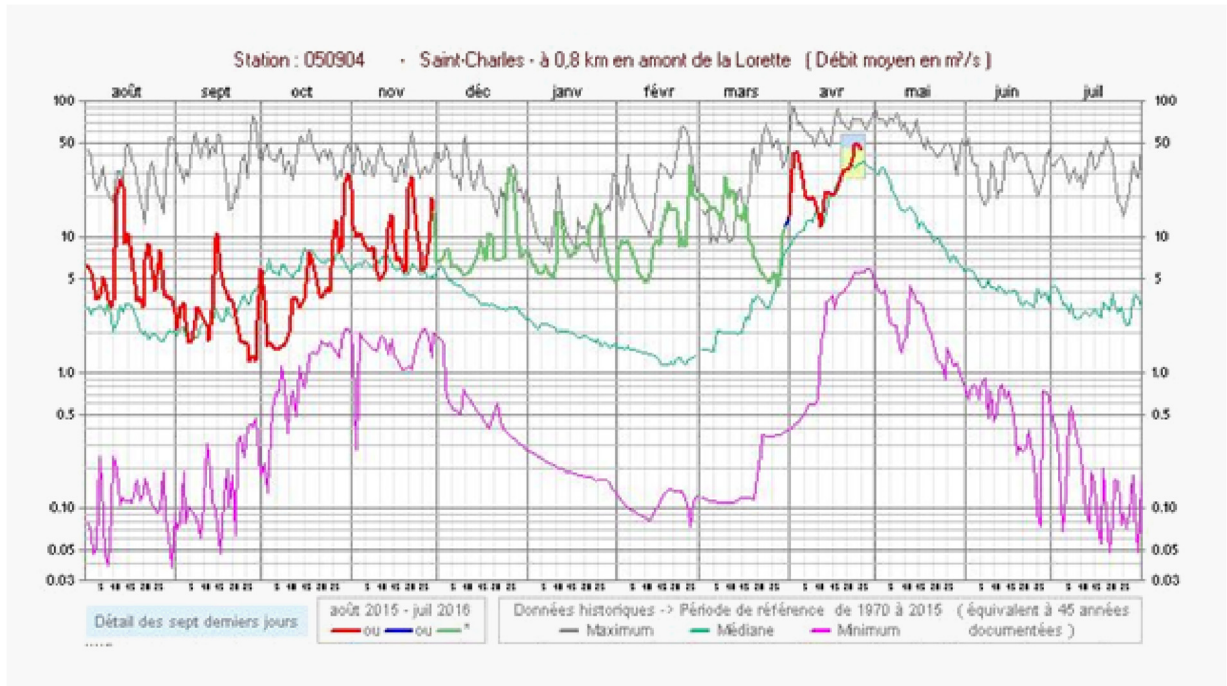
Fichier : CM_P0010666_7021_160919.ai

Source : Richard, 2010.

Figure 7.20 Profil longitudinal de la rivière Saint-Charles

Débits moyens journaliers

Les débits moyens journaliers (août 2015 à juillet 2016) et historiques (1970 à 2015) de la rivière Saint-Charles ont été calculés par le CEHQ à partir des données de la station hydrométrique 050904 située à 0,8 km en amont de la Lorette (coordonnées UTM : 323 040,62 E; 5 187 342,27 N). Le CEHQ (2016) diffuse les valeurs journalières de débit à cette station pour la période de 1969 à 2016 : www.cehq.gouv.qc.ca/depot/historique_donnees/fichier/050904_Q.txt. Il est à noter que les données de débits moyens journaliers ont été validées jusqu'au 30 septembre 2015, mais qu'elles sont préliminaires après cette date (CEHQ, 2016). Les différents hydrogrammes obtenus (débits moyens journaliers, maximum historique, médiane historique et minimum historique) sont présentés à la figure 7.21, de même que l'hydrogramme 2015-2016. Les données historiques montrent qu'il y a typiquement deux épisodes de crue sur la rivière Saint-Charles : une au printemps et l'autre à l'automne. Historiquement, le débit médian minimal est tout près de 1 m³/s en février et atteint un maximum de 35 m³/s en période de crue printanière à la fin avril. L'hydraulicité de la rivière Saint-Charles en 2015-2016 était au-dessus de la médiane, notamment durant l'hiver, soit entre décembre 2015 et mars 2016.



Fichier : CM_P0010666_7022_160919.ai

Source : MDDELCC, 2016.

Figure 7.21 Débit moyen journalier et historique à la station 050904 sur la rivière Saint-Charles

Débites de crue et d'étiage

Le tableau 7.17 rapporte les valeurs de débit de crue de récurrence de 2 ans, de 10 ans, de 20 ans, de 25 ans, de 50 ans et de 100 ans, respectivement Q_2 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{25} , Q_{50} et Q_{100} , compilées par le CEHQ pour la station située sur la rivière Saint-Charles. Ce tableau présente également les débits de crue particuliers, exprimés en $l/s/km^2$, qui sont obtenus en divisant le débit de crue par la superficie du bassin versant à la station hydrométrique (CEHQ, 2016). Le Q_2 , qui est le débit de crue le plus fréquemment observé, est de $62 m^3/s$.

Tableau 7.17 Débits de crue à la station 050904 (débits moyens journaliers)

NOM	SUPERFICIE DU BASSIN (km^2)	UNITÉS DU DÉBIT DE CRUE	Q_2	Q_{10}	Q_{20}	Q_{25}	Q_{50}	Q_{100}	PÉRIODE UTILISÉE
Saint-Charles	365	m^3/s	62	79	84	86	91	96	1970-2009
		$l/s/km^2$	170	216	230	236	249	263	1970-2009

Source : CEHQ, 2016

Débites moyens mensuels et annuels

Le tableau 7.18 rapporte les valeurs moyennes mensuelles de débit journalier pour la période de 1969 à 2015 à la station 050904 du CEHQ. Ces données couvrent une période supérieure à 30 ans et ont été directement utilisées pour calculer le débit module de la rivière Saint-Charles. La valeur obtenue est de $8,04 m^3/s$.

Tableau 7.18 Débit journalier en m³/s – Valeurs moyennes mensuelles (de 1969 à 2015)

JANVIER (n = 47) ¹	FÉVRIER (n = 47)	MARS (n = 47)	AVRIL (n = 47)	MAI (n = 47)	JUIN (n = 47)
2,57	2,51	4,67	24,6	18,0	6,32
JUILLET (n = 47)	AOÛT (n = 46)	SEPTEMBRE (n = 46)	OCTOBRE (n = 46)	NOVEMBRE (n = 46)	DÉCEMBRE (n = 46)
5,49	4,32	5,19	9,01	8,29	5,40

1 Correspond au nombre d'années ayant servi au calcul de cette moyenne mensuelle.

Source : MDDELCC, 2016.

Niveaux d'eau et influence de la marée

Le CEHQ ne diffuse pas et ne dispose pas de données de niveau d'eau pour cette station (L. Gauthier, CEHQ, comm. pers., 2016).

7.2.2.3 Ruisseau du Moulin

Selon la Corporation d'actions et de gestion environnementale de Québec (CAGEQ), le ruisseau du Moulin, situé entre la rivière Beauport et la rivière Saint-Charles, prend sa source dans le bassin de rétention aménagé au parc de la Montagne-des-Roches, à Charlesbourg, et se jette dans le fleuve à proximité de la Baie de Beauport à la hauteur du rentrant sud-ouest (CAGEQ, 2009). Il est canalisé à de nombreux endroits, soit sur environ la moitié de sa longueur. D'ailleurs, à la sortie du Domaine de Maizerets, il traverse une canalisation avant de rejoindre le fleuve (CAGEQ, 2009), comme présenté en blanc pointillé sur la figure 7.22.

Ce cours d'eau n'est pas équipé d'une station hydrométrique du MDDELCC. Cependant, une caractérisation environnementale du ruisseau du Moulin a été réalisée par la CAGEQ entre le 15 et le 23 juin 2009. Le débit moyen calculé au cours de ces quelques jours était de 0,29 m³/s. La CAGEQ précise toutefois que la caractérisation a probablement eu lieu en période d'étiage et que cela a certainement influé sur la valeur du débit mesuré. Aucune donnée plus récente n'est disponible depuis la caractérisation de 2009, à l'exception de mesures de qualité de l'eau prises dans la portion amont du cours d'eau (P. Mailhot, OBV-CM, comm. pers., 2016).

Rivière Beauport

Le profil longitudinal de la rivière Beauport témoigne des anciennes lignes de rivage des mers postglaciaires par son étagement en terrasses entrecoupées de talus et de falaises (figure 7.23). Le dénivelé le plus important se trouve au Parc de la rivière Beauport, avec une falaise de 40 m (CVRB, 2005). À la suite de cette falaise, la rivière suit une légère pente sur environ 1,8 km avant de rejoindre le fleuve Saint-Laurent à la Baie de Beauport au nord-est de la ZC.

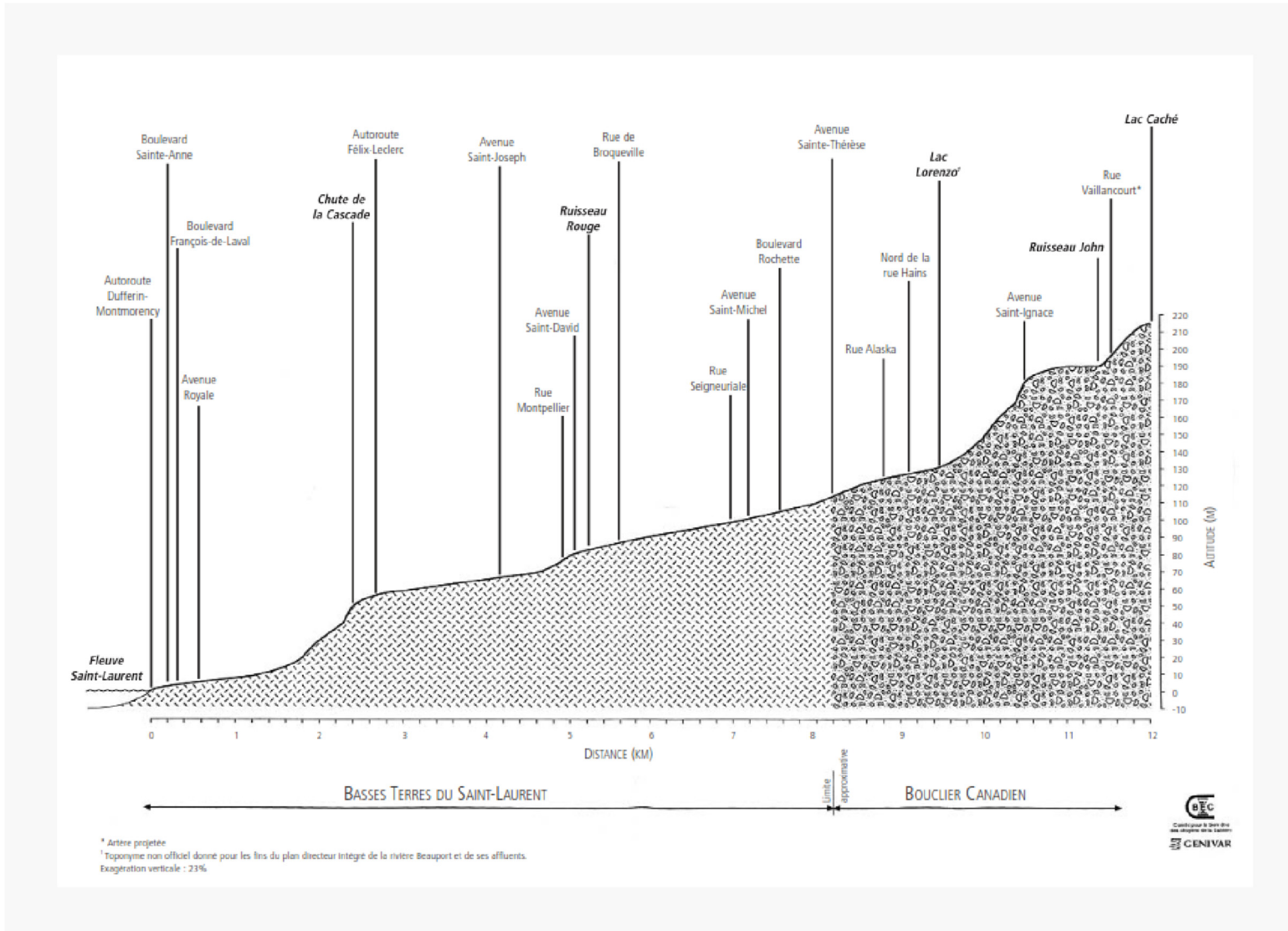


Source : CAGEQ, 2009

Fichier : CM_P0010666_7023_160920.ai

Source : CAGEQ, 2009.

Figure 7.22 Parcours du ruisseau du Moulin et approximation de la canalisation



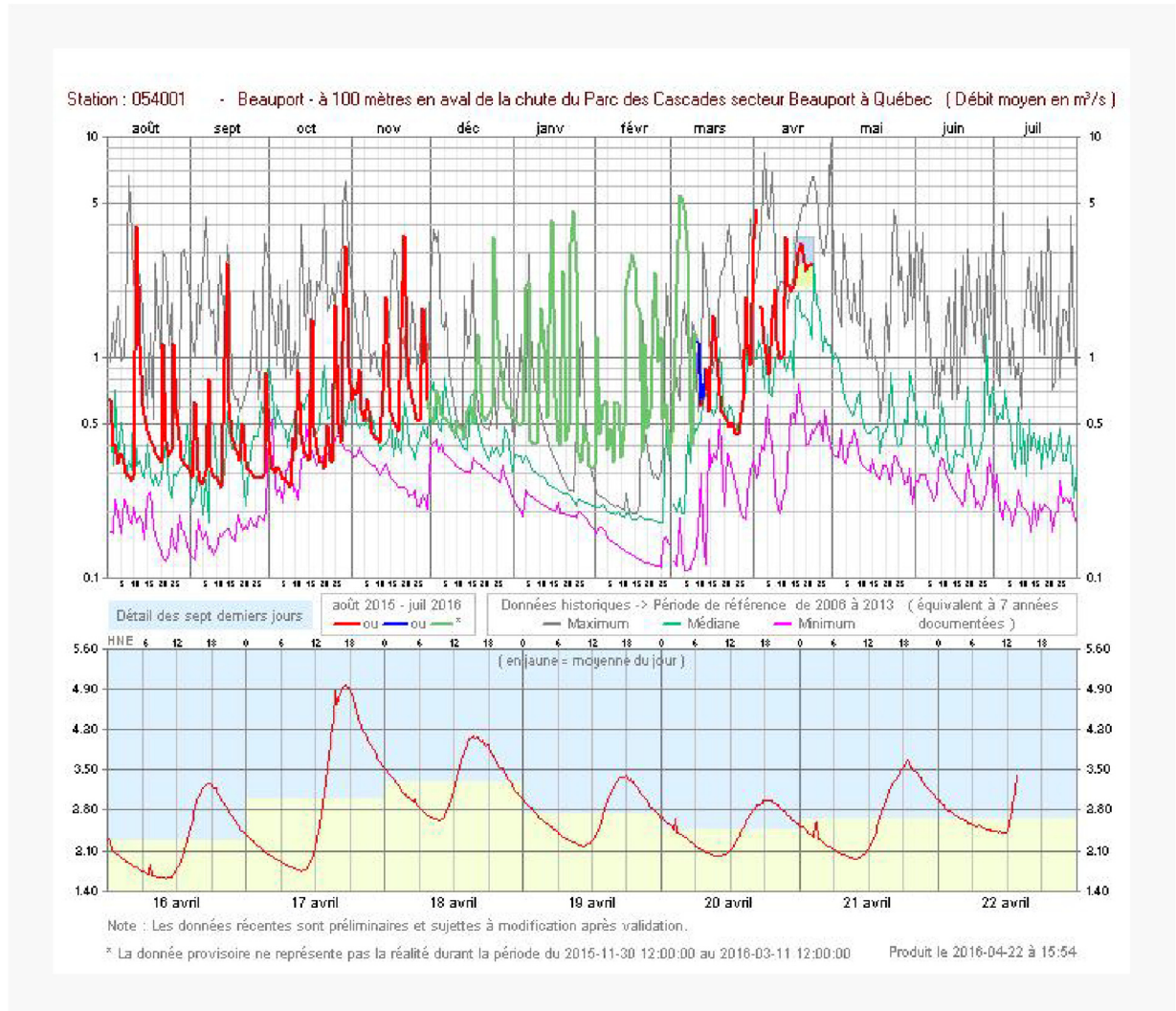
Fichier : CM_P0010666_7024_160921.ai

Source : CVRB, 2005.

Figure 7.23 Coupe longitudinale de la rivière Beauport

Débits moyens journaliers

La station hydrométrique du CEHQ (054001) est située 100 m en aval de la chute du Parc des Cascades, secteur de Beauport (coordonnées : UTM 331 857,19 E; 5 192 432,39 N). Le CEHQ diffuse les valeurs journalières de débit à cette station pour la période de 2006 à 2016 : Il est à noter que ces données sont validées jusqu'au 4 juin 2013 seulement et qu'elles sont préliminaires par la suite (CEHQ, 2016). La figure 7.24 présente les hydrogrammes de débits moyens journaliers (maximum, médiane et minimum) pour la période de 2006 à 2013 ainsi que les plus récentes valeurs de débits journaliers mesurées à cette station (données non validées).



Fichier : CM_P0010666_7025_160921.ai

Source : MDDELCC, 2016.

Figure 7.24 Débit moyen journalier à la station 054001 sur la rivière Beauport

Débits de crue et d'étiage

Les débits de crue officiels ne sont pas disponibles pour cette station hydrométrique puisque le CEHQ réalise l'analyse hydrologique fréquentielle pour les stations ayant vingt années ou plus d'enregistrements valides en régime d'écoulement naturel ou peu influencé (MDDELCC, 2016). La station de la rivière Beauport ne remplit pas ces conditions (L. Gauthier, CEHQ, comm. pers., 2016). Toutefois, il est possible d'estimer le débit de crue basé sur les données de débit disponibles (figure 7.24). Le débit médian en avril, donc en période de crue printanière, se situe près de 2,5 m³/s, tandis qu'il atteint les valeurs les plus faibles en février avec environ 0,2 m³/s.

Débits moyens mensuels et annuels

Le tableau 7.19 rapporte les valeurs moyennes mensuelles de débit journalier pour la période 2006 à 2013 à la station 054001 du CEHQ. Bien qu'il n'y ait pas de données disponibles sur 30 ans ou plus, ces données ont tout de même été utilisées pour calculer le débit module de la rivière Beauport. La valeur obtenue est de 0,6668 m³/s, soit plus de 10 fois plus faible que le débit de la rivière Saint-Charles (donnée validée par le CEHQ) (MDDELCC, 2016).

Tableau 7.19 Débit journalier en m³/s – Valeurs moyennes mensuelles à la station 054001 sur la rivière Beauport (de 2006 à 2013)

JANVIER (n = 5) ¹	FÉVRIER (n = 5)	MARS (n = 5)	AVRIL (n = 6)	MAI (n = 6)	JUIN (n = 6)
0,3265	0,2333	0,7305	1,296	0,8457	0,6485
JUILLET (n = 7)	AOÛT (n = 7)	SEPTEMBRE (n = 7)	OCTOBRE (n = 6)	NOVEMBRE (n = 7)	DÉCEMBRE (n = 5)
0,6095	0,581	0,6064	0,8632	0,6141	0,5967

¹ Correspond au nombre d'années ayant servi au calcul de cette moyenne mensuelle.

Source : MDDELCC, 2016.

Niveaux d'eau et effet de la marée

Le tableau 7.20 rapporte les niveaux géodésiques moyens mensuels de la rivière Beauport à la hauteur de la station 054001. Pour la période de 2006 à 2016, les plus bas niveaux moyens mensuels ont été observés au mois de février et les plus hauts niveaux moyens ont été observés au mois d'avril. Il est à noter que l'effet des marées n'influe pas sur la station (L. Gauthier, CEHQ, comm. pers., 2016) et qu'il n'est pas possible de déterminer précisément la hauteur à laquelle l'effet de la marée est perceptible dans la rivière en raison de la complexité du système à cet endroit dans le fleuve Saint-Laurent (O. Champoux, ECC, comm. pers., 2016).

Tableau 7.20 Niveau géodésique moyen mensuel à la station 054001 sur la rivière Beauport (en m, de 2006 à 2016)¹

JANVIER (n = 8) ²	FÉVRIER (n = 8)	MARS (n = 9)	AVRIL (n = 10)	MAI (n = 9)	JUIN (n = 9)
38,260	38,176	38,218	38,322	38,236	38,211
JUILLET (n = 10)	AOÛT (n = 10)	SEPTEMBRE (n = 10)	OCTOBRE (n = 10)	NOVEMBRE (n = 10)	DÉCEMBRE (n = 8)
38,193	38,190	38,187	38,220	38,213	38,237

¹ Les niveaux arbitraires, fournis par le CEHQ, ont été convertis en niveaux géodésiques en utilisant un facteur de conversion de -6,152 m.

² Correspond au nombre d'années ayant servi au calcul de cette moyenne mensuelle. Source : MDDELCC, 2016.

7.2.3 Bathymétrie

L'évaluation a été réalisée selon les exigences décrites dans le document *Lignes directrices pour la rédaction d'une étude d'impact de l'agence canadienne*. Comme mentionné dans la section 6.6, cette évaluation porte sur la zone d'étude élargie (ZÉÉ) puisque la bathymétrie est une composante de l'environnement fluvial (figure 6.1).

Les limites temporelles prises en considération pour l'évaluation des effets sont la phase de construction et la phase d'exploitation.

7.2.3.1 Méthodologie

La caractérisation de l'élévation du fond marin par des relevés bathymétriques a été effectuée pour planifier les étapes de conception du projet. Il n'y a pas de normes environnementales ou de lignes directrices associées à cette composante. Plusieurs relevés bathymétriques ont été réalisés par le SHC ou son fournisseur, Nautical Data International (NDI); leurs références sont les suivantes :

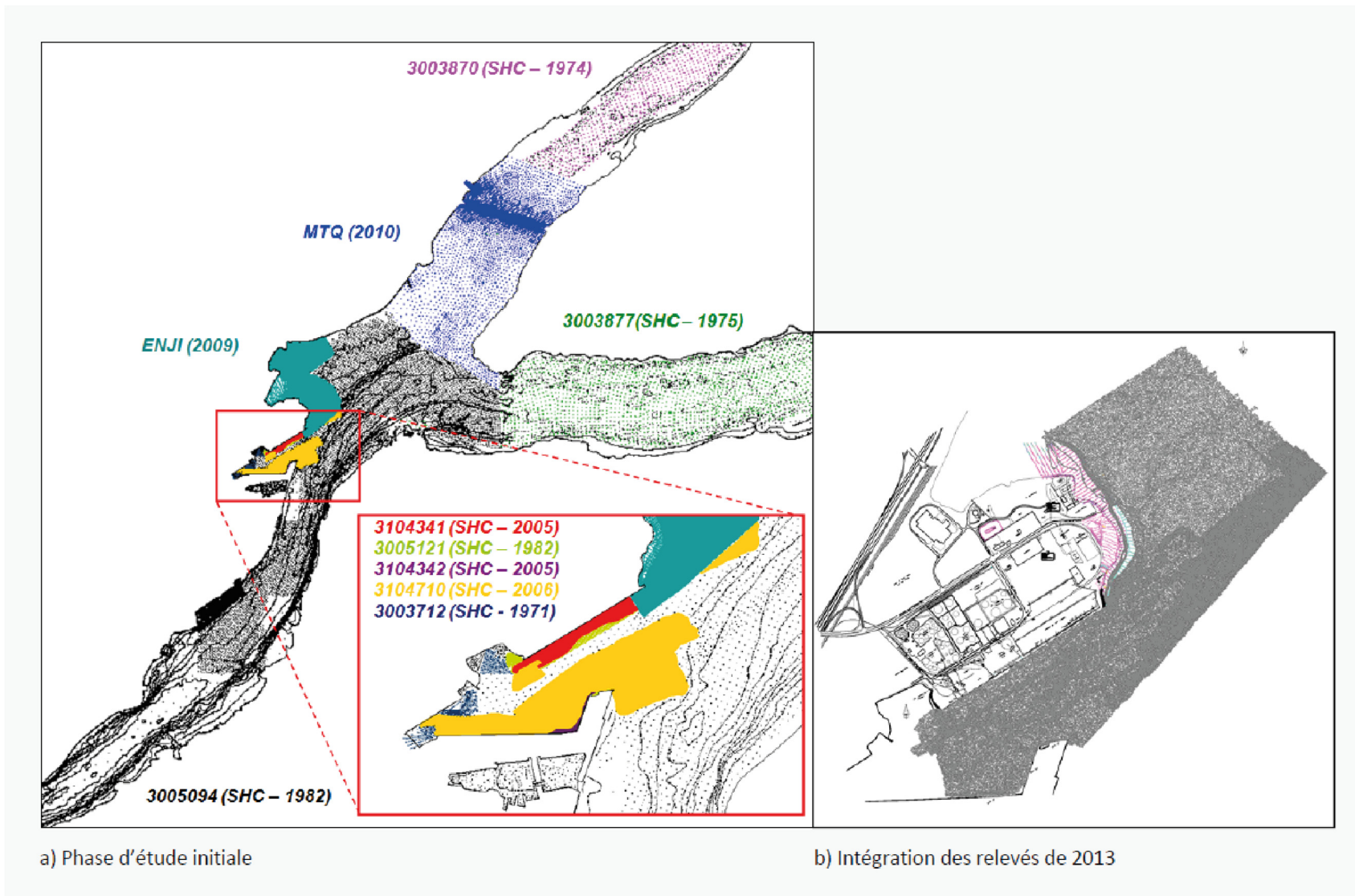
- ▶ Cartes marines n^{os} 1316 et 1317 en format numérique (Autocad).
- ▶ Pour l'ensemble du port et les battures de Beauport :
 - minutes hydrographiques n^o 3005094 datant de 1982.
- ▶ Pour l'estuaire de la rivière Saint-Charles et le secteur de Beauport :
 - minutes n^o 3003712 (16 au 29 octobre 1971)
 - minutes n^o 3005121 (1982)
 - minutes n^o 3004341 (4 juillet 2005)
 - minutes n^o 3004342 (30 juin 2005)
 - minutes n^o 3004710 (15 juin 2006)
 - minutes n^o 6408834 (août 2013) sur l'ensemble des zones visées par les travaux (excluant le rentrant sud-ouest).

Ces données ont été combinées pour réaliser un modèle tridimensionnel de la bathymétrie de la ZC ainsi que pour réaliser un modèle plus vaste qui couvre la ZÉÉ. Ce modèle est présenté dans le document sectoriel produit par LaSalle | NHC (2016a)

7.2.3.2 État de référence

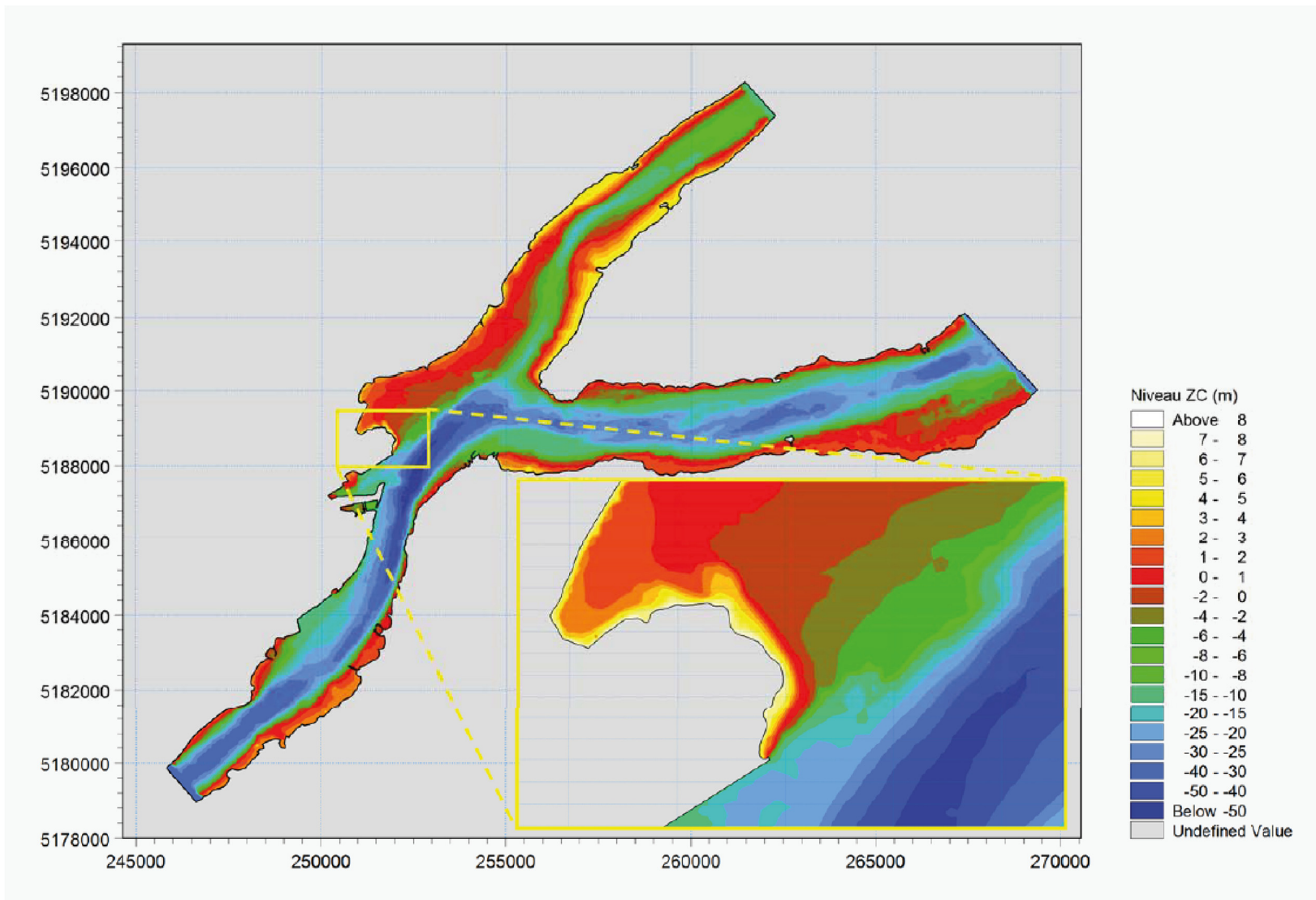
La figure 7.25 illustre la zone couverte par chacun des fichiers de minutes hydrographiques. Les profondeurs ont été exprimées par rapport au zéro des cartes à Québec et positionnées dans le système de coordonnées géographiques UTM (zone 19). Ces données ont été modélisées pour l'ensemble de la ZÉÉ, et le résultat est présenté à la figure 7.26. Le modèle met en évidence la zone plus profonde correspondant au chenal de navigation de la voie maritime du Saint-Laurent qui passe au sud de l'île d'Orléans et immédiatement au sud de la ZC. À certains endroits, la profondeur du chenal dépasse les 50 m. La portion agrandie du modèle montre la présence d'une zone peu profonde (0 à 4 m) à la hauteur de la batture de la pointe de Beauport, là où la future plage de Beauport sera implantée. Comme mentionné à la section 7.2.2, la portion fluviale passant au nord de l'île d'Orléans est moins profonde (atteignant de 6 à 8 m) que la portion sud (> 25 m).

La figure 7.27 présente une vue tridimensionnelle rapprochée de la bathymétrie propre à la ZC. Cette zone inclut l'estuaire de la rivière Saint-Charles et les abords de la pointe de Beauport.



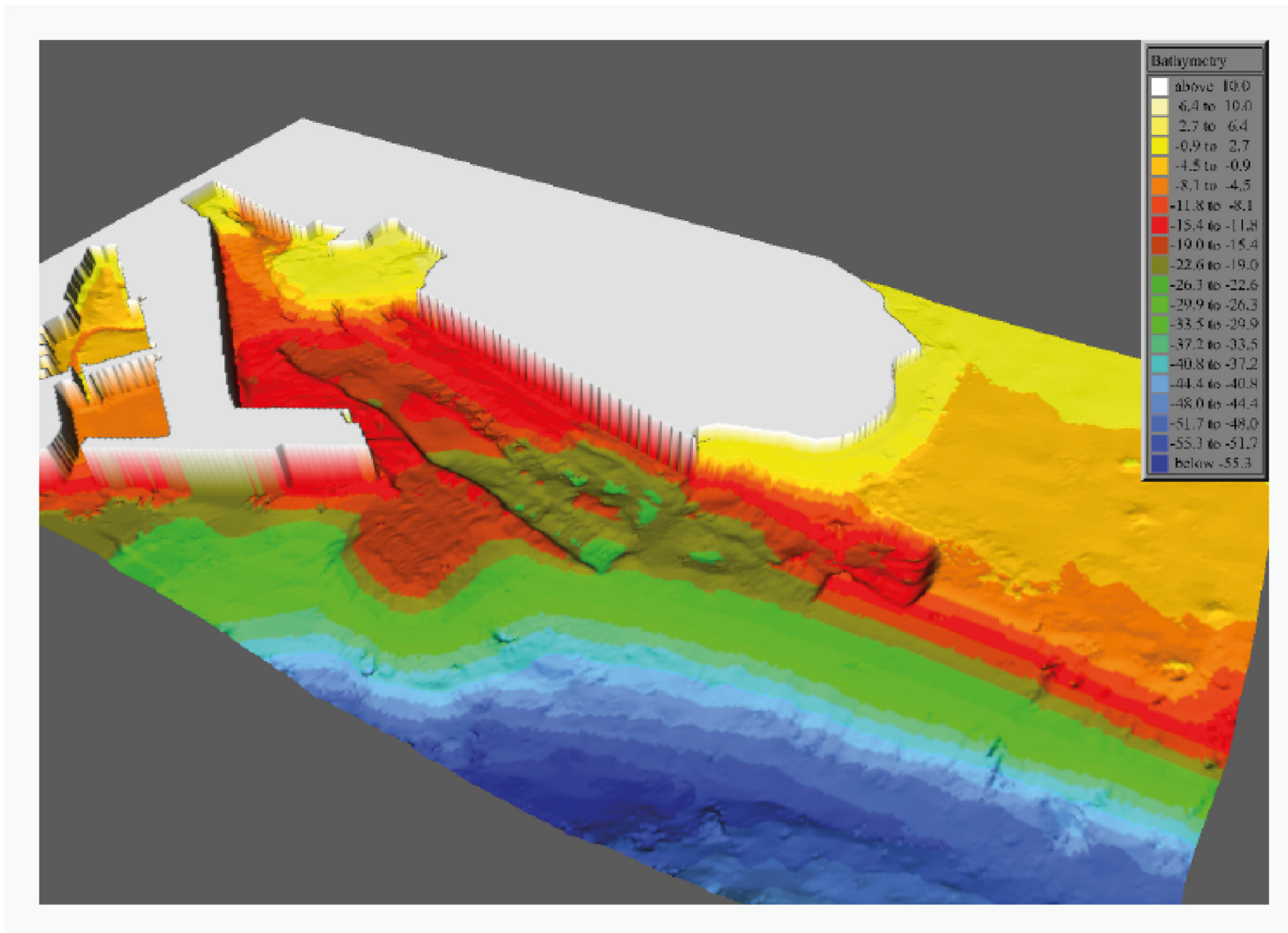
Fichier : CM_P0010666_7026_160921.ai

Figure 7.25 Données bathymétriques utilisées pour la réalisation du modèle numérique



Fichier : CM_P0010666_7027_160921.ai

Figure 7.26 Résultats du modèle de bathymétrie numérique de la ZEE



Fichier : CM_P0010666_7028_160920.ai

Figure 7.27 Vue tridimensionnelle de la bathymétrie à la hauteur de l'estuaire de la rivière Saint-Charles et de la ZC

Le tableau 7.21 présente les élévations marégraphiques minimales et maximales traitées par LaSalle | NHC (2014, 2016a) et issues des relevés du SHC (août 2013). Ces résultats reflètent les variations attendues des différents sites de travail du projet.

Tableau 7.21 Profondeurs des divers secteurs selon la bathymétrie¹

SECTEUR	ÉLÉVATION MARÉGRAPHIQUE MINIMALE (m)	ÉLÉVATION MARÉGRAPHIQUE MAXIMALE (m)
Zone des manœuvres	-16,5	-4,0
Zone de la tranchée	-13,0	1,0
Zone de l'arrière-quai	-7,0	7,5
Digue de retenue	-4,0	5,0
Plage	-1,0	6,0
Brise-lames	-1,0	0,0
Chenal d'accès	-21,6	-11,0
Points d'ancrage	-20,0	-15,0

¹ Ces relevés bathymétriques sont disponibles en version électronique sur demande.

Afin de confirmer l'état réel des lieux et pour définir l'ampleur des travaux à réaliser, une bathymétrie sera réalisée deux semaines avant le début des travaux dans l'ensemble des secteurs touchés. Ces relevés bathymétriques seront disponibles sur demande en version électronique.

7.2.4 Conditions hydrodynamiques (courants et vagues)

L'évaluation a été réalisée selon les exigences décrites dans le document *Lignes directrices pour la rédaction d'une étude d'impact de l'agence canadienne*. Comme mentionné dans la section 6.6, cette évaluation porte sur la zone d'étude élargie (ZÉE) puisque les conditions hydrodynamiques sont des composantes de l'environnement fluvial (figure 6.1). Une évaluation des conditions hydrodynamiques a aussi été réalisée à la hauteur de la zone de chantier (ZC), notamment près de la zone de l'estuaire de la rivière Saint-Charles aux abords du projet d'aménagement du quai multifonctionnel et près de la zone de la plage récréotouristique.

Les limites temporelles prises en considération pour l'évaluation des effets sont la phase de construction et la phase d'exploitation.

7.2.4.1 Méthodologie pour la caractérisation des conditions de référence

Les résultats présentés dans cette section proviennent d'une étude de suivi des courants par traceur (Roche, 1983) ainsi que d'une série de modélisations 2D de l'hydrodynamique de la ZÉE et de la ZC réalisée par le Groupe-Conseil LaSalle | NHC (2006; 2007) et LaSalle | NHC & Consultants Ropars, Inc (2016). Les objectifs des activités de modélisation étaient de détailler l'état actuel du courant et du transport sédimentaire, mais aussi d'étudier les effets des nouveaux aménagements projetés (quai, plage et brise-vague) sur les conditions hydrodynamiques de la ZC et inversement. Une analyse des relevés de courants réalisés sur le terrain en juin 2015 a révélé que les courants varient très peu sur l'axe vertical (LaSalle | NHC, 2016b). Cette absence de variabilité verticale justifie l'utilisation d'un modèle numérique bidimensionnel plutôt qu'un modèle tridimensionnel plus complexe à réaliser. En outre, le modèle bidimensionnel obtenu a été validé à l'aide de données de courantométrie recueillies à l'aide d'un Doppler ainsi que par des prédictions des niveaux de marée de Pêches et Océans Canada.

Il ressort de la validation que le modèle numérique 2D est très représentatif des niveaux et des courants de marée dans le secteur de Beauport.

La modélisation des conditions hydrodynamiques a été réalisée à l'aide des divers modules du logiciel MIKE 21, conçu et commercialisé par la firme danoise DHI Water & Environment. Le module FM (*Flexible Mesh*) a été utilisé pour modéliser les courants induits par la marée et les vagues. La portion vague du modèle a été affinée en utilisant le module SW (*Spectral Waves*), qui prend en compte l'effet des vagues sur le courant à l'approche du littoral. Pour cette étude, le régime des vagues applicable au large de la baie de Beauport a été établi par le professeur Yvon Ouellet, à l'aide du modèle GENER, un logiciel conçu et développé par l'université Laval. Le régime des vagues a été établi à partir des données climatiques des vents de la station de Lauzon, de 1991 à 2006, et en fonction de la direction du vent au site de la baie de Beauport.

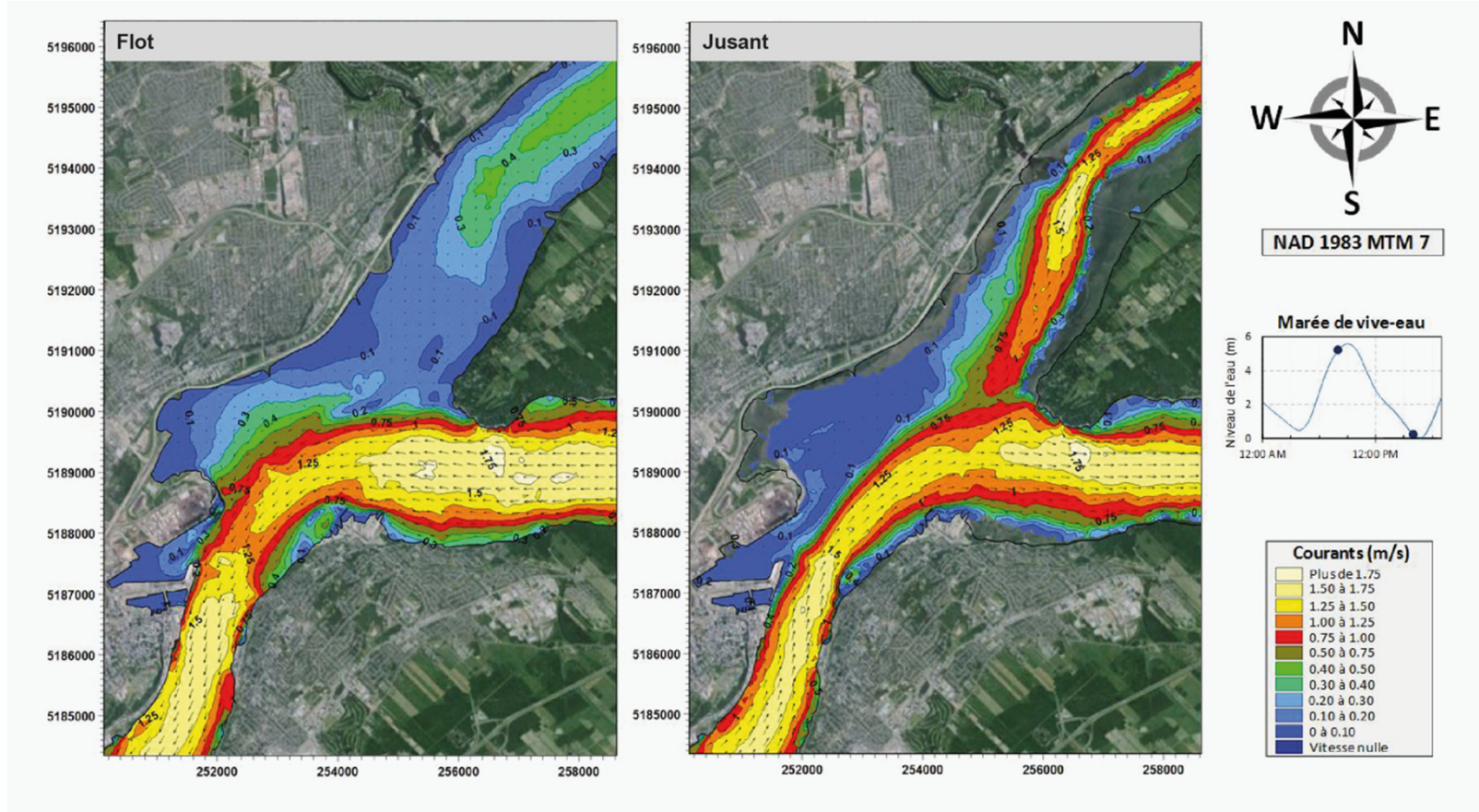
Les conditions particulières et les paramètres utilisés pour la modélisation sont détaillés dans Villeneuve et Hossaini (2006) et LaSalle | NHC (2014, 2016). Il est pertinent de mentionner que par principe de précaution, toutes les simulations ont été réalisées en période de vives eaux pour obtenir les contrastes dynamiques les plus importants.

7.2.4.2 Conditions de référence

Modèle de courant de la ZÉE

La simulation du courant sur l'ensemble de la ZÉE montre l'importance de la circulation dans le chenal passant au sud de l'île d'Orléans (figure 7.28). Durant les périodes de flot, le courant de cette zone remonte en sens inverse de l'écoulement naturel du fleuve Saint-Laurent. Les vitesses peuvent atteindre des valeurs supérieures à 1,75 m/s. À la hauteur de la zone portuaire, les courants diminuent quelque peu, mais demeurent forts avec des vitesses qui dépassent 1 m/s dans la voie maritime du Saint-Laurent. Aux abords de la plage de Beauport, les courants se propagent jusqu'à la zone de haut-fond au nord-est de la plage. Le modèle montre aussi que les courants demeurent élevés à l'entrée du bassin de la rivière Saint-Charles, mais qu'ils ne se propagent que très peu vers l'intérieur du bassin. Le modèle met aussi en évidence le fait que le courant de marée est suffisamment fort pour inverser le sens d'écoulement naturel du fleuve Saint-Laurent. La masse d'eau en provenance du fleuve se trouve donc bloquée et s'accumule temporairement. Ce phénomène explique l'important marnage (> 4 m) auquel est soumis l'ensemble de la zone modélisée.

En condition de jusant, le sens d'écoulement retourne aux conditions naturelles, soit de l'amont vers l'aval. Les résultats montrent aussi que les vitesses sont semblables à celles observées au flot, à l'exception de la zone de haut-fond, pour laquelle les vitesses diminuent à des valeurs inférieures à 0,1 m/s, et du chenal passant au nord de l'île d'Orléans, pour lequel les valeurs de courant augmentent significativement de 0,4-0,5 m/s (flot) à > 1,75 m/s (figure 7.28). Les données montrent aussi que la masse d'eau de fort courant passant à proximité du bassin de la rivière Saint-Charles est plus éloignée de la zone portuaire qu'en périodes de flot.



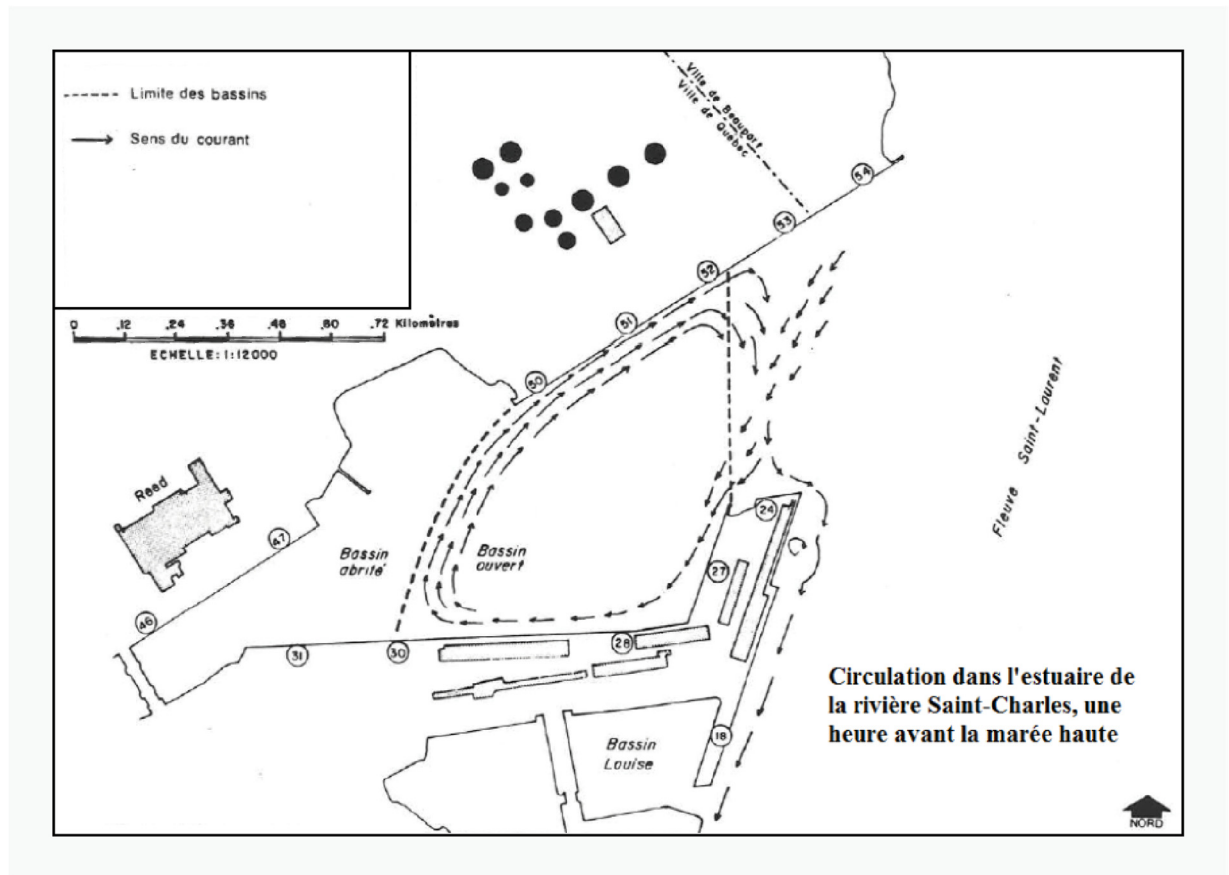
Source : LaSalle|NHC & Consultants Ropars, Inc.

Fichier : CM_P0010666_7002_160916.ai

Figure 7.28 Vitesse maximale au flot et au jusant (marée de vive-eau)

Modèle de courant dans la ZC et aux abords de la plage de Beauport

Les relevés historiques de courant réalisés à la hauteur de la ZC dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles ont mis en évidence la présence d'un courant de type circulaire : une gyre de sens horaire (Roche, 1983). Les figures 7.29 et 7.30 montrent cette circulation une heure avant et une heure après la marée haute. Avant la marée haute, le phénomène de gyre est à son maximum et correspond au moment où la masse d'eau de fort courant de flot du chenal passe à proximité de l'entrée du bassin Saint-Charles. Lorsque la marée se retire, la gyre disparaît et l'eau du bassin s'écoule vers l'extérieur.



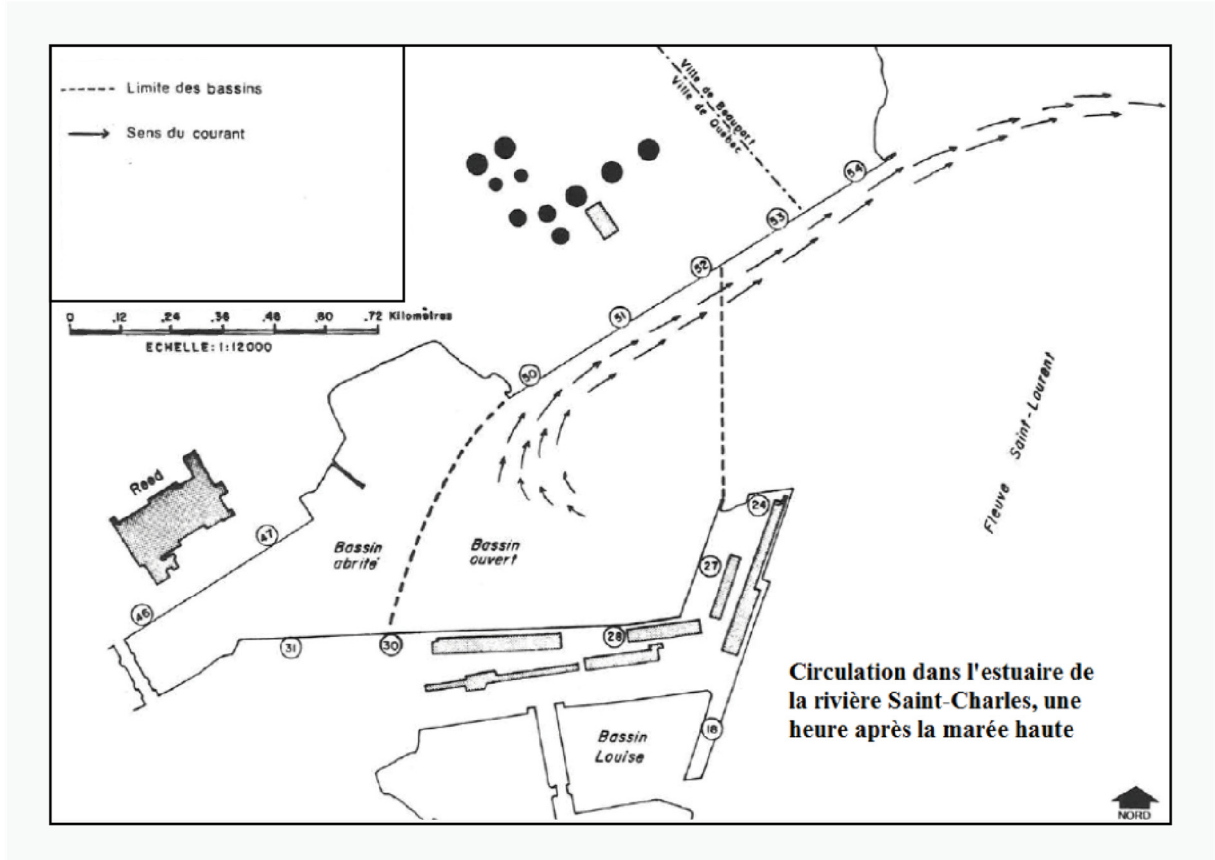
Source : Roche 1983

Fichier : CM_P0010666_7029_160921.ai

Source : Roche, 1983

Figure 7.29 Circulation des courants, une heure avant la marée haute

Les résultats obtenus par l'intermédiaire du modèle MIKE 21 mettent aussi en évidence la présence de la gyre de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, mais permettent d'obtenir de nouvelles informations (figure 7.31). Au début de la marée montante, les courants dans le bassin de l'estuaire de la rivière Saint-Charles sont faibles à très faibles. On observe ensuite la formation de la gyre tournant dans le sens horaire dans le bassin, comme observé dans les études passées. Cependant, la simulation montre que cette gyre se déplace vers l'extérieur de l'entrée du bassin au début du jusant. Au milieu de la marée descendante, une autre gyre apparaît de manière transitoire à l'entrée du bassin, mais celle-ci tourne dans le sens antihoraire. Outre la gyre, les résultats du modèle montrent que de manière générale les courants de la ZC sont très variables, passant de 0,05 m/s au fond du bassin de la rivière Saint-Charles et dans la baie de Beauport à plus de 0,8 m/s à la sortie du bassin et au sud de la plage de Beauport dans les zones plus profondes.



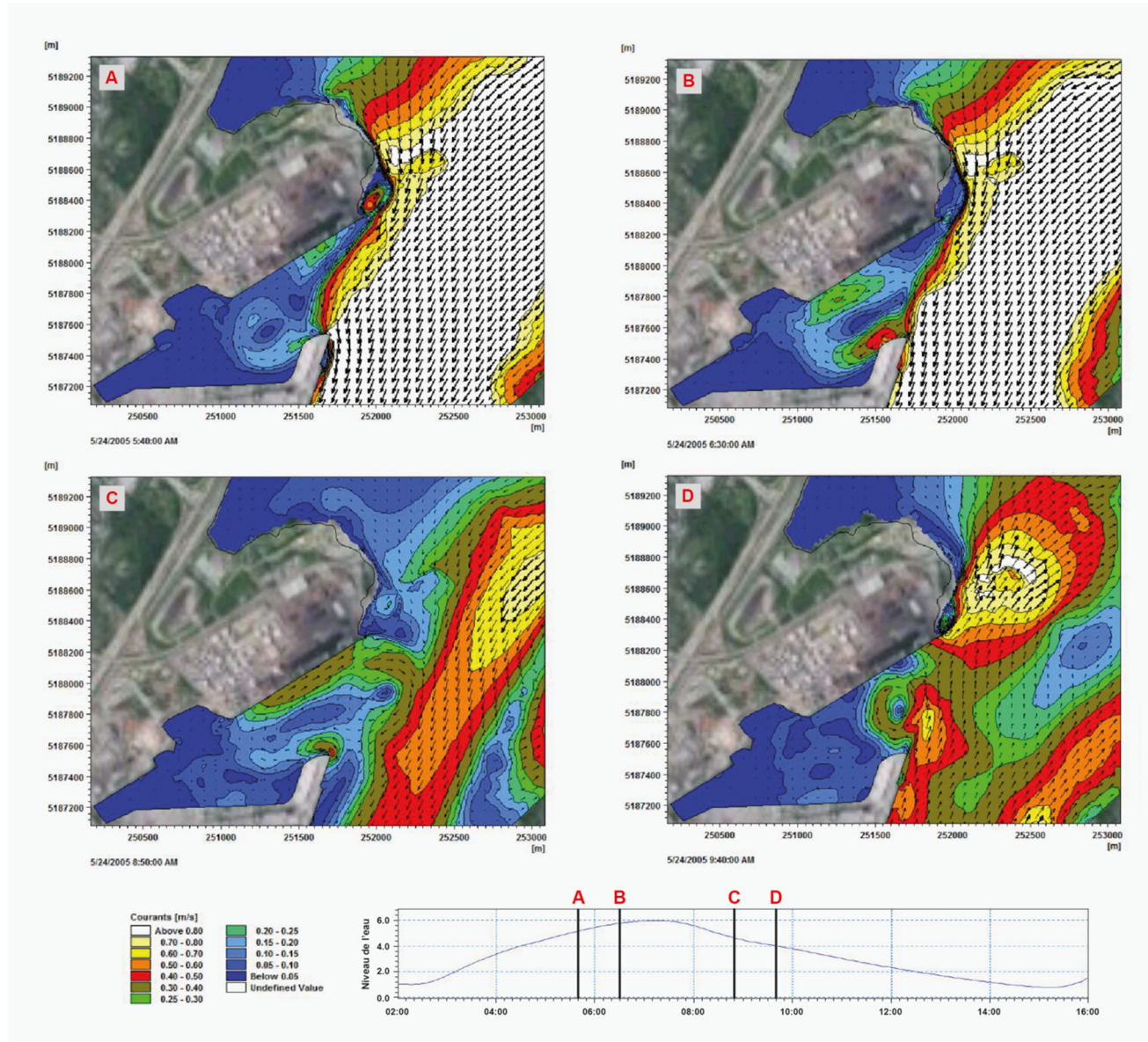
Source : Roche 1983

Fichier : CM_P0010666_7030_160921.ai

Source : Roche, 1983.

Figure 7.30 Circulation des courants, une heure après la marée haute

Les courants devant la plage de Beauport sont aussi très variables. Au flot, les vitesses maximales le long de la plage actuelle, qui correspond à la portion nord de la pointe de Beauport, sont liées à la veine principale des courants de marée. Les vitesses aux abords immédiats du rivage sont faibles en raison de la friction avec le fond, mais elles augmentent à des valeurs beaucoup plus importantes à seulement quelques dizaines de mètres de la plage. À l'inverse, au jusant, la plage actuelle se situe en retrait de la veine principale des courants de marée. À ce stade de marée, les vitesses le long de la plage (moitié nord de la pointe) ne dépassent pas 0,25 m/s.



Source : LaSalle|NHC & Consultants Ropars, Inc.

Fichier : CM_P0010666_7003_160916.ai

Figure 7.31 Vitesses et direction des courants dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles pour différents stades de marée

Modèle de vague au large de la Baie de Beauport

L'analyse des régimes de vent et de leurs effets sur la masse d'eau a permis de modéliser le régime des vagues au large de la baie de Beauport. Ainsi, les vagues provenant de l'ouest et de l'ouest-sud-ouest sont les plus fréquentes, suivies des vagues de l'est et de l'est-nord-est. Ces vagues correspondent aux vents dominants qui suivent l'axe longitudinal du fleuve Saint-Laurent, comme discuté dans la section 7.2.1. Parmi ces vagues, celles de plus forte amplitude proviennent des secteurs est et est-nord-est. C'est aussi dans cette direction que sont orientés les vents de tempête et le vent « nordet » qui domine ce milieu. Ces vagues sont donc les plus fortes et elles ont les caractéristiques suivantes :

Vagues de l'ENE avec $H_s = 0,76$ m et $T_p = 3,9$ s

Vagues de l'est avec $H_s = 0,71$ m et $T_p = 3,9$ s

Ces caractéristiques ont servi d'intrant au modèle MIKE 21 afin d'en déduire les courants côtiers générés par les vagues de tempêtes et créés par le vent « nordet » typique de Québec. Lorsque l'on simule des vagues de 0,8 m d'amplitude, le modèle montre que l'intensité des courants littoraux augmente de 0,5 m/s et génère un front de courant qui, lorsqu'il arrive vis-à-vis de la partie récréotouristique de la baie de Beauport, se dirige vers le rentrant sud-ouest et est susceptible de transférer les sédiments, comme discuté dans la section suivante.

7.2.5 Régime sédimentologique (érosion et transport)

L'évaluation a été réalisée selon les exigences décrites dans le document *Lignes directrices pour la rédaction d'une étude d'impact de l'agence canadienne*. Comme mentionné dans la section 6.6, cette évaluation porte sur la zone d'étude élargie (ZÉE) puisque les conditions hydrodynamiques sont un groupe de composantes de l'environnement fluvial (figure 6.1). Compte tenu de l'importance de cette composante sur le plan de l'infrastructure, une évaluation des conditions hydrodynamiques a aussi été réalisée aux abords de la zone de chantier (ZC), notamment près de la zone de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, du projet d'aménagement du quai multifonctionnel et de la zone de la plage récréotouristique.

Les limites temporelles prises en considération pour l'évaluation des effets sont la phase de construction et la phase d'exploitation.

7.2.5.1 Méthodologie

La caractérisation de l'érosion de la plage de Beauport a été réalisée à deux reprises en comparant une série de photographies aériennes réparties dans le temps (1987 à 2005 et 2013) ainsi qu'en effectuant des visites directement sur le site et en comparant des relevés bathymétriques du SHC (Groupe-Conseil LaSalle | NHC, 2010; LaSalle | NHC, 2014).

Le phénomène d'érosion et le transport sédimentaire ont aussi été caractérisés au moyen d'un modèle numérique (LaSalle | NHC, 2014, 2016). Ce modèle a été réalisé à l'aide du module ST (*Sand Transport*) dans le logiciel de modélisation MIKE 21. Le module ST permet de calculer le transport sédimentaire et de visualiser l'évolution morphologique des plages. Il dépend des forçages hydrodynamiques (courant de marée, agitation attribuable aux vagues et aux courants littoraux) calculés par les modules présentés à la section 7.2.4. Ainsi, l'intégration du modèle sédimentaire dans MIKE 21 FM a permis d'appliquer un modèle morphologique offrant une boucle de rétroaction continue entre les conditions hydrodynamiques et sédimentologiques.

Les conditions particulières et les paramètres utilisés dans le cadre de la modélisation sont détaillés dans Villeneuve et Hossaini (2006), Groupe-Conseil LaSalle (2007) et LaSalle | NHC (2014; 2016a) et LaSalle | NHC & Consultants Ropars Inc, (2016). Il est pertinent de mentionner que, par principe de précaution, toutes les simulations ont été réalisées en période de vive eau pour obtenir les contrastes dynamiques les plus importants. L'effet des vagues de tempête a aussi été simulé dans le cadre de l'étude.

7.2.5.2 État de référence

Caractérisation de l'érosion

Dans le cadre d'une étude réalisée par LaSalle | NHC en 2010, une comparaison des photos aériennes et une visite du site ont permis de déterminer les principales caractéristiques de l'évolution morphologique et de la dynamique sédimentaire de la pointe de Beauport. Selon les relevés photographiques, la plage récréative a subi des changements morphologiques importants entre 1987 et 2005. La portion sud de la pointe s'est érodée progressivement, et les sables ont migré vers le nord, menant à la création d'une flèche de sable visible à marée basse (figure 7.32). Une portion des sables contourne cette flèche et s'accumule dans les zones calmes du rentrant sud-ouest.

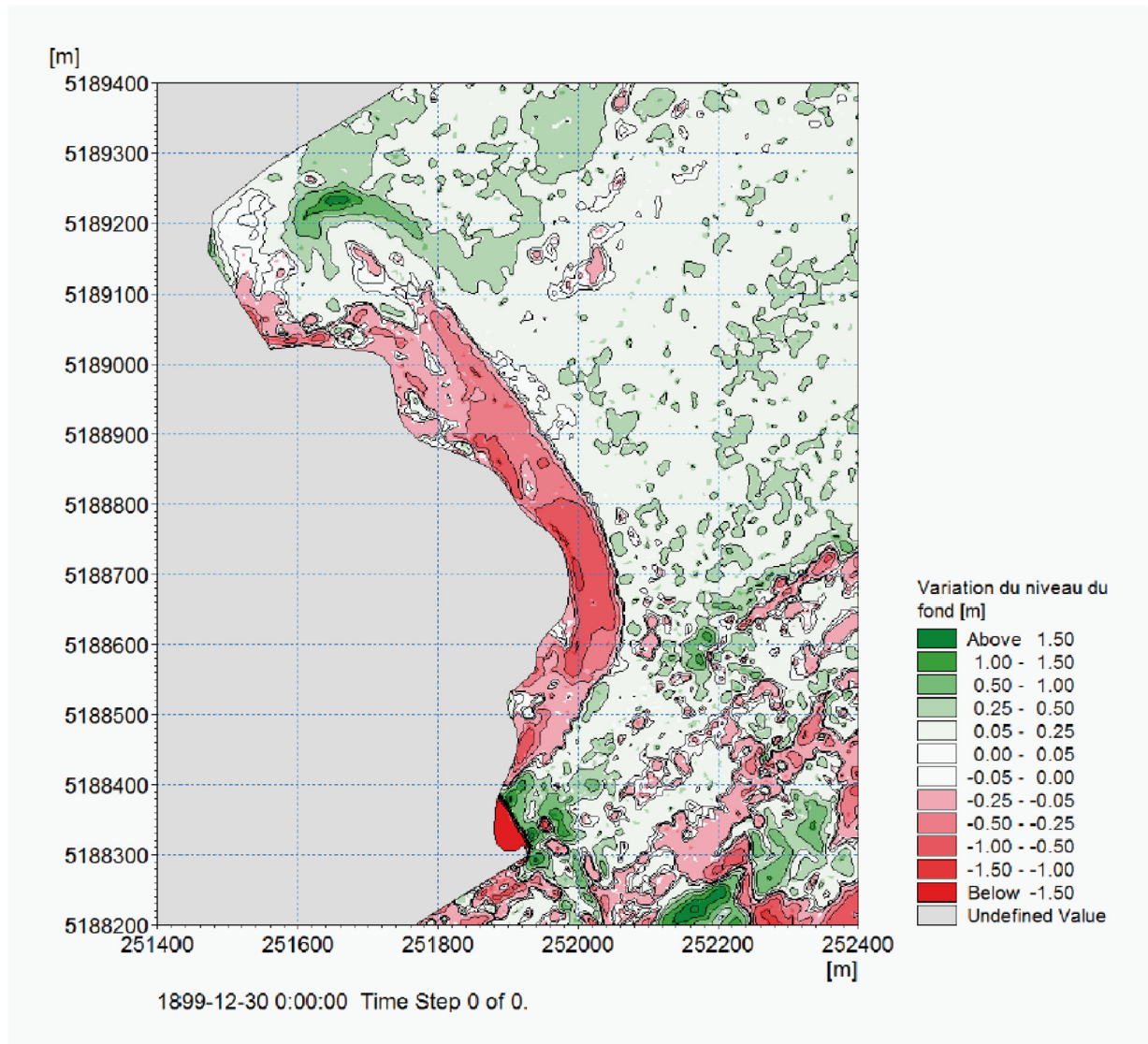


Source : Lasalle|NHC 2014a

Fichier : CM_P0010666_7031_160920.ai

Figure 7.32 Flèche de sable dans le rentrant sud-ouest (marée basse – 2008)

Ces conclusions sont appuyées par une seconde étude, plus récente, montrant le même phénomène d'érosion (LaSalle | NHC, 2014). Les résultats de cette étude ont révélé un abaissement prononcé des fonds de 0,5 à 1,0 m dans la portion centrale de la plage entre 2009 et 2013 (figure 7.33). De tels résultats indiquent un recul considérable de la plage pour une période relativement courte de 4 ans. Parallèlement à ce recul, les résultats ont montré une tendance à la sédimentation aux abords de la flèche de sable, qui a progressé vers le nord entre 2009 et 2013 (LaSalle | NHC, 2014).



Fichier : CM_P0010666_7032_160920.ai

Figure 7.33 Différence de topographie de la plage entre 2009 et 2013

Toujours selon cette étude, la partie sud de la pointe comporte une fraction importante de matériaux grossiers laissés sur place à la suite de l'érosion sélective des sédiments plus fins (figure 7.34). On remarque aussi un recul important des talus de haut de plage de cette zone. Dans la section médiane de la plage, la proportion de sable augmente et les cailloux et le gravier qui s'y trouvent sont de taille moins importante que dans la zone située plus au sud. Finalement, plus au nord, et du côté du rentrant sud-ouest, les sédiments sont majoritairement composés de sable. Ce gradient de substrat confirme la présence d'un transfert de la partie fine des sédiments du sud vers le nord.



Source : LaSalle|NHC, 2014a.

Fichier : CM_P0010666_7033_160920.ai

Source : Lasalle | NHC, 2014.

Figure 7.34 Visite du site à l'automne 2009 – composition du sable observé sur la berge de Beauport

D'après le transport sédimentaire observé, le moteur principal de l'érosion réside dans l'agitation et les courants littoraux créés par les vagues de tempête issues des secteurs est-nord-est et est.

Modélisation : transport sédimentaire

Le phénomène d'érosion décrit précédemment a aussi été analysé par une modélisation visant à mieux comprendre la dynamique en place. Le modèle confirme le patron de transport sédimentaire décrit précédemment et responsable de l'érosion de la plage (LaSalle | NHC & Consultants Ropars Inc, 2016). Selon le modèle, l'érosion est d'abord créée par les courants littoraux. Cependant, le modèle a permis de mettre en évidence que le phénomène est accentué par les tempêtes et les forts vents de l'est. Ces conditions sont responsables de la formation de vagues de forte amplitude qui, combinées au courant de marée, érodent la pointe est de la plage de Beauport et transfèrent le matériel vers la zone du rentrant sud-ouest. En théorie, les vagues d'ouest devraient réussir à équilibrer le phénomène, mais, étant de moindre amplitude, elles n'y parviennent pas.

Ainsi, au cours de fortes tempêtes, le sable de la plage actuelle de Beauport s'érode et est transporté du sud-est vers le nord-ouest pour alimenter le banc de sable qui se trouve à l'extrémité nord de la plage. En cas de conditions d'agitation plus modérées, ce banc de sable est remodelé par les vagues avec un transport des sédiments principalement orienté vers la partie sud du rentrant sud-ouest, ce qui ensable la zone. Sans intervention, les sédiments de la plage actuelle des battures de Beauport vont continuer à migrer vers le nord-ouest et le rentrant sud-ouest.

La figure 7.35 illustre le phénomène d'érosion-accumulation résultant du transport sédimentaire décrit précédemment. On voit la direction et l'emprise du courant sur le transport des sédiments du sud de la plage de Beauport vers le rentrant sud-ouest. Cette figure illustre le résultat pour une vague de tempête de l'est-nord-est de 0,8 m de hauteur. Dans ces conditions, les quantités de matériaux déplacés dépassent $2 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$. Lorsqu'on les reporte sur l'ensemble de la saison des tempêtes, les quantités déplacées deviennent considérables. En outre, sans action d'atténuation à long terme, la possible diminution de la période d'emprise des glaces, résultat des changements climatiques, pourrait aggraver la situation en laissant plus de place aux vagues de tempête, et donc au phénomène d'érosion.

7.2.6 État des glaces

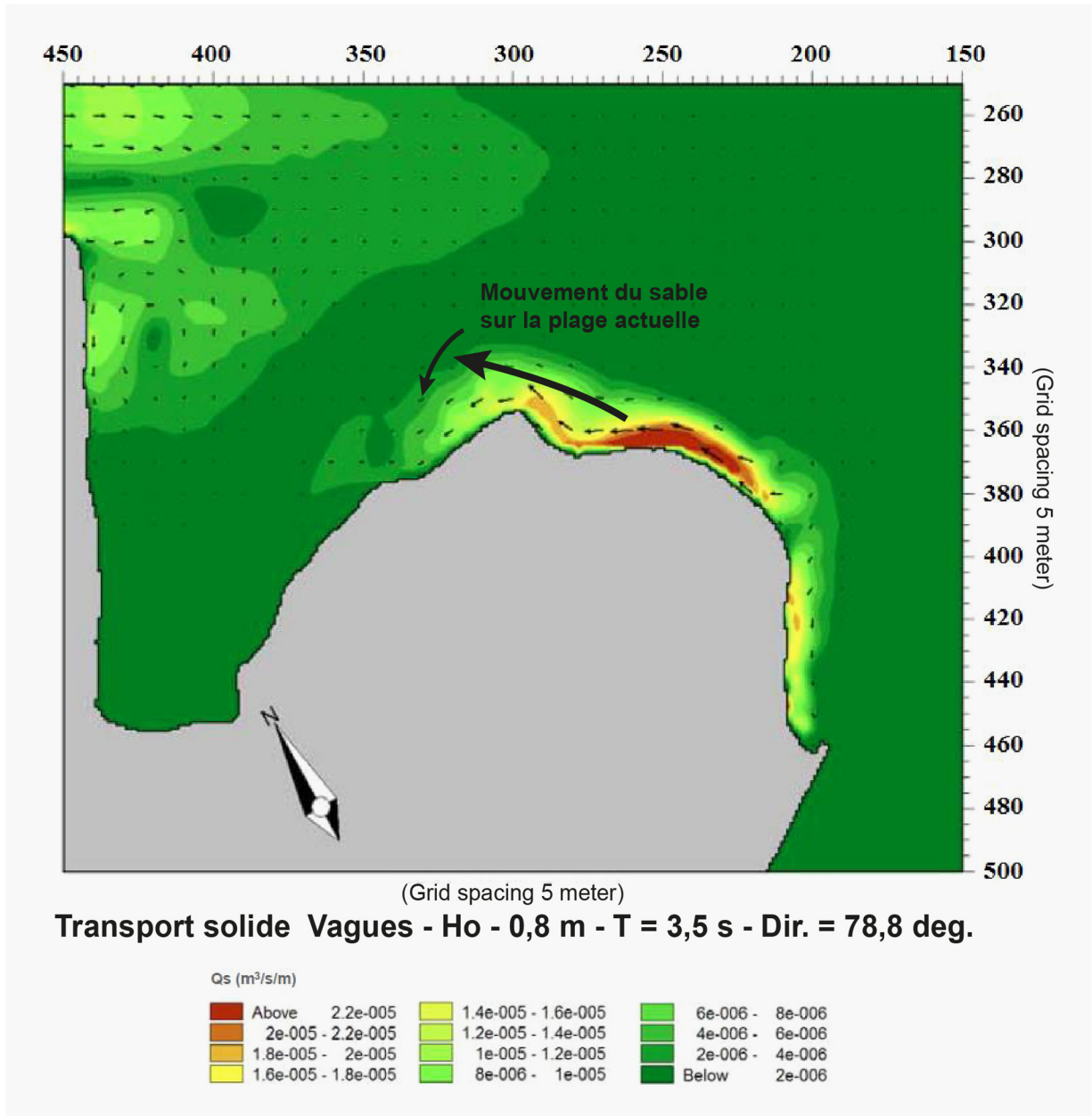
L'évaluation a été réalisée selon les exigences décrites dans le document *Lignes directrices pour la rédaction d'une étude d'impact de l'agence canadienne*. Comme mentionné dans la section 6.6, cette évaluation porte sur la zone d'étude élargie (ZÉÉ) puisque l'état des glaces est une composante de l'environnement fluvial (figure 6.1).

Les limites temporelles prises en considération pour l'évaluation des effets sont la phase de construction et la phase d'exploitation.

7.2.6.1 Méthodologie

Le phénomène de glace en milieu fluvial représente une dynamique complexe autant au moment de la période de formation, d'évolution que de rupture du couvert de glace. Durant ces périodes, la diversité des interactions entre les caractéristiques morphologiques du chenal, la dynamique de l'écoulement et les conditions hydrométéorologiques influent sur la glace. La glace modifie notamment le régime sédimentologique.

Les conditions de l'état de référence sont issues des connaissances historiques, basées sur l'observation directement au site et sur une photographie aérienne datant de 1970 (Groupe-Conseil LaSalle, 2013).



Source : LaSalle|NHC & Consultants Ropars, Inc.

Fichier : CM_P0010666_7011_160916.ai

Figure 7.35 Transport solide – Vague de tempête de l'est-nord-est

7.2.6.2 État de référence

Le secteur des battures de Beauport est généralement couvert de glace à partir du mois de décembre. La glace s'étend de la plage de la baie de Beauport et rejoint la pointe de l'île d'Orléans. La glace est emportée par la marée à partir du mois de mars, laissant quelques blocs fondre sur les battures.

Dans le secteur de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, la glace est présente de décembre à avril. Cette glace est composée de blocs de petite taille. Le couvert glaciaire de l'estuaire est modifié principalement par la circulation maritime. L'épaisseur de la glace flottante est peu documentée, mais des blocs de glace

de 5 m peuvent être trouvés. Selon les pilotes de navire, l'accostage hivernal au quai 53 n'est pas particulièrement problématique, puisque l'ensemble de l'estuaire de la rivière Saint-Charles est généralement couvert de glace statique (Groupe-Conseil LaSalle, 2007). Cette zone est couverte d'une glace le plus souvent lisse, avec des accumulations occasionnelles ne dépassant pas le demi-mètre au-dessus du plan d'eau. En prenant en compte l'accumulation des jours de froid, l'épaisseur maximale de glace d'un hiver rigoureux (se produisant une fois tous les 50 ans) a pu être calculée, donnant une valeur de 0,96 m (Groupe-Conseil LaSalle | NHC, 2013).

La figure 7.36 présente une vue d'ensemble du Saint-Laurent et de l'embouchure de la rivière Saint-Charles, en hiver, par photographie aérienne. Même si la photo date de l'année 1970, l'écoulement principal du fleuve au large de Québec et devant Lauzon se distingue, avec une très grande concentration de glace en mouvement (voie maritime), et les champs de glace fixes dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles et autour de la pointe de Beauport sont visibles.

En ce qui a trait aux changements climatiques en cours, ils impliquent une tendance à la diminution des épaisseurs moyennes de glace sur le fleuve, mais aussi à une plus grande variabilité annuelle de ces épaisseurs. Par principe de précaution, il est préférable de simuler les effets des glaces sur les infrastructures de même que les conditions futures en conservant des épaisseurs de glace élevées (donc historiques).

7.2.7 Qualité de l'eau de surface

L'évaluation a été réalisée selon les exigences décrites dans le document *Lignes directrices pour la rédaction d'une étude d'impact de l'agence canadienne*. Comme mentionné dans la section 6.6, l'évaluation porte à la fois sur l'environnement proche du projet, c'est-à-dire la zone du chantier (ZC), et sur la zone d'étude élargie (ZÉÉ) correspondant à l'environnement fluvial. Ces zones comprennent la confluence des eaux de la rivière Saint-Charles avec celles du fleuve Saint-Laurent, et sa portion aval de part et d'autre de la pointe sud de l'île d'Orléans. À proximité de la ZC (et au sein de la ZÉÉ), notons la présence du ruisseau du Moulin et de la rivière Beauport; ces deux cours d'eau ne seront pas touchés par les activités, aménagements, travaux et équipements des différentes phases de réalisation du projet.

Les limites temporelles prises en considération pour l'évaluation des effets sont la phase de construction et la phase d'exploitation.

7.2.7.1 Méthodologie

L'évolution temporelle des paramètres physicochimiques conventionnels est issue du suivi à deux stations du Réseau de suivi des milieux aquatiques du MDDELCC. Il s'agit de la station à l'embouchure de la rivière Saint-Charles (05090017, en amont du projet) et de la station du fleuve la plus proche de la zone d'étude se trouvant à environ 3 km en aval, près de la rive sud du fleuve (00000077). Ces stations ne sont pas directement dans la ZC, mais sont représentatives des cours d'eau d'intérêt et se situent dans la zone d'étude élargie (ZÉÉ). Les échantillons ont été pris mensuellement de janvier 2012 à décembre 2014 pour la rivière et de janvier 2012 à octobre 2014 pour le fleuve. Ce suivi non exhaustif dresse un portrait des paramètres conventionnels. Les échantillonnages réalisés par le MDDELCC à la station de la rivière Saint-Charles ont été pris en surface, à marée descendante, à l'aide d'un échantillonneur constitué de plusieurs bouteilles sur un même support, descendu dans la rivière à partir du pont (MDDELCC, Hébert, S., comm. pers., 2015).

Les échantillonnages réalisés par le MDDELCC à la station du fleuve ont été pris à partir du robinet d'eau brute de la prise d'eau de Lévis et correspondent à des échantillons de surface à marée descendante (MDDELCC, Hébert, S., comm. pers., 2015).



Source : Groupe-Conseil LaSalle Inc., 2013.

Fichier : CM_P0010666_7034_160920.ai

Source : Groupe-Conseil LaSalle Inc., 2013.

Figure 7.36 Photo aérienne du couvert de glace en 1970

Dans le cadre de la phase préparatoire du présent projet, entre le 10 octobre et le 27 novembre 2012, l'eau du fleuve a été échantillonnée dans le secteur de l'extension du quai (10 stations, QUA1-01 à QUA1-10) ainsi qu'à la confluence de la rivière Saint-Charles et du fleuve (12 stations; DUC-01 à DUC-12; Qualitas, 2013). Les échantillons de l'étude de Qualitas (2013) ont été pris à 1 m de profondeur. Notons que dans la mesure où les échantillons ont été prélevés à différentes dates et à différents stades de marée, c'est la valeur médiane de l'ensemble des résultats analytiques obtenus sur les échantillons

d'eau du fleuve qui a été comparée aux critères et aux valeurs guides. Les analyses suivantes ont été effectuées en laboratoire :

- ▶ Métaux (balayage de 32 éléments, y compris le mercure);
- ▶ Hydrocarbures pétroliers (C₁₀ à C₅₀);
- ▶ Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP);
- ▶ Biphényles polychlorés (BPC) par congénère;
- ▶ Carbone organique total (COT);
- ▶ Carbone organique dissous (COD);
- ▶ Azote ammoniacal;
- ▶ Orthophosphates;
- ▶ Matières en suspension (MES);
- ▶ Demande biochimique en oxygène (DBO₅);
- ▶ Turbidité;
- ▶ pH.

Les données de qualité de l'eau pour l'état de référence et l'état projeté sont analysées dans le cadre des Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, des Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, et des Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada. À titre de valeur guide, les données ont aussi été comparées aux Critères de qualité de l'eau de surface du Québec.

Un échantillon d'eau du fleuve a été soumis à des analyses écotoxicologiques afin de servir de comparatif au moment de l'interprétation des résultats obtenus pour les éluviats des sédiments des zones à draguer. Les bioessais suivants ont été réalisés :

Daphnia magna (crustacé d'eau douce) CL50-48h (SPE/RM/14);

Méné tête-de-boule (poisson d'eau douce) CL50-96h (EPA-821-R-02-012);

Microtox phase liquide (bactéries luminescentes) – Vibrio fisheri (SPE 1/RM/24).

7.2.7.2 État de référence

Zone du chantier

L'eau de la station située sur la rivière Saint-Charles en amont du projet est classée, selon les valeurs guides du MDDELCC, comme étant une eau de qualité douteuse (IQBP₆³ médian de 56) pour laquelle certains usages pourraient être compromis. Les paramètres conventionnels et statistiques descriptives annuelles pour cette station sont présentés au tableau 7.22. Lorsque l'on compare les résultats aux critères du CCME, aucun dépassement n'est observé pour les moyennes, les médianes et les maximums présentés.

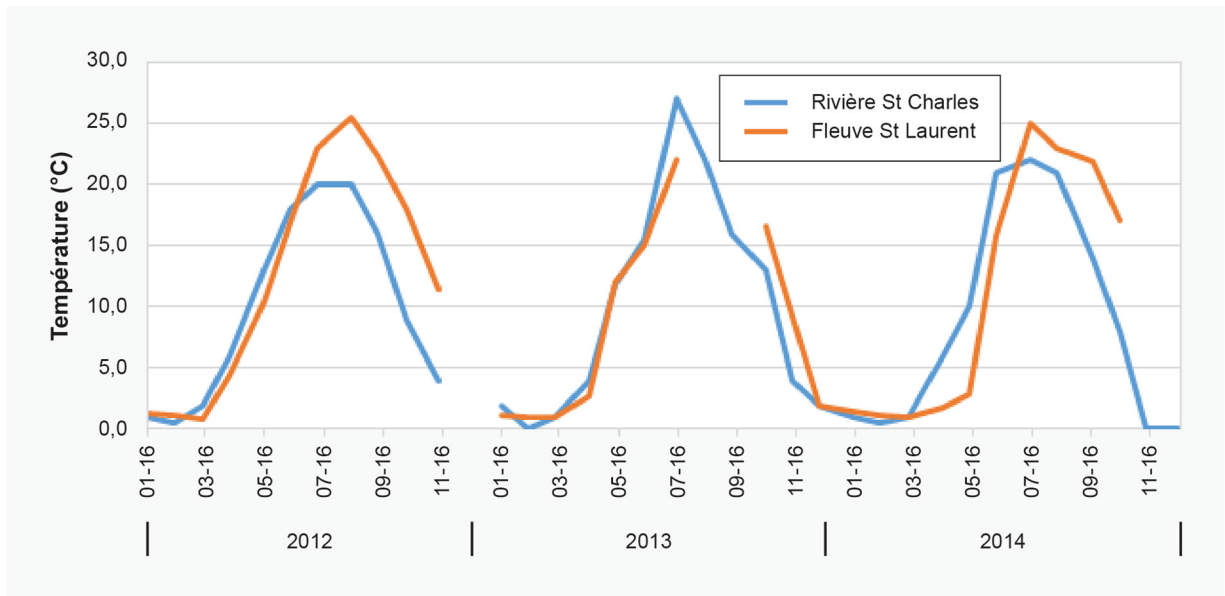
3 L'indice de la qualité bactériologique et physicochimique (IQBP) du MDDELCC sert à évaluer la qualité générale de l'eau. L'IQBP₆ est basé sur les six variables suivantes : le phosphore total, les coliformes fécaux, les matières en suspension, l'azote ammoniacal, les nitrites-nitrates et la chlorophylle a totale. Pour chacun des descripteurs retenus, la concentration mesurée est transformée, à l'aide d'une courbe d'appréciation de la qualité de l'eau, en un sous-indice variant de 0 (très mauvaise qualité) à 100 (bonne qualité). L'IQBP d'un échantillon donné correspond au sous-indice du descripteur qui présente la valeur la plus faible. L'IQBP attribué à une station d'échantillonnage pour une période donnée correspond à la valeur médiane des IQBP obtenus pour tous les prélèvements réalisés pendant cette période.

Tableau 7.22 Statistiques descriptives des paramètres conventionnels de qualité de l'eau pour la rivière Saint-Charles, suivis annuels 2012-2014 du MDDELCC

PARAMÈTRE	UNITÉ	N	MOYENNE	ÉCART TYPE	MINIMUM	MÉDIANE	MAXIMUM	CRITÈRE CCME ¹	VALEUR GUIDE MDDELCC
Azote ammoniacal	mg/l	36	0,11	0,11	0,01	0,08	0,44	Non déterminé	0,2 mg/l
Azote total filtré	mg/l	36	0,78	0,40	0,44	0,69	2,70	Non déterminé	Eau brute d'approvisionnement (efficacité de la désinfection)
Carbone organique dissous	mg/l	36	4,1	0,9	2,6	3,9	6,7	Non déterminé	1 mg/l
Chlorophylle a active	µg/l	18	3,73	2,52	1,18	3,13	10,80	Non déterminé	Valeur repère
Chlorophylle a totale	µg/l	18	5,85	3,67	2,17	4,76	16,36	Non déterminé	Non déterminé
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	36	1 361	1 617	190	750	6 000	Non déterminé	Non déterminé
Conductivité	µS/cm	36	551,7	377,8	210,0	455,0	1 800,0	Non déterminé	8,6 µg/l
Nitrates et nitrites	mg/l	36	0,43	0,14	0,22	0,38	0,78	13	Valeur repère
pH	pH	36	7,7	0,2	7,3	7,7	8,0	Non déterminé	200 UFC/100 ml
Phosphore total	mg/l	36	0,021	0,013	0,007	0,018	0,064	Non déterminé	Activités récréatives (contact direct)/Esthétique
Phéophytine a	µg/l	18	2,12	1,24	0,46	1,77	5,56	Non déterminé	Non déterminé
Matières en suspension	mg/l	36	11,2	11,0	0,5	6,5	45,0	$\Delta < 8$ NTU à court terme $\Delta < 2$ NTU à long terme	2,9 mg/l
Température	°C	35	9,5	8,3	0,0	8,0	27,0	Non déterminé	Vie aquatique (effet chronique)
Turbidité	UTN	36	9,8	6,9	3,1	7,2	31,0	$\Delta < 8$ NTU à court terme $\Delta < 2$ NTU à long terme	Non déterminé

¹ <http://st-ts.ccme.ca/fr/index.html>

L'évolution temporelle de la température de l'eau de surface pour la même période est présentée à la figure 7.37. Les résultats montrent une oscillation saisonnière de la température allant à des valeurs supérieures à 25 °C en été à des valeurs proches du point de congélation de l'eau en hiver. Les résultats de pH montrent que ce paramètre tend à augmenter entre janvier 2012 et décembre 2014, avec des variations saisonnières notables (figure 7.38). Les valeurs plus basses en hiver reflètent la diminution de la production primaire par les algues et les plantes et une prédominance de l'activité bactérienne; c'est l'inverse en été. D'ailleurs, les données de chlorophylle totale suivent ce patron. Cependant, il n'y a pas de patron de variation visible pour les éléments nutritifs (azote et phosphore) de même que pour le carbone organique dissous. La moyenne estivale pour l'azote total dissous est de 0,61 mg/l et de 0,022 mg/l pour le phosphore total, faisant de l'embouchure de la rivière un système mésotrophe (selon la classification de Wetzel, 2001).

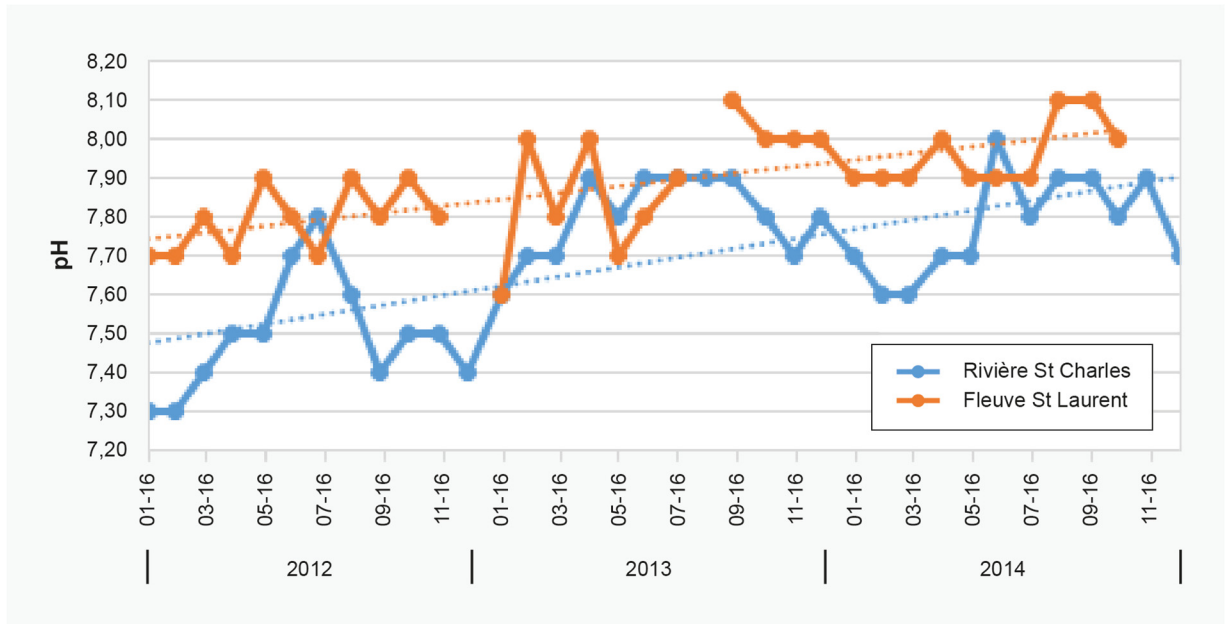


Fichier : CM_P0010666_7035_160920.ai

Figure 7.37 Évolution temporelle de la température de l'eau de surface à l'embouchure de la rivière Saint-Charles et à une station d'intérêt du fleuve Saint-Laurent

La turbidité est une expression de la concentration des matières en suspension (MES), plus facile à mesurer que ces dernières. En théorie, il existe une forte relation entre ces deux variables, propre à chaque site d'étude et utilisée dans les suivis de travaux de dragage. Les données récoltées par le MDDELCC illustrent cette relation positive pour les eaux de surface de la rivière Saint-Charles ($MES = 0,708 \times Turb$; $R^2 = 0,5$). Les eaux sont considérées comme limpides avec une concentration moyenne de MES de 11,2 mg/l (Caux et coll., 1997).

Il existe également une bonne relation linéaire entre les MES et le phosphore total ($R^2 = 0,65$), démontrant l'importance du lessivage des sols dans les apports en nutriments et l'eutrophisation de la rivière en conditions naturelles.



Fichier : CM_P0010666_7036_160920.ai

Figure 7.38 Évolution temporelle du pH à l'embouchure de la rivière Saint-Charles et à une station d'intérêt du fleuve Saint-Laurent

Des données de concentration en métaux dissous sont disponibles pour la station de la rivière Saint-Charles du MDDELCC. Pour l'ensemble des suivis réalisés entre 2008 et 2014, les résultats respectaient toujours les valeurs guides provinciales pour la protection de la vie aquatique de chaque élément mesuré (MDDELCC, 2015). Dans la zone des installations portuaires actuelles et projetées étudiées en 2012 (confluence de la rivière Saint-Charles et du fleuve Saint-Laurent; Qualitas, 2013), il a été montré que seuls l'aluminium et le fer présentent des concentrations supérieures aux critères du CCME. Ces dépassements ne sont pas étonnants lorsque l'on prend en considération les concentrations de ces éléments dans les sédiments de la ZC (section 7.3.2).

Les résultats des bioessais indiquent quant à eux qu'aucun effet biologique n'a été observé sur les organismes pour l'échantillon d'eau du fleuve testé (Qualitas, 2013). Aucun test n'a été effectué avec l'eau de la rivière Saint-Charles en particulier, et donc la microtoxicité à sa confluence avec le fleuve dans la ZC n'est pas connue.

Aucune donnée de qualité de l'eau n'a été recueillie dans le secteur du rentrant sud-ouest en particulier.

Zone d'étude élargie

Utilisé comme valeur guide de qualité générale, l'indice IQBP₆ du MDDELCC classe l'eau du fleuve de la ZÉÉ comme une eau de qualité satisfaisante (IQBP₆ médian de 72) permettant généralement tous les usages. Un bilan massique ayant démontré que les MES à la hauteur de Québec provenaient principalement de l'érosion du lit et des berges du fleuve, ce paramètre n'est plus inclus dans le calcul de l'indice (Hébert, S., 2016). Lorsque l'on compare les résultats aux critères du CCME, aucun dépassement n'est observé, que ce soit pour les concentrations moyennes, médianes ou les maximums (tableau 7.23)

Tableau 7.23 Statistiques descriptives des paramètres conventionnels provinciaux de qualité de l'eau pour la station 00000077 du fleuve Saint-Laurent, suivis annuels 2012-2014 du MDDELCC

PARAMÈTRE	UNITÉ	N	MOYENNE	ÉCART TYPE	MINIMUM	MÉDIANE	MAXIMUM	CRITÈRE CCME *	VALEUR GUIDE MDDELCC
Azote ammoniacal	mg/l	32	0,03	0,02	0,01	0,03	0,06	Non déterminé	0,2 mg/l
Azote total filtré	mg/l	32	0,56	0,14	0,33	0,57	0,88	Non déterminé	Eau brute d'approvisionnement (efficacité de la désinfection)
Carbone organique dissous	mg/l	31	3,4	0,6	2,5	3,4	5,3	Non déterminé	1 mg/l
Chlorophylle a active	µg/l	17	1,70	1,42	0,42	1,30	4,85	Non déterminé	Valeur repère
Chlorophylle a totale	µg/l	17	3,69	2,95	0,91	2,68	13,01	Non déterminé	Non déterminé
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	31	125	122	5	76	490	Non déterminé	Non déterminé
Conductivité	µS/cm	32	246,9	27,2	170,0	250,0	280,0	Non déterminé	8,6 µg/l
Nitrates et nitrites	mg/l	32	0,32	0,11	0,10	0,33	0,54	13	Valeur repère
pH	pH	32	7,9	0,1	7,6	7,9	8,1	Non déterminé	200 UFC/100 ml
Phosphore total	mg/l	32	0,029	0,018	0,009	0,025	0,098	Non déterminé	Activités récréatives (contact direct)/Esthétique
Phéophytine a	µg/l	17	1,99	1,74	0,44	1,68	8,16	Non déterminé	Non déterminé
Solides en suspension	mg/l	32	15,6	16,7	1,0	12,0	76,5	Δ < 8 NTU à court terme Δ < 2 NTU à long terme	2,9 mg/l
Température	°C	31	10,6	9,1	0,9	10,4	25,5	Non déterminé	Vie aquatique (effet chronique)
Turbidité	UTN	32	12,1	9,8	1,8	10,5	49,0	Δ < 8 NTU à court terme Δ < 2 NTU à long terme	Non déterminé

Les statistiques descriptives annuelles de la période de suivi pour les paramètres conventionnels sont présentées dans le tableau 7.23. On remarque que les écarts entre les minimums et les maximums sont élevés en raison de la dynamique des masses d'eau qui circulent avec les courants de marée et l'important marnage de la zone. Toutefois, ces résultats demeurent dans la moyenne attendue pour le fleuve Saint-Laurent (OGSL, 2016). On y retrouve des concentrations modérées d'éléments nutritifs (azote et phosphore) et de MES, peu de carbone organique dissous et un niveau faible de chlorophylle a alimenté par une population algale qui transite temporairement dans la ZÉÉ par l'entremise de l'eau du fleuve.

Comme pour la rivière Saint-Charles, le pH de la station du fleuve Saint-Laurent présente une tendance à la hausse, mais les données recueillies ne permettent pas de formuler d'hypothèses sur les raisons de cette tendance. On retiendra que le pH de l'eau du fleuve est généralement plus faible que celui de la rivière Saint-Charles (figure 7.38). Il n'y a pas de tendance dans la variation des concentrations en nutriments entre 2012 et 2014. Cependant, l'eutrophisation favorisée par l'érosion des berges (Hébert, S., 2016) est illustrée par la relation positive entre les MES et la concentration en phosphore total ($PT = 0,0014 \times MES$; $R^2 = 0,42$). Notons que les précipitations annuelles moyennes enregistrées de mai à octobre dans le Québec méridional ont augmenté entre 2000 et 2010 (Hébert, S., 2016) et que cela a des répercussions sur les concentrations en éléments nutritifs et celles des coliformes.

7.2.8 Qualité de l'eau souterraine

L'évaluation a été réalisée en conformité avec les exigences décrites dans le document *Lignes directrices pour la rédaction d'une étude d'impact de l'agence canadienne*. Comme mentionné à la section 6.6, l'évaluation se limite à la zone de chantier (ZC). Il est à noter que trois prises d'eau sont localisées à l'intérieur ou à proximité du plan d'eau de l'APQ. La Ville de Lévis, du côté sud du fleuve, en possède deux et elles sont localisées à plus de 3 km et 10 km en amont du chantier. Pour sa part, la Ville de Québec en possède une et elle est localisée à près de 18 km en amont du secteur des travaux. L'approvisionnement en eau potable dans le secteur de Beauport est assuré par le réseau d'aqueduc de la Ville de Québec, de telle sorte que la nappe phréatique n'est pas utilisée à cette fin.

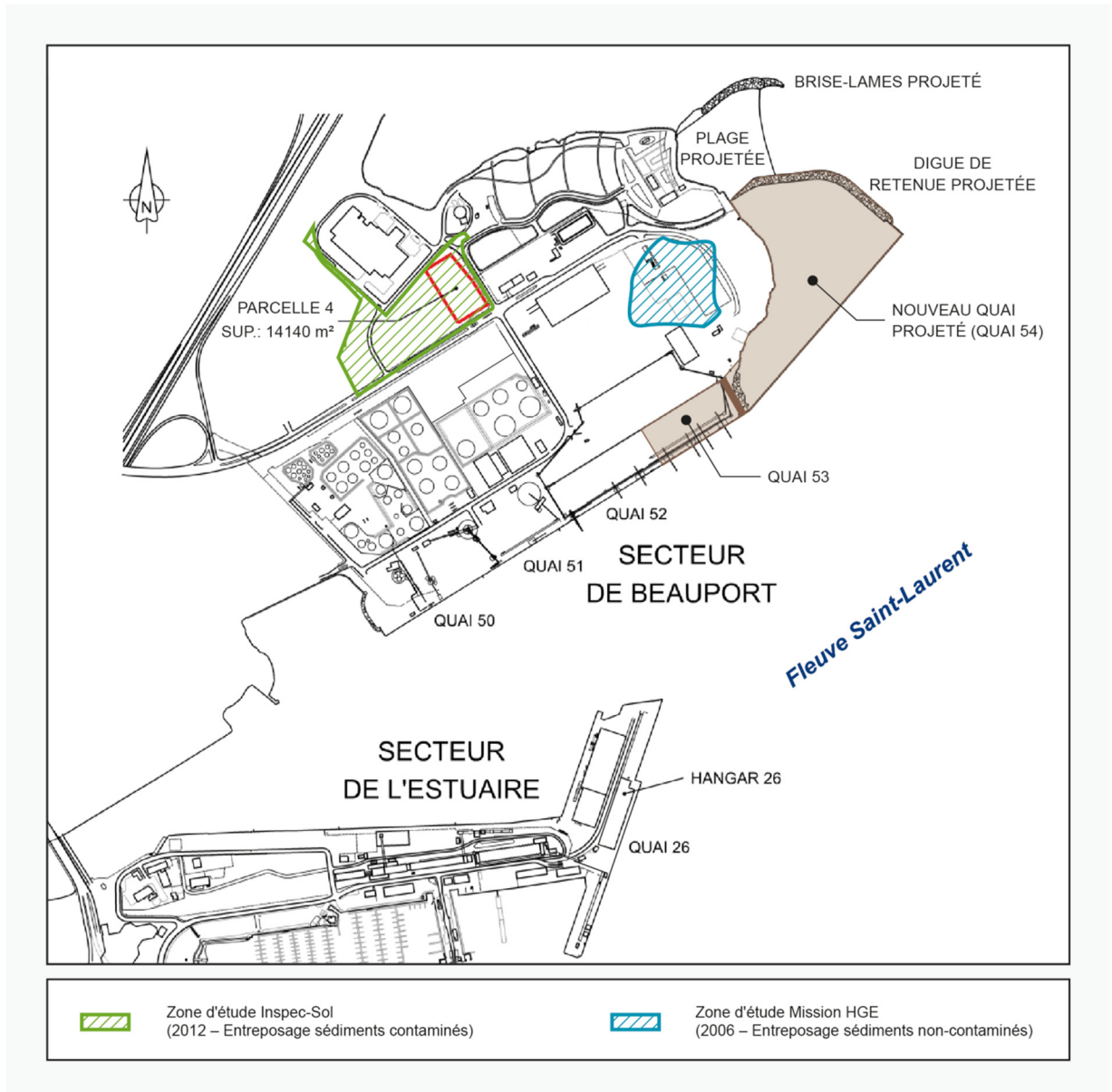
Les limites temporelles prises en considération pour l'évaluation des effets sont la phase de construction et la phase d'exploitation.

7.2.8.1 Méthodologie

Deux études de caractérisation de l'eau souterraine ont été réalisées dans le cadre de l'établissement de l'état de référence. Ces études ont été réalisées à chacun des sites de dépôts terrestres projetés (figure 7.39).

7.2.8.2 Étude du site de décantation des sédiments non contaminés

La première étude de caractérisation de l'eau souterraine a été réalisée en 2006 par Mission HGE dans le secteur des piles de sols à la baie de Beauport, c'est-à-dire à l'endroit projeté pour le bassin de décantation des sédiments non contaminés (Mission HGE, 2006). Ce secteur a été utilisé au cours des années pour mettre en piles du sol excavé dans le cadre de divers projets de l'APQ. Ces piles de sols présentaient certaines problématiques pour plusieurs des empilements concernant certains métaux, des HP (C₁₀-C₅₀) ou des HAP. Selon cette étude, les formations locales ne peuvent être considérées comme un potentiel d'aquifère exploitable. En ce sens, aucun puits d'eau potable n'a été répertorié à moins de 1 km du site à l'étude, selon les recherches effectuées dans le Système d'informations hydrogéologiques (SIH). De plus, le fleuve Saint-Laurent constitue le récepteur des eaux locales. Les égouts pluviaux et sanitaires, généralement localisés entre 1,8 et 2,6 m de profondeur, pourraient également être des récepteurs potentiels.



Fichier : CM_P0010666_7010_160916.ai

Figure 7.39 Sites d'étude pour la caractérisation de l'eau souterraine

Six forages aménagés en puits d'observation, identifiés PO-1, PO-2, PO-4 à PO-7, ont été réalisés dans le secteur à l'étude. Les puits d'observation constitués de tubes en PVC d'environ 50 mm de diamètre avec des ouvertures de 0,25 mm ont été crépinés entre 1,0 et 6,0 m de profondeur, de façon à mesurer le niveau de la nappe d'eau et de la phase libre d'hydrocarbures, le cas échéant. Un relevé piézométrique et un échantillonnage de l'eau souterraine ont été réalisés le 13 avril 2006 sur l'ensemble des puits d'observation, à la suite de leur aménagement et de leur développement, conformément aux indications du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 3* du MDDELCC. Les paramètres analytiques sélectionnés étaient les hydrocarbures pétroliers (HP) C₁₀-C₅₀, les BTEX, les HAP, les BPCs, les métaux (21), le mercure, les sulfures et la conductivité. Les résultats ont été comparés aux critères d'usage d'eau de surface et d'égouts de la *Politique de protection des sols et de*

réhabilitation des terrains contaminés (Politique) du MDDEP (maintenant MDDELCC), utilisés à titre de valeur guide pour l'APQ. Noter que les données disponibles ne permettent pas de réaliser une comparaison des conditions actuelles avec les critères fédéraux proposés par le CCME.

7.2.8.3 Étude du site d'entreposage et d'assèchement des sédiments contaminés – Parcelle 4 (secteur à l'entrée du secteur de Beauport à l'ouest du chantier)

Cette étude a été réalisée entre mars et juin 2012 par la firme Inspec-Sol (Inspec-Sol, 2012). Les travaux incluaient la caractérisation environnementale du sol, mais également l'échantillonnage de l'eau souterraine par la Ville de Québec dans des puits d'observation existants et identifiés POE-1 à POE-8.

Le détail de la construction des puits d'observation n'est pas connu. Préalablement à l'échantillonnage, une purge d'au moins trois fois le volume d'eau mesuré dans chaque puits a été réalisée. Selon l'information du rapport, un réseau d'égout sanitaire de la Ville de Québec de même qu'un réseau d'égout pluvial desservent le secteur à l'étude et sont considérés comme des récepteurs potentiels. Le fleuve Saint-Laurent de même que la rivière Saint-Charles sont considérés comme des récepteurs potentiels. Selon le SIH, trois puits d'eau potable seraient répertoriés dans un rayon de 1 km par rapport au site. Toutefois, le secteur étant desservi par l'aqueduc, ces trois puits ne sont vraisemblablement pas utilisés pour la consommation (Inspec-Sol, 2012). Les échantillons d'eau souterraine ont été comparés aux critères *Résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts* (RESIE) de la Politique du MDDELCC utilisée à titre de valeur guide dans la présente analyse. Les paramètres chimiques sélectionnés en fonction des préoccupations environnementales déterminées au moment de l'évaluation environnementale de site – phase I ont été les HP (C₁₀-C₅₀), les HAP, les BPCs et les métaux (Ag, As, Ba, Cd, chlorures, Cr, Co, Cu, cyanures, Sn, Mn, Hg, Mo, Ni, Pb et Zn).

Critères retenus

Afin d'établir la qualité de l'eau souterraine présente dans le Port de Québec, les recommandations fédérales mentionnées ci-après devraient être utilisées :

- ▶ *Recommandations fédérales intérimaires pour la qualité des eaux souterraines* pour les terrains à vocation commerciale et industrielle si les puits d'observation de l'eau souterraine sont à plus de 10 m d'un plan d'eau de surface, tel le fleuve Saint-Laurent, à la suite de la détermination du type de sol (fin ou grossier);
- ▶ *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'eau en vue de la protection de la vie aquatique* si les puits d'observation de l'eau souterraine sont à moins de 10 m d'un plan d'eau de surface, tel le fleuve Saint-Laurent.

À titre de valeur guide, l'analyse peut aussi se reporter au *Guide d'intervention : protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés* du MDDELCC (Beaulieu, 2016), notamment en ce qui a trait à la grille des critères de la qualité de l'eau souterraine pour les travaux projetés à l'extérieur des limites de propriété du Port de Québec. Ce guide d'intervention n'était pas diffusé au moment de la réalisation des études décrites dans cette section, ainsi les valeurs guides utilisées correspondent aux critères provinciaux du MDDELCC à l'époque de la réalisation des études.

7.2.8.4 État de référence

Site de mise en dépôt terrestre – plage zone portuaire

En ce qui concerne l'emplacement du bassin de décantation projeté des sédiments non contaminés, l'étude de Mission HGE a démontré que le niveau de la nappe d'eau souterraine en date du 13 avril 2006 se situait en moyenne à environ 1,8 m de profondeur au-dessus du niveau moyen de la mer.

Aucune présence de phase libre d'hydrocarbures n'a été observée au cours de cette étude. L'eau souterraine circulait alors en direction sud-est, soit en direction du fleuve Saint-Laurent. Aucune analyse de l'effet de la marée sur le niveau de l'eau souterraine n'a été réalisée. Les résultats analytiques ont démontré que les concentrations détectées respectaient les valeurs guides selon les critères d'eau de surface et d'égouts du MDDEP pour tous les paramètres étudiés, à l'exception des sulfures qui se sont retrouvés en excès à l'intérieur des puits PO-4, PO-5 et PO-6. Ces dépassements en sulfures pourraient être causés, entre autres, par la biodégradation anaérobie de matières organiques présentes dans les sédiments de dragage qui constituent le dépôt en place. La figure 7.40 présente la comparaison des valeurs de qualité de l'eau souterraine obtenue pour chaque station par rapport aux valeurs guides du MDDEP ainsi que le sens d'écoulement des eaux.

Site de mise en dépôt terrestre – secteur à l'entrée du secteur de Beauport (à l'ouest du chantier)

En ce qui concerne le site **du bassin d'entreposage et d'assèchement** des sédiments contaminés, l'étude d'Inspec-Sol de 2012 précise qu'aucune phase flottante n'a été observée dans les puits d'observation au cours de l'échantillonnage par la Ville de Québec en date des 4, 5 et 10 avril 2012. De plus, la profondeur de l'eau souterraine par rapport au sol variait entre 1,81 et 5,83 m, tandis que l'élévation du niveau d'eau variait entre 1,72 et 5,81 m. Selon l'étude, l'écoulement local de l'eau souterraine se dirigerait vers le nord. Les résultats analytiques ont démontré que l'eau souterraine prélevée dans les puits d'observation POE-1 à POE-8 respectait les critères RESIE de la Politique, et ce, pour tous les paramètres chimiques sélectionnés, comme l'illustre la figure 7.41. En conclusion, l'étude affirme qu'aucun effet n'est appréhendé pour l'eau souterraine sur ce site.

7.2.9 Bruit subaquatique

L'évaluation a été réalisée selon les exigences décrites dans le document *Lignes directrices pour la rédaction d'une étude d'impact de l'agence canadienne*. Comme mentionné à la section 6.6, la présente évaluation porte sur la zone d'étude élargie (ZÉÉ) couvrant un polygone de 65 km² autour du site prévu du futur aménagement portuaire (figure 6.1).

Les limites temporelles prises en considération pour l'évaluation des effets sont la phase de construction et la phase d'exploitation.

7.2.9.1 Méthodologie

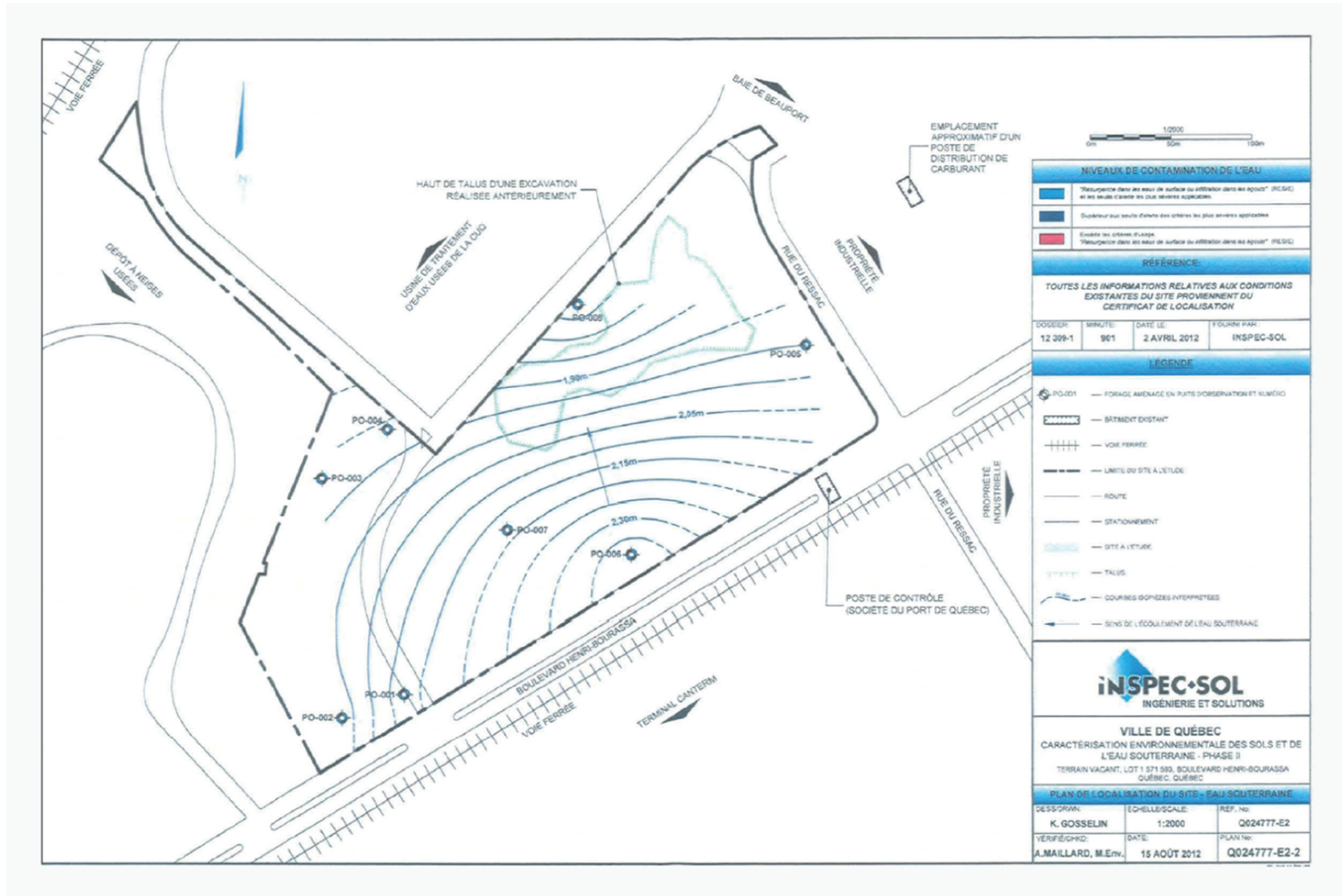
La firme WSP a procédé à l'évaluation du bruit subaquatique en se basant sur des relevés effectués dans la zone du Port de Québec (WSP, 2015b) durant une campagne qui a eu lieu du 11 au 29 septembre 2015.



Source : MissionHGE, 2006. Figure 1

Fichier : CM_P0010666_7037_160921.ai

Figure 7.40 Dépassement des valeurs guides de qualité de l'eau souterraine – site du dépôt terrestre – plage zone portuaire (Mission HGE, 2006)



Source : Inspec Sol, 2012

Fichier : CM_P0010666_7038_160921.ai

Figure 7.41 Qualité de l'eau souterraine – site du dépôt terrestre – secteur à l'entrée du secteur de Beauport (à l'ouest du chantier) (Inspec-Sol, 2012)

Ambiance sonore

Un module d'enregistrement sous-marin (Aural-M2, Multi-Électronique, Rimouski, Québec, Canada; fiche technique : WSP, 2015b, annexe B-1) a été ancré durant la période sur le lit du fleuve, en face du nouveau quai projeté, à une distance d'environ 250 m à l'est de la berge actuelle. L'hydrophone suspendu sous une bouée ancrée se maintenait à la verticale et enregistrait en continu à 2 m au-dessus du fond, à un taux d'échantillonnage de 32 kHz et à une résolution de 16 bits. La sensibilité de l'hydrophone utilisé est de -165 dB re : 1 V/ μ Pa.

La série temporelle des données récoltées par le module d'enregistrement a servi à déterminer le bruit ambiant actuel dans la zone portuaire (cumulation du bruit de fond naturel, de la faune et anthropique) à l'aide du logiciel SpectraPro-SC (ST Spectra Group, Seattle, États-Unis). L'ambiance sonore a été compilée à intervalles de 1 minute et de 1 heure pour toute la durée des enregistrements, de manière à en tirer d'éventuelles corrélations avec l'heure du jour, les activités humaines et le cycle des marées. Pour certaines des sources ponctuelles identifiées (p. ex., le passage de navires), les niveaux de pression sonore moyens (SPL) et maximaux (SPL_{peak-peak}) ont été analysés à large bande (0 – 16 000 Hz), ainsi que par bandes d'un tiers d'octave.

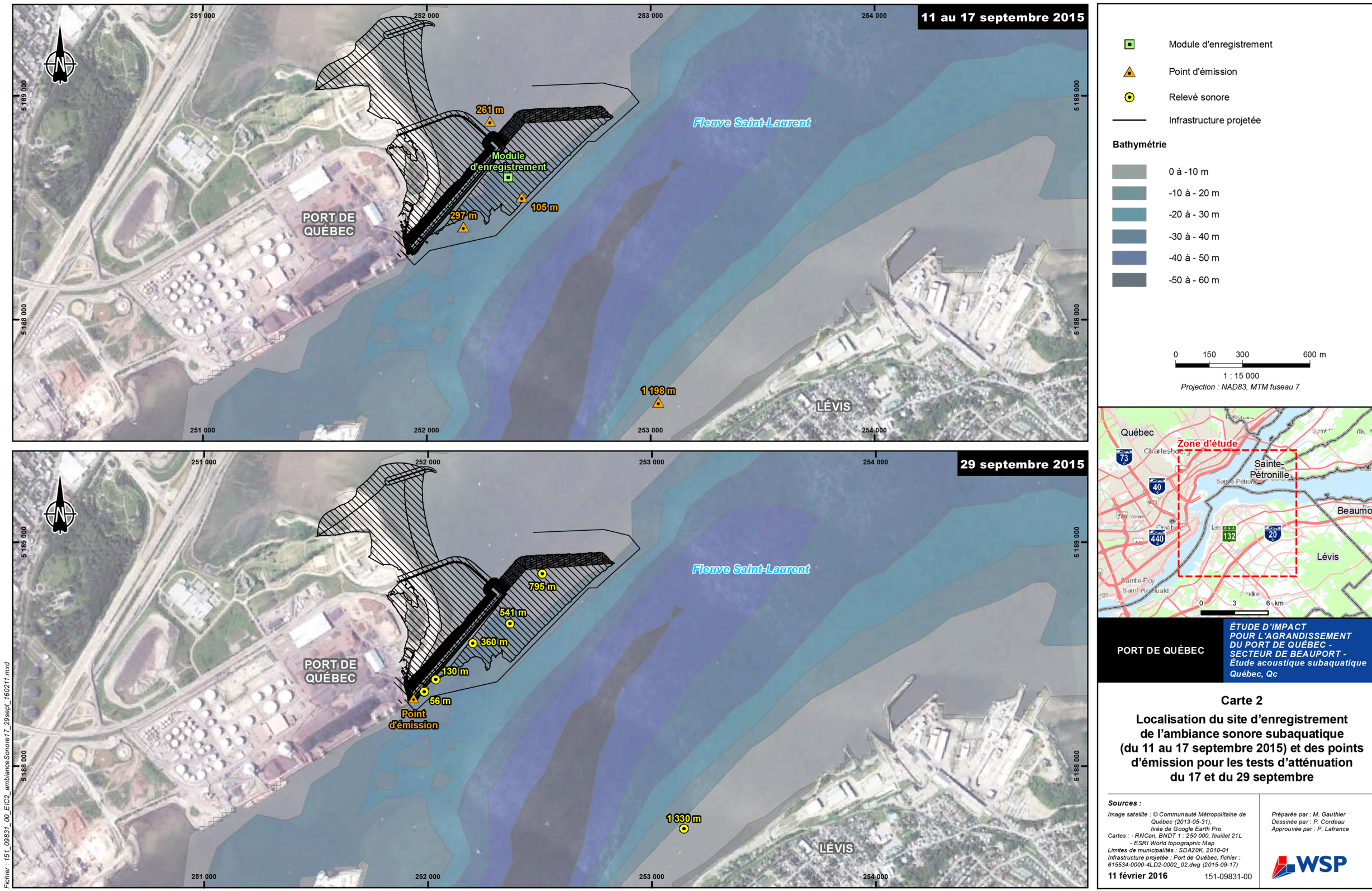
Atténuation sonore

L'atténuation sonore a été évaluée à partir de deux séries de relevés qui ont eu lieu les 17 septembre 2015 (période de marée basse) et 29 septembre 2015 (période de marée descendante). Ces relevés consistaient à enregistrer, avec l'hydrophone précédemment décrit, des timbres sonores de référence, de fréquences et d'intensités connues, émis à l'aide d'un projecteur de sons (LL9162T; Lubell Labs Inc., Columbus, OH, États-Unis; WSP, 2015b, annexe B-2) suspendu sous une embarcation à une profondeur de 5 m. Le projecteur était relié à un amplificateur (Planet Audio AC2500.1M, Oxnard, CA, États-Unis; WSP, 2015b, annexe B-3) et à un ordinateur, en vue de générer un signal sonore constitué d'une série de 15 timbres purs, centrés sur les bandes d'un tiers d'octave de 200 à 5 000 Hz. Ces fréquences se situent dans la plage pour laquelle le projecteur est omnidirectionnel. Chaque timbre sonore était émis pour une durée de deux secondes, suivi d'une seconde de silence, puis du timbre suivant pour un total de 45 secondes par séquence. Ce signal sonore a été répété en boucle pour toute la durée de chaque prise de mesures. Durant la journée du 17 septembre, le projecteur de son était déplacé à chaque mesure afin d'augmenter la distance entre le projecteur et le récepteur (de 100 m à 1 200 m de distance, figure 7.42). À chaque point, l'émission durait une vingtaine de minutes. Le module d'enregistrement était ancré à la même position que pour l'évaluation du bruit ambiant.

Au moment des mesures du 17 et du 29 septembre 2015, le point d'émission était fixe (amarré au quai), alors que le module d'enregistrement était placé à un point de mesure pour une vingtaine de minutes avant d'être récupéré et déplacé au point de mesure suivant (figure 7.42).

Ces deux approches ont permis d'évaluer l'atténuation de bruit se propageant à partir du Port de Québec vers le large et la berge et inversement, se propageant depuis la berge vers le large et le port.

Les timbres sonores de référence enregistrés par l'hydrophone ont servi à déterminer la baisse d'intensité du son en fonction de la distance parcourue depuis la source. L'atténuation du bruit par propagation est comparée à deux modèles de propagation qui sont utilisés fréquemment pour estimer cette perte de transmission, soit le modèle sphérique et le modèle cylindrique (voir les détails de WSP, 2015 b, annexe D).



Source : WSP, 2015b.

Figure 7.42 Localisation du site d'enregistrement de l'ambiance sonore subaquatique (du 11 au 17 septembre 2015) et des points d'émission pour les tests d'atténuation du 17 et du 29 septembre

Le modèle de propagation sphérique suppose que l'onde sonore se propage uniformément dans toutes les directions, ce qui est typiquement le cas en eau profonde. En eau peu profonde toutefois, l'onde sonore atteint rapidement la surface de l'eau et le fond, où elle peut être en partie absorbée ou réfléchi. Une approximation de la perte de transmission est alors obtenue en utilisant le modèle de propagation cylindrique.

Ces deux modèles de propagation ne représentent toutefois que des estimations brutes du comportement du son dans l'eau, puisqu'aucun ne tient compte des pertes par absorption dans le médium lui-même (eau), ni ne prend en considération les effets de la réfraction, de la diffraction et de la réflexion qui surviennent durant la dispersion de l'onde sonore et qui peuvent, notamment, varier selon la texture du fond, la présence de bulles et de particules en suspension, ainsi qu'en fonction des variations de température et de salinité de l'eau (Richardson et coll., 1999; Lurton, 2010).

Ces données ont aussi été utilisées pour calibrer et valider le logiciel dBSea (version 1.3, Marshall Day Acoustics, Australie), qui a servi à simuler la propagation d'une source sonore subaquatique dans la zone d'étude. À partir de paramètres de base influant sur la propagation subaquatique du son (bathymétrie, salinité et température, type de sédiment, etc.), le logiciel de simulation de propagation sonore dBSea calcule, notamment, l'atténuation de sources sonores se propageant dans toutes les directions le long de rayons établis. Les calculs sont ainsi réalisés sur une base tridimensionnelle pour l'ensemble de la masse d'eau à l'étude, tout en intégrant les effets de réflexion de l'interface eau-air ainsi que ceux causés par le fond selon sa topographie et sa texture. Les calculs du coefficient de réflexion ont été réalisés selon la méthode de Jensen et coll. (2011). Les résultats des simulations peuvent être présentés sous forme cartographique (isocontours de bruit superposés à la zone d'étude) ou sous forme de tableaux de valeurs des pressions sonores à divers points récepteurs.

Critères d'analyse

Il n'existe pas de critères d'exposition reconnus de la faune aquatique aux bruits forts, bien que des valeurs guides intérimaires soient en usage depuis quelques années. Selon les résultats des diverses études en cours chez les cétacés, le MPO préconise l'utilisation de seuils pour les mammifères marins, selon que la source sonore est de nature impulsive ou de nature continue (tableau 7.24) (MPO, 2007; WSPb, 2015).

Tableau 7.24 Seuils préconisés par le MPO à l'égard des effets physiologiques et comportementaux potentiels des bruits de nature impulsive ou continue générés par les travaux sur les mammifères marins

	BRUITS D'IMPACTS DB RE 1 μ PA _{RMS}	BRUITS CONTINUS DB RE 1 μ PA _{RMS}
Seuil de dérangement	160	120
Seuil de dommages physiques	180	180

Les poissons ne font pas encore systématiquement l'objet de mesures de protection contre le bruit généré par les travaux en milieu aquatique. Pour les sources sonores de nature impulsive, le Fisheries Hydroacoustic Working Group propose que la pression sonore de crête maximale (SPL_{peak}) soit toujours inférieure à 206 dB re 1 μ Pa. Cette pression sonore a été utilisée comme valeur guide de seuil de dommages physiques pour les poissons. Quant au seuil de dérangement, WSP a proposé d'utiliser le niveau sonore conservateur de 160 dB re 1 μ Pa, qui correspond aux pressions sonores déjà générées par de nombreux navires qui traversent quotidiennement la zone d'étude (tableau 7.25). Le seuil plus faible de 120 dB pour les mammifères marins n'a pas été pris en considération puisque leur présence à proximité du Port de Québec est plutôt rare et fortuite.

Tableau 7.25 Seuils de sécurité proposés à l'égard des effets physiologiques et comportementaux potentiels des bruits de nature impulsive ou continue générés par les travaux sur les poissons

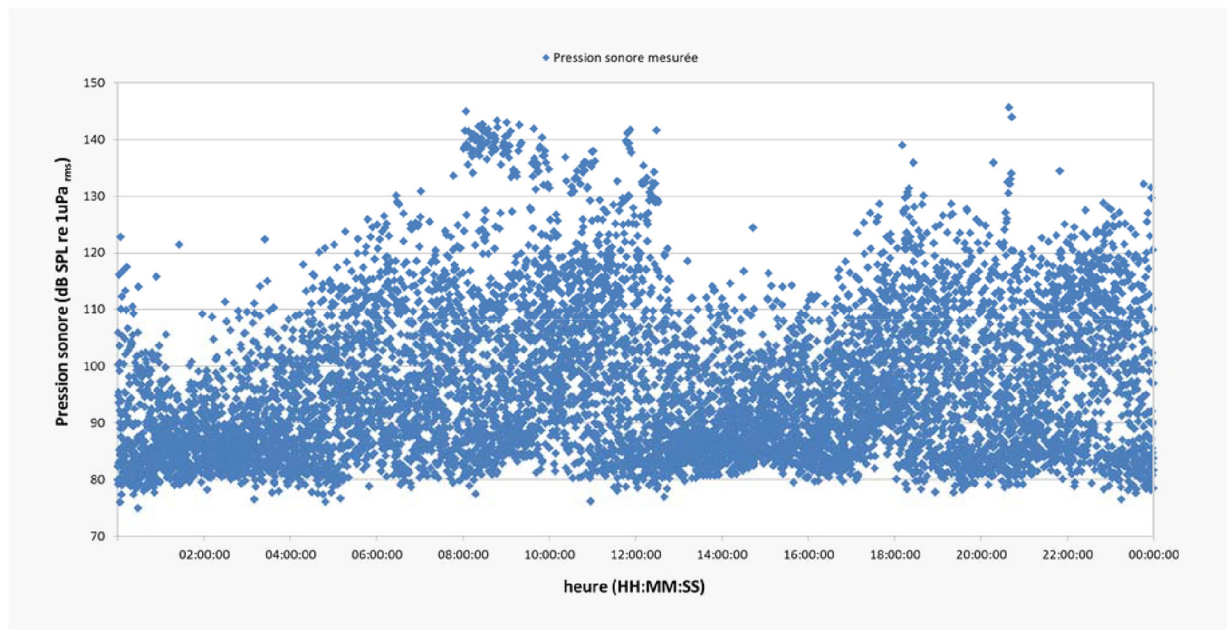
	BRUITS D'IMPACTS DB RE 1 $\mu\text{Pa}_{\text{rms}}$	BRUITS CONTINUS DB RE 1 $\mu\text{Pa}_{\text{rms}}$
Seuil de dérangement	160	160
Seuil de dommages physiques	206	–

7.2.9.2 État de référence

Ambiance sonore

Les sources de bruit peuvent varier considérablement durant l'année. Ainsi, la navigation de plaisance et de loisir est essentiellement concentrée en été, alors que le bruit des glaces a lieu en hiver (GENIVAR, 2011). Cependant, la navigation commerciale et les activités portuaires, qui s'étalent sur toute l'année, sont une source majeure de bruits d'origine anthropique dans la zone d'étude. Les enregistrements de l'ambiance sonore subaquatique réalisés au Port de Québec en septembre 2015 ont été faits en conditions normales d'utilisation du port.

Les enregistrements obtenus montrent que les niveaux sonores varient durant la journée. En effet, en cumulant les pressions sonores enregistrées sur une base horaire, indépendamment du jour de l'enregistrement (figure 7.43), on constate qu'entre 8 h et 12 h, les niveaux sonores sont les plus élevés. Bien qu'un peu plus faibles, ils restent aussi importants entre 18 h 30 et 20 h 30, et c'est durant la nuit, aux environs de 1 h 30, que les pressions sonores sont les plus basses.



Source : WSP, 2016. Étude acoustique subaquatique – Agrandissement du port de Québec, Figure 3.1

Fichier : CM_P0010666_7040_160921.ai

Source : WSP, 2015b.

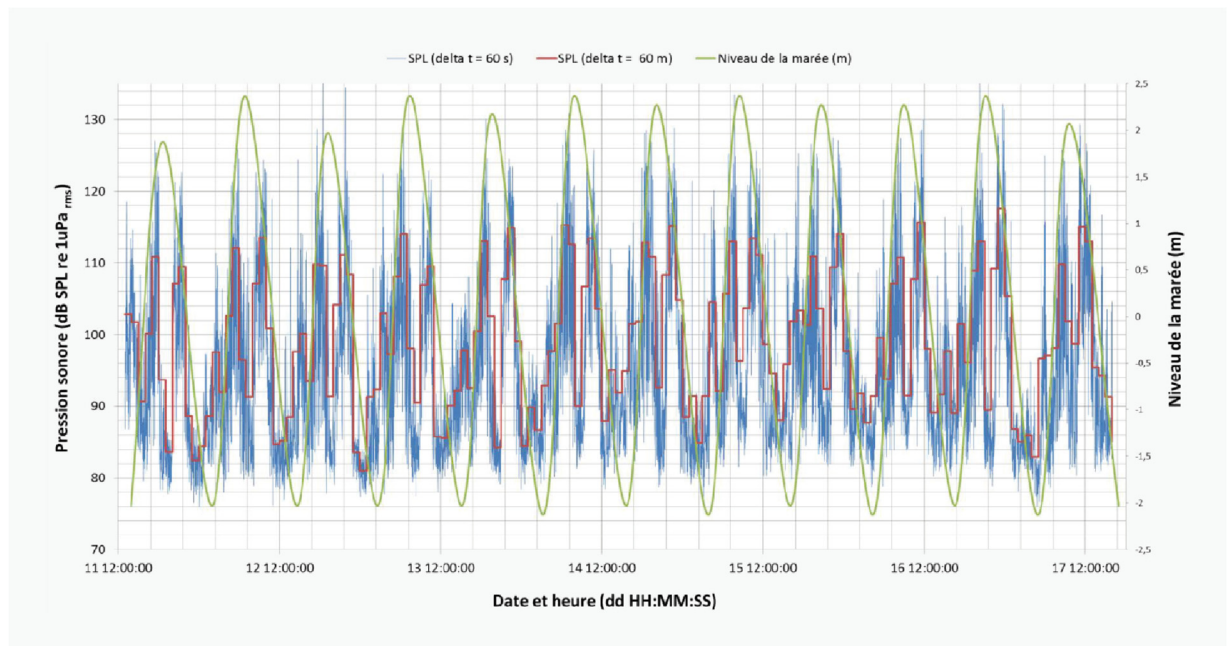
Figure 7.43 Pressions sonores subaquatiques ($\text{SPL}_{1\text{min}}$ large bande) mesurées selon l'heure du jour du 11 au 17 septembre 2015 au Port de Québec

L'écoute et l'analyse des segments d'enregistrement où les pressions sonores sont plus élevées révèlent que les sources de bruits forts sont essentiellement liées aux activités portuaires et au passage de navires. Au total, 183 navires, jaugeant de 402 à 91 000 tonnes, ont navigué dans les eaux de l'APQ pendant la période d'enregistrement de l'ambiance sonore subaquatique (SIGTM, 2015).

Les pressions maximales mesurées au moment du passage ou du transbordement de ces navires se situent entre 142,9 et 163,3 dB re 1 μ Pa ($SPL_{peak-peak}$), ce qui est comparable à ce qui a déjà été mesuré ailleurs dans le Saint-Laurent (Gingras, 2016). Il s'agit toutefois de bruits de nature transitoire, qui varient notamment en fonction du nombre de navires et du bruit propre à chacun.

L'ambiance sonore est également influencée par des sources sonores naturelles comme le vent, les courants et les marées (Gingras, 2016). WSP a analysé les pressions sonores par segments d'une minute (SPL_{1min}) et d'une heure (SPL_{1h}) et les a illustrées chronologiquement du début (11 septembre 2015) à la fin (17 septembre 2015) de la prise de mesures (figure 7.44). Selon cette approche, le bruit ambiant varie considérablement selon l'heure du jour, mais il semble aussi directement lié au cycle de la marée.

Une augmentation du bruit ambiant est observée durant les phases de flot et de jusant, alors que les pressions sonores minimales correspondent pour la plupart à l'étalement de marée haute. Ce bruit ambiant est fort probablement attribuable aux turbulences créées par la combinaison de la marée et du courant du fleuve, comme le suggèrent les bandes de fréquences dominantes sous les 4 000 Hz (WSP, 2015b, annexe C), de même qu'à l'écoulement de l'eau sur l'hydrophone (*flow noise*), dont la fréquence se situe typiquement sous les 100 Hz (Cato, 2008; Ross, 1987; NPL, 2014).



Source : WSP, 2015b

Fichier : CM_P0010666_7041_160921.ai

Source : WSP, 2015b.

Figure 7.44 Pressions sonores subaquatiques mesurées (large bande) du 11 au 17 septembre 2015 au Port de Québec

L'enregistrement en continu de l'ambiance sonore subaquatique a permis d'établir, pour la période du 11 au 17 septembre 2015, que la pression sonore sur 1 minute varie entre 74,9 et 135,9 dB re 1 $\mu\text{Pa}_{\text{rms}}$ ($\text{SPL}_{1\text{min}}$) avec une moyenne de 111,2 dB re 1 $\mu\text{Pa}_{\text{rms}}$ ($\text{SPL}_{1\text{min}}$). La même mesure compilée sur une période d'une heure a donné des résultats similaires (tableau 7.26).

Tableau 7.26 Pressions sonores minimale, maximale, moyenne et médiane mesurées sur toute la durée des enregistrements du 11 au 17 septembre 2015. Données large bande (10-16 000 Hz) compilées sur des durées d'une minute ($\text{SPL}_{1\text{min}}$) et d'une heure ($\text{SPL}_{1\text{h}}$)

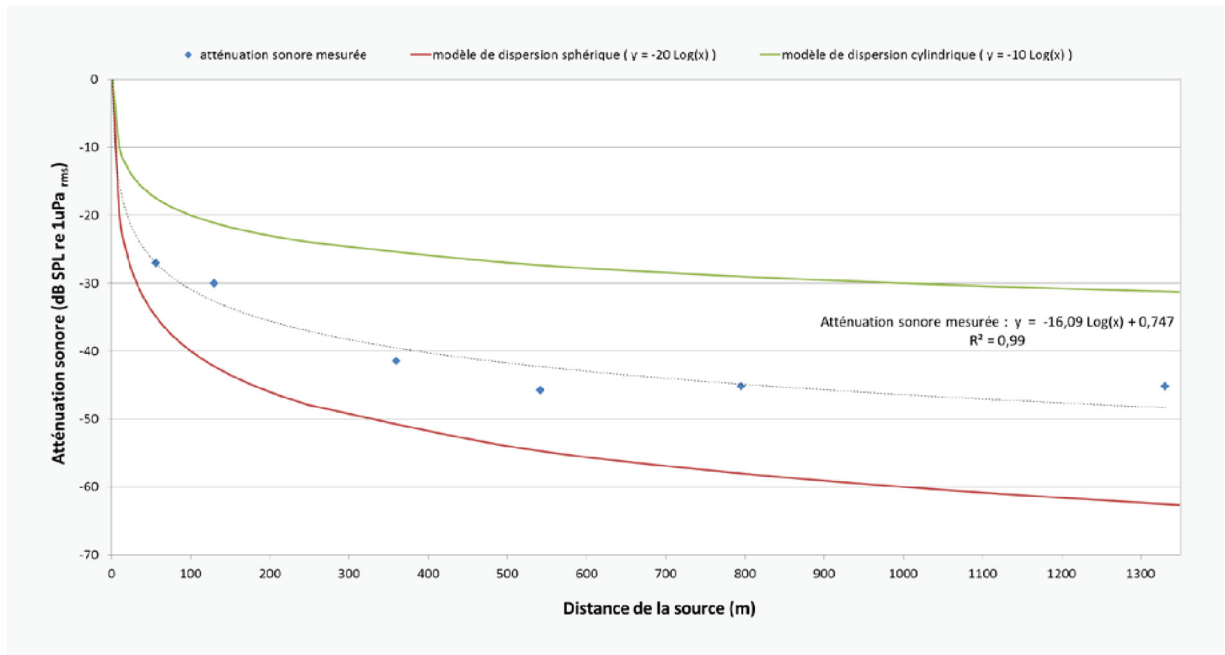
	$\text{SPL}_{1\text{min}}$ DB RE 1 MP_{arms}	$\text{SPL}_{1\text{h}}$ DB RE 1 MP_{arms}
Minimale	74,9	81,0
Maximale	135,9	117,6
Moyenne	111,2	107,0
Médiane	92,0	98,0

Atténuation sonore

L'atténuation des pressions sonores établies sur le site du Port de Québec a été comparée avec les prédictions des modèles de dispersion cylindrique et sphérique. Les données se situent à l'intérieur des deux prédictions (figure 7.45), ce qui suggère que le son est en partie absorbé par le médium plutôt que réfléchi et canalisé sur de plus longues distances, comme le propose le modèle cylindrique. Notons par ailleurs que les mesures d'atténuation avec un point d'émission fixe ou mobile donnent des résultats similaires (écart de moins de 2,5 %). En d'autres termes, les bruits en provenance du large, comme ceux causés par le passage de navires, se propagent de façon assez similaire à ceux qui sont générés à partir de la berge ou des quais.

Dans la mesure où les bruits d'intérêt dans le cadre de ce projet concernent principalement ceux qui seront produits par les travaux d'aménagement du quai multifonctionnel, la courbe d'atténuation sonore prise en considération ici sera celle tirée des mesures avec points d'émission fixes (figure 7.45) puisqu'elles correspondent plus fidèlement au contexte de ces travaux.

Dans l'ensemble, les données recueillies au Port de Québec montrent que les sons émis aux fréquences de référence de 200 à 5 000 Hz s'atténuent de 31,7 dB re 1 $\mu\text{Pa}_{\text{rms}}$ à 100 m du point d'émission et de 42,7 dB re 1 $\mu\text{Pa}_{\text{rms}}$ à 500 m. La figure 7.46 présente le modèle de propagation, les isophones, découlant des mesures d'atténuation recueillies. Ces résultats montrent que les bruits se propagent sur une très grande distance, atteignant même la pointe de l'île d'Orléans. Cependant, les niveaux de bruit propagés sont sous les seuils d'effet des valeurs guides proposées, à l'exception peut-être de la zone immédiatement à côté du point d'émission du bruit.



Fichier : CM_P0010666_7042_160921.ai

Source : WSP, 2015b.

Mesures réalisées par bandes d'un tiers d'octave (200 à 5 000 Hz) le 17 et le 29 septembre 2015.

Figure 7.45 Atténuation sonore mesurée au large du Port de Québec en comparaison avec les prédictions des modèles de dispersion sphérique et cylindrique.

7.3 DESCRIPTION DE L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE – QUALITÉ DES SOLS ET DES SÉDIMENTS

7.3.1 Qualité des sols

L'évaluation a été réalisée en conformité avec les exigences décrites dans le document *Ligne directrice pour la rédaction d'une étude d'impact de l'agence canadienne*. Elle se limite à la zone de chantier (ZC) tel que défini à la figure 6.1.

Les limites temporelles considérées pour l'évaluation des effets sont la phase de construction et la phase d'exploitation.

7.3.1.1 Historique et précisions sur le projet

En 1927, l'Anglo Canadian Pulp & Paper Mills (maintenant papetière White Birch) érigeait une usine du côté est de l'embouchure de la rivière Saint-Charles sur des lots de grève déjà exploités. Entre 1959 et 1972, le Port de Québec a aménagé le secteur portuaire de Beauport sur un espace adjacent à la papeterie, sur des lots en eau profonde à même le lit du fleuve Saint-Laurent. Le ministère des Transports du Québec a construit, des sections de l'autoroute Dufferin-Montmorency entre 1971 +et 1983 à même la zone de végétation intertidale. En 1987, la Communauté urbaine de Québec a complété la construction de la station d'épuration des eaux usées à même le lot de grève situé dans le prolongement du rentrant sud-ouest. Ainsi, entre 1927 et 1987, le remblayage successif de l'estran a grandement modifié les lignes de rivage. Aucun changement n'a été apporté à la topographie depuis.

Le secteur de Beauport a subi des transformations majeures à la suite de plusieurs travaux d'infrastructures (autoroute Dufferin-Montmorency, Legs du 400^e et installations portuaires). Le remblayage successif de l'estran a grandement modifié les lignes de rivage. Dans le cas de l'autoroute Dufferin-Montmorency qui occupe une importante part du remblayage entre l'estuaire de la rivière Saint-Charles et la rivière Montmorency, ces travaux ont été réalisés notamment par le gouvernement du Québec.

Site de mise en dépôt terrestre — plage zone portuaire

En premier lieu, le projet prévoit l'aménagement d'un bassin de décantation qui sera construit pour recevoir les sédiments dragués (non contaminés). Pour le réaliser, les sols en place seront excavés et poussés pour créer une barrière du côté du Port de Québec alors que des géotubes seront installés du côté du fleuve pour assurer une seconde barrière. Ces ouvrages permettront de créer une zone fermée d'une capacité d'entreposage de 141 000 m³ et d'une superficie de 35 000 m². Le site, zoné industriel, est bordé au nord, à l'est et au sud par des terrains du Port de Québec suivis par le fleuve Saint-Laurent et à l'ouest, par des terrains du Port de Québec. Le terrain se présente comme une surface en plateau, étant plus haut dans la moitié ouest et plus bas dans la moitié est. Aucun puits d'alimentation en eau potable n'est répertorié dans le Système d'information hydrogéologique (SIH) du MDDELCC, dans un rayon de 1 km du site. Le secteur du site à l'étude est desservi par les réseaux d'aqueduc et d'égouts municipaux.

Site de mise en dépôt terrestre – secteur à l'entrée du secteur de Beauport (à l'ouest du chantier)

En second lieu, un site d'entreposage et d'assèchement sera aménagé pour gérer les sédiments contaminés dragués et leurs eaux d'assèchement. Pour le réaliser, les sols en place seront excavés et gérés conformément à la législation. Le site est borné au nord par l'usine de traitement des eaux, à l'ouest par le dépôt à neiges usées, au sud et à l'est par la propriété de l'APQ. Le terrain, zoné industriel, présente une surface en plateaux, étant plus haut dans la moitié ouest et plus bas dans la moitié est. Aucun puits d'alimentation en eau potable n'est répertorié dans le Système d'information hydrogéologique (SIH) du MDDELCC, dans un rayon de 1 km du site. Le secteur du site à l'étude est desservi par l'aqueduc municipal.

Sols à excaver dans le secteur de la voie ferrée

En troisième lieu, le prolongement de la voie ferrée nécessitera des travaux d'excavation des sols. Cependant, les travaux de construction de la nouvelle voie ferrée seront traités dans le cadre d'une étude indépendante à la présente ÉIE. Ainsi, seule la gestion des sols sera considérée pour l'analyse.

7.3.1.2 Méthodologie

Site de mise en dépôt terrestre — plage zone portuaire

Les 11 et 12 juin 2014, la firme Akifer (Akifer, 2015) a procédé à des travaux de caractérisation environnementale des sols présents sur l'aire d'aménagement projeté du bassin de décantation et défini par les coordonnées géographiques 332 749,94 m E/5 189 275,09 m N. Les travaux de caractérisation des sols de surface par échantillonnage aléatoire systématique ont consisté à la réalisation, à l'aide d'une pelle hydraulique, de 74 tranchées d'explorations atteignant environ 2 m de profondeur. Des échantillons ponctuels et composites de sols ont été prélevés pour chaque couche stratigraphique rencontrée et définie aux intervalles 0,0-0,2 m, 0,2-1,0 m et 1,0-2,0 m. Un total de 32 échantillons de sols a été sélectionné pour l'analyse des HP(C₁₀-C₅₀), des BTEX, des HAP ainsi qu'une sélection de métaux et métalloïdes (Ag, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Sn, Mn, Hg, Mo, Ni, Pb, Se et Zn).

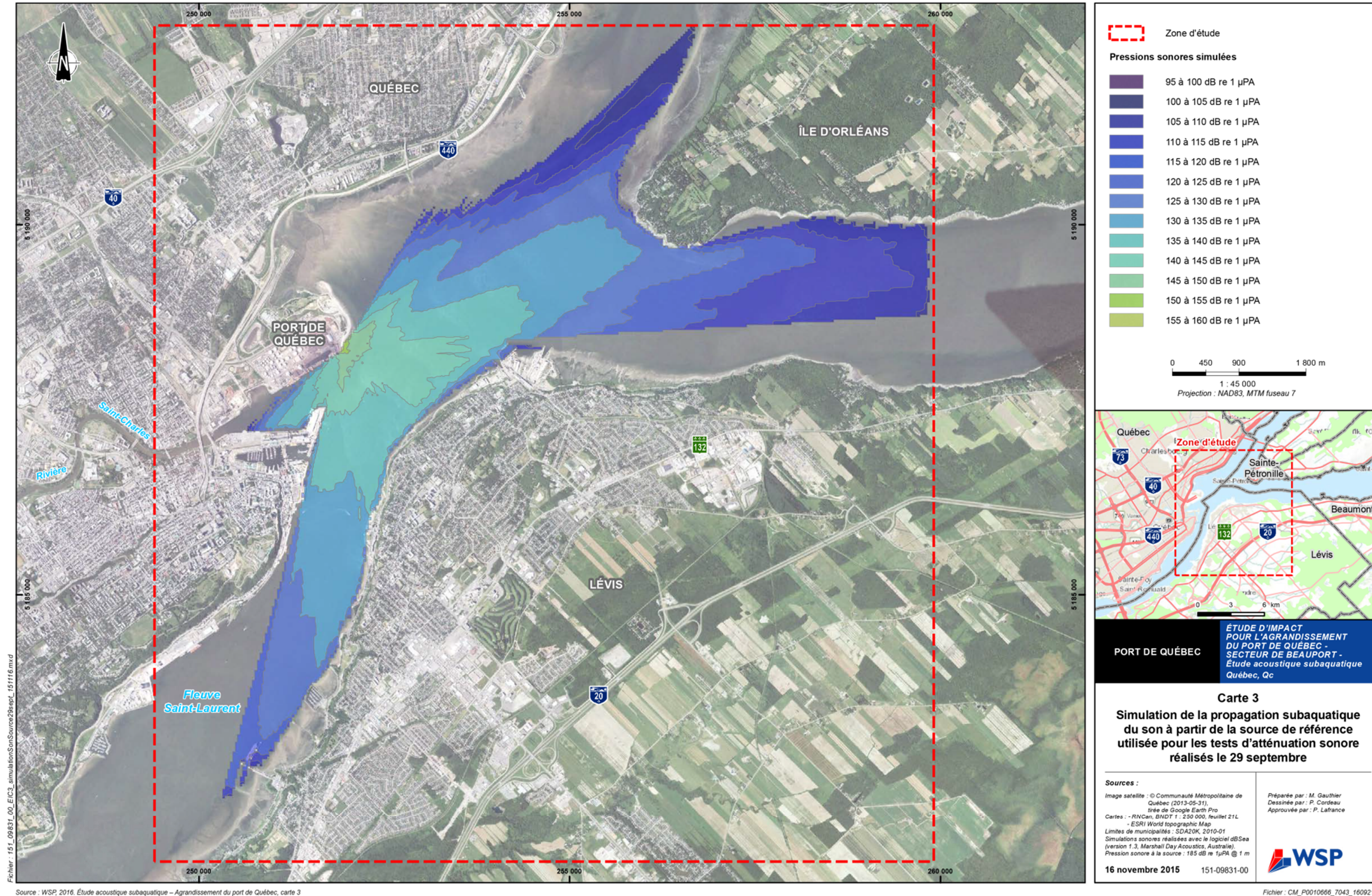


Figure 7.46 Modèle de propagation du son

Site de mise en dépôt terrestre – secteur à l'entrée du secteur de Beauport (à l'ouest du chantier)

Entre mars et juin 2012, la firme Inspec Sol (Inspec Sol, 2012) a effectué des travaux de caractérisation environnementale des sols dans le secteur projeté pour l'aménagement du bassin d'entreposage et d'assèchement et défini par les coordonnées géographiques 331837,06 m E/5189226,84 m N. Ces travaux incluaient la réalisation de 75 tranchées d'exploration, d'une profondeur maximale de 4,5 m, ainsi que 12 forages atteignant un maximum de 9,15 m sous la surface du sol. Toutefois, la portion projetée pour l'aménagement du bassin d'entreposage et d'assèchement occupe la partie est du secteur couvert par l'étude de 2012, pour le compte de la Ville de Québec. Conséquemment, 21 stations d'échantillonnage définies par des tranchées d'exploration sont pertinentes à la présente. Les résultats analytiques des paramètres sélectionnés (HP(C₁₀-C₅₀), HAP, BPC et métaux (Ag, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Sn, Mn, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Zn)) ont été comparés aux critères génériques de la Politique du MDDELCC considéré comme valeur guide pour le Port de Québec.

Sols à excaver dans le secteur de la voie ferrée

En août 2015, WSP Canada inc. (WSP, 2015) a procédé à la caractérisation environnementale des sols situés au niveau de la bande de terrain réservée pour le prolongement futur de la voie ferrée. Pour se faire, 3 forages et 34 tranchées d'exploration ont été effectués. Les forages, répartis pour couvrir toute la zone prévue, devaient atteindre une profondeur minimale de 5 m. Les tranchées d'exploration, quant à elles, ont été placées selon un espacement de l'ordre de 25 m dans l'alignement prévu pour la construction de la nouvelle voie ferrée. Une profondeur de l'ordre de 2 m a été spécifiée pour leur réalisation. Toutefois, la présence d'indices (rubans enfouis) annonçant la présence de services souterrains a limité la profondeur de certains forages. Il est à noter que la zone de la nouvelle desserte localisée à l'est a été caractérisée en 2013 par la firme LVM et que les résultats analytiques des 17 sondages ont été intégrés dans le rapport de WSP (WSP, 2015). Les résultats analytiques des paramètres sélectionnés (HP (C₁₀-C₅₀), BTEX, HAP, BPC, métaux (Ag, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Sn, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Zn)) ont été comparés aux critères génériques de la Politique du MDDELCC, considéré comme valeur guide pour le Port de Québec, et aux valeurs limites présentées dans les Recommandations canadiennes sur la qualité de l'environnement.

Critères et recommandations

Afin d'établir la qualité environnementale du sol présent sur le territoire du Port de Québec, les résultats analytiques des échantillons analysés devraient être comparés aux versions les plus récentes des recommandations fédérales énumérées ci-après :

- ▶ les *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement* du CCME :
- ▶ Recommandations canadiennes pour la qualité des sols : environnement et santé humaine, en retenant la recommandation selon l'utilisation du site, soit une utilisation « industrielle ». Pour les HAP spécifiquement, les valeurs devraient être comparées aux recommandations pour la protection de l'environnement et à celles pour la santé humaine (effets cancérogènes) en calculant l'équivalence de toxicité totale relative au benzo(a)pyrène (ETT relative au b(a)p).

Pour les travaux projetés à l'intérieur des limites de propriété du Port de Québec, la juridiction fédérale est applicable. Pour les travaux projetés à l'extérieur des limites de propriété du Port de Québec et pour la gestion hors-site du matériel excavé, les critères génériques du *Guide d'intervention — Protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (Guide du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques)* (Beaulieu, 2016) devraient être considérés comme valeur guide. Comme les activités se déroulant dans ce secteur sont industrielles, ce sont les valeurs limites des critères génériques « C » du Guide qui devraient être considérés comme valeur

guide acceptable pour ce projet. Puisque le guide d'intervention n'était pas en place lors de la réalisation des études décrites dans cette section, les critères provinciaux ont servi de valeur guide pour les comparaisons.

7.3.1.3 État de référence

Site de mise en dépôt terrestre — plage zone portuaire

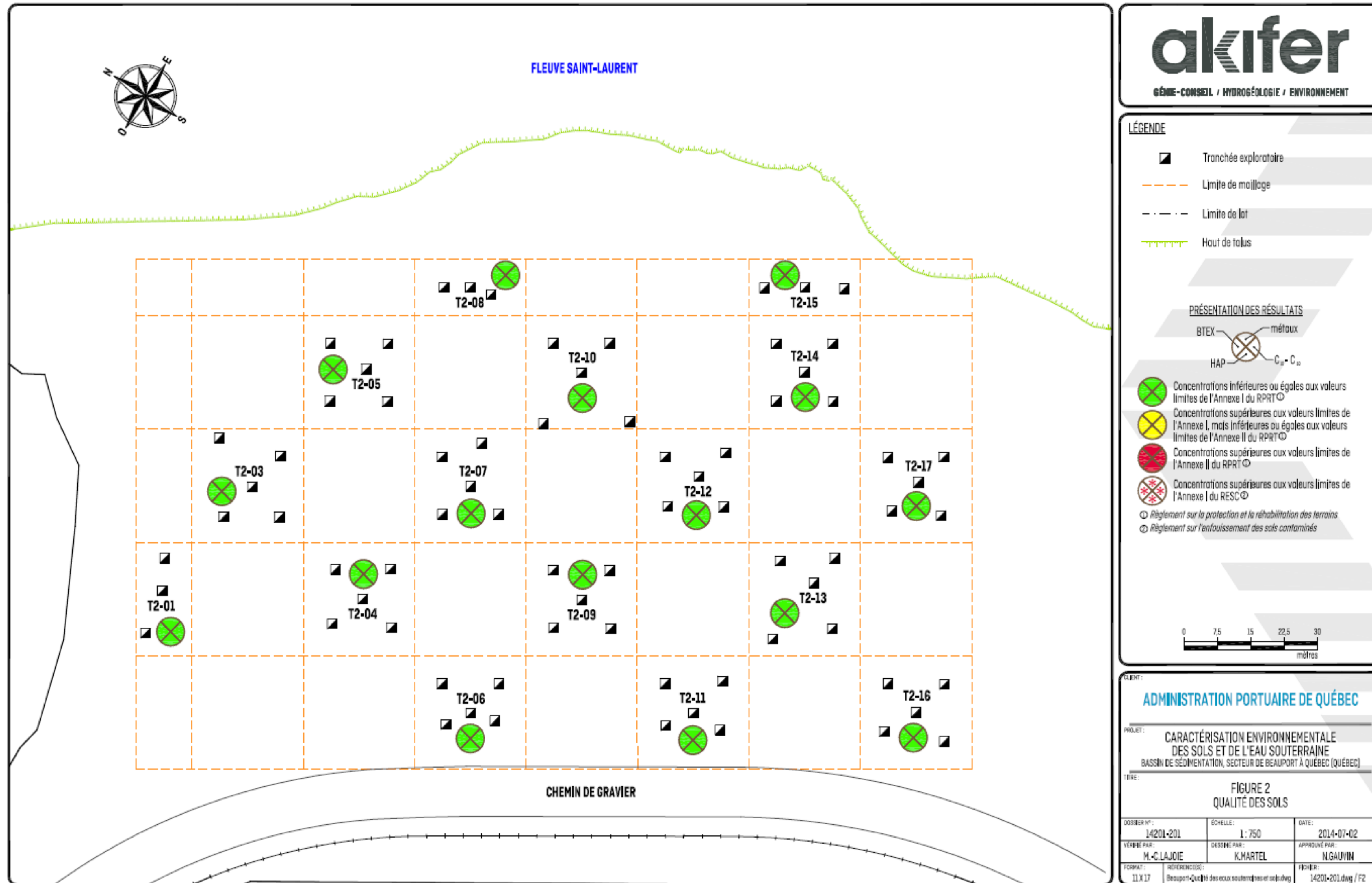
Les travaux de caractérisation environnementale des sols présents sur l'aire d'aménagement projeté du bassin de décantation ont démontré un profil stratigraphique constant qui présente un remblai granulaire de sable avec des proportions de gravier et de cailloux jusqu'à une profondeur de 2 m. Le roc n'a pas été atteint lors de ces travaux. Les résultats des analyses chimiques, comparés aux critères provinciaux, sont présentés dans le rapport d'Akifer (Akifer, 2015). La figure 7.47 localise les stations d'échantillonnages réalisés au site projeté du bassin de décantation et présente un sommaire du niveau de contamination des sols. Les résultats des 32 échantillons de sols prélevés et analysés pour l'ensemble des paramètres retenus montrent de concentrations inférieures aux valeurs guides limites des Annexes I et II du RPRT, correspondants respectivement aux critères « B » et « C » du Guide d'intervention du MDDELCC.

Site de mise en dépôt terrestre – secteur à l'entrée du secteur de Beauport (à l'ouest du chantier)

Le terrain projeté pour l'aménagement du bassin d'entreposage et d'assèchement est sous couvert végétal et des matériaux de remblai constitués principalement de sable avec proportions variables de silt et de gravier se retrouvent jusqu'à une profondeur variant entre 0,5 et 7,93 m. Des matières résiduelles issues de débris de démolition (morceaux de brique, de béton, d'acier, de métal, de bois, d'asphalte, etc.) sont enfouies de manière éparse sur le site. La figure 7.48 présente les résultats d'analyse pour chacun des sondages présents dans le secteur projeté pour l'aménagement du bassin d'entreposage et d'assèchement. Les résultats d'analyses chimiques des échantillons de sols ont été interprétés en fonction des valeurs guides du MDDELCC. Les résultats montrent une contamination hétérogène. Sur 20 sondages réalisés, huit présentent des résultats d'analyses chimiques supérieurs au niveau « C », sept sont dans la plage « B-C », quatre sont dans la plage « A-B » et un est inférieur au critère « A ».

Sols à excaver dans le secteur de la voie ferrée

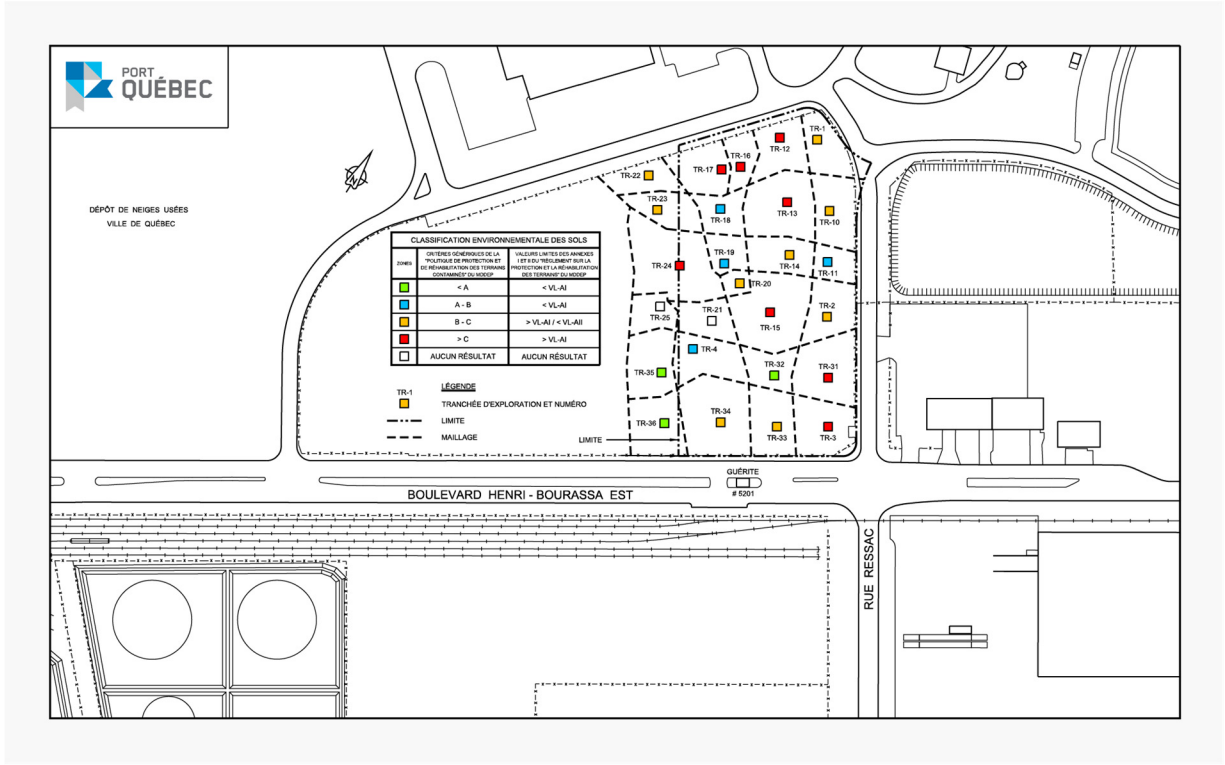
Le terrain couvrant le secteur projeté pour la construction de la nouvelle voie ferrée présente un remblai de sable silteux avec trace d'argile, de sable graveleux avec trace de silt ou de silt sableux d'une épaisseur variant entre 0,17 et 0,30 m. Ce remblai contient de la matière organique par endroit. Les remblais sous-jacents sont composés d'un sable grossier avec trace de gravier, de couleur brune, dont la compacité est variable avec la profondeur et l'emplacement sur le tracé. Tous les sondages se sont arrêtés dans cet horizon, sauf le forage TF-02-15 pour lequel un horizon plus graveleux a été observé à partir de 3,96 m de profondeur. Le socle rocheux n'a pas été atteint lors des travaux. De façon générale, les remblais étaient exempts de matières résiduelles sauf en quelques endroits (TR32 et TR34). Ces matières étaient constituées de morceaux de plastique, de caoutchouc et de débris de béton.



Source : Akifer 2014, Figure 2

Fichier : CM_P0010666_7044_160921.ai

Figure 7.47 Résultats de sol — site de dépôt terrestre – plage zone portuaire (Akifer, 2015)



Source : Inspec Sol, 2012

Fichier : CM_P0010666_7045_160921.ai

Figure 7.48 Résultats de sol — site de dépôt terrestre – secteur à l'entrée du secteur de Beauport (Inspec Sol, 2012)

L'ensemble des parcelles de la voie ferrée est sur le territoire du Port de Québec, donc, sous juridiction fédérale. Les résultats des analyses chimiques sont présentés dans le rapport de WSP (2015), dans la section des tableaux. Cependant, la figure 7.49 localise les sondages réalisés en 2015 par WSP ainsi que ceux réalisés en 2013 (LVM, 2013). Le niveau de contamination des sols est également identifié dans cette figure en fonction des critères fédéraux du CCME et des valeurs guides du MDDELCC. L'annexe 7.1 résume le niveau de contamination par sondage, les paramètres excédant les critères fédéraux du CCME applicables ainsi que les volumes estimés de sols affectés.

De façon générale, les sols sont principalement contaminés par des métaux qui se retrouvent dans la couche de surface (0-1 m). Les niveaux de contamination semblent plus élevés dans la partie du tracé située dans la courbe à l'extrême est et au sud-est. Parmi les 66 échantillons de sol analysés pour les métaux, 9 résultats sont non conformes aux valeurs limites présentées dans les Recommandations canadiennes sur la qualité de l'environnement pour une utilisation industrielle, et ce, principalement pour le zinc, le cuivre, le nickel.

Les volumes estimatifs de sol contaminés par niveaux de contamination globale, en fonction des paramètres analysés, sont les suivants : 20 232 m³ de sol plus petit que le critère « A », 5 799 m³ de sol dans la plage « A-B », 4 500 m³ de sol dans la plage « B-C », 935 m³ de sol dans la plage « C-RESC », 403 m³ de sol plus grand que le critère « RESC » et 6 058 m³ de sol supérieur aux Recommandations canadiennes sur la qualité de l'environnement pour une utilisation industrielle.

7.3.2 Sédiments (dépôts de surface)

L'évaluation a été réalisée selon les exigences décrites dans le document *Ligne directrices pour la rédaction d'une étude d'impact de l'agence canadienne*. Tel que précisé à la section 6.6, la présente évaluation porte sur la zone du chantier (ZC).

Les limites temporelles considérées pour l'évaluation des effets sont la phase de construction et la phase d'exploitation.

Les sédiments affectés par l'ensemble du projet sont divisés en deux grandes catégories, soit :

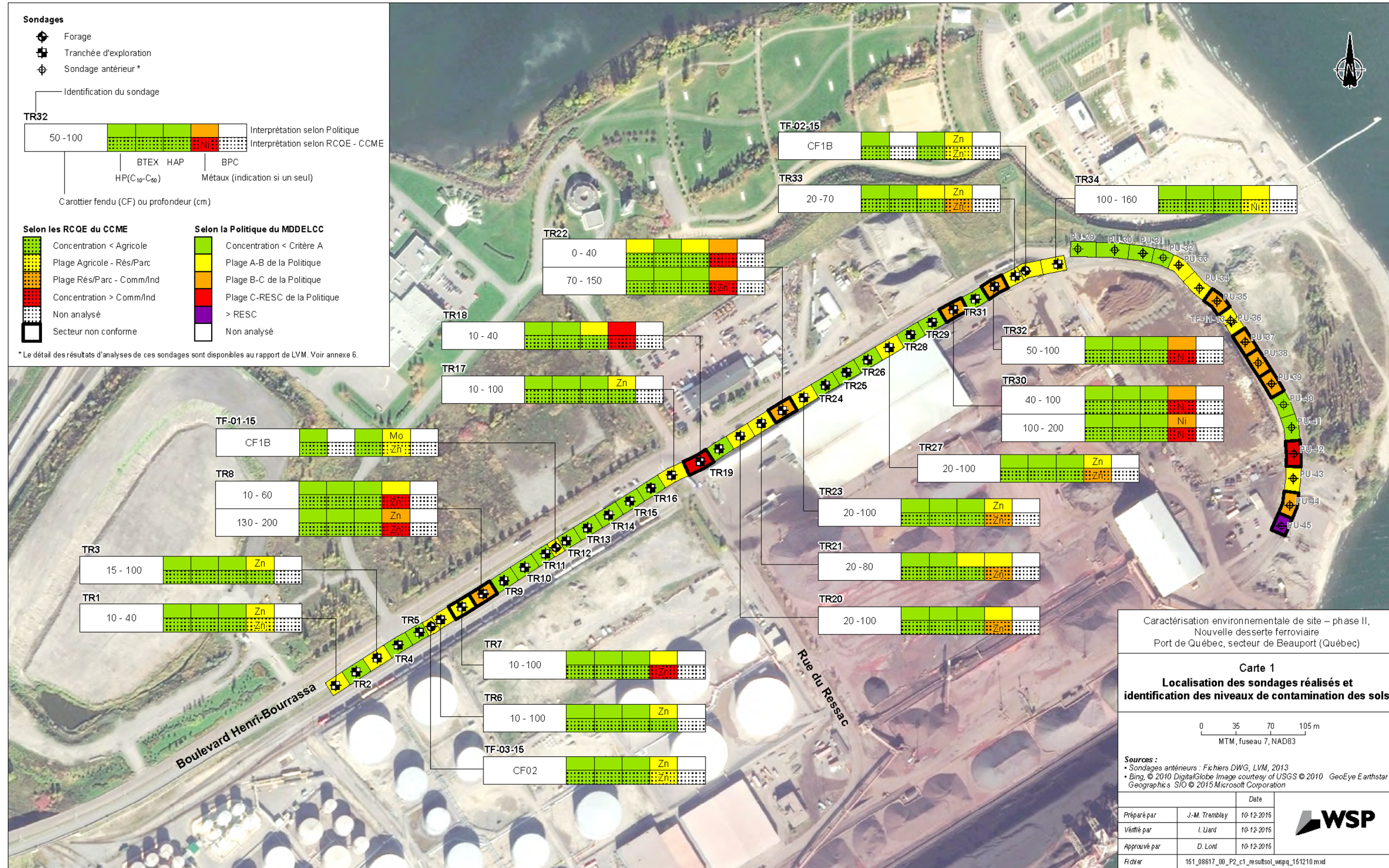
1. Les sédiments localisés dans la zone de dragage, soit ceux qui feront l'objet de travaux de dragage. Ces derniers sont retrouvés dans la zone d'extension du quai qui comprend la zone de la tranchée et la zone des manœuvres.
2. Les sédiments retrouvés dans la zone de mise en dépôt correspondent à ceux impliqués dans le plan de gestion des sédiments dragués. Ainsi, les secteurs qui recevront des sédiments dragués sont l'arrière-quai et la plage. Les sédiments sur lesquels de nouvelles structures seront implantées, soit la digue de retenue et le brise-lames, sont également considérés dans cette catégorie.

Par sa réutilisation en tant que sols, cette deuxième catégorie de sédiments est considérée dans la section modification de la qualité des sols (section 7.6.3.1).

7.3.2.1 Méthodologie

Pour connaître l'état de référence de la qualité physico-chimique de ces sédiments, l'APQ a procédé à diverses campagnes de caractérisation.

1. En décembre 2005, la firme MissionHGE Inc. (Mission HGE, 2006) a procédé à une caractérisation des sédiments de trois stations en bordure de la plage publique de la Baie de Beauport (correspondant au brise-lames, à la plage et à l'arrière-quai du projet Beauport 2020). Les échantillons ont été prélevés en surface (0-15 cm) au moyen d'une benne de type Ponar, pour mesure de la contamination en hydrocarbures.
2. En automne 2012, le Groupe Qualitas Inc. (Qualitas, 2013) a procédé à une caractérisation de 26 stations environnementales dans les secteurs d'extension du quai, de la digue de retenue, de la plage et du brise-lames du présent projet (figure 7.50). Vingt et une stations ont également été échantillonnées au large des quais 50, 51 et 52, dans le cadre de la possible construction de ducs-d'Albe; ces derniers ne font pas partie du projet actuel, mais les échantillons sont représentatifs de la ZC et les résultats sont donc présentés de manière générale (sans le découpage des zones du projet antérieur) pour la caractérisation de l'état de référence. Les échantillons ont été prélevés au carottier à l'aide d'une foreuse montée sur une barge et ont atteint une profondeur maximale de 6 m. Dans la majorité des cas, la profondeur a été limitée à 2 ou 3 m. De manière générale, un premier échantillon des sédiments a été prélevé dans l'horizon situé de 0 à 1 m sous le fond marin et par la suite, à chaque intervalle de 2 m.
3. En novembre 2015, la firme Pangeos Inc. (Pangeos, 2015) a réalisé une étude complémentaire de caractérisation des sédiments de surface. Vingt et une (21) stations ont été échantillonnées dans les secteurs d'extension du quai, de la digue de retenue, de la plage et du brise-lames du projet actuel (figure 7.50). L'échantillonnage a été réalisé manuellement (plongeurs) sur une profondeur de 0,2 m



Source : WSP, 2015. Carte 1

Figure 7.49 Résultats de sol – secteur de la voie ferrée (WSP, 2015)

Le tableau 7.27 résume les paramètres chimiques analysés sur les échantillons prélevés pour les différentes études.

Tableau 7.27 Paramètres chimiques analysés dans les différentes études.

RÉFÉRENCE	TENEUR EN EAU	CONTENU EN MATIÈRE ORGANIQUE	GRANULOMÉTRIE ET SÉDIMENTOMÉTRIE	MÉTAUX	HYDROCARBURES PÉTROLIERS (HP) C ₁₀ À C ₅₀	HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)	BIPHÉNYLES POLYCHLORÉS (BPC) PAR CONGÈRE	BTEX	NUTRIMENTS (AZOTE AMMONIACAL)	SOUFRE TOTAL	PH	ESSAIS DE LIXIVATION ⁴	TRIBUTYLÉTAINS	ACIDES GRAS ET RÉSIQUES	COMPOSÉS PHÉNOLIQUES
MissionHGE (2006)		X	X	X	X	X	X	X							
Qualitas (2013)	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Pangeos (2015)	X	X	X	X	X	X				X	X				

Par ailleurs, six échantillons prélevés lors de la campagne de 2012 (Qualitas, 2013) ont été soumis à une élutriation⁵ pour réaliser les bioessais (essais de toxicité) et analyses suivants :

- ▶ Daphnia magna (crustacé d'eau douce) CL50-48h (SPE/RM/14);
- ▶ Méné tête-de-boule (poisson d'eau douce) CL50-96h (EPA-821-R-02-012);
- ▶ Microtox phase liquide (bactéries lumineuses) — Vibrio fisheri (SPE 1/RM/24).
- ▶ métaux, HAP, BPC, HP C10-C50, azote ammoniacal, orthophosphates, pH.

Les données de qualité des sédiments pour l'état de référence et l'état projeté sont comparées aux :

- ▶ recommandations canadiennes pour la qualité des sols du CCME (CCME, 2010), élaborées spécifiquement pour la protection des récepteurs écologiques dans l'environnement et/ou pour la protection de la santé humaine en fonction des utilisations désignées des terrains;
- ▶ critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration (Environnement Canada et MDDEFP, 2007), ci-après appelés critères « CQS »⁶;
- ▶ recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments : protection de la vie aquatique (CCME, 2001);

Ainsi qu'aux valeurs guides provinciales :

- ▶ critères génériques pour les sols tirés de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (Beaulieu, 2016) et du Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés;

4 Tests CTEU 9 (eau), EPA 1311 (acide acétique) et EPA 1312 (simule les pluies acides), plus mesures du pH et des métaux sur les lixiviats de chacun des tests.

5 L'élutriation vise à recréer, en laboratoire, un contact entre les sédiments et l'eau afin d'évaluer les effets du dragage sur la qualité de l'eau. Le surnageant (élutriat) de ce mélange est récupéré pour réaliser des tests de simulation de la remise en suspension des sédiments lors d'un dragage par exemple.

6 Dans un contexte d'application des critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments, la concentration d'effets occasionnels (CEO) et la concentration d'effets fréquents (CEF) constituent les deux valeurs seuils qui encadrent la mise en dépôt des sédiments résultant de travaux de dragage. Par ailleurs, afin d'assurer la protection de la vie aquatique, les valeurs de référence applicables aux sédiments en eau douce ont été retenues.

7.3.2.2 État de référence

Contexte sédimentaire et paramètres sans critères

Les sédiments échantillonnés au large des quais 50, 51 et 52 sont principalement constitués de silts argileux et d'un mélange de matières fibreuses, de sable et d'argile en proportions variables et comportent des copeaux de bois (Qualitas, 2013). Il est à souligner que des cailloux et des blocs d'une taille jusqu'à environ 450 mm de diamètre ont été observés, par endroits, à la surface du fond marin par l'équipe de scaphandriers professionnels en 2015. La technique de dragage choisie devra donc tenir compte de la présence potentielle de cailloux et de blocs qui pourraient être, par endroits, de tailles supérieures à ce qui a été rapporté durant la présente étude.

Les trois études ont montré que les sédiments des secteurs du projet (extension du quai, digue de retenue, plage et brise-lames) sont constitués principalement de sable, avec des proportions moyennes de sable de 26,1 %, 37,3 % et 24,8 % dans les secteurs de l'extension du quai, de la digue et de la plage respectivement (Pangeos, 2015).

Le contenu en matière organique est faible, avec une valeur maximale de 5,49 % au large du quai 50. Le pH des échantillons variait entre 7,14 et 8,32.

Qualité des sédiments

Les trois études concluent qu'il n'y a généralement aucun dépassement des limites des critères retenus pour les secteurs de l'extension du quai, de l'arrière quai et de la digue de retenue, de la plage et du brise-lames (sédiments de classe 1; tableau 7.28, secteurs globaux). Par exemple, pour le secteur de l'extension du quai, les sédiments devant être dragués dans le cadre de la construction pourront être considérés globalement de « Classe 1 » par le fait que les résultats sont globalement inférieurs à la valeur « CEO » et aucun effet biologique néfaste n'a été observé pour les échantillons soumis aux bioessais.

Cependant, les résultats des études de 2012 et 2015 ont démontré, par endroits (zones présentées à la section suivante), la présence de sédiments contaminés de classe 3 : des niveaux de contamination à la fois supérieurs à la valeur « C » des critères génériques pour les sols (critères SOL) et à la valeur « CEF » des critères de qualité des sédiments (critères CQS) ont été observés. Il s'agit notamment des zones de sédiments fins plus riches en matière organique.

Par ailleurs, les analyses écotoxicologiques des sédiments de classe 3 au large des quais 50 à 52 ont démontré une toxicité potentielle. Ces effets pourraient être similaires pour les sédiments de classe 3 de la zone d'extension du quai. Afin de limiter les effets biologiques néfastes sur l'écosystème du fleuve Saint-Laurent, des précautions devront être prises lors des opérations de dragage des sédiments de ces secteurs.

La qualité de l'eau issue des différents tests de lixiviation et d'élutriation a été comparée aux analyses de la qualité de l'eau du fleuve. En effet les données récoltées pour le fleuve servent ici de référence dans la mesure où il n'existe pas de critères pour tous les métaux/métalloïdes si l'on suit par exemple les Recommandations pour la qualité de l'eau potable (Santé Canada 2014) ou les Recommandations pour la qualité des eaux, protection de la vie aquatique – eau douce (CCME, 2001). Parmi les paramètres mesurés dans les eaux du fleuve et pour lesquels des critères existent, seules les concentrations d'aluminium et de fer dépassent les critères de Santé Canada.

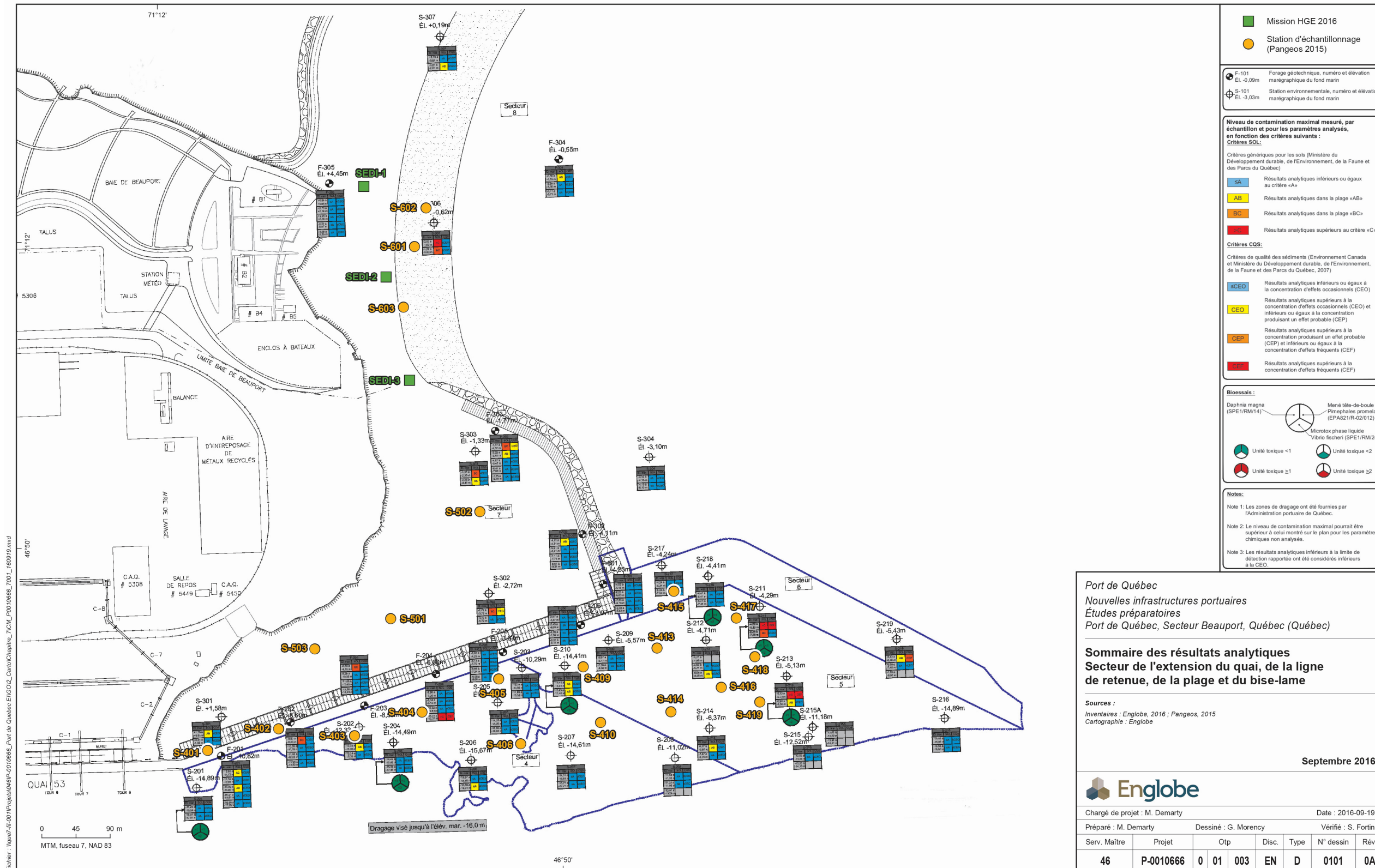


Figure 7.50 Représentation des stations d'échantillonnage pour la caractérisation des sédiments lors des études de 2012 (Qualitas, 2013) et 2015 (Pangeos, 2015) et mise en évidence des zones contaminées.

Tableau 7.28 Sommaire de la qualité physico-chimique des sédiments

	SECTEUR	SOUS-SECTEUR	ÉTENDUE SPATIALE	NATURE DES SÉDIMENTS ¹	GRANULOMÉTRIE ² (% PASSANT)			MATIÈRE ORGANIQUE (%)	VALEUR GUIDE POUR LES SOLS MDDELCC					RECOMMANDATIONS CANADIENNES POUR LA QUALITÉ DES SOLS CCME			VALEUR GUIDE DE QUALITÉ DES SÉDIMENTS EC ET MDDEP				RECOMMANDATIONS CANADIENNES POUR LA QUALITÉ DES SÉDIMENTS CCME		
					5 mm	0,080 mm	0,002 mm		MÉTAUX	HAP	BPC	SOUFRE	HP C ₁₀ À C ₅₀	MÉTAUX	HAP	BPC	MÉTAUX	HAP	BPC	CLASSE DE GESTION ³	MÉTAUX	HAP	BPC
Dragage	Extension du quai	Zone de la tranchée	Secteur global sauf exception (F-204 et F-203)	Sable	94,7 %	4,1 %	3,5 %	0,27 %	≤A	≤A	≤A	A-B ⁴	≤A	≤RÉSIDENTIEL	≤RÉSIDENTIEL	≤RÉSIDENTIEL	≤CEO	≤CEO	≤CEO	1	≤RPQS	≤RPQS	≤RPQS
			Exceptions : F-204/CF-04 à F-204/CF-06A	Silt argileux avec interlits de sable	97,2 %	64,8 %	18,2 %	-	>C	A-B	≤A	B-C	≤A	>INDUSTRIEL	>INDUSTRIEL	≤RÉSIDENTIEL	>CEF	CEO-CEF	≤CEO	3	>CEP	RPQS-CEP	≤RPQS
			Exception : F-203/CF-01	Sable	-	-	-	-	≤A	≤A	≤A	B-C	B-C	≤RÉSIDENTIEL	≤RÉSIDENTIEL	≤RÉSIDENTIEL	≤CEO	≤CEO	≤CEO	1	≤RPQS	≤RPQS	≤RPQS
		Zone des manœuvres	Secteur global sauf exception (S-211, S-212, S-213, S-416 à S-418)	Sable	91,0 %	6,9 %	3,5 %	0,55 %	≤A ⁵	≤A ⁶	≤A	A-B	≤A	≤RÉSIDENTIEL	≤RÉSIDENTIEL ⁷	≤RÉSIDENTIEL	≤CEO	≤CEO	≤CEO	1	≤RPQS ⁹	≤RPQS ⁸	≤RPQS
			Exceptions : S-211/CF-01 et CF-02, S-212/CF-01A, S-213/CF-01, S-416 à S-418	Mélange de silt et sable avec matières fibreuses	93,0 %	31,1 %	6,0 %	3,92 %	B-C	B-C	A-B	>C	B-C	>INDUSTRIEL	>INDUSTRIEL	≤RÉSIDENTIEL	>CEF	>CEF	CEO-CEF	3	>CEP	>CEP	>CEP
Zone de mise en dépôt	Arrière-quai et digue de retenue		Secteur global sauf exception (F-303, SEDI-3 et S-302)	Sable	97,4 %	<4,0 %	<4,0 %	0,35 %	≤A	≤A	≤A	B-C	≤A	≤RÉSIDENTIEL	≤RÉSIDENTIEL	≤RÉSIDENTIEL	≤CEO	≤CEO	≤CEO	1	≤RPQS	≤RPQS	≤RPQS
			Exceptions : F-303/CF-01 et SEDI-3	Silt sableux	100,0 %	69,2 %	12,7 %	1,64 %	A-B	≤A	≤A	B-C	≤A	≤RÉSIDENTIEL	≤RÉSIDENTIEL	≤RÉSIDENTIEL	CEO-CEF	≤CEO	≤CEO	2	RPQS-CEP	≤RPQS	≤RPQS
			Exception : S-302/CF-01	Sable	86,4 %	8,5 %	4,0 %	0,9 %	A-B	A-B	≤A	A-B	B-C	≤RÉSIDENTIEL	>INDUSTRIEL	≤RÉSIDENTIEL	CEO-CEF	CEO-CEF	≤CEO	2	RPQS-CEP	RPQS-CEP	≤RPQS
	Plage et brise-lames	Secteur global sauf exception (F-304, S-306, S-602, SEDI-1 et SEDI-2)	Sable	90,2 %	4,8 %	-	0,37 %	≤A	≤A	≤A	A-B	≤A	≤RÉSIDENTIEL	≤RÉSIDENTIEL	≤RÉSIDENTIEL	≤CEO	≤CEO	≤CEO	1	≤RPQS	≤RPQS	≤RPQS	
		Exception : F-304/CF-01, S-306/CF-01 et CF-02, S-602, SEDI-1 et SEDI-2	Sable silteux	97,2 %	40,9 %	7,7 %	1,88 %	A-B	A-B	≤A	>C	≤A	≤RÉSIDENTIEL	>INDUSTRIEL	≤RÉSIDENTIEL	≤CEO	≤CEO	≤CEO	1	RPQS-CEP	RPQS-CEP	≤RPQS	

1 Composition prédominante des sédiments en tenant compte de la caractérisation réalisée en 2006, en 2012 et en 2015.

2 Selon la moyenne des résultats obtenus lors de la caractérisation réalisée en 2012.

3 Pour des fins de travaux de dragage.

4 Sauf l'échantillon F-202/CF-01 pour lequel la concentration est située dans la plage B-C.

5 Sauf l'échantillon S-202/CF-01 et CF-02 pour lequel la concentration est située dans la plage A-B.

6 Sauf l'échantillon S-415 pour lequel la concentration est située dans la plage A-B.

7 Sauf les échantillons S-404, S-406 et S-415 pour lesquels la concentration est supérieure au critère pour un usage industriel.

8 Sauf les échantillons S-406, S-415 et S-419 pour lesquels la concentration est située entre les critères RPQS et CEP.

9 Sauf l'échantillon S-202/CF-01 et CF-02 pour lequel la concentration est située entre les critères RPQS et CEP.

Tableau 7.29 Sommaire des caractéristiques des trois zones contaminées

SOUS-SECTEUR DE DRAGAGE	ZONE CONTAMINÉE								NATURE DES SÉDIMENTS ¹		NIVEAU MARÉGRAPHIQUE DU FOND MARIN DANS LA DÉLIMITATION DE LA ZONE CONTAMINÉE		
	IDENTIFICATION	ÉTENDUE SPATIALE	NATURE DES SÉDIMENTS ¹	SUPERFICIE ESTIMÉE (m ²)	VOLUME ESTIMÉ ² (m ³)	NIVEAU MARÉGRAPHIQUE	ÉPAISSEUR MOYENNE	CONTAMINANTS DÉPASSANT LE CRITÈRE CEO	SÉDIMENTS SITUÉS AU-DESSUS DE LA ZONE CONTAMINÉE	SÉDIMENTS SITUÉS AU-DESSOUS DE LA ZONE CONTAMINÉE	MINIMUM	MOYEN	MAXIMUM
Zone de la tranchée	Zone contaminée 2	F-204/CF-04 à F-204/CF-06A	Silt argileux avec interlits de sable	5 735	18 875	-11,1 à -14,6 m (marégraphique)	3,5 m	Métaux (plomb, mercure et zinc) et HAP	Sable	Sable	-1,77 m	-7,53 m	-12,03 m
	Zone contaminée 3	F-203/CF-01	Sable	7 790	7 790	Sur une profondeur de 1 m à partir du fond marin	1,0 m	Aucun ³	Fond marin	Sable	+0,50 m	-4,44 m	-11,42 m
Zone des manœuvres	Zone contaminée 1	S-211/CF-01 et CF-02, S-212/CF-01A, S-213/CF-01, S-416 à S-418	Mélange de silt et sable avec matières fibreuses	20 060	21 815	À partir du fond marin jusqu'à -6,0 m (marégraphique)	1,1 m	Métaux (chrome, cuivre, plomb, zinc et mercure) et HAP	Fond marin	Sable	-4,04 m	-4,89 m	-5,98 m

¹ Composition prédominante des sédiments.

² Volume de sédiments en place. La méthode d'estimation des volumes de sédiments contaminés est présentée à la section 7.1.13.2.

³ Bien que les concentrations des paramètres analytiques mesurés ne dépassent pas le critère CEO, la concentration en HP C10 à C50 dépasse le critère B.

Les analyses sur les lixiviats et les éluviats de l'ensemble des secteurs présentent, pour certains paramètres analysés, des dépassements de la valeur médiane de l'eau du fleuve et/ou des critères de qualité de l'eau du cadre réglementaire applicable. À cet effet, lors des opérations de dragage, des mesures adéquates devront être mises en place afin de limiter le plus possible le panache de sédiments remis en suspension et assurer une dilution limite acceptable pour atteindre les concentrations naturelles des eaux du fleuve à moins de 300 m de la zone de dragage (Environnement Canada et MDDELCC, 2015).

Délimitation des zones contaminées

La délimitation horizontale et verticale des zones contaminées est basée sur une approche par polygones, c'est-à-dire selon la mi-distance entre les stations d'échantillonnage (délimitation horizontale) et entre les échantillons prélevés (délimitation verticale) au droit d'une même station. Trois (3) zones de sédiments contaminés ont été identifiées, dont deux (2) se trouvent dans la zone de la tranchée et une autre dans l'aire de manœuvre. Un total de 48 480 m³ de sédiments contaminés sera dragué. La figure 3.14 localise les zones de sédiments contaminés; le tableau 7.29 récapitule les caractéristiques des zones contaminées. Les aspects suivants ont été pris en compte spécifiquement pour chacune des trois zones contaminées :

- ▶ L'étendue horizontale de la zone contaminée 1 a été déterminée selon la mi-distance entre les paires de stations environnementales suivantes : S-218 et S-211⁷, S-415 et S-212, S-413 et S-212, S-414 et S-416, S-214 et S-416 puis S-215A et S-213 (Figure 3.14). La limite de dragage projetée de la zone des manœuvres a également été prise en compte pour la délimitation nord-est de cette zone contaminée. La délimitation verticale de la contamination a été déterminée selon la nature et la qualité environnementale des sédiments rencontrés dans cette zone ainsi que sur les remarques complémentaires notées lors de l'échantillonnage. La profondeur de la contamination a été établie selon les points suivants :
 - Bien que la station S-211 soit située à l'extérieur du présent scénario de dragage projeté, la contamination a été retrouvée jusqu'au niveau marégraphique -5,29 m au droit de cette station (soit sur une profondeur de 1,0 m).
 - En se basant sur les indices organoleptiques et la mi-distance verticale entre les échantillons S-212/CF-02 et S-212/CF-03, la contamination a été considérée jusqu'au niveau marégraphique -5,89 m au droit de la station S-212 (soit sur une profondeur de 1,18 m).
 - En se basant sur la mi-distance verticale entre les échantillons S-213/CF-01 et S-213/CF-02, la contamination a été considérée jusqu'au niveau marégraphique -5,77 m au droit de la station S-213 (soit sur une profondeur de 0,64 m).

Sur la base de la moyenne des niveaux marégraphiques de la contamination considérée au droit des stations S-212 et S-213 et en tenant compte d'un surdragage de l'ordre de 0,3 m, les sédiments situés au-dessus du niveau marégraphique -6,0 m ont été considérés contaminés dans la délimitation de la zone contaminée 3. Il est à préciser que ce niveau marégraphique est également inférieur au niveau marégraphique minimal de la contamination considérée au droit des stations S-211, S-212 et S-213.

- ▶ L'étendue horizontale de la zone contaminée 2 a été déterminée selon la mi-distance entre les forages géotechniques F-203 et F-205 et les stations S-204 et S-205. La délimitation à l'arrière-quai de cette zone contaminée a été établie selon la rencontre entre la limite de dragage projetée aux fins de la tranchée des caissons et les niveaux marégraphiques envisagés de la contamination. La délimitation verticale de la contamination a été déterminée selon la stratigraphie rencontrée au droit

⁷ Les stations S-218 et S-211 sont situées à l'extérieur de la zone de dragage, cependant, elles permettent d'obtenir un second point médian pour tracer la droite.

du forage géotechnique F -204. Bien que seul l'échantillon de surface (F-204/CF-04) prélevé dans l'horizon décrit comme « silt argileux avec interlits de sable » (entre les niveaux marégraphiques - 11,1 et -14,6 m) a fait l'objet d'analyses chimiques spécifiquement pour cet horizon, toute l'épaisseur de celui-ci a été considérée du même niveau de contamination. Sur toute la superficie de cette zone contaminée, il a été supposé que cet horizon est d'épaisseur constante et que son interface (supérieure ou inférieure) est située à un niveau marégraphique constant (respectivement à -11,1 et -14,6 m pour l'interface supérieure et inférieure).

- ▶ L'étendue horizontale de la zone contaminée 3 a été déterminée selon la mi-distance entre les forages géotechniques F-202 et F-204 et les stations S-202 et S-404. La délimitation horizontale à l'arrière-quai de cette zone contaminée a été établie selon la limite de dragage projetée aux fins de la tranchée des caissons. La délimitation verticale de la contamination a été déterminée selon la mi-distance verticale entre les échantillons F-203/CF-01 et F-203/CF-02. En tenant compte de la nature du contaminant présent à cet endroit, l'épaisseur de la contamination a été considérée constante sur toute la superficie de cette zone contaminée.

7.3.3 Caractérisation du fond marin

L'évaluation a été réalisée selon les exigences décrites dans le document *Ligne directrice pour la rédaction d'une étude d'impact de l'agence canadienne*. Tel que mentionné dans la section 6.6, la présente évaluation porte sur la zone du chantier (ZC), à la confluence de la rivière Saint-Charles et du fleuve Saint-Laurent, au large des quais 50 à 52 et dans la zone présentée à la figure 7.50 de la section qualité des sédiments (section 7.3.2).

Les limites temporelles considérées pour l'évaluation des effets sont la phase de construction et la phase d'exploitation.

7.3.3.1 Méthodologie

En automne 2012, le Groupe Qualitas Inc. (Qualitas, 2012 et 2013) a procédé à 11 forages géotechniques et essais de pénétration dynamiques dans les secteurs d'extension du quai, de la digue de retenue, de la plage et du brise-lames (figure 7.50 section 7.3.2). Huit forages et tests ont également été réalisés au large des quais 50, 51 et 52, dans le cadre de la possible construction de ducs-d'Albe; ces derniers ne font pas partie du projet actuel mais les échantillons sont représentatifs de la ZC et les résultats sont donc présentés de manière générale (sans le découpage des zones du projet antérieur) pour la caractérisation de l'état de référence.

La profondeur de chacun des sondages était pré-déterminée et a atteint plus de 60 m dans certains cas. Des relevés optiques et acoustiques à l'aide d'une géocaméra ont été effectués dans deux forages (zone des ducs-d'Albe du projet de l'époque au large des quais 50 à 52 et dans la zone du nouveau quai) afin de compléter la description visuelle des carottes.

L'espacement de l'échantillonnage a été fixé à environ 1,5 m. Les échantillons prélevés ont été soumis à une vérification de la présence de composés organiques volatils à l'aide d'un photoionisateur de type « Minirae ».

Subséquentement, des échantillons jugés représentatifs des sols en place ont été soumis aux essais suivants : teneur en eau; limites de consistance au cône suédois; analyse granulométrique par tamisage et sédimentométrie; résistance au cisaillement non drainé au cône suédois; essai de compression en cellule triaxiale; essai de consolidation en cellule œdométrique. Le potentiel de liquéfaction des sols pendant un tremblement de terre a aussi été calculé.

Dans le cadre de l'étude géotechnique réalisée en 2012 (Qualitas, 2012), la firme Géophysique GPR International inc. a procédé à des mesures sous-marines des vitesses de propagation de l'onde sismique de cisaillement dans les sédiments reposants sur le roc. Les mesures sismiques ont été effectuées avec trois géophones orthogonaux (BHG-2) à une fréquence de résonance de 15 Hz. Les données ont été recueillies avec un sismographe de type Terraloc MK 6 (AEBM Instruments). Les enregistrements sismiques ont été réalisés avec un incrément de 1 m, de 2 m sous le fond, jusqu'au roc.

7.3.3.2 État de référence

Généralités

La région de Québec est une région à risque sismique faible à moyen. Le rapport de 2012 stipule que les valeurs géophysiques de V_s (valeur de déplacement créé par une charge de 1 kN/m) calculées sont généralement faibles et ont également montré une bonne corrélation avec les indices de compacité « N », pour les sédiments de surface, de nature sableux et/ou silteux.

Les forages et sondages n'ont pas indiqué la présence de remblais au fond du fleuve. Les dépôts meubles sont constitués de sable graveleux ou silteux en profondeur. La compacité des sols varie de lâche à dense et augmente plus ou moins régulièrement avec la profondeur.

Le socle rocheux a été rencontré à des élévations comprises entre - 53,05 et - 67,26 m. Il est principalement constitué de shale très fracturé et altéré. L'aspect des échantillons est typique du roc rencontré dans une zone de faille.

Aucun mouvement ou tassement de terrain n'a été remarqué dans l'ensemble du secteur de Beauport (secteurs récréatif et portuaire) au cours des années.

Le tableau 7.30 présente la stratigraphie des zones d'intérêt pour le projet actuel.

Zone de l'extension du quai

La principale couche (37,5 à 61 m d'épaisseur) est composée essentiellement de sable, avec traces à un peu de silt et de gravier.

Différents échantillons composites ont été compactés à un poids volumique moyen de 18,4 à 19,5 kN/m³ à une teneur en eau moyenne de 14,6 à 17,3 %, puis soumis à des essais de compression en cellule triaxiale (essais consolidés isotropiquement, drainé). Des valeurs d'angle de frottement de 36,8 à 40,5 degrés ont été obtenues.

Le socle rocheux a été atteint et carotté dans les forages F -201, F-204 et F-206. Il s'agit d'une mylonite gris-noir à noire, soit une roche entièrement broyée, désagrégée et altérée, dont la structure originelle n'est plus visible, ou alors très peu. Certains fragments de shale, de calcaire ou autres roches non identifiables présentent un joint lisse et noir au fini brillant, typique des miroirs de faille. Cet aspect et les cartes géologiques du secteur tendent à confirmer que les forages sont localisés dans la faille de Logan.

Zone de la digue de retenue

Deux forages ont été réalisés dans le secteur de la digue de retenue. La position initiale des forages a dû être déplacée en raison de la présence de matériaux solides de bonnes dimensions (roches sur le fond du fleuve) et les difficultés d'accès à marée basse. Aucun forage n'a atteint le socle rocheux. Ils ont été arrêtés à une profondeur d'environ 15 m. Cette profondeur est suffisante en fonction de la nature des travaux à réaliser. Outre une mince couche de remblai, qui devra être excavée, les sols présents sont essentiellement constitués du dépôt de sable, traces de silt et de gravier, de compacité lâche à moyenne.

Tableau 7.30 Synthèse des résultats stratigraphiques

ZONE D'INTÉRÊT	FORAGE	DESCRIPTION SOMMAIRE DES COUCHES	ÉPAISSEUR (m)	NIVEAU MARÉGRAPHIQUE (m)	
				de	à
Extension du quai – Digue de retenue	F-201	Sable, traces de silt et de gravier	39,00	-10,82	-49,82
		Sable graveleux	3,23	-49,82	-53,05
		Socle rocheux (mylonite)	3,93	-53,05	-56,98
	F-202	Sable, traces de silt et de gravier	37,50	-8,60	-46,10
		Sable graveleux	>7,58	-46,10	-53,68
	F-203	Sable, traces de silt et de gravier	>43,95	-8,55	-52,50
	F-204	Sable, traces de silt et de gravier	4,50	-6,60	-11,10
		Silt argileux stratifié de sable	3,50	-11,10	-14,60
		Sable, traces de silt et de gravier	45,75	-14,60	-60,35
		Sable silteux	0,90	-60,35	-61,25
Socle rocheux (mylonite)		7,99	-61,25	-69,24	
F-205	Sable, traces de silt et de gravier	>45,69	-3,63	-49,62	
F-206	Sable, traces de silt et de gravier	61,00	-3,97	-64,97	
	Sable silteux	2,29	-64,97	-67,26	
	Socle rocheux (mylonite)	3,76	-67,26	-71,02	
F-301	Sable, traces de silt et de gravier	>15,71	-4,53	-20,24	
Digue de retenue	F-302	Sable, traces de silt et de gravier	>15,50	-4,11	-19,61
	F-303	Remblai de silt, un peu de sable, traces de gravier	1,00	-1,77	-2,77
Sable, traces de silt et de gravier		>14,53	-2,77	-17,30	
Brise-lames	F-304	Sable silteux	1,00	-0,55	-1,55
		Sable, traces de silt et de gravier	>13,46	-1,55	-15,01
	F-305	Sable, traces de silt et de gravier	>15,84	4,45	-11,39

Zone du brise-lames

Deux forages ont été réalisés dans ce secteur. Étant donné la présence de gros blocs sur le fond du fleuve et les difficultés d'accès à marée basse, les forages ont dû être déplacés.

À l'exception d'une mince couche de sable silteux très lâche au droit d'un forage, les sols sont constitués de sable généralement compact au large et variant de lâche à dense sur le rivage. Ces sols devraient offrir une assise acceptable pour le futur brise-lames.

Zone au large des quais 50 à 52

L'étude montre une présence de sols mous et localement potentiellement liquéfiables pendant un tremblement de terre.

7.4 MODIFICATIONS AU MILIEU PHYSIQUE – CLIMAT, QUALITÉ DE L'AIR, ENVIRONNEMENT SONORE ET LUMINEUX

7.4.1 Condition climatiques et météorologiques

Aucune modification n'est prévue sur cette composante dans les limites temporelles et spatiales du projet. Par conséquent, aucun effet résiduel important n'est anticipé.

7.4.2 Qualité de l'air

La qualité de l'air ambiant dans la zone du bassin atmosphérique (ZBA) constitue une CVE puisque les parties prenantes ont signifié leur intérêt pour la qualité de l'air. La modélisation de la qualité de l'air des scénarios projetés par le projet de Beauport 2020 de l'APQ a permis d'évaluer les effets du projet, que ce soit lors de la construction (scénario de construction) autant que lors de l'exploitation (scénario d'exploitation).

7.4.2.1 Modifications en phase de construction

Description des effets potentiels

COV

Selon les études sectorielles de la qualité de l'air pour le scénario construction, il n'y aura pas d'émission de COV lors de cette phase du projet. Ainsi, aucune modélisation n'a été réalisée pour les COV lors de la construction du projet Beauport 2020.

Particules en suspension

Le tableau 7.31 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. La valeur modélisée pour les $PM_{2.5}$ sur une période de 1 an est supérieure à la valeur guide pour la période annuelle par 10% ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$). On doit noter cependant que la concentration initiale pour les $PM_{2.5}$ sur une période annuelle est déjà de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui correspond à la limite de valeur guide pour cette période. Ainsi, la qualité de l'air mesurée à la station du Vieux Limoilou atteint déjà la valeur guide pour ce paramètre.

La figure 7.51 présente les résultats modélisés pour les $PM_{2.5}$ obtenus par la modélisation atmosphérique pour le scénario de construction sur une période annuelle. Le résultat maximal obtenu est à la limite de la propriété nord-est, soit à l'opposé des quartiers résidentiels.

Tableau 7.31 Concentrations modélisées avec AERMOD pour le scénario de construction pour les particules et les produits de combustion

CONTAMINANTS	CAS	VALEUR LIMITE (µg/m ³)	CONCENTRATION INITIALE ¹ (µg/m ³)	PÉRIODE ¹	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	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	34 000	570	1 heure	norme	1979	57	627	2 %
		12 700	570	8 heures	norme	1979	18	588	5 %
Azote, dioxyde ¹	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	1 050	33	4 minutes	norme	2011	36	69	7 %
		288	1	24	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 Pourrait 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).

Selon le scénario de construction, la concentration totale des PM_{2.5} serait supérieure à la valeur seuil (concentration totale de 11 µg/m³ avec une valeur seuil de 10 µg/m³). Ainsi, la valeur de l'effet potentiel pour le scénario de construction, en considérant seulement ce contaminant, est évaluée à moyenne en raison du léger dépassement de la valeur seuil. Il est important de mentionner que ce dépassement se situe uniquement dans le secteur du fleuve et opposé au secteur résidentiel. Si la station de Primevères, en milieu résidentiel de banlieue, avait été choisi, 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.

Le tableau 7.32 montre la déposition maximale prévue de particules par le modèle AERMOD pour une période d'un mois pour le scénario de construction. La valeur maximale de déposition est en-dessous du critère choisi de 1.7 mg/(dm²-jour) établie en Colombie-Britannique.

GES

Les émissions totales de GES générées de Beauport 2020 pour la phase de construction sont estimées à 5198 tonnes de CO₂ équivalent par année. Le tableau 7.33 suivant présente le nombre de tonnes annuelles des émissions de CO₂ pour le scénario construction.

Mesures d'atténuation

Compte tenu que les PM_{2.5} présente un dépassement de la valeur seuil pour le scénario de construction, l'utilisation d'un abat poussière lorsque nécessaire pendant la construction et la mesure les émissions de particules à la source serait une mesures complémentaires à considérer.

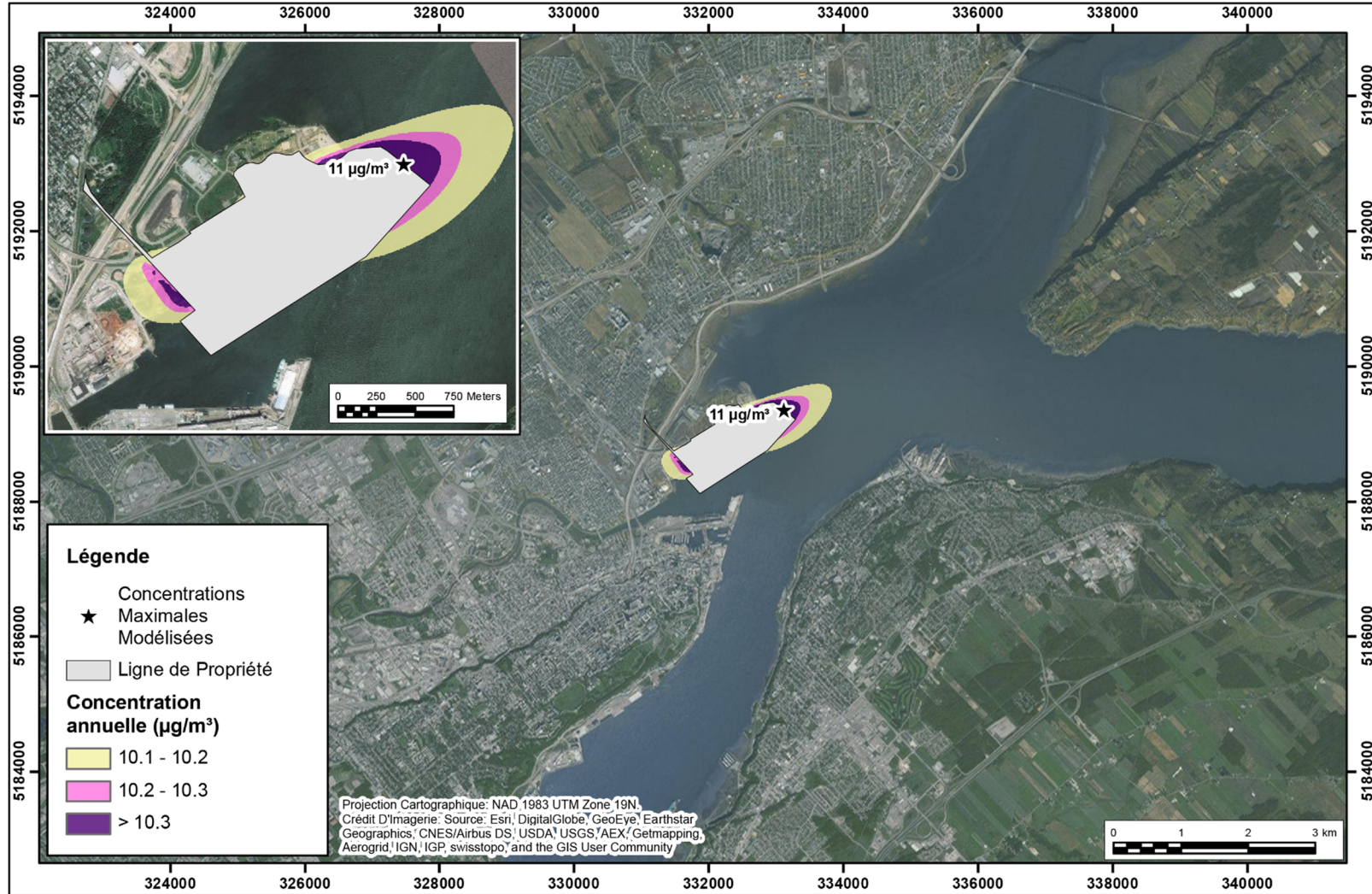


Figure 7.51 Concentrations maximales annuelles PM_{2.5} - Scénario de construction

Tableau 7.32 Déposition modélisée avec AERMOD pour le scénario de construction

CONTAMINANTS	CAS	VALEUR LIMITE (mg/dm ² -jour)	VALEUR INITIALE (mg/dm ² -jour)	PÉRIODE	TYPE DE RÉFÉRENCE	ANNÉE SEUIL 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 %

Tableau 7.33 Sommaire des émissions annuelles de GES

SCÉNARIOS	ACTIVITÉ	SITE	CO ₂ e (tonnes/année)
Construction seulement	Remorqueur ou l'équivalent	-	1 080
	Dragage	-	1 563
	Camionnage	-	296
	Autres équipements diesel	-	2 259
Total des émissions pour le scénario (tonnes/année)			5 198

Description des effets résiduels

Puisque déjà la concentration initiale est supérieure à la valeur seuil pour les PM_{2.5}, toute concentration additionnelle de ce contaminant entraîne un dépassement. Toutefois, les résultats des études sectorielles démontrent que l'effet résiduel sera modéré pour le scénario de construction.

7.4.2.2 Modifications en phase d'exploitation

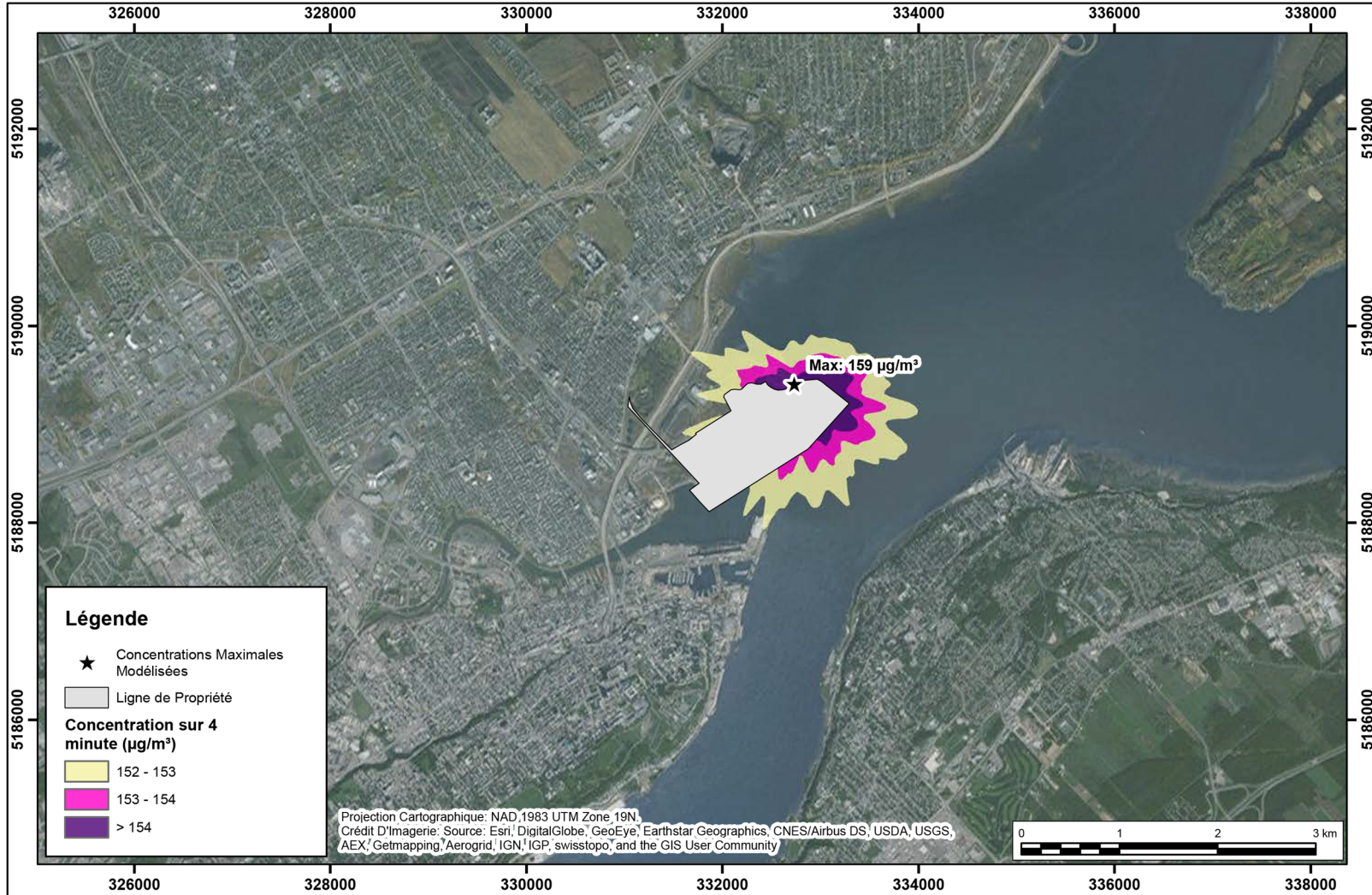
Description des effets potentiels

COV

Le tableau 7.34 présente les concentrations maximales prévues par les consultants de l'APQ réalisé avec le modèle AERMOD pour le scénario futur. Le scénario futur inclut les opérations actuellement effectuées sur le territoire du port et les opérations du futur terminal de vrac liquide (scénario d'exploitation). En comparant les concentrations de COV pour le scénario actuel et futur, on remarque qu'il n'y a pas de changement significatif aux concentrations maximales déjà modalisées pour les opérations actuelles. Les concentrations maximales modélisées pour le scénario d'exploitation seulement (incluant les 7 nouveaux réservoirs et la cheminée VDU) sont relativement petites en comparaison à la valeur guide et n'excèdent jamais cette dernière. Les xylènes sont les contaminants présentant les concentrations les plus élevées, atteignant 97% de la valeur guide (la norme ou critère établi pour ce contaminant) sur 4 minutes, pour les 5 années modélisés.

La figure 7.52 présente le résultat modélisé en xylène sur 4 minutes et indique la position où a lieu le dépassement maximum.

Basé sur les études sectorielles pour les émissions de composés organiques volatils (COV) provenant du futur terminal de vrac liquide, les COV résiduels auront un effet faible sur la qualité de l'air au pourtour du secteur de Beauport dans ZBA, lors de la phase exploitation du projet Beauport 2020. L'effet sur la CVE est faible, et la qualité de l'air ambiant est peu altérée par le projet de Beauport 2020.



Fichier : CM_P0010666_7057_160930.ai

Figure 7.52 Concentration maximale de xylène sur 4 minutes, scénario d'exploitation

Tableau 7.34 Concentrations modélisées avec AERMOD pour le scénario futur

CONTAMINANTS	CAS	VALEUR LIMITE OU CRITÈRE	PÉRIODE	CONCENTRATIONS INITIALES	CONCENTRATIONS MAXIMALES MODÉLISÉES PROJET	CONCENTRATIONS MAXIMALES MODÉLISÉES	CONCENTRATIONS INITIALES +	% DE LA VALEUR
Benzène	71-43-2	10	24 heures	3	0,169	2	5	50 %
Éthylbenzène	100-41-4	740	4 minutes	140	0,201	12	152	21 %
n-Hexane	110-54-3	5 300	4 minutes	140	14	37	177	3 %
Naphtalène	91-20-3	200	4 minutes	5	0,266	1	6	3 %
		3	1 an	0	0,003	0,01	0,01	0 %
Styrène, monomère	100-42-5	150	1 heure	0	0,001	0,04	0,04	0 %
Toluène	108-88-3	600	4 minutes	260	6	75	335	56 %
Xylènes (o, m et p)	1330-20-7	350	4 minutes	150	9	189	339	97 %
		20	1 an	8	0,102	1	9	46 %

Particules en suspension et produits de combustion

Le tableau 7.35 présente les concentrations maximales prévues par le modèle AERMOD pour le scénario d'exploitation. A l'exception des PM_{2,5}, tous les contaminants sont sous les valeurs seuils respectives. Les PM_{2,5}, sont supérieures à la valeur guide par 14% pour la période annuelle. On doit noter cependant que la situation actuelle pour la concentration des PM_{2,5} sur une période annuelle est de 10 µg/m³ à l'intérieur de la zone d'étude. Cette valeur correspond à la limite supérieure de la valeur guide pour cette période. Ainsi, toute nouvelle émission de particules fines dans la zone d'étude aura pour effet de créer un dépassement de la valeur guide.

Tableau 7.35 Concentrations modélisées avec AERMOD pour le scénario futur – Particules en suspension et produits de la combustion

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	26	88 %
		28	10	24 heures	objectif	2015	16	26	94 %
		10	10	1 an	objectif	2013	1	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	34 000	570	1 heure	norme	1979	129	699	2 %
		12 700	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	100	33	4 minutes	norme	2011	36	69	7 %
		28	1	24	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 Pourrait 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).

La figure 7.53 présente la concentration annuelle maximale pour les PM_{2.5} pour le scénario d'exploitation ainsi que la position où a lieu ce dépassement.

Basé sur les études sectorielles pour les émissions des particules en suspension et des produits de la combustion provenant du futur terminal de Beauport 2020, celles-ci auront un effet mineur sur la qualité de l'air au pourtour du secteur de Beauport dans ZBA, lors de la phase exploitation du projet.

GES

Les émissions totales de GES générées de Beauport 2020 pour la phase d'exploitation sont estimées à 4751 tonnes de CO₂ équivalent par année. Le tableau 7.36 suivant présente les différents scénarios par activité en relation avec un site, ainsi que le nombre de tonnes annuelles des émissions de CO₂.

Tableau 7.36 Sommaire des émissions annuelles de GES pour le scénario d'exploitation

SCÉNARIOS	ACTIVITÉ	SITE	CO ₂ e (tonnes/année)
Futur seulement	Navires	futur	3 245
	Route	futur	369
	Rail	futur	375
	Manutention de fret	futur	762
Total des émissions pour le scénario (tonnes/année)			4 751

Mesures d'atténuation

COV

Aucune autre mesure que celles prévues dans le scénario modélisé n'est nécessaire. Rappelons que le scénario modélisé prévoit l'installation d'une cheminée ayant une unité de destruction de vapeurs ou VDU (Vapor Destruction Unit) afin de contrôler les émissions émises lors du chargement des camions pour le scénario d'exploitation et des réservoirs avec des toits flottants. Le parc à réservoirs actuel comprend déjà deux cheminées VDU.

Particules en suspension

- ▶ Recouvrir les voies de circulation d'une surface limitant la dispersion des particules et des poussières (asphalte ou béton).
- ▶ Limiter la vitesse de déplacement des véhicules à moins de 20 km/h.

GES

Les émissions actuelles de GES au port de Québec secteur Beauport représentent 0.01% des émissions de GES provinciales et 0.001% des émissions de GES nationales. Les émissions de GES futures incluant les émissions actuelles et celle du projet d'aménagement de Beauport 2020 représentent 0.01% des émissions de GES provinciales et 0.002% des émissions de GES nationales. Le tableau 7.37 compare les émissions à celles de la province de Québec et du Canada.

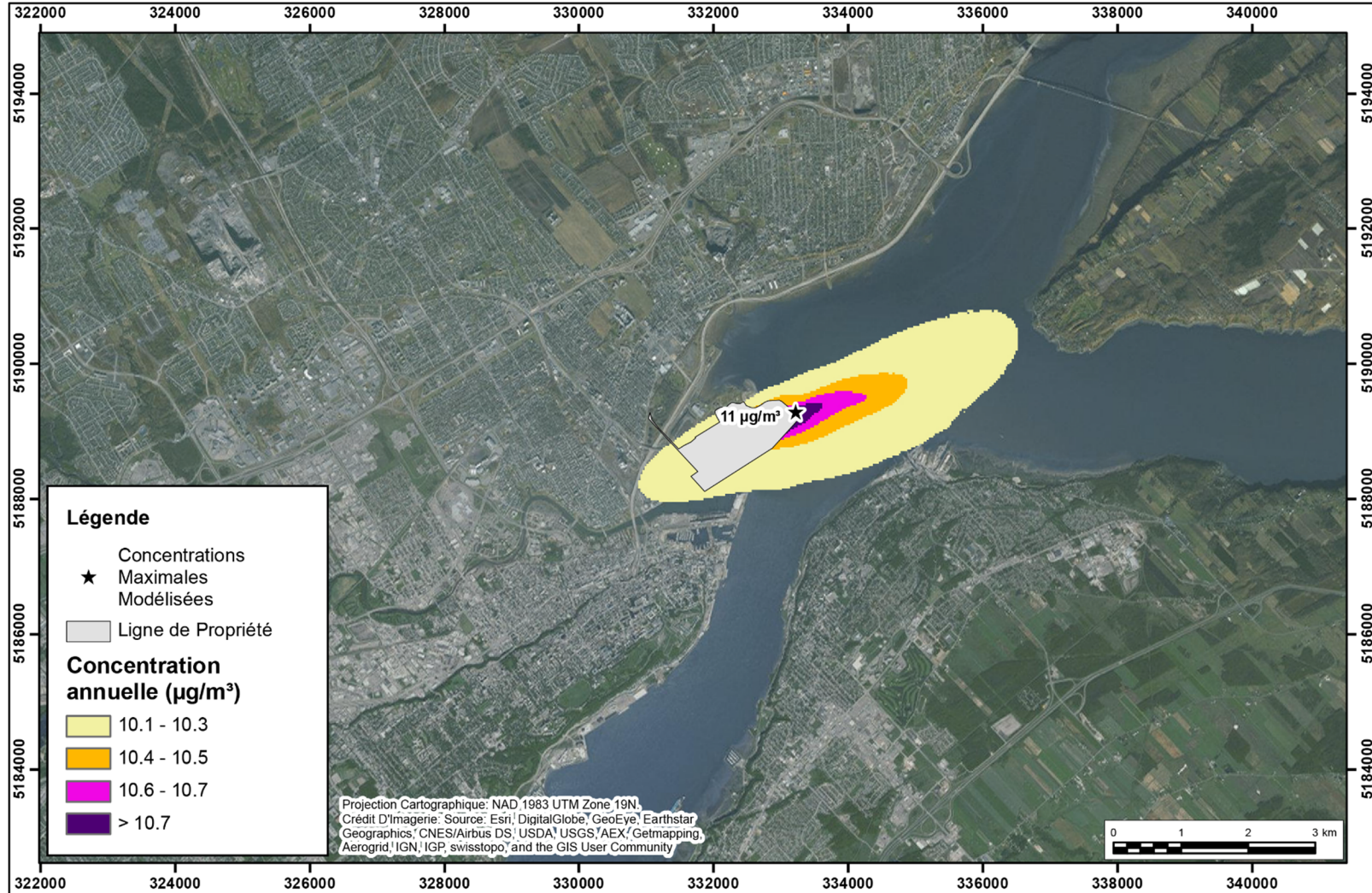


Figure 7.53 Concentration maximale annuelle des $\text{PM}_{2.5}$ Scénario d'exploitation

Tableau 7.37 Comparaison par le consultant de l'APQ des émissions de GES du site aux émissions provinciales et nationales

SCÉNARIOS	QUANTITÉ DE CO _{2e}	QUÉBEC CO _{2e}	CANADA CO _{2e}	% DE QUÉBEC	% DE CANADA
Initial (2010)	7 966	82 700 000	732 600 000	0,01%	0,001%
Futur	12 717			0,02%	0,002%
Construction	13 164			0,02%	0,002%

Note : Les émissions provinciales et fédérales proviennent de 'Environnement et Changement Climatique 2014 [2].

Aucune mesure d'atténuation n'est prévue en phase exploitation pour les GES.

Description des effets résiduels

COV

Basé sur les études sectorielles pour les émissions de composés organiques volatils (COV) provenant du futur terminal de vrac liquide, les effets résiduels sur la qualité de l'air occasionnés par les COV résiduels auront une faible ampleur au pourtour du secteur de Beauport dans ZBA, lors de la phase exploitation du projet Beauport 2020. L'effet résiduel sera donc identique au scénario modélisé puisqu'il n'y a pas de mesure d'atténuation.

Particules en suspension et produits de la combustion

Basé sur les études sectorielles pour les émissions des particules en suspension et des produits de la combustion provenant du futur terminal de Beauport 2020, mais également sur l'efficacité des mesures d'atténuation proposées, l'ampleur des effets résiduels sur la qualité de l'air sera faible au pourtour du secteur de Beauport dans ZBA, lors de la phase exploitation du projet. Par conséquent, cet effet de longue durée et partiellement réversible, a une valeur mineure et donc non important.

7.4.3 Environnement sonore

Dans le cadre de ce projet, l'environnement sonore a été identifié comme une CVE en raison de son incidence sur la qualité de vie des populations avoisinantes.

Le climat sonore généré par le projet en phase de construction a été évalué par un modèle de propagation sonore développé par la firme WSP (WSP, 2016b) à l'aide du logiciel SoundPLAN® 7.4 (www.soundplan.com). Ce modèle prend en compte les puissances acoustiques, la topographie du site d'étude et un scénario d'activités prévu sur le futur site. Ce logiciel trace des rayons sonores entre les sources de bruit et les récepteurs, calcule l'atténuation due à la distance ainsi que l'absorption de l'air, et tient compte des effets de sol et des effets de réduction sonore des écrans de longueurs finies (bâtiments, écrans, topographie). Il considère aussi l'effet des réflexions sur les surfaces entourant les sources sonores. Les calculs ont été réalisés selon la norme ISO 9613, parties 1 et 2 intitulées « Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre ».

Afin d'évaluer le bruit émis par **les activités de construction** de l'aménagement du quai multifonctionnel du Port de Québec – secteur de Beauport, les scénarios les plus bruyants susceptibles de se produire durant les périodes de jour et de nuit ont été simulés. Les scénarios ont été établis en fonction des méthodes de construction anticipées en ajustant le type d'équipement, le nombre et le temps d'utilisation de chacun d'eux. Comme ces informations ne sont pas connues avec précision, des scénarios journaliers réalistes ont été établis.

En **phase d'exploitation**, les principales activités et les aménagements du quai ne sont pas encore connus. Pour cette phase, le scénario considère que les activités devraient se tenir toute la journée (24/24 h) et que ces dernières consistent en des activités variées de chargement et de déchargement de vrac solide, liquide et marchandises conteneurisées à partir du quai et des navires.

7.4.3.1 Modifications en phase de construction

Deux scénarios ont été établis par l'APQ pour la période de construction en fonction des périodes de travaux prévus, soit pour l'an 1 (prévu pour 2018) et l'an 2 (prévu pour 2019). Les calculs ont été réalisés pour les cinq points récepteurs de relevés sonores identifiés dans l'état de référence (section 7.1.3 figure 7.10). L'horaire prévu des travaux quotidiens a été fixé à une période de 16 heures, soit de 6 h à 22 h. De 6 h à 7 h, les valeurs guides provinciales et municipales de nuit ont été utilisés tandis qu'entre 7 h et 22 h, ce sont les valeurs guides de jour qui ont été employés.

Les principaux équipements (sources de bruits) présents lors de la phase de construction du projet sont énumérés au tableau 7.38. Certains correctifs sonores (pénalités) ont été appliqués au bruit de quelques équipements pour tenir compte de la caractéristique du bruit produit. Pour les simulations, le principe de précaution a été employé. Par exemple, la méthode d'installation des palplanches retenue dans les modélisations est celle par battage, c'est-à-dire la plus bruyante.

Tableau 7.38 Puissance acoustique et nombre d'équipements modélisés - Scénario de construction

ÉQUIPEMENT	PUISSANCE ACOUSTIQUE (dBA) ¹	SCÉNARIOS NOMBRE D'ÉQUIPEMENT	
		AN 1	AN 2
Barge	100	1	1
Barge avec système intégré	102	1	1
Bourreuse-autoniveleuse	115	---	1
Bouteur grand format	114	1	3
Bouteur intermédiaire	111	---	1
Camion benne	105	138	138
Chargeuse intermédiaire	107	1	1
Compacteur	112	---	1
Cramponneuse à rail	110 ²	---	1
Drague hydraulique	109	1	1
Drague mécanique	110	1	---
Génératrice	108	1	2
Grue	107	---	2
Niveleuse	107	---	1
Pelle mécanique grand format	108	4	6
Pelle mécanique intermédiaire	104	---	1
Pompes à béton	103	2	2
Pompe hydraulique	93	---	2
Système de battage	126 ³	1	---
Usine de béton mobile	111	1	1
Vibrateur à ciment	107	4	4

1 Puissance acoustique arrondie à 1 dBA, réf. 1x10-12W

2 Un terme correctif de 5 dBA pour bruit impulsionnel ordinaire a été ajouté lors des calculs de pourcentage de la population fortement gênée (%HA).

3 Un terme correctif de 12 dBA pour bruit fortement impulsionnel a été ajouté lors des calculs de pourcentage de la population fortement gênée (%HA).

Les résultats des modélisations ont été comparés aux critères sonores fédéraux et aux valeurs guides provinciales (MDDELCC) et municipales (Ville de Québec seulement). Il en ressort que les niveaux de bruit modélisés sont conformes aux critères fédéraux. L'écart entre le %HA de référence et celui en présence des travaux n'excède pas +6.5 en valeur absolue. L'effet potentiel sur l'environnement sonore lors de la phase de construction, peu importe le scénario, devrait donc être mineur, et ce, sur la base que les deux scénarios se déroulent tel qu'anticipés. Au niveau provincial, aucun dépassement des valeurs guides n'a été observé le jour pour chacun des cinq secteurs. Cependant en période de nuit (entre 6 h et 7 h), les secteurs de Maizerets, Beauport et Vieux-Québec pourraient subir des dépassements modérés, notamment en période d'installation des palplanches. Les résultats des modèles comparés aux valeurs guides municipales ont montré qu'il n'y aurait pas de dépassement pour chacun des cinq secteurs étudiés (WSP, 2016b).

Ainsi, l'effet sonore en phase de construction est jugé mineur, lorsque l'on considère que l'ampleur est faible, que l'étendue se limite à la ZÉÉ, que la durée est à court terme, que la fréquence est régulière et que la modification est réversible.

7.4.3.2 Mesures d'atténuation

Les actions suivantes sont envisagées :

- ▶ réaliser un suivi en temps réel, si les critères fédéraux sont dépassés, l'APQ exigera que l'entrepreneur utilise une méthode alternative, soit par vibrofonçage ou par système hydraulique au lieu d'un fonçage par battage. Ces méthodes en plus d'être moins bruyantes éliminent le bruit impulsionnel qui est de nature plus dérangeante qu'un bruit continu;
- ▶ limiter les activités de fonçage de palplanche à la période de jour uniquement entre 7 h et 19 h;
- ▶ munir les équipements (pelles mécaniques, compresseurs, etc.) de silencieux d'origine fournis par le manufacturier, lorsque possible. Les silencieux doivent demeurer en bon état de fonctionnement;
- ▶ éteindre les équipements électriques ou mécaniques non utilisés, ainsi que les camions en attente d'un chargement pour un temps excédant le temps d'attente normale;
- ▶ minimiser l'utilisation de frein moteur sur le chantier;
- ▶ minimiser le claquement des panneaux arrière des camions lors du déchargement de matériaux;
- ▶ disposer, lorsque possible, un écran sonore entre les travaux les plus bruyants et les résidences;
- ▶ munir les équipements (ex. pelles et chargeuses) d'une alarme de recul à bruit blanc et ajustée de manière à obtenir un niveau sonore maximum de 10 dBA au-dessus du bruit environnant du chantier, tout en gardant le chantier conforme en matière de santé et sécurité au travail.

7.4.3.3 Importance des effets résiduels

Suite à l'application des mesures d'atténuation, l'ampleur des effets pour la composante environnementale demeure faible et ainsi l'effet négatif résiduel est mineur.

7.4.3.4 Modifications en phase d'exploitation

Le tableau 7.39 présente les équipements et leurs puissances acoustiques, tel qu'utilisé dans le cadre du modèle pour le scénario d'effet en phase d'exploitation.

Tableau 7.39 Puissance acoustique et nombre d'équipements modélisés - Scénario d'exploitation

ÉQUIPEMENT	PUISSANCE ACOUSTIQUE (dBA) ¹	NOMBRE D'ÉQUIPEMENTS
Alarme de l'extension flexible	109	1
Alarme du bras d'extension	102	1
Alarme pour convoyeur	115	1
Camion de cours	121	10
Chariot empileur	123	8
Chute dans la trémie	103	1
Chute du vrac sur convoyeur	117	2
Conteneur réfrigéré	81	100
Convoi ferroviaire	87 ^b	2
Dépoussiéreur de l'extension flexible	91	1
Dépoussiéreur du bras de chargement	81	1
Dépoussiéreur tour de chargement	78	1
Échappement génératrice	118	4
Génératrice	104	4
Moteur convoyeur chargement	92	2
Moteur convoyeur de tête	91	1
Moteur déplacement extension	73	2
Moteur dépoussiéreur de l'extension flexible	85	1
Moteur dépoussiéreur du bras de chargement	84	1
Moteur dépoussiéreur tour de chargement	84	1
Navire	117	2
Pompes	93	2
Rouleau convoyeur chargement	83 ^b	3
Sirène déplacement tour	122	1
Système de convoyeur entre le quai et les réservoirs	89 ²	2
Ventilateur de la tour de déchargement	84	1

1 Puissance acoustique arrondie à 1 dBA, réf. 1x10-12W.

2 Valeur en dB/m.

Les résultats de la modélisation ont été comparés aux critères sonores fédéraux ainsi qu'aux valeurs guides provinciales (MDDELCC) et municipales (Ville de Québec seulement). Il en ressort que les niveaux de bruit modélisés sont conformes aux critères fédéraux pour tous les points récepteurs (WSP, 2016b). Les niveaux sonores respectaient aussi les valeurs guides à l'exception de la période de nuit pour le secteur de Lévis. Pour ce secteur, la valeur guide municipale de 45 dBA n'est pas respectée et l'effet pourrait être modéré (WSP, 2016b).

Ainsi, l'effet sonore en phase d'exploitation est jugé mineur, lorsque l'on considère que l'ampleur est faible, que l'étendue se limite à la ZÉÉ, que la durée est à long terme, que la fréquence est régulière et que la modification est en partie réversible.

Mesures d'atténuation

Les actions suivantes sont envisagées :

- ▶ munir les nouvelles génératrices de silencieux réactif à l'échappement des gaz;
- ▶ disposer lorsque possible les équipements mécaniques (pompes, moteurs, etc.) dans des bâtiments;
- ▶ disposer les conteneurs et infrastructures fixes de manière à faire écran à la propagation sonore vers les résidences et plus particulièrement ceux de Lévis;
- ▶ éteindre les équipements électriques ou mécaniques non utilisés, ainsi que les convois ferroviaires en attente d'un chargement;
- ▶ munir un maximum d'équipements (ex. camions de cours, chariots empileurs) d'une alarme de recul à bruit blanc tout en gardant le terminal conforme en matière de santé et sécurité au travail.

Importance des effets résiduels

Suite à l'application des mesures d'atténuation, la fréquence de l'effet pour la composante environnementale devient occasionnelle et ainsi l'effet négatif résiduel est mineur.

7.4.4 Environnement lumineux

Pour évaluer les effets du projet sur l'environnement lumineux nocturne, la compagnie Ombrage a réalisé un modèle de dispersion lumineux ainsi qu'une simulation Photoshop permettant d'apprécier l'effet visuel du projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde de l'APQ (Ombrages, 2015). À partir des photos professionnelles, Ombrages (2015) a dupliqué proportionnellement et en conservant les mêmes perspectives, les quais existants. Ainsi, les infographies ne prétendent pas représenter avec exactitude l'effet lumineux des nouveaux quais, mais donnent un aperçu réaliste de l'ensemble du site si des appareils de mêmes types étaient ultérieurement installés. Le résultat de cette comparaison est présenté à l'annexe 7.2.

7.4.4.1 Modifications en phase de construction

Compte tenu de l'envergure des travaux et du calendrier de réalisation, il est probable que certaines activités se déroulent 24h/24 et qu'elles soient étalées sur au moins deux ans entre avril et décembre. Les équipements flottants (dragues et remorqueurs) et terrestres (camions, machinerie et équipements nécessaires pour la construction) seront vraisemblablement des éléments perturbateurs de l'environnement lumineux nocturne.

L'effet potentiel en phase de construction a donc une valeur mineure, lorsqu'on considère que l'ampleur est élevée, que l'étendue se limite à la ZÉÉ, que la durée est à court terme, que la fréquence est occasionnelle et que la modification est réversible.

Mesures d'atténuation

Amélioration des installations existantes

Dans le cadre d'une mise à niveau des quais existants, l'APQ s'engage à mettre en place un programme de diminution de la pollution lumineuse sur un horizon de cinq ans, permettant de réduire les effets indésirables notés, tant en hiver qu'en été. Pour se faire, une analyse approfondie de chacune des sources sera faite et par la suite, le programme sera mis en place de façon graduelle. Finalement, un suivi sera fait sur l'étude de luminosité après modifications et construction pour mesurer l'impact du projet et des améliorations apportées.

En phase de construction

Une attention particulière sera portée à l'emplacement des systèmes d'éclairage lorsque des travaux en soirée et de nuit seront requis. Les mesures d'atténuation proposées, autant pour les infrastructures existantes au Port que les opérations à venir, seront applicables. L'efficacité des mesures sera quantifiée au moyen d'un suivi de l'environnement lumineux sur le terrain. Advenant une problématique, l'éclairage sur le chantier sera ajusté. À titre d'exemple, les éléments suivants pourraient être ajustés : l'inclinaison des luminaires afin de projeter un minimum de lumière vers le ciel et hors du site, le rehaussement des tours/mâts de fixation et l'utilisation des luminaires au DEL ou au plasma pour obtenir un flux lumineux mieux dirigé.

Importance des effets résiduels

À la suite à l'application des mesures d'atténuation, l'ampleur de l'effet devient modérée et ainsi l'effet négatif résiduel demeure mineur et non important.

7.4.4.2 Modifications en phase d'exploitation

La simulation réalisée par Ombrages a été faite selon l'hypothèse d'aménagement présentée au chapitre 3 avec des activités de transfert de vrac solide, liquide et de marchandises générales conteneurisées. Il est à noter que l'éclairage est établi en fonction des normes de sécurité pour les travailleurs sur le site et selon les besoins des activités en cours.

Lorsque les aménagements sur le quai seront construits, les activités d'exploitation se produiront possiblement de jour comme de nuit et toutes les installations et la machinerie nécessaires seront vraisemblablement des éléments perturbateurs.

Selon Ombrages (2015), les résultats des rapports de pollution lumineuse indiquent qu'advenant que les appareils d'éclairage de la partie existante soient conservés à la suite de l'aménagement du nouveau quai, l'interprétation des résultats est similaire aux résultats obtenus pour la photométrie des quais actuels et cela ne fera que recréer les mêmes problématiques (intensité, pollution). L'analyse des rapports lumineux montre que les mêmes secteurs que ceux visés dans l'état de référence dépasseront les valeurs guides suggérées par la CIE 150 : 2003. Ainsi, les contraintes d'intensité lumineuse ne seraient jamais satisfaites, sauf pour le calcul depuis l'île d'Orléans.

Site 1 : Lévis – Rue Thomas-Bertrand

Depuis le site plus à l'est de Lévis, l'angle de vision du projet d'agrandissement du quai est très grand. Si le projet se réalise avec les mêmes conditions d'éclairage que l'état actuel, la duplication sera bien visible sur presque toute sa longueur et l'effet lumineux sera doublé. Puisque depuis cet angle, le quai s'allonge vers une zone actuellement plus sombre, l'impact lumineux paraîtra plus important (annexe 7.2).

Site 2 : Lévis – Grève-Jolliet

La vue depuis le site plus à l'ouest de Lévis est celle qui offre le plus grand angle de vision sur le projet, de par l'orientation de celui-ci. Dans le panorama global vu depuis ce point, le projet d'agrandissement du port vient ajouter 610 m d'activités qui nécessitent un éclairage adéquat. Cela a comme effet d'augmenter le niveau de luminosité et d'éblouissement perçu dans l'environnement (effet aérien et reflet sur l'eau). Puisque le projet se situe dans une zone qui compte actuellement peu d'éléments lumineux forts, l'effet sera d'autant plus appréciable (annexe 7.2).

Site 3 : Beauport – Boulevard des Chutes

Bien que depuis Beauport la vue est la plus serrée du projet (plus petit angle), l'effet visuel du projet d'agrandissement est plutôt significatif puisqu'il remplit une zone actuellement sombre du secteur. De ce point de vue, ce seront les activités en arrière-plan (plutôt que les activités de chargement-déchargement) qui seront les plus visibles (annexe 7.2).

Site 4 : Île d'Orléans – Pointe de l'Île (rue Horatio Walker)

Le site de l'île d'Orléans est le plus éloigné des quatre sites visités et l'angle de vision offre un panorama très étendu sur les autres éléments du paysage nocturne. C'est probablement depuis ce point de vue que l'effet visuel du projet d'agrandissement est le moins significatif. Toutefois, la lumière blanche des appareils d'éclairage (en contraste avec la lumière jaune des sources au sodium) attirera l'œil dans ce secteur (annexe 7.2).

L'effet potentiel en phase d'exploitation sur l'environnement lumineux est jugé majeur, lorsque l'on considère que l'ampleur est élevée, que l'étendue correspond à la ZÉÉ, que la durée est à long terme, que la fréquence est régulière et que la modification est réversible.

Mesures d'atténuation

- ▶ Utiliser un luminaire au DEL avec une photométrie adaptée et contrôlée permet de respecter les normes.
- ▶ Utiliser des visières : Une réduction de la pollution lumineuse peut se traduire par la mise en place de visières sur les luminaires qui sont les plus visibles depuis les environs et celles projetant le plus de lumière en haut de l'axe horizontal. Ces déflecteurs permettent de cacher la source afin de diminuer l'éblouissement vu de loin ainsi que la lumière intrusive.
- ▶ Limiter l'inclinaison (vers le haut) des luminaires : Pour les mêmes raisons citées au point précédent et afin de projeter un minimum de lumière vers le ciel et hors du site.
- ▶ Rehausser les tours/mâts de fixation : En installant les luminaires à une hauteur suffisante, ceux-ci peuvent être dirigés davantage vers le bas afin d'éclairer la même zone et de réduire la pollution lumineuse. De cette manière, l'énergie nécessaire à un même niveau d'éclairage peut être plus grande, il faut donc chercher le bon équilibre.
- ▶ Ajouter des tours : En ajoutant des tours de projecteurs afin de cibler les éléments à éclairer plus précisément, il n'est possiblement pas nécessaire de les rehausser et cela contribue à une meilleure utilisation de l'éclairage et éventuellement à une meilleure uniformité du site. Cette méthode augmente par contre le coût d'installation, mais la puissance des luminaires peut possiblement être réduite.
- ▶ Utiliser des projecteurs de dernière technologie : Des luminaires au DEL ou plasma permettent d'avoir un flux lumineux plus dirigé et sont des sources de lumière plus efficaces (lumens par watts). De plus, l'utilisation d'un luminaire au DEL avec une photométrie adaptée et contrôlée permettra de respecter les normes.
- ▶ Utiliser des luminaires de type défilé absolu ne projetant aucune lumière vers le ciel.
- ▶ Utiliser un système de contrôle : L'utilisation d'un système de contrôle peut permettre, par exemple, de réduire le niveau d'éclairage en hiver afin de compenser pour la réflexion de la neige qui apporte une contribution supplémentaire à l'éclairage. De plus, un système de contrôle peut apporter de nombreux autres avantages tels que l'automatisation du système, le contrôle à distance, la détection de fautes (réduction de coûts de maintenance) pour n'en nommer que quelques-uns. Au besoin, et selon la zone éclairée, un tel système permet également d'ajuster l'intensité de l'éclairage selon les

utilisations (produits transités, techniques et équipements de transbordement, d'entreposage et de manutention différents).

- ▶ L'éclairage peut aussi avoir un objectif d'embellissement et de mise en valeur, comme cela a été réalisé pour les silos de G3 (anciennement Bunge), au Port de Québec. Cette pratique est également appliquée dans d'autres grandes villes pour la mise en valeur de certaines installations industrielles.

Importance des effets résiduels

L'application des mesures d'atténuation permet de réduire l'ampleur de l'effet à modérée et ainsi l'effet négatif résiduel est moyen et non important.

7.5 MODIFICATION AU MILIEU PHYSIQUE – GÉOMORPHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES FLUVIALES

7.5.1 Relief et drainage

7.5.1.1 Modifications en phase de construction

En phase de construction, le relief sera considérablement modifié dans les secteurs de la Baie de Beauport et au niveau du terminal du nouveau quai multifonctionnel en eau profonde.

Dans le secteur de la Baie de Beauport, un brise-lames sera construit modifiant le fond marin sur une surface d'environ 4 990 m². La plage actuelle sera, quant à elle, bonifiée par l'ajout de sable sur une longueur de 246,5 m. Cette bonification viendra modifier le fond marin sur une superficie de 47 920 m². De plus, selon une des options d'aménagement, un bassin de décantation temporaire sera construit dans l'enclos des bateaux de plaisanciers afin de permettre la gestion des eaux de décantation du bassin de stockage du terminal du nouveau quai multifonctionnel en eau profonde. Les eaux seront caractérisées à la fin du processus de décantation pour s'assurer du respect des exigences de rejet avant d'être rejeté au fleuve (section 3.2.11).

Pour le nouveau quai multifonctionnel en eau profonde, l'empiètement modifiera le caractère naturel du secteur puisqu'une surface plane en gravier sera construite. Par ailleurs, une modification du fond marin pour permettre l'accostage sera réalisée par dragage. Lors des travaux, un bassin temporaire de décantation des matériaux dragués sera construit sur la plage de ce secteur. Selon les options choisies, les eaux de décantations pourront être acheminées, soit vers le bassin de sédimentation installé dans le secteur de la Baie de Beauport ou directement au fleuve via un déversoir installé à l'opposé de l'entrée des sédiments dans le bassin de décantation sur la digue de géotubes.

Un second bassin de décantation sera construit sur la plage de la Baie de Beauport pour gérer les sédiments qui seront nécessaires à la recharge de la plage. Le surnageant du bassin sera retourné au fleuve par le biais d'un déversoir installé à l'opposé du point d'entrée des sédiments dans le bassin, sur la digue de géotubes.

Les principes directeurs du *Guide de gestion des eaux de pluie* sont de réaliser la gestion des eaux pluviales et de maximiser l'infiltration et de minimiser le rejet de matière en suspension (MES) dans l'environnement. Faute d'équivalent fédéral, ces principes serviront de valeur guide dans le cadre de l'analyse des effets de ce projet.

D'un point de vue physique, aucun effet sur l'environnement ne sera observé quant à la modification du relief. Le terrain actuel est relativement plat et le demeurera. Par ailleurs, lors de l'exécution des travaux,

des sols seront mis à nu et des particules fines sont susceptibles d'être transportées sur le site et à l'extérieur du site. Lors de pluies ou encore lors de manutention ou pompage d'eau, ces particules peuvent être mises en suspension dans l'eau et transportées par ruissellement. Si aucune intervention n'est faite, ces eaux chargées peuvent ensuite se déverser dans le fleuve. Ainsi, les effets potentiels sur l'environnement dépendent du type de substrat et de sa qualité (sol ou sédiments, contaminé ou non). Les informations relatives à la qualité des sédiments sont traitées en détail dans les sections concernant les sédiments (7.6.2) et les eaux de surface (7.5.6).

L'effet potentiel est donc moyen, lorsque l'on considère que l'ampleur est modérée, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à court terme, que la perturbation ne se produira qu'une fois et que la modification est irréversible.

Mesures d'atténuation

Aucune mesure d'atténuation n'est proposée quant au relief. Le choix du type d'aménagement actuel a été fait dans le but d'optimiser l'intervention.

Pour les surfaces touchées par les travaux et non pourvues de système de drainage, une planification exhaustive du drainage sera réalisée préalablement aux travaux. Les principes généraux seront de concentrer les eaux de ruissellement vers des fossés de drainage qui canaliseront les eaux vers des barrières à sédiments. Ces barrières à sédiments permettront de réduire les quantités de MES qui seront rejetées dans le fleuve ou dans le réseau d'égout pluvial.

Pour les surfaces touchées et pourvues de système de drainage, des mesures particulières seront apportées afin de réduire l'apport de MES supplémentaires à la zone. Les mesures comprennent l'ajout de géotextiles filtrants dans les puisards de captation, le nettoyage fréquent des puisards et du système de réception des eaux de pluie. D'autres interventions pourraient être mises en place au besoin.

Un suivi quotidien de la performance de la planification en matière de drainage temporaire sera réalisé. En cas de besoin, des interventions supplémentaires seront réalisées afin d'en améliorer l'efficacité.

Parcelle 1 – Terminal quai 26

Actuellement, il n'existe pas de réseau d'égout pluvial sur le quai 26. Lors de la mise en place des installations de production de béton incluant les enclos pour les matériaux granulaires, les surfaces seront aménagées de façon à diriger les eaux de surfaces vers des structures de type puisard qui seront installées et qui seront munies de géotextiles à leur exutoire. Une validation de l'efficacité de ces géotextiles sera réalisée hebdomadairement et après de fortes averses. Un nettoyage des surfaces de travail et des ouvrages de captation aura lieu périodiquement ainsi qu'à la fin des travaux.

Parcelle 2 – Secteur de l'estuaire

Des géotextiles seront ajoutés sur les puisards de captation des eaux de pluie afin de réduire la quantité de MES envoyées dans le réseau. Une validation de l'efficacité de ces géotextiles sera réalisée hebdomadairement et après de fortes averses. Un nettoyage des surfaces de travail et des ouvrages de captation aura lieu périodiquement ainsi qu'à la fin des travaux.

Parcelle 3 – Terrain Henri-Bourassa secteur sud

Un système de drainage de surface par la construction de fossé permettra d'assurer une meilleure gestion des eaux de surface. Des géotextiles seront installés aux endroits stratégiques du réseau afin d'éliminer les MES. Le nouveau système sera relié au réseau de la rue du Ressac.

Parcelle 4 – Terrain Henri-Bourassa secteur nord

Dans ce secteur, l'intervention consiste à construire une aire de stockage pour l'entreposage temporaire des sédiments contaminés. Les sédiments seront dragués, puis transportés sur une aire d'entreposage étanche. Les eaux de ruissellement de cette aire de stockage seront dirigées vers deux bassins de rétention. L'eau accumulée sera échantillonnée et caractérisée. En fonction des résultats obtenue, l'eau sera retournée au fleuve ou encore traitée pour être par la suite dirigée au fleuve.

Terminal quai 53

Si requis, selon les activités qui pourront affecter ce secteur, des géotextiles pourront être ajoutés sur les puisards de captation des eaux de pluie afin de réduire la quantité de MES envoyées dans le réseau. Une validation de l'efficacité de ces géotextiles sera réalisée hebdomadairement et après de fortes averses, le cas échéant. Un nettoyage des surfaces de travail et des ouvrages de captation aura lieu périodiquement ainsi qu'à la fin des travaux.

Terminal quai 54

Dans ce secteur, les travaux seront majeurs et les risques de production de MES dans les eaux de ruissellement le seront tout autant. Il sera important de concentrer les eaux de ruissellement vers des fossés de drainage qui canaliseront les eaux vers des barrières à sédiments. Par la suite, les eaux filtrées seront envoyées vers le fleuve. Une validation de l'efficacité du système de drainage et de gestion des MES sera réalisée quotidiennement et après de fortes averses.

Baie de Beauport

Dans ce secteur, les travaux seront considérables et les risques de production de MES dans les eaux de ruissellement le seront tout autant. Il sera important de concentrer les eaux de ruissellement vers des fossés de drainage qui canaliseront les eaux vers des barrières à sédiments. Par la suite, les eaux filtrées seront envoyées vers le fleuve. Dans les secteurs où un réseau de drainage de surface est existant, des géotextiles seront ajoutés afin de contrôler les MES produits par les travaux. Une validation de l'efficacité des systèmes de drainage et de gestion des MES sera réalisée quotidiennement et après de fortes averses. Un nettoyage des ouvrages de captation existants aura lieu périodiquement ainsi qu'à la fin des travaux.

Importance des effets résiduels

À la suite de l'application des mesures d'atténuation, l'ampleur des effets devient faible et ainsi l'effet négatif résiduel est jugé mineur et non important.

7.5.1.2 Modifications en phase d'exploitation

Selon les principes directeurs du *Guide de gestion des eaux de pluie*, l'approche en gestion des eaux pluviales est de maximiser l'infiltration et de minimiser le rejet de matière en suspension dans l'environnement. Faute d'équivalent fédéral, ces principes serviront de valeur guide dans le cadre de l'analyse des effets de ce projet.

Une fois les travaux complétés, les secteurs servants de zone temporaire de travaux (Parcelles 1 à 4 et terminal quai 53) retourneront à leur état d'origine suivant un nettoyage final. Par ailleurs, les nouveaux secteurs construits (terminal quai 54 et Baie de Beauport) seront touchés de la façon suivante :

Terminal quai 54

Le terminal quai 54 aura de nouveaux équipements de gestion des eaux de pluie. Un nouveau réseau de captage sera construit et les eaux de pluie seront dirigées vers un bassin de décantation qui sera mis en place au moment où le nouveau réseau pluvial sera construit. Ce bassin sera conçu pour permettre de récupérer les MES qui pourraient se trouver dans les eaux de ruissellement et pour abaisser leur concentration sous la barre des exigences réglementaires pour ensuite pouvoir les rejeter au fleuve. En fonction des besoins requis par le ou les nouveaux clients, un système de filtration mieux adapté pourra également s'avérer nécessaire et sera alors installé.

Les surfaces construites du nouveau terminal seront laissées en gravier dans l'attente des infrastructures d'exploitation. Puisque les surfaces seront recouvertes de gravier, il est possible que davantage de particules fines soient transportées vers le réseau de captage et que des concentrations un peu plus élevées soient rencontrées jusqu'à la finalisation des surfaces avec un matériau plus étanche (pavage, béton).

L'effet en phase d'exploitation est mineur, lorsque l'on considère que l'ampleur est faible, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à long terme, que la perturbation ne se produira qu'occasionnellement et que la modification est réversible.

Baie de Beauport

Comme les modifications permanentes apportées à ce secteur concernent uniquement la bonification de la plage et l'ajout d'un brise-lames, aucun effet sur l'environnement ne sera observé en présence des infrastructures. Une fois la phase de construction complétée, à l'exception de la modification du relief dans le secteur de la plage, ce secteur retrouvera les conditions initiales de drainage. Étant donné la nature sableuse des sols sur l'ensemble de la péninsule, les eaux de ruissellement s'infiltreront rapidement dans le sol. Il y aura normalement peu de MES rejetées vers le fleuve.

L'effet potentiel en phase d'exploitation est mineur, lorsque l'on considère que l'ampleur est faible, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à long terme, que la perturbation ne se produira qu'occasionnellement et que la modification est réversible.

Mesures d'atténuation

Pour le nouveau quai multifonctionnel en eau profonde, comme les surfaces seront laissées en gravier, certains équipements de captage seront munis de géotextile afin de réduire l'apport en MES au réseau. Par ailleurs, il est possible que certains équipements de captage soient temporairement condamnés étant donné la perméabilité relative de la surface temporaire en gravier qui permettra l'infiltration des eaux de pluie. Ainsi, il sera possible de réduire l'apport en MES dans le réseau pluvial. Un suivi périodique de l'état des équipements de captage de même que des équipements de gestion des MES sera réalisé afin de valider l'efficacité de ceux-ci.

Aucune mesure d'atténuation n'est requise pour le secteur de la Baie de Beauport pour les raisons citées plus haut.

Importance des effets résiduels

À la suite de l'application des mesures d'atténuation proposées, l'ampleur des effets résiduels est considérée faible. Par conséquent, ces effets sont mineurs et non importants.

7.5.2 Réseau hydrographique et régime hydrologique

Le réseau hydrographique et le régime hydrologique ne sont pas une CVE, mais sont des composantes de l'environnement fluvial. Aucune modification n'est prévue sur cette composante dans les limites temporelles et spatiales du projet. Par conséquent, aucun effet résiduel n'est attendu.

7.5.3 Bathymétrie

La bathymétrie est une composante de la CVE environnement fluvial. Les modifications à la bathymétrie sont liées au dragage et au régime sédimentologique et sont donc traitées dans les sections correspondantes (sections 7.6.2 et 7.5.5).

7.5.4 Conditions hydrodynamiques (courants et vagues)

Les conditions hydrodynamiques sont une composante valorisée de l'environnement fluvial en raison de leurs importances pour la dynamique sédimentaire, le maintien des conditions des habitats pour la faune et la flore ainsi que le maintien des activités récréotouristiques.

Les conditions hydrodynamiques peuvent être modifiées à la suite de la construction du nouveau quai multifonctionnel en eau profonde, de la plage et du brise-lames. Un modèle hydrodynamique a été développé pour comparer l'état de référence et pour estimer les effets de l'empiètement prévu des nouvelles infrastructures et de la nouvelle plage incluant le brise-lames. Ce modèle a permis d'évaluer les effets liés à la présence des infrastructures dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles et la plage de Beauport et à plus grande échelle sur l'ensemble de la ZÉÉ. Les modifications étudiées sont :

- ▶ La modification de l'hydrodynamique régionale;
- ▶ La modification de la distribution des courants dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles;
- ▶ La modification des courants côtiers sur la plage récréotouristique;
- ▶ La modification sur les vagues;
- ▶ La modification par le prolongement de l'émissaire.

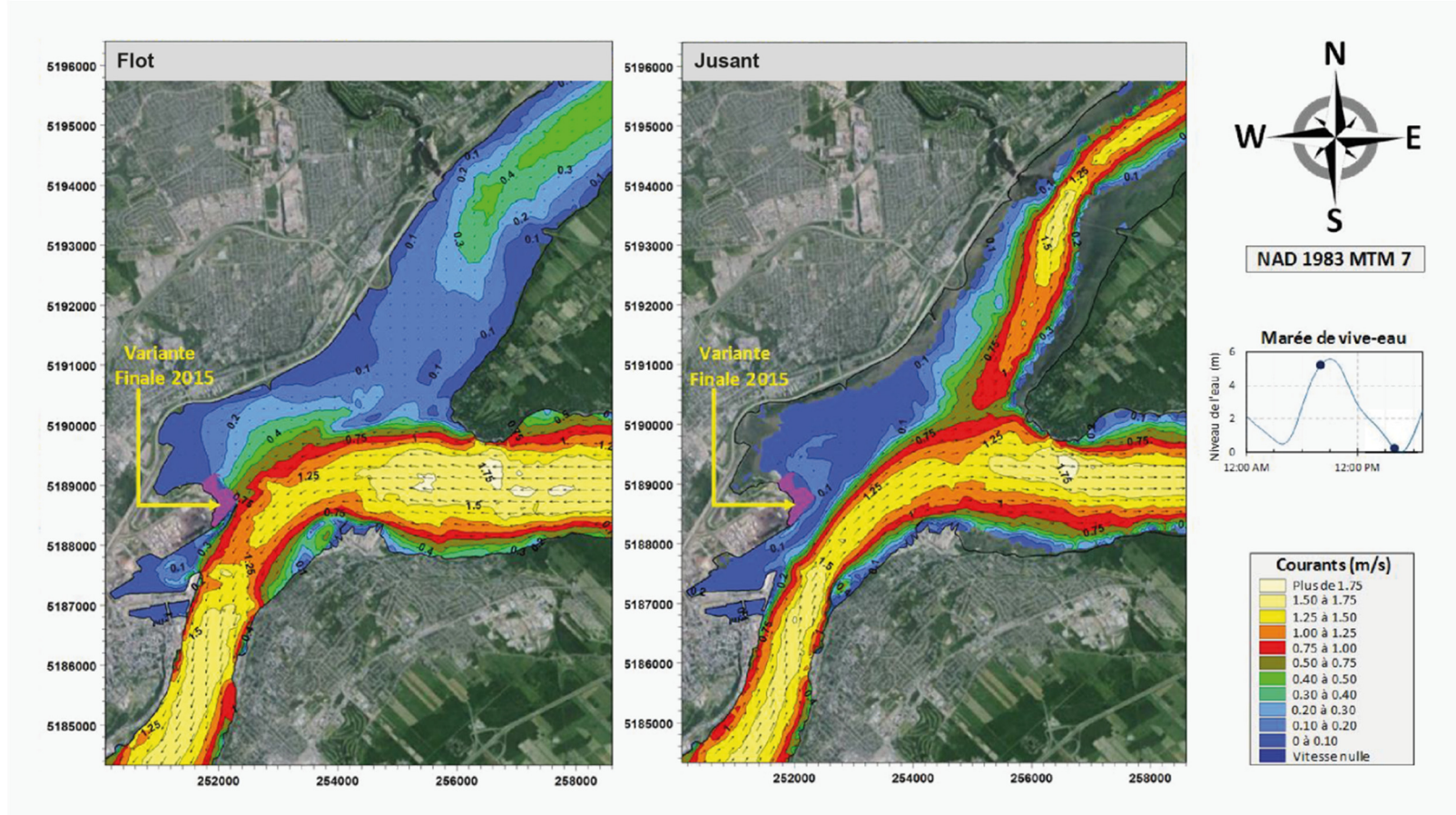
7.5.4.1 Modifications en phase de construction

Les effets sur l'hydrodynamique en phase de construction sont difficiles à déterminer avec précision. Ils correspondent à des contraintes hydrodynamiques liées à l'implantation temporaire de structure de construction. De tels effets n'ont pas été considérés dans le cadre de l'ÉIE puisqu'il a été jugé que les effets potentiels seront mineurs comparativement à ceux découlant possiblement de la présence permanente des nouveaux aménagements. Pour cette raison, les modifications identifiées sont présentées pour la phase d'exploitation à la section 7.5.4.2.

7.5.4.2 Modifications en phase d'exploitation

Modification de l'hydrodynamique de la ZÉÉ

Les résultats de la modélisation des courants pour la ZÉÉ en phase d'exploitation au jusant et au flot montrent que la présence des nouvelles infrastructures n'aura pas un effet significatif sur les courants de la ZÉÉ (Figure 7.54). On remarque les mêmes tendances que celles présentées pour les conditions actuelles : le courant principal passe par la voie maritime du fleuve Saint-Laurent. Au flot, le courant remonte le fleuve Saint-Laurent, est fort et se propage vers le nord-ouest au niveau de la baie de Beauport. Il passe très près des installations portuaires sans influencer outre mesure le bassin de la rivière Saint-Charles. Au jusant, le courant s'écoule vers l'aval ce qui augmente son intensité de part et d'autre de l'île d'Orléans. Comme c'est le cas pour les conditions actuelles, les courants passent plus au large des infrastructures portuaires à ce stade de marée.



Source : LaSalle|NHC & Consultants Ropars, Inc.

Fichier : CM_P0010666_7007_160916.ai

Figure 7.54 Courants maximum de flot et de jusant en présence de l'aménagement du nouveau quai multifonctionnel.

Les différences maximales de vitesse identifiées par la modélisation des deux configurations du secteur de Beauport (actuelle versus projetée) lors de l'ensemble du cycle de marée de vive-eau sont de plus ou moins 20 cm/s (figures 7.55). En condition actuelle, les vitesses de courant en marée de vive-eau peuvent atteindre 1,75 m/s ainsi, cette modification correspond à un effet ne dépassant pas 12 %. Selon le modèle, les différences de courant au nord et au sud de l'île d'Orléans ne sont pas significatives (< de 2 cm/s). Il en va de même pour une bonne portion de l'environnement fluvial de la ZÉE (Figure 7.55).

Les modifications sont plus importantes en bordure du site du projet Beauport2020. Selon le modèle, il pourrait y avoir une faible diminution des courants dans la partie nord-ouest de la baie de Beauport surtout en période de flot tandis qu'il pourrait augmenter en façade de l'aménagement du nouveau quai multifonctionnel et du Quai 26 (Figure 7.55).

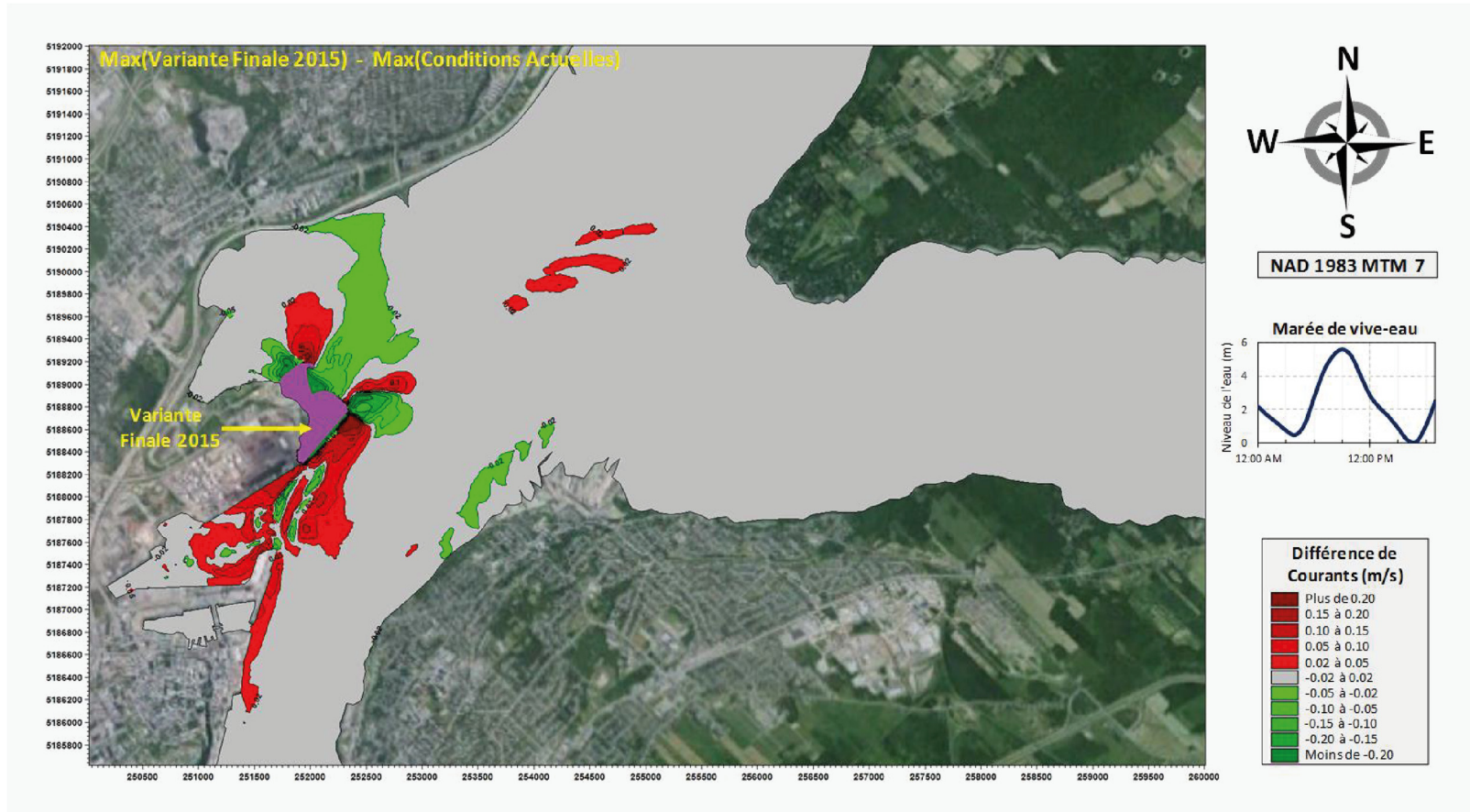
Modification de la distribution des courants dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles

Lorsqu'on analyse les variations de courants à l'intérieur du bassin de la rivière Saint-Charles, les résultats montrent que les courants devraient augmenter de 10 cm/s par rapport aux conditions actuelles (Figure 7.56). Cette différence est faible étant donné que la gamme de vitesse dans ce secteur, influencé en partie par la voie maritime, est de l'ordre du m/s. Aussi, les modélisations ont montré qu'en conditions futures, la gyre sera toujours présente pendant les trois dernières heures de la marée montante ainsi que la gyre qui se développe de façon transitoire à marée descendante à l'entrée du bassin (Figure 7.57).

Modification des courants côtiers sur la plage récréotouristique

La figure 7.58 illustre respectivement les courants de marée maximums de flot et de jusant prédits par le modèle numérique aux abords de la plage actuelle et de la future plage (variante V15-06). À l'extrémité du brise-lames, les courants de marée peuvent conduire à des vitesses d'écoulement relativement importantes (de l'ordre de 0,25 à 0,35 m/s) alors qu'ils demeurent faibles aux abords immédiats de la nouvelle plage. En outre, les courants à proximité de la nouvelle plage seront plus faibles que ceux modélisés en condition actuelle.

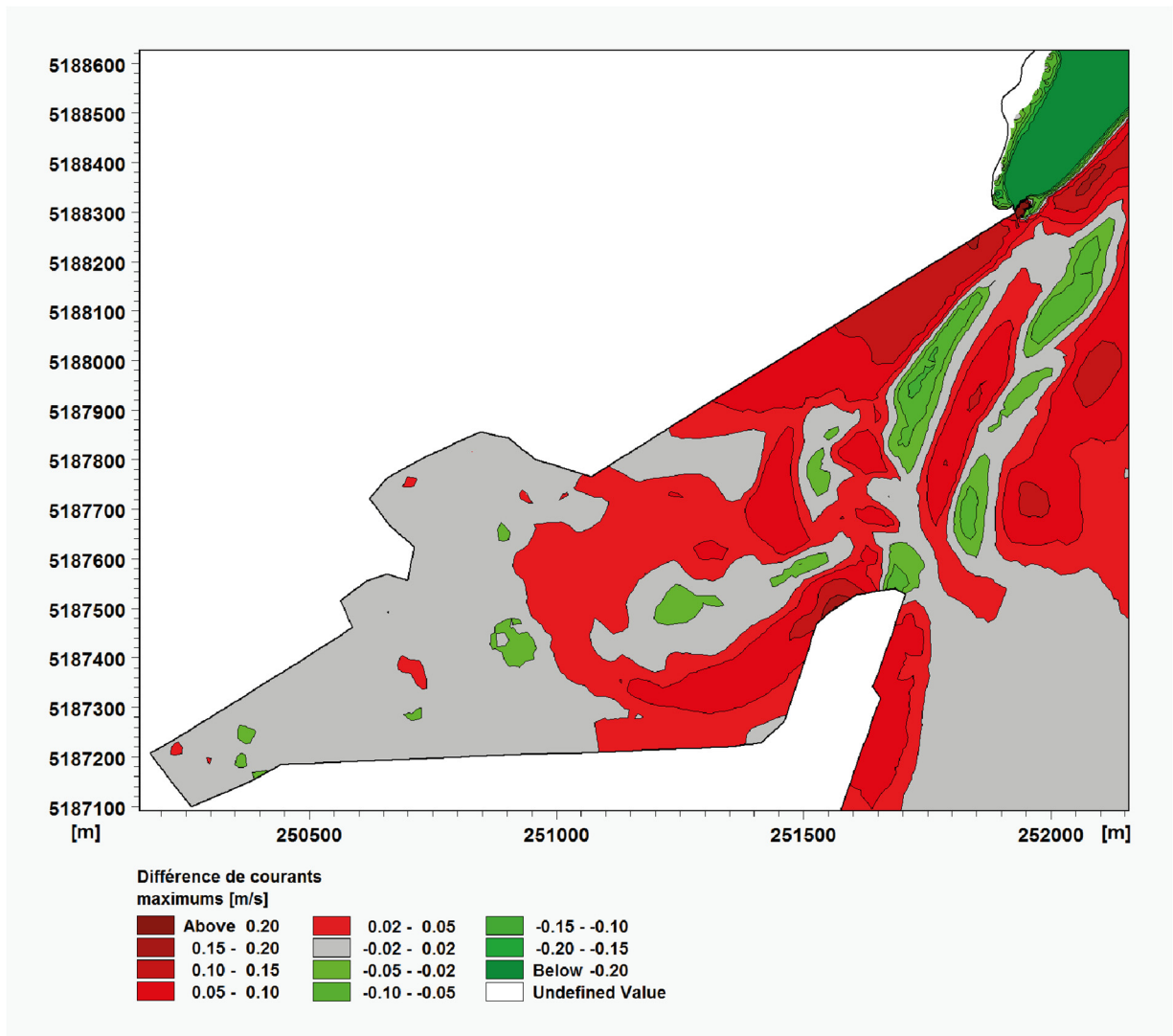
La figure 7.59 illustre les champs de courants résultant de la superposition des courants de marée et des courants littoraux liés aux vagues de tempêtes. Les courants littoraux obtenus le long de la plage actuelle et de la future plage correspondent à une tempête de l'ENE avec des vents maximums d'un peu plus de 60 km/h. Tel que discuté précédemment, la variante V15-06 de la plage permet une nette diminution de l'intensité des courants de marée et littoraux ce qui signifie qu'il y aurait une nette diminution de l'érosion du littoral. Au nord du brise-lames, la circulation sera aussi modifiée notamment par les vagues (figure 7.59).



Source : Lasalle|NHC & Consultants Ropars, Inc., 2016. *Port de Québec - Beauport 2020 Réponses aux questions d'ordre hydro-sédimentaires évaluation d'impact environnemental – Rapport technique, Figure 3.5*

Fichier : CM_P0010666_7047_160921.ai

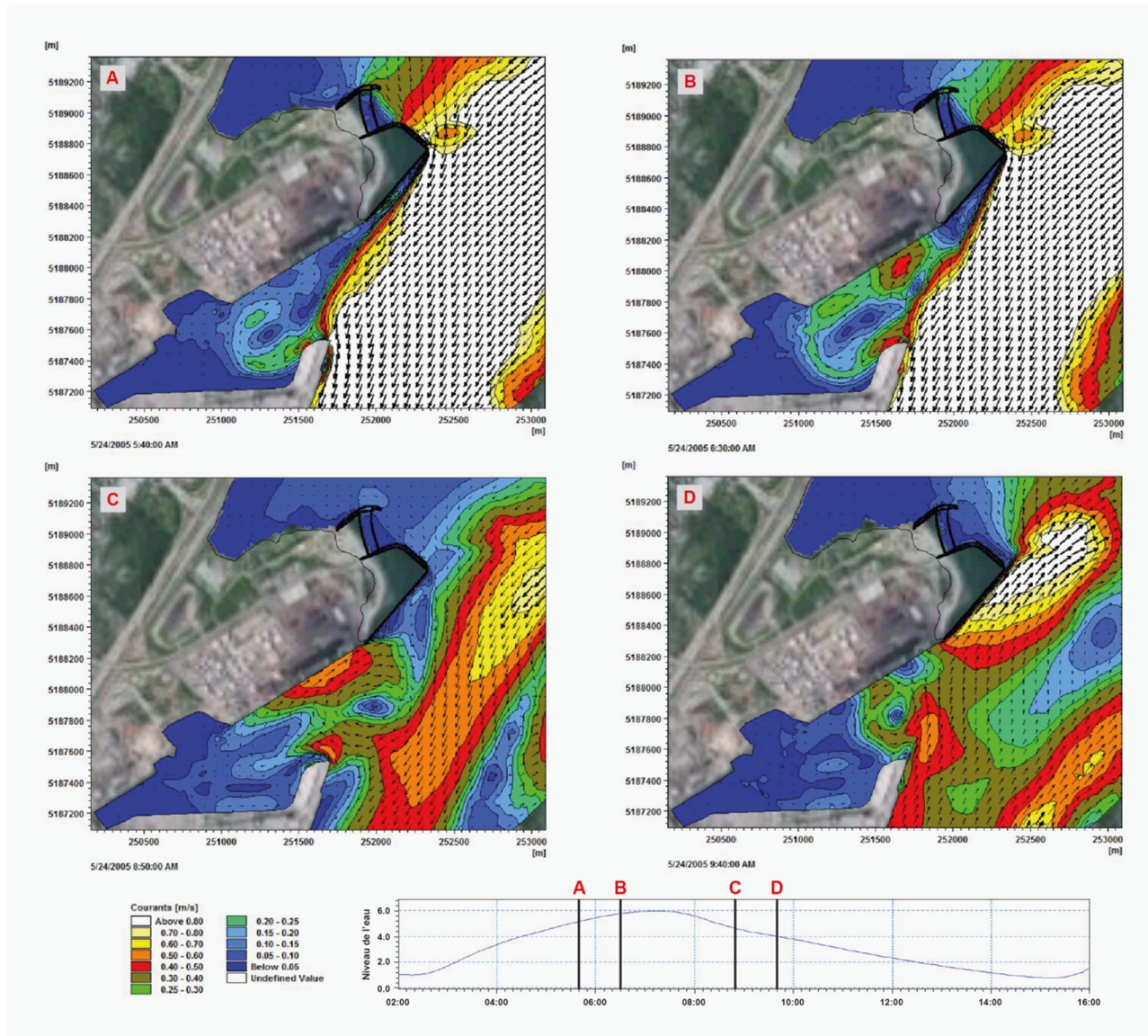
Figure 7.55 Différence des vitesses maximales obtenues pendant un cycle complet de vive-eau



Source : Lasalle|NHC & Consultants Ropars, Inc., 2016. *Port de Québec - Beauport 2020*
 Réponses aux questions d'ordre hydro-sédimentaires évaluation d'impact environnemental – Rapport technique, Figure 2.8

Fichier : CM_P0010666_7048_160921.ai

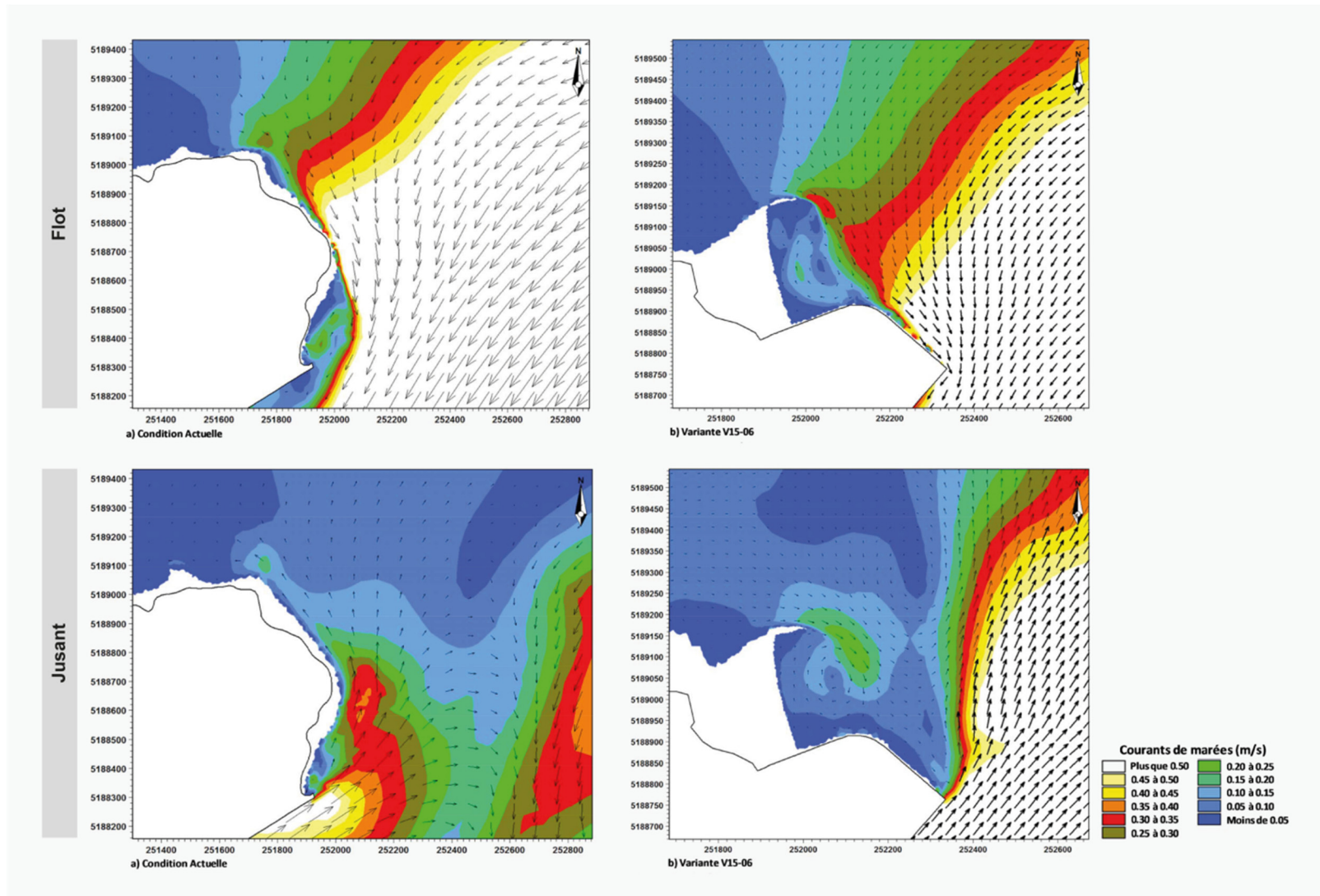
Figure 7.56 Différence des vitesses maximales obtenues pendant un cycle complet de vive-eau dans la zone du bassin de la rivière Saint-Charles.



Source : LaSalle|NHC & Consultants Ropars, Inc.

Fichier : CM_P0010666_7004_160916.ai

Figure 7.57 Conditions hydrodynamique en présence du nouveau quai multifonctionnel et de la plage dans la ZC.



Source : LaSalle|NHC

Fichier : CM_P0010666_7005_160916.ai

Figure 7.58 Courants dans la zone récréotouristique (flot et Jusant) - aménagement actuel et prévu

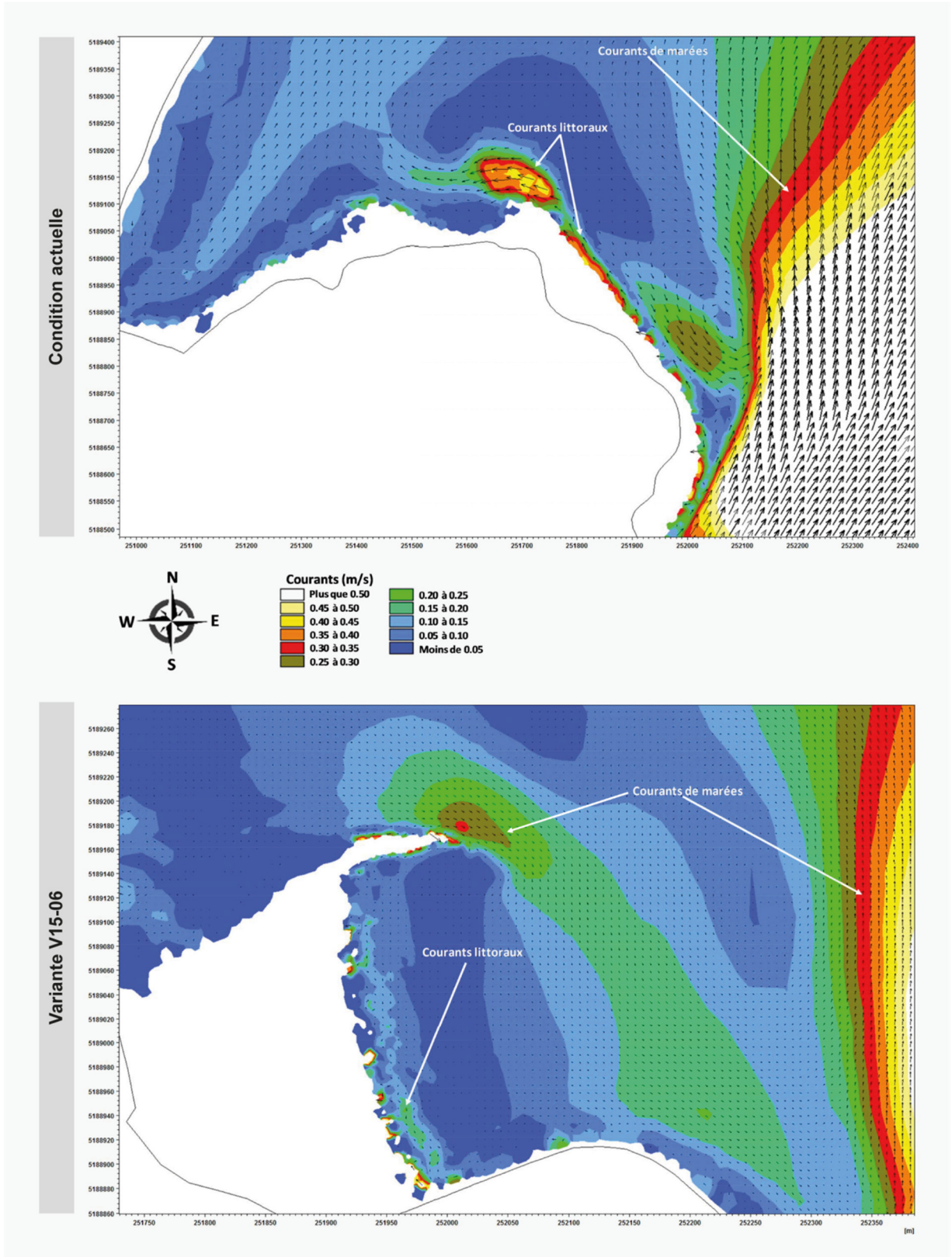


Figure 7.59 Courants littoraux induits par les vagues de tempêtes – aménagement actuel et prévu

Panache de l'émissaire

Le projet prévoit le prolongement de l'émissaire d'eau de pluie passant sous le quai 54. Le comportement de l'effluent a été modélisé pour déterminer l'étendue du panache en présence des nouveaux aménagements. La figure 7.60 illustre la concentration maximale d'effluents modélisée pour une marée de vive-eau en conditions projetées (quais allongés de 610 m et émissaire déplacé). Comparativement aux conditions actuelles, la configuration projetée des quais du secteur de Beauport et du nouvel émissaire semble augmenter l'efficacité de dispersion de l'effluent provenant de l'émissaire. On remarque que les concentrations d'effluent dans le bassin de la rivière Saint-Charles diminuent et que l'effluent est dilué dans le courant principal du fleuve ce qui diminue les concentrations maximales d'effluents près du secteur de Beauport, dans le bassin de la rivière Saint-Charles et le long des quais du Port de Québec. Ainsi, les effets de la nouvelle configuration sur les prises d'eau de Lévis et de Québec (secteur Sainte-Foy) sont une diminution de la concentration du panache de l'émissaire par rapport aux conditions actuelles. La qualité de l'eau prélevée par ces prises d'eau ne devrait donc pas être affectée par les modifications envisagées dans le secteur de Beauport.

L'effet potentiel en phase d'exploitation est donc mineur, lorsque l'on considère que l'ampleur est faible, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à long terme, que la fréquence est continue et que la modification est irréversible.

Mesures d'atténuation

Le brise-lames et la nouvelle plage ont été conçus de manière à diminuer l'effet sur les vagues et les courants dans la ZC.

Le nouveau quai est orienté de manière à minimiser l'effet sur les conditions hydrodynamiques de la ZC.

Importance des effets résiduels

À la suite de l'application des mesures d'atténuation, l'ampleur de l'effet résiduel reste faible et sa valeur moyenne. Par conséquent, cet effet résiduel est non important.

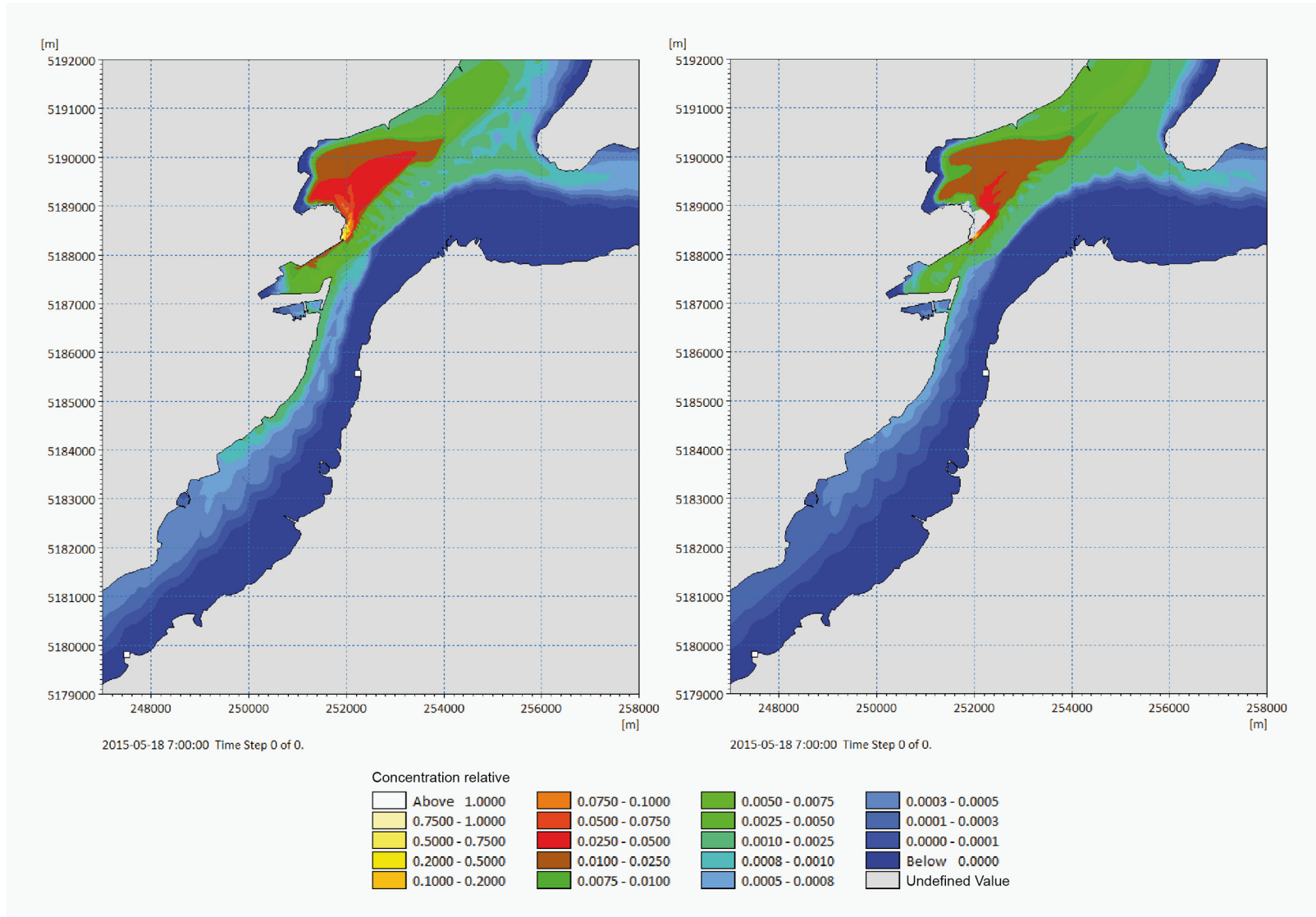
7.5.5 Régime sédimentologique (érosion et transport)

Le régime sédimentologique et les composantes associées sont des composantes valorisées de l'environnement fluvial en raison de leurs importances pour le maintien des conditions des habitats pour la faune et la flore ainsi que le maintien des activités récréotouristiques.

Comme mentionné dans l'état de référence, le régime sédimentologique est influencé par les vagues, notamment celles générées par les vents en période de tempête, ainsi que par les courants de marée et littoraux.

7.5.5.1 Modifications en phase de construction

Les effets du projet sur le régime sédimentologique en phase de construction sont difficiles à déterminer avec précision. Ils correspondent à des contraintes liées à l'implantation temporaire de structure de construction. De tels impacts n'ont pas été considérés dans le cadre de l'étude actuelle puisqu'il a été jugé que les effets potentiels seront mineurs et temporaires par rapport à ceux découlant de la présence permanente des nouveaux aménagements. Pour cette raison, les modifications identifiées sont présentées pour la phase d'exploitation à la section 7.5.5.2.



Source : LaSalle|NHC

Fichier : CM_P0010666_7049_160920.ai

Figure 7.60 Concentration maximale d'effluents modélisée en conditions projetées – Marée de vive-eau

7.5.5.2 Modifications en phase d'exploitation

Zone d'étude élargie

Dans les parties profondes du fleuve, les augmentations ou les diminutions de vitesse de courant anticipées ne devraient pas avoir une influence significative sur le comportement général des sédiments. Les différences de vitesses sont transitoires et marginales et elles ne remettent pas en cause la dynamique sédimentaire de ces secteurs (section 7.5.4).

Dans les parties moins profondes, comme les environs de la zone récréotouristique de Beauport, la dynamique sédimentaire pourrait être influencée par la réduction de vitesse des courants au flot, à condition de ne pas être dans une zone où l'action des vagues est dominante (comme c'est le cas pour la face orientale des nouvelles infrastructures). Ainsi, il est peu probable que la construction des nouvelles installations projetées ait une influence sur les patrons de sédimentation, sauf dans la partie est du rentrant sud-ouest où la présence des nouveaux aménagements récréotouristiques favorisera la sédimentation fine étant donné la protection contre les vagues et l'érosion offerte par les nouveaux aménagements.

Bassin de la rivière Saint-Charles

Une modélisation a été utilisée pour déterminer l'influence de la présence des nouveaux quais projetés dans le secteur de Beauport sur la circulation des eaux dans le bassin de la rivière Saint-Charles et sur le transport sédimentaire. Les modèles montrent que les courants associés à la gyre présente dans le bassin augmenteront légèrement et de manière transitoire (environ 10 cm/s). Ce changement est mineur et conséquemment son influence sur la dynamique sédimentaire ne sera pas significative.

En outre, un rapport de Roche (1983) soulevait des préoccupations à l'égard d'une possible stagnation des eaux du bassin de la rivière Saint-Charles. La légère augmentation des vitesses constatée dans les simulations pour la configuration future pourrait favoriser les échanges et améliorer le renouvellement des eaux du bassin. Dans ce contexte, il est possible qu'il se produise un peu moins de sédimentation dans le bassin en conditions futures par rapport aux conditions actuelles, même si le schéma général de sédimentation devrait rester similaire.

Plage de Beauport et rentrant sud-ouest

D'après les simulations, le brise-lames va freiner la circulation des sédiments entre la nouvelle plage et le rentrant sud-ouest. La flèche de sable qui résulte de la dérive littorale progressera et une partie des sédiments qui constituent cette flèche littorale vont migrer vers le rentrant sud-ouest. Avec la construction de la nouvelle plage et de son brise-lames, les sédiments situés du côté nord du brise-lames vont donc essentiellement se stabiliser à moyen et long termes.

La construction du brise-lames de la plage devrait donc à moyen et long terme protéger la végétation du rentrant sud-ouest en bloquant la migration des sédiments en provenance de la plage.

L'effet potentiel de la modification du régime sédimentologique est moyen, lorsque l'on considère que l'ampleur est modérée, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à long terme, que la fréquence est continue et que la modification est irréversible.

Mesures d'atténuation

Le brise-lames et la nouvelle plage ont été conçus de manière à diminuer au maximum les effets sur la dynamique sédimentaire actuelle, réduisant ainsi l'érosion de la plage et l'ensablement du rentrant sud-ouest.

La version finale de plage récréotouristique a été configurée afin d'atténuer au maximum les effets de la dynamique sédimentaire actuelle, réduisant ainsi l'érosion de la plage et l'ensablement du rentrant sud-ouest.

Importance des effets résiduels

Ainsi, à la suite de l'application des mesures d'atténuation, l'ampleur des effets devient faible et ainsi l'effet négatif résiduel est mineur et non important.

7.5.6 État des glaces

Cette composante n'est pas une CVE, mais est liée à l'environnement fluvial de par son effet sur la dynamique sédimentaire, les courants et la température de l'eau.

7.5.6.1 Modifications en phase de construction

Aucune modification n'est prévue sur cette composante durant la phase de construction.

7.5.6.2 Modifications en phase d'exploitation

Selon le Groupe-Conseil LaSalle (2013), le secteur du futur quai 54 est exposé à l'eau libre. Cependant, à l'échelle de marée haute, le vent du nord-est peut pousser la glace dérivant dans le fleuve et conduire à des accumulations formant un relief de champ de glace morcelé pouvant atteindre 1,5 m au-dessus du niveau d'eau. La présence du quai modifiera probablement la répartition du champ de glace morcelé les études actuelles ne permettent pas de quantifier ou caractériser cette modification.

L'effet potentiel de la modification du régime des glaces sur la dynamique sédimentaire est mineur, lorsque l'on considère que l'ampleur est faible, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à long terme, que la fréquence est occasionnelle et que la modification est irréversible.

Mesures d'atténuation

En considérant que le projet n'aura pas d'effet environnemental significatif sur cette composante, aucune mesure d'atténuation n'est envisagée.

Importance des effets résiduels

Compte tenu de l'absence de mesure d'atténuation, l'ampleur de l'effet reste mineure et ainsi l'effet négatif résiduel est mineur et non important.

7.5.7 Qualité de l'eau surface

L'eau est considérée comme une CVE étant un élément primordial assurant la santé des écosystèmes et le bien-être de la collectivité.

7.5.7.1 Modifications en phase de construction

Les risques présentés ci-dessous sont théoriquement applicables aux zones ZC et ZÉÉ. Cependant, en raison de l'effet de dilution très important du fleuve, le risque est bien plus probable dans la ZC que dans la ZÉÉ. Notons que les activités du projet ne devraient pas engendrer de modifications du régime thermique de l'eau, puisqu'aucune source de chaleur pouvant affecter l'eau de la ZC n'a été identifiée.

Au moment de l'installation du chantier, les risques sont :

- ▶ La contamination par fuite ou déversements accidentels d'huile et d'autres contaminants par la machinerie lourde, les engins de chantier ou les embarcations prévues pour l'installation des bouées du périmètre de sécurité aquatique, ou par un mauvais entreposage de produits dangereux.

L'entraînement des particules de sol vers les cours d'eau et modification locale et temporaire de la qualité des eaux de surface dus aux travaux de creusage, de remblayage et de régaling. Ces effets se limitent à la remise en suspension de particules fines dans les eaux, entraînant une augmentation de la turbidité et possiblement une mise en disponibilité des éléments nutritifs.

Contamination par une mauvaise gestion des installations sanitaires temporaires.

Lors des dragages, les risques sont :

- ▶ La contamination de l'eau par la fuite ou le déversement accidentel d'huile et d'autres contaminants provenant de la machinerie utilisée.
- ▶ La remise en suspension des sédiments lors de l'impact de la benne sur le fond, lors de la pénétration de la benne, lors de la remontée de la benne d'où peuvent s'échapper les sédiments dragués et lors du déversement du trop-plein des barges (dragage mécanique) ou sous l'action du désagrégateur de la drague hydraulique.
- ▶ L'augmentation des concentrations de MES dans la colonne d'eau et le transport de contaminant (section 7.6.2) dans la colonne d'eau. Il y a possibilité de dépassements des critères établis (section 7.3.2). Ces deux effets pourraient également occasionner des effets indirects sur la qualité de l'habitat du poisson et des autres espèces aquatiques.
- ▶ La baisse de la teneur en oxygène de la colonne d'eau en cas de relargage important de sédiments anoxiques dans la colonne d'eau.

Lors du transport entre la zone de dragage et l'aire d'entreposage

- ▶ La contamination des eaux de surface par le déversement de sédiments contaminés de la barge ou par une fuite accidentelle d'hydrocarbure pétrolier provenant du bateau.
- ▶ La perte de sédiments dragués mécaniquement à partir du chaland de transbordement, augmentation des MES et contamination.
- ▶ Remise en suspension des sédiments suite à une perforation du tuyau transportant les sédiments extraient par le biais d'une drague hydraulique.

Lors de l'étape d'assèchement des sédiments, le principal risque est :

- ▶ La contamination des eaux souterraines par la migration des contaminants du bassin ou de l'unité d'assèchement des sédiments contaminés vers la nappe souterraine.

Lors de la gestion des effluents liquides, le principal risque est :

- ▶ La contamination des eaux souterraines par la fuite ou le déversement accidentel d'eau contaminée.

- ▶ Rejet au fleuve d'eau contaminée non traitée.

Lors du traitement des eaux d'assèchement des sédiments contaminés, le principal risque est :

- ▶ La contamination des eaux souterraines et de surface par la fuite ou le déversement accidentel d'eau contaminée ou d'un des produits requis pour le traitement.

Lors du remplissage des caissons et du remblayage, le principal risque est :

- ▶ La contamination de l'eau par la fuite ou le déversement accidentel d'huile et d'autres contaminants provenant de la machinerie utilisée.

Lors de la fabrication des caissons, du remplissage des caissons, de la construction du mur de couronnement et du remblayage de l'arrière-quai, du prolongement du talus, de la digue de retenue, du brise-lames et de la recharge de la plage, le principal risque est :

- ▶ La contamination de l'eau par la fuite ou le déversement accidentel d'huile et d'autres contaminants provenant de la machinerie utilisée durant le déploiement des rideaux de confinement et durant le dragage des sédiments.

Lors du rejet des eaux provenant de l'assèchement des sédiments contaminés, le principal risque est :

- ▶ Le dépassement des critères applicables.

Lors de la gestion des neiges usées, le principal risque est :

- ▶ La contamination de l'eau et l'augmentation de la turbidité.

L'effet potentiel est donc moyen, lorsque l'on considère que l'ampleur est élevée, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à moyen terme, qu'il est probable que les événements préjudiciables n'arrivent qu'une fois et que la modification est partiellement réversible.

Mesures d'atténuation

De manière générale :

- ▶ Les mesures relatives au drainage (section 7.6.2) auront un effet atténuant sur la qualité de l'eau.
- ▶ Ne pas rejeter de débris, de rebuts, de déchets, de matériaux, etc., dans la rivière Saint-Charles ou dans le fleuve Saint-Laurent et prendre les mesures requises pour éviter toute contamination du milieu hydrique.
- ▶ Il est interdit de nettoyer des équipements dans le milieu aquatique.
- ▶ Les eaux de lavage des bétonnières et autres équipements similaires seront soit traitées sur place (ajustement du pH entre 6 et 9 et filtration à moins de 25 mg/L) ou récupérées et envoyées pour traitement hors site.
- ▶ Des trouses d'intervention d'urgence seront disséminées sur le chantier afin de pouvoir intervenir rapidement pour récupérer les contaminants potentiels avant qu'ils ne puissent rejoindre les fossés de drainage. De plus, en cas de besoin, les bassins de sédimentation pourraient être fermés pour permettre la récupération des hydrocarbures ou autres produits contaminants.
- ▶ Avoir sur place du matériel d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants, dont un dispositif de captage des phases flottantes pouvant être rapidement déployé (p. ex. des estacades dans le cas de déversement de produits pétroliers), ainsi que des clôtures anti-érosion et/ou des bottes de foin (pour contenir les déversements accidentels de sédiments contaminés sur

terre et pour prévenir la migration des particules fines issues de l'érosion de remblais temporaires et de secteurs remaniés vers des zones terrestres et aquatiques).

- ▶ Exécuter sous surveillance continue toutes manipulations de carburant, d'huile, d'autres produits pétroliers ou de contaminants y compris le transvidage afin d'éviter les déversements accidentels.
- ▶ En cas de déversement, rapporter immédiatement la situation aux intervenants. Rapporter également immédiatement la situation au service d'urgence d'Environnement Canada (1-866-283-2333) et à Urgence Environnement du Québec (1-866-694-5454) pour un déversement terrestre et/ou à la Garde côtière canadienne – pollution maritime (1-800-363-4735).

Lors des dragages (construction et exploitation), les mesures suivantes devraient être prises :

- ▶ Préparation du plan de surveillance en accord avec le guide produit par Environnement Canada et le MDDELCC (2015);
- ▶ Au début des travaux, l'entrepreneur doit présenter un plan d'intervention d'urgence en cas de déversement accidentel de contaminants (autre que les déblais de dragage). S'assurer que le plan d'intervention contient, au minimum, un schéma d'intervention et une structure d'alerte, et qu'il est placé dans un endroit facile d'accès et à la vue de tous les employés
- ▶ Surveillance en continu de l'augmentation de la concentration en MES de la colonne d'eau en aval des travaux; cette augmentation ne devra pas dépasser 25 mg/L par rapport à un site de référence. Alarme d'avertissement automatisée pour arrêt des travaux le plus rapidement;
- ▶ Éviter que les eaux chargées en MES n'atteignent les fossés de drainage et/ou l'eau libre, notamment lors de l'aménagement d'un bassin d'assèchement, si requis. Au besoin, mettre en place des mesures efficaces de contrôle de ces eaux (barrières à sédiments, bassins de décantation ou autre) avant leur retour au fleuve;
- ▶ Concevoir le bassin de décantation afin qu'une couche filtrante (géotextile ou équivalent) soit présente à l'interface entre les sols en place et les matériaux dragués de façon à prévenir la migration de particules fines vers les sols en place et les eaux souterraines.
- ▶ En cas de dépassement de l'exigence en MES dans le milieu récepteur, réduire la vitesse d'ouverture des vannes d'évacuation sur la drague hydraulique et/ou réduire la vitesse de déchargement des pompes de la drague;
- ▶ Réduire la vitesse de déchargement (sédiments) des pompes sur la drague hydraulique;
- ▶ Installer des rideaux à sédiments, si les conditions le permettent (vitesses des courants);
- ▶ Arrêter les opérations de dragage, si les conditions météorologiques ne sont pas favorables, etc.

Pour les autres activités :

- ▶ Planifier adéquatement l'échantillonnage afin d'obtenir des résultats représentatifs de la zone d'étude, par exemple pour l'eau qui sera rejetée dans le réseau des eaux usées de la Ville de Québec;
- ▶ En aucun temps les neiges usées ne seront rejetées au fleuve.

Importance des effets résiduels

Il est considéré que les mesures générales de saine gestion d'un chantier et les mesures plus spécifiques présentées suffiront à minimiser les effets. Ainsi, à la suite de l'application de ces mesures, l'ampleur des effets devient faible et l'effet négatif résiduel est mineur et jugé non important.

7.5.7.2 Modifications en phase d'exploitation

Les risques présentés ci-dessous sont théoriquement applicables aux zones ZC et ZÉÉ. Cependant de par l'effet de dilution très important du fleuve, le risque est bien plus probable dans la ZC que dans la ZÉÉ.

Les risques généraux sont :

- ▶ La contamination par la fuite ou les déversements accidentels d'huile et d'autres contaminants par la machinerie lourde, les engins de chantier ou les navires, ou par un mauvais entreposage de produits dangereux.

Avec l'augmentation du trafic naval (+20 %), le principal risque est :

- ▶ L'augmentation de la turbidité à la confluence de la rivière Saint-Charles et du fleuve Saint-Laurent

S'il y a installation d'un client avant la fin de la construction de la digue de retenue, cela impliquera l'installation d'un rideau de palplanches, les risques seront alors :

- ▶ La contamination de l'eau par la fuite ou le déversement accidentel d'huile et d'autres contaminants provenant de la machinerie utilisée durant le déploiement du rideau;

La remise en suspension des sédiments. Augmentation des concentrations de MES dans la colonne d'eau, et transport de contaminant (section sédiments) dans la colonne d'eau. Possibilité de dépassements des critères établis (section 7.3.1.1). Ces deux impacts pourraient également occasionner des effets indirects sur la qualité de l'habitat du poisson et des autres espèces aquatiques.

Lors de l'entreposage, le principal risque est :

- ▶ La contamination en cas de fuite/bris de matières dangereuses

Lors de la gestion des résidus et déchets des cargaisons, le principal risque est :

- ▶ La contamination en cas de fuite/bris de matières dangereuses

Lors des transbordements et manutentions de vrac solide, le principal risque est :

- ▶ La défaillance des équipements ou erreur humaine et possibilité de perte de matériel transbordé se retrouvant dans l'eau en façade de quai

Lors des travaux de dragage d'entretien et de recharge de la plage, le principal risque est :

- ▶ L'augmentation des MES et la contamination de l'eau (voir section Modifications en phase de construction)

L'effet est donc moyen, lorsque l'on considère que l'ampleur est élevée, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à moyen terme, qu'il est probable que les événements préjudiciables n'arrivent qu'une fois et que la modification est partiellement réversible.

Mesures d'atténuation

Les mesures proposées pour éviter la contamination des sols permettront également d'éviter la contamination des eaux de surface (section 7.6.1). Une trousse d'intervention en cas de déversement devra être disponible

L'entreposage se fera sur zones asphaltées et la disposition des déchets selon les normes en vigueur. Comme pour la phase de construction, en aucun temps les neiges usées ne seront rejetées au fleuve.

Lorsque des travaux risquent d'entraîner une augmentation des MES et une contamination associée, les mesures d'atténuation décrites dans les sections 7.5.1 et 7.6.1 seront applicables.

Importance des effets résiduels

Il est considéré que les mesures générales de saine gestion des sites de dépôts et de transbordement ainsi que les mesures plus spécifiques présentées suffiront à minimiser les effets. Ainsi, à la suite de leur application, l'ampleur des effets devient faible et l'effet négatif résiduel est mineur et jugé non important.

7.5.8 Qualité de l'eau souterraine

Cette composante est valorisée, car elle peut être utilisée comme source d'alimentation en eau potable.

7.5.8.1 Modifications en phase de construction

Au moment des travaux, les sédiments dragués seront entreposés temporairement sur le site et pourraient altérer la qualité de l'eau souterraine.

L'entreposage, l'assèchement et la gestion des sédiments sur le milieu terrestre, de même que la gestion des sols lors de la réalisation du projet pourraient générer un impact sur le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines.

Lors de la construction, les incidents environnementaux sont également susceptibles de créer un effet négatif sur le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines.

L'effet potentiel donc moyen, lorsque l'on considère que l'ampleur est élevée, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à court terme, qu'il est probable que les événements préjudiciables n'arrivent qu'une fois et que la modification est partiellement réversible.

Mesures d'atténuation

Le détail de la gestion des sédiments est présenté à la section 3.2.11 de la présente ÉIE. Les aires d'entreposage temporaire et les sites de dépôt terrestre seront aménagés selon les règles de l'art en intégrant les mesures de confinement afin d'isoler et protéger l'eau souterraine et de maximiser la réduction de la percolation des eaux de précipitation, c'est-à-dire que des membranes imperméables seront installées sous et sur les amoncellements. De plus, l'eau de lixiviation ou de percolation sera récupérée, traitée et rejetée adéquatement en conformité avec les diverses législations en vigueur et un registre permettra de colliger toute l'information relative aux opérations.

Un suivi de l'eau souterraine à l'aide de paramètres intégrateurs sera réalisé sur le site. Ce suivi permettra de contrôler et d'agir promptement sur la source de contamination au besoin.

De façon, plus précise, des puits d'observation seront installés en amont et en aval de chaque site de dépôt terrestre afin de caractériser l'eau souterraine avant, pendant et après l'utilisation de ces dépôts. Les secteurs à risque actuel et futur (tels que l'emplacement de réservoirs, d'aire de transbordement, etc.) seront établis dans la ZC, de même que les paramètres analytiques associés à ces secteurs à risque, dans le but de déterminer l'emplacement de nouveaux puits d'observation et d'effectuer un suivi de l'eau souterraine. Ce suivi sera effectué trois fois par année, soit au printemps, à l'été et à l'automne. Les résultats permettront d'établir les risques d'effet appréhendés sur les usages des eaux souterraines.

De plus, un plan rigoureux d'intervention lors de déversement sera mis en place afin d'optimiser les interventions nécessaires en matière de temps et de santé et sécurité. Ainsi, tout déversement sera arrêté dans les meilleurs délais et de façon définitive. Les matières dangereuses ou contaminées seront enlevées, nettoyées ou traitées sur place, de sorte que le terrain (sol et eaux souterraines) soit remis dans son état initial.

Importance des effets résiduels

À la suite de l'application des mesures d'atténuation, l'ampleur des effets devient faible et ainsi l'effet négatif résiduel est mineur et non important.

7.5.8.2 Modifications en phase d'exploitation

Les étapes et risques d'effets sur l'eau souterraine associés à la phase d'exploitation sont identiques à ceux de l'eau de surface (section 7.5.7).

Mesures d'atténuation

Les mesures proposées pour éviter la contamination des sols permettront également d'éviter la contamination des eaux de surface (section 7.6.1). Une trousse d'intervention en cas de déversement devra être disponible

L'entreposage se fera sur zones asphaltées et la disposition des déchets selon les normes en vigueur. Comme pour la phase de construction, en aucun temps les neiges usées ne seront rejetées au fleuve.

Lorsque des travaux risquent d'entraîner une augmentation des MES et une contamination associée, les mesures d'atténuation décrites dans la section 7.5.1 et 7.6.1 seront applicables.

Importance des effets résiduels

Il est considéré que les mesures générales de saine gestion des sites de dépôts et de transbordement ainsi que les mesures plus spécifiques présentées suffiront à minimiser les effets. Ainsi, à la suite de l'application des mesures d'atténuation, l'ampleur des effets devient faible et l'effet négatif résiduel est mineur et non important.

7.5.9 Bruit subaquatique

Dans le cadre de ce projet, le niveau sonore subaquatique a été identifié comme une CVE en raison de son incidence sur les habitats aquatiques et la faune qui en dépend.

Durant la phase de construction, plusieurs activités produiront du bruit subaquatique. Le battage de pieux et de palplanches génère des sons de forte intensité qui pourraient provoquer la fuite des espèces et/ou être au-delà des valeurs guides du seuil de dommage physique et provoquer des effets irréversibles à la faune aquatique (blessures ou mort) se trouvant dans cette zone (Slabbekoorn *et coll.*, 2010; Halvorsen *et coll.*, 2011). L'augmentation du trafic maritime durant la phase d'exploitation pourrait aussi augmenter les niveaux de bruits.

Afin d'évaluer la propagation sonore et identifier les périmètres dans lesquels le bruit généré par les travaux de construction pourrait s'avérer critique pour la faune aquatique, une modélisation du bruit subaquatique a été effectuée avec le logiciel dBSea (version 1.3, Marshall Day Acoustics, Australie). Comme expliqué dans la section 7.2.9, ce modèle a été calibré et validé avec les données mesurées *in situ* durant la campagne de septembre 2015 (WSP, 2016).

7.5.9.1 Modifications en phase de construction

En phase de construction, plusieurs travaux sont susceptibles de générer des bruits subaquatiques importants, soit :

- ▶ les bruits d'impacts (impulsifs). Ils sont de courte durée, produits de façon intermittente ou à intervalles réguliers, par exemple l'enfoncement de palplanches à l'aide d'un marteau de battage qui génère trois sources sonores : 1) le son propagé dans l'air qui traverse la surface de l'eau; 2) le son issu directement de la vibration de la palplanche; et 3) le son transmis au substrat. Les sons générés par le battage résultent essentiellement de l'impact entre la surface dure du marteau et celle de la palplanche. Le son est court, aigu, souvent de très forte amplitude et varie notamment selon le type de palplanche utilisé, le type de substrat dans lequel il doit s'enfoncer et la profondeur de l'eau (Elmer *et coll.*, 2006; ICF Jones & Stokes et Illingworth & Rodkin, 2009). Il s'agit de sons brefs, dont les niveaux de crête sont beaucoup plus élevés que ceux de la plupart des bruits continus ou intermittents;
- ▶ les bruits intermittents et de courte durée comme l'utilisation d'un vibrofonceur pour la mise en place de palplanches;
- ▶ les bruits transitoires, produits par des sources mobiles tels les remorqueurs et la drague.
- ▶ les bruits continus produits pendant de longues périodes, comme le bruit d'une génératrice, d'une pompe ou d'une foreuse;

Les simulations issues de dBSea ont permis d'estimer et cartographier l'atténuation des niveaux de bruit générés par les travaux de construction. Les modifications prévues sont les suivantes :

- ▶ les pressions sonores générées par le battage de palplanches pourraient dépasser le seuil de dommage physique proposé de 206 dB re 1 μ Pa dans les 5 à 10 premiers mètres autour de la source. Le seuil de dérangement proposé de 160 dB re 1 μ Pa serait toutefois dépassé sur toute la largeur du fleuve, dans l'axe perpendiculaire entre Québec et Lévis, et sur une distance d'environ 3 km dans l'axe du chenal de navigation. Au-delà de cette distance, le bruit généré par le battage ne devrait pas dépasser celui causé par la circulation des navires. Il faut toutefois noter que les pressions sonores pourraient s'avérer supérieures aux estimations selon la profondeur de substrat dur à traverser par les palplanches. Sans mesure d'atténuation, l'ampleur du battage de palplanches peut être évaluée comme élevée pour les poissons présents dans un rayon de 5 à 10 m des travaux pouvant causer des dommages physiques ou physiologiques et entraîner la mort. Bien que la probabilité que des mortalités de poissons soient observées dans ce rayon soit élevée, le nombre de spécimens touché devrait être relativement bas étant donné la faible distance à laquelle les pressions sonores dépasseraient le critère proposé. Le comportement des poissons pourrait néanmoins être affecté jusqu'à 3 km de la source. La fuite ou l'évitement de la zone bruyante est le principal effet comportemental attendu, mais serait limité à la durée des travaux de battage.

L'effet du battage est donc mineur, lorsque l'on considère que l'ampleur est élevée, que l'étendue se limite à la ZÉÉ, que la durée est à court terme, que la fréquence est occasionnelle et que la modification est réversible.

- ▶ la propagation du bruit généré par l'enfoncement d'une palplanche par vibrofonçage, à raison de 23 impulsions par seconde, générerait des pressions sonores inférieures à 160 dB re 1 μ Pa dès les deux premiers mètres, ce qui est considérablement moins bruyant que le battage. Ainsi, les pressions sonores générées par le vibrofonçage de palplanches ne dépasseraient jamais le seuil de dommage physique proposé (206 dB re 1 μ Pa), tout en ne dépassant que sur moins de 2 m le seuil d'effet comportemental proposé. Les effets du vibrofonçage de palplanches peuvent donc être

évalués comme étant de faible importance. Dans ces circonstances, aucune mesure d'atténuation particulière ne serait requise à l'égard de la protection des poissons.

L'effet du vibrofonçage est donc mineur, lorsque l'on considère que l'ampleur est faible, que l'étendue se limite à la ZÉÉ, que la durée est à court terme, que la fréquence est occasionnelle et que la modification est réversible.

- ▶ Les bruits associés au dragage sont principalement générés par l'excavation du substrat, le déplacement du vaisseau de dragage et le dépôt du matériel dragué, le cas échéant. Avec une pression sonore simulée à la source de 185 dB re 1 μ Pa @ 1 m, le bruit lié aux activités de dragage ne devrait pas générer de pressions sonores supérieures au seuil de 160 dB re 1 μ Pa au-delà de 50 m, c'est-à-dire en dessous des pressions sonores générées par la plupart des navires. Ainsi, l'effet sonore sur le milieu subaquatique est considéré comme étant faible. L'utilisation du dragage par succion, comparativement à de l'excavation, est légèrement plus bruyante, dépendamment de la granulométrie du substrat, l'aspiration de sable étant moins bruyante que celle de gravier grossier (CDA, 2011). La firme WSP (WSP, 2016) rapporte que le dragage à godet apparaît relativement silencieux, avec une pression sonore à la source atteignant de 150 à 162 dB re 1 μ Pa (Dickerson et coll., 2001). Celle-ci diminuerait au niveau du bruit de fond à une distance d'environ 1 km (Clarke et coll., 2002; Central Dredging Association (CDA), 2011).

L'effet sonore potentiel du dragage est donc mineur, lorsque l'on considère que l'ampleur est faible, que l'étendue se limite à la ZÉÉ, que la durée est à court terme, que la fréquence est régulière et que la modification est réversible.

Mesures d'atténuation

La mise en place du mur de palplanches, lors de la gestion des sédiments (remblayage de l'arrière-quai) ou de l'aménagement, sera l'activité susceptible d'être potentiellement la plus bruyante et celle qui nécessitera le plus d'attention quant à ses effets potentiels sur le milieu physique subaquatique.

Le choix de la méthode de travail pour la mise en place des palplanches sera laissé à l'entrepreneur. À cet égard, si l'entrepreneur décide de réaliser les travaux de fonçage de palplanches par battage, des mesures d'atténuation du bruit devront être mises en place. Les mesures d'atténuation suivantes ont été identifiées :

- ▶ démarrer les opérations de fonçage de palplanches de façon graduelle et continue, sur une période de 20 à 30 minutes, afin de permettre aux poissons présents de s'éloigner de la source de bruit ;
- ▶ ajuster les paramètres de battage de manière à réduire l'intensité du bruit généré, dans la mesure où l'équipement de battage utilisé le permet. Par exemple, la prolongation du temps d'impact permet non seulement de réduire l'intensité sonore, mais également de déplacer le pic vers des fréquences plus basses et généralement moins dommageables pour la faune marine (Elmer *et coll.*, 2006; ICF Jones & Stokes et Illingworth & Rodkin, 2009). Les gains peuvent toutefois s'avérer minimes, ce qui justifie de considérer des méthodes de fonçage alternatives.
- ▶ mettre en place un programme de suivi en temps réel des bruits émis par les activités du chantier, au moins pour les deux premières semaines de travaux bruyants, afin de valider les résultats des simulations, de vérifier l'efficacité des mesures de réduction du bruit et de les ajuster s'il y a lieu ;
- ▶ vérifier la présence de poissons morts ou blessés durant les premiers jours de travaux bruyants, afin d'évaluer l'efficacité des mesures de contrôle et d'atténuation du bruit ;
- ▶ advenant des dépassements des niveaux sonores de sécurité lors de l'enfoncement du mur de palplanches par battage, l'enfoncement par vibrofonçage (ou une méthode équivalente ayant démontré des résultats significatifs de bonne performance) sera exigé. Le vibrofonçage représente

souvent une option intéressante et généralement moins bruyante que le battage de palplanches. Bien que son schéma de propagation du son soit similaire à celui du battage, l'énergie délivrée par le vibrofonçage est plus basse. De plus, le bruit aérien généré par le vibrofonçage étant généralement moindre que pour le battage.

Puisque l'effet sonore potentiel sur les poissons généré par le dragage est considéré comme étant faible, aucune mesure d'atténuation n'a été identifiée pour ces activités. Il est toutefois bon de préciser que le programme de suivi en temps réel des bruits occasionnés par les activités de chantier couvrira également les activités de dragage. Advenant un dépassement des valeurs guide de seuils, le promoteur exigera à l'entrepreneur de mettre en place des mesures d'atténuation, telles que celles précisées plus haut, afin de réduire les effets sonores sur le milieu aquatique.

Importance des effets résiduels

En phase de construction, la mise en place des mesures d'atténuation permettra de supprimer les zones à l'intérieur desquelles la faune aquatique subit des dommages physiques. Cependant, il restera des zones de plus ou moins grande surface dans lesquelles les espèces seront dérangées, ce qui pourrait notamment provoquer la fuite des espèces vers des zones plus calmes.

À la suite de la mise en place des mesures d'atténuation, l'effet négatif résiduel est considéré comme mineur et non important.

7.5.9.2 Modifications en phase d'exploitation

En phase d'exploitation, les bruits sous-marins produits proviendront des sources mobiles, telles que les navires qui fréquenteront le Port, et ces derniers sont considérés comme étant des bruits transitoires continus. Ce sont les pressions sonores des navires de fort tonnage, les plus bruyants, qui ont été utilisés dans la simulation pour évaluer l'impact sonore de cette circulation dans la zone d'étude.

Le bruit des navires se divise en deux catégories (Wenz, 1962) :

- ▶ Le bruit de passage d'un navire, intermittent et se caractérisant par des composantes à bande étroite, à des fréquences inférieures à 1 kHz. Typiquement, le passage d'un navire apparaît comme une augmentation de courte durée (moins de 30 minutes) de l'énergie acoustique, entre 5 Hz et 1 kHz (Richardson et coll., 1995).
- ▶ Le bruit du trafic maritime, dépendant pour sa part de la concentration des navires et des propriétés de propagation sonore du secteur. Dans une région à perte sonore élevée, seuls les navires les plus proches contribueront au bruit ambiant. Les sources prédominantes du bruit généré par les navires sont les hélices et la machinerie requise pour assurer la propulsion et la génération d'énergie (Ross, 1987 ; Scrimger et Heitmeyer, 1988; Richardson et coll., 1995; Arveson et Vendittis, 2000; Wales et Heitmeyer, 2002; Heitmeyer et coll., 2004). Les bruits de machinerie sont transmis à l'eau par la coque, alors que ceux des hélices sont générés directement dans l'eau.

L'accroissement du trafic maritime et des activités portuaires pourrait se traduire par une hausse du bruit ambiant proportionnelle à l'augmentation du nombre de navires circulant dans les eaux du Port. L'augmentation réelle des activités est toutefois difficile à évaluer, car elle dépend des logistiques, des temps de stockage sur les quais entre les transbordements, de la régularité des convois, des équipements disponibles et de plusieurs autres facteurs impossibles à prévoir pour le moment. L'APQ prévoit que le projet pourrait générer à terme 6 à 8 millions de tonnes supplémentaires, ce qui représente un accroissement de 30 à 37 % relativement aux tonnages manutentionnés en 2012 et en 2013 (Port de Québec 2012, 2013, 2015).

Bien que les pressions de crête puissent s'avérer plus élevées selon le type de navire impliqué, c'est surtout au niveau de la durée cumulative des épisodes bruyants que l'effet devrait se faire sentir. La pression sonore générée par les navires dépasserait rarement 200 dB re 1 μ Pa @ 1 m, cependant le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE, 2004) soulève une certaine inquiétude quant à des niveaux d'environ 230 dB re 1 μ Pa @ 1 m rapportés pour certains navires de fort tonnage. La tendance actuelle favorise la construction de navires de plus en plus gros. Les risques d'exposition à des bruits sous-marins de forte intensité risquent d'augmenter.

L'effet sonore potentiel du projet est donc moyen, lorsque l'on considère que l'ampleur est modérée, que l'étendue se limite à la ZÉE, que la durée est à long terme, que la fréquence est continue et que la modification est réversible.

Mesures d'atténuation

Aucune mesure d'atténuation n'est prévue pour diminuer le bruit des navires ou du trafic maritime.

Importance des effets résiduels

Le milieu aquatique bordant le Port de Québec est déjà un environnement bruyant, avec des crêtes de bruit pouvant ponctuellement dépasser les 160 dB re 1 μ Pa à une centaine de mètres, l'effet sonore résiduel généré par l'augmentation de la navigation à la suite à la construction des installations projetées est considéré comme étant moyen et non important.

7.6 MODIFICATION AU MILIEU PHYSIQUE – QUALITÉ DES SOLS ET DES SÉDIMENTS

7.6.1 Qualité des sols

La qualité environnementale des sédiments est une CVE en raison de l'effet qu'un changement des sols pourrait entraîner sur la qualité de l'eau de surface et l'eau souterraine.

Lors de la réalisation des travaux, la gestion des sédiments dragués et des sols s'effectuera selon les règles d'art et l'information relative à ces activités sera suivie et documentée.

L'élimination hors site des sols et des sédiments dragués contaminés s'effectuera en conformité avec la réglementation en vigueur, soit conformément au Guide d'intervention du MDDELCC. De plus, les directives du Guide d'intervention en présence de matières résiduelles dans les sols seront également respectées, tel qu'illustré à la figure 12 de la section 7.7.2 de ce guide.

Advenant des résultats analytiques conformes aux critères applicables, les sédiments dragués pourraient être réutilisés comme matériaux de remblayage sur le site d'origine s'ils n'ont pour effet d'augmenter le niveau de contamination locale.

7.6.1.1 Modifications en phase de construction

Sites de mise en dépôt terrestre - plage zone portuaire

Les sites recevront les sédiments dragués non contaminés. Ces derniers seront utilisés dans le remblayage de l'arrière-quai ou la consolidation de la plage. Le détail des travaux est présenté à la section 3.2.11 de la présente ÉIE.

Les travaux pourraient donner lieu à des soulèvements de particules. Les incidents environnementaux sont également susceptibles de créer un impact négatif sur le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines.

L'effet potentiel est donc mineur, lorsque l'on considère que l'ampleur est modérée, que l'étendue se limite à la zone ZC, que la durée est à court terme, que la fréquence est régulière et partiellement réversible.

Site de mise en dépôt terrestre – secteur à l'entrée du secteur de Beauport (à l'ouest du chantier)

L'entreposage et l'assèchement des sédiments contaminés seront gérés sur cette parcelle de terrain. Le détail des travaux est présenté à la section 3.2.11 de la présente ÉIE. Ce site de mise en dépôt terrestre sera aménagé selon les règles de l'art en intégrant les mesures de confinement afin d'isoler et de protéger l'eau souterraine et de maximiser la réduction de la percolation des eaux de précipitation. De plus, l'eau de lixiviation ou percolation sera récupérée, traitée et rejetée adéquatement en conformité avec la législation en vigueur. Les travaux pourraient donner lieu à des soulèvements de particules. L'entreposage des sédiments sur le milieu terrestre, de même que des incidents environnementaux pourraient générer un impact sur le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines.

L'effet potentiel est donc mineur, lorsqu'on considère que l'ampleur est modérée, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à court terme, que la fréquence est régulière et partiellement réversible.

Il est à noter que l'érosion éolienne chargée en métaux entraînée à l'extérieure de la ZC sera traitée plutôt à la section 7.4.2 portant sur la qualité de l'air.

Sols à excaver dans le secteur de la voie ferrée

Les travaux de nivellement pourraient donner lieu à des soulèvements de particules susceptibles d'affecter la qualité de l'air, particulièrement par temps sec.

La gestion de sols et les incidents environnementaux sont susceptibles de créer un impact négatif sur le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines.

L'effet est donc mineur, lorsque l'on considère que l'ampleur est modérée, que l'étendue se limite à la zone ZC, que la durée est à court terme, que la fréquence est régulière et partiellement réversible.

Il est à noter que l'érosion éolienne chargée en métaux entraînée à l'extérieure de la ZC sera traitée plutôt à la section 7.4.2 portant sur la qualité de l'air.

Mesures d'atténuation

Site de mise en dépôt terrestre - plage zone portuaire

- ▶ Éviter les travaux de construction du bassin en période de grand vent.
- ▶ Conserver l'intégrité de la membrane géotextile utilisée pour former la digue de sable du côté du bassin opposé au fleuve.
- ▶ Limiter et restreindre la circulation à l'intérieur des bassins d'entreposages.
- ▶ Demeurer dans les limites des travaux et des voies d'accès.
- ▶ Nettoyer tous les équipements ayant circulé dans la zone de travail (bassin d'entreposage).
- ▶ Nettoyer la zone de travail à la fin de chaque journée (zones pavées et non pavées).
- ▶ Mettre en place un plan d'intervention lors de déversement.

❖ Site de mise en dépôt terrestre – secteur à l'entrée du secteur de Beauport (à l'ouest du chantier)

Prendre les précautions nécessaires pour minimiser la mise en suspension dans l'air des sols :

- ▶ Adopter des méthodes de travail qui minimisent l'émission de particules fines.
- ▶ Maintenir propres les aires de circulation afin de minimiser le soulèvement de particules sur le passage des camions.
- ▶ Si les sols doivent être entreposés temporairement, recouvrir les piles de bâches afin d'éviter l'érosion par le vent.
- ▶ Effectuer une surveillance pendant les travaux d'excavation afin de ne pas engendrer une contamination croisée.
- ▶ Les sols présentant un potentiel de contamination ou en présence d'indices visuels et olfactifs, gérer les sols de sorte qu'ils ne constituent pas une nouvelle source de contamination pour l'environnement. Les diriger temporairement dans une aire déterminée du secteur sur des toiles étanches recouvertes et abritées des intempéries sur l'aire d'entreposage imperméable prévue à cet effet (à plus de 15 m du fleuve).
- ▶ Éviter de procéder aux travaux d'excavation en période de pluie abondante.
- ▶ Sécuriser le chantier et délimiter les zones de travaux par la mise en place d'une signalisation adéquate.
- ▶ Nettoyer tous les équipements ayant circulé dans la zone de travail (bassin de stockage).
- ▶ Nettoyer la zone de travail à la fin de chaque journée (zones pavées et non pavées).
- ▶ Mettre en place un plan rigoureux d'intervention lors de déversement.

Sols à excaver dans le secteur de la voie ferrée

- ▶ Adopter des méthodes de travail qui minimisent l'émission de particules fines.
- ▶ Maintenir propres les aires de circulation afin de minimiser le soulèvement de poussière sur le passage des camions.
- ▶ Si les sols doivent être entreposés temporairement, recouvrir les piles de bâches afin d'éviter l'érosion par le vent.
- ▶ Effectuer une surveillance pendant les travaux d'excavation afin de ne pas engendrer une contamination croisée.
- ▶ Les sols présentant un potentiel de contamination ou en présence d'indices visuels et olfactifs, gérer les sols de sorte qu'ils ne constituent pas une nouvelle source de contamination pour l'environnement. Les diriger temporairement dans une aire déterminée du secteur sur des toiles étanches recouvertes et abritées des intempéries sur l'aire d'entreposage imperméable prévue à cet effet (à plus de 15 m du fleuve).
- ▶ Éviter de procéder aux travaux d'excavation en période de pluie abondante.
- ▶ Sécuriser le chantier et délimiter les zones de travaux par la mise en place d'une signalisation adéquate.
- ▶ Nettoyer tous les équipements ayant circulé dans la zone de travail (bassin de stockage).
- ▶ Nettoyer la zone de travail à la fin de chaque journée (zones pavées et non pavées).
- ▶ Mettre en place un plan rigoureux d'intervention lors de déversement.

Importance des effets résiduels

Il est considéré que les mesures générales de saine gestion d'un chantier et les mesures plus spécifiques présentées ci-dessus suffiront à assurer que les activités prévues ne constituent qu'un effet résiduel mineur en atténuant l'ampleur des perturbations ou en diminuant leur fréquence. Par conséquent, l'effet résiduel est non important.

7.6.1.2 Modifications en phase d'exploitation

Aucune modification sur l'environnement n'est prévue pour cette phase du projet.

7.6.2 Sédiments et dépôt de surface

La qualité environnementale des sédiments est une CVE en raison de l'effet qu'un changement des sédiments pourrait entraîner sur la qualité de l'eau du fleuve et sur le poisson et son habitat.

7.6.2.1 Modifications en phase de construction

L'effet du dragage des sédiments s'étend à la qualité de l'eau (section 7.7), à la morphologie du fond marin (section 7.3.3.3) et aux sédiments adjacents à la zone de dragage et à l'habitat du poisson de par la dispersion des sédiments (section 8.2.4). Les effets potentiels sont les suivants :

- ▶ Pendant la mobilisation de la barge, l'installation du chantier et les transports des équipements et matériaux, il y a risque de contamination des sédiments par la fuite ou le déversement accidentel d'huile et d'autres contaminants par la machinerie lourde et les engins de chantier.
- ▶ Durant le dragage, il y aura risque de contamination des sédiments par la fuite ou le déversement accidentel d'huile et d'autres contaminants provenant de la machinerie utilisée durant le déploiement des rideaux de confinement et durant le dragage des sédiments. Il y aura également risque de contaminations des sédiments non contaminés par la dispersion et la déposition de sédiments contaminés. Les opérations de dragage engendreront une augmentation passagère de la turbidité, suite à la mise en suspension de particules fines, et une augmentation de la concentration des matières en suspension. Toutefois, selon les résultats des analyses physiques, les sédiments à draguer comportent peu de particules fines. Ces effets se feront ressentir principalement aux alentours de la drague.

L'effet potentiel est donc moyen, lorsque l'on considère que l'ampleur est élevée, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à moyen terme, qu'il est probable que les événements préjudiciables n'arrivent qu'une fois et que la modification est irréversible.

Mesures d'atténuation

Les mesures suivantes seront mises en place lors des activités de dragage :

- ▶ Lors du dragage des sédiments sus-jacents ou sous-jacents, à chacune des zones contaminées, les mesures préventives suivantes seront mises en place :
- ▶ Les sédiments situés directement en dessous de la zone contaminée sur une profondeur de 0,5 m seront dragués séparément et feront l'objet d'une ségrégation distincte en milieu terrestre. Cette étape sera répétée jusqu'à l'obtention de sédiments pour lesquels les résultats analytiques sont inférieurs au critère CEO.
- ▶ Spécifiquement pour la zone contaminée 2, les sédiments situés dans le premier mètre directement au-dessus de cette zone contaminée feront l'objet d'une ségrégation distincte en milieu terrestre. Ceux-ci seront caractérisés afin de préciser leur mode de gestion.

- ▶ La surveillance de chantier devra inclure des actions préventives, des mesures de la dispersion du panache (automatisées et en temps réel ou bien ponctuelles) ainsi qu'une chaîne de communication efficace (avec alarme automatique si possible) pour déclarer l'arrêt temporaire des travaux en cas de dépassement des critères établis (augmentation de plus de 25 mg/L par rapport à la station référence)
- ▶ Prévoir la mise en place d'estacades et de boudins absorbants autour de la drague pour prévenir la libération d'hydrocarbures lors des opérations de dragage.
- ▶ Sensibiliser les opérateurs des équipements de dragage pour éviter de remettre en suspension inutilement les sédiments. Pour ce faire, la vitesse de descente et de remontée de la benne de la drague devra être limitée à moins de 0,6 m/s, afin de réduire les répercussions négatives anticipées sur la faune aquatique, telles que la remise en suspension des sédiments.
- ▶ Cesser les activités de dragage lorsque les conditions météorologiques ne sont pas favorables pour empêcher la dispersion des matières draguées ou en suspension hors de l'aire de travail.
- ▶ Ne pas draguer de sédiments hors des aires prévues de dragage.
- ▶ Lors du remplissage de la barge, le godet de la drague devra être descendu le plus bas possible dans le chaland.
- ▶ Éviter la surverse de la barge où sont contenus les sédiments dragués.

Importance des effets résiduels

Il est considéré que les mesures générales de saine gestion d'un chantier et les mesures plus spécifiques présentées suffiront à minimiser les effets sur les sites avoisinants les sites de dragage. Ainsi, à la suite de l'application des mesures d'atténuation, l'ampleur des effets devient faible et l'effet négatif résiduel est mineur et non important.

7.6.2.2 Modifications en phase d'exploitation

Des travaux de dragage d'entretien seront requis, vraisemblablement aux quatre à cinq ans. Les mêmes effets sont à prévoir que lors de la phase de construction, mais ils seront davantage limités dans le temps en raison du faible volume anticipé, l'effet résiduel est donc considéré comme mineur et non important. Il est à noter que des analyses physicochimiques sur les sédiments à draguer seront réalisées préalablement et que la gestion de ces derniers sera réalisée en milieu terrestre.

7.6.3 Caractérisation du fond marin

Le fond marin ne constitue pas en soi une CVE. Cependant son relief sera modifié (section 7.5.1) et des mesures seront prises pour garantir la pérennité des ouvrages en évitant les affaissements et les zones d'instabilité.

7.6.3.1 Modifications en phase de construction

Les affaissements et les instabilités sont les principaux risques associés aux travaux touchant le fond marin.

Un volume total de 939 500 m³ de sédiments à draguer (comprenant les zones de tranchée, manœuvre, brise-lames et chenal de transport des caissons) est envisagé pour l'obtention d'une profondeur à marée basse de -16 m. Il y aura donc modification du profil du fond marin dans la zone de dragage.

Le niveau de dragage prévu dans la tranchée des caissons au moment de l'étude géotechnique (Qualitas, 2012) était de -17,85 m sous le quai. À cette profondeur, l'indice de pénétration standard était

supérieur à l'indice liquéfaction ($n=3$). Dans ces conditions le potentiel de liquéfaction était négligeable. Il s'agit de valider que c'est le cas pour une profondeur de dragage de -16 m.

Les différentes structures construites prendront assise sur le fond marin, dragué ou non. Les risques potentiels sont l'instabilité et l'affaissement des sols. Les tassements seront fonction de l'épaisseur et de la largeur des sols excavés lors du dragage. Les tassements se produiront aussi rapidement lors de l'application des charges. En ne considérant que les caissons, une capacité portante aux états limites d'utilisation (ÉLUT) des caissons de 300 kPa pourrait être utilisée. Les tassements associés à cette valeur seront alors inférieurs à 150 mm (Qualitas, 2012).

L'effet potentiel est donc moyen, lorsque l'on considère que l'ampleur est élevée, que l'étendue se limite à la ZC, que la durée est à long terme, que les événements seront occasionnels et que la modification est irréversible.

Mesures d'atténuation

L'équilibre de la pente des talus sera vérifié à la suite du dragage.

Pour la conception des digues, en tenant pour acquis que les matériaux de remblai seront excavés, le dépôt en place offrira une assise acceptable pour les digues. Il faudra s'assurer que leur géométrie et les matériaux les constituant n'entraînent pas d'instabilité dans les sols d'assise. Les propriétés suivantes pour évaluer la stabilité des sols d'assise pourront être utilisées.

- ▶ poids volumique (γ) : 17 kN/m³
- ▶ angle de frottement (φ') : 30 degrés

Une fois mieux définies la géométrie des digues et leur zone d'influence, des forages pourront être réalisés pour couvrir la profondeur d'influence des digues, de manière à s'assurer que des zones de sols mous ou peu porteurs de ne s'y retrouvent pas et prévenir les affaissements. Aucun dragage n'est envisagé durant la période en rubrique.

La géométrie du brise-lames sera conçue de manière à ne pas entraîner d'instabilité dans les sols d'assise, bien qu'un brise-lames offre généralement une résistance interne qui permet d'atténuer ce risque d'instabilité.

Le concept de remplissage des caissons devra être validé de façon à s'assurer que le poids final des caissons soit suffisant pour qu'ils puissent retenir les sols et leurs charges d'entreposage situés à l'arrière du quai.

Importance des effets résiduels

À la suite de l'application des mesures d'atténuation, la probabilité d'événements d'affaissement et d'instabilité diminue sans pour autant diminuer l'effet négatif résiduel qui reste moyen et non important.

7.6.3.2 Modifications en phase d'exploitation

Aucune modification au fond marin n'est envisagée, mis à part les dragages d'entretien qui affectent les sédiments de surface (section 7.6.3.1).